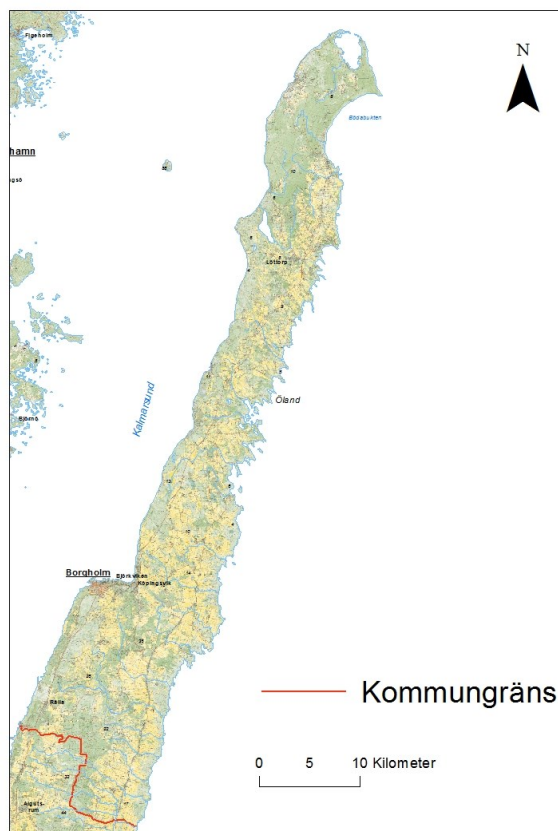


Utvärdering av vattenkemisk data från Borgholm kommun och dess relation till geologiska förhållanden och markanvändning

Pia Swierz

Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet,
kandidatarbete, nr 475
(15 hp/ECTS credits)



Geologiska institutionen
Lunds universitet
2016

Utvärdering av vattenkemisk data från Borgholm kommun och dess relation till geologiska förhållanden och markanvändning

Kandidatarbete
Pia Swierz

Geologiska institutionen
Lunds universitet
2016

Innehållsförteckning

1 Introduktion	9
1.1 Bakgrund	9
1.2 Syfte	10
2 Geologiska förhållanden	11
2.1 Berggrund	11
2.2 Jordarter	11
2.3 Markanvändning	11
3 Hydrogeologiska förhållanden	12
3.1 Hydrogeologiskt perspektiv på vattenbristproblematiken	12
3.2 Allmänt om hydrogeologi och grundvattenbildning på Öland	14
3.2.1 Ytvatten	14
3.2.2 Grundvatten- och ytvattendelare	14
3.2.3 Grundvattenbildning	14
3.2.4 Brunnar	15
3.2.5 Jord- och berggrundsakviferer	15
4 De fem ämnenas generella koppling till geologi, markanvändning och hälsoeffekter.	16
4.1 Fluorid	16
4.2 Klorid	16
4.3 Nitrat och nitrit	16
4.4 Sulfat	16
5 Metod	17
5.1 Litteraturstudier	17
5.2 Databearbetning	17
5.2.1 Brunnsarkivet	17
5.2.2 Enskilda brunnar	17
5.2.3 Ämneshalter	18
5.2.4 Marktäckedata	18
5.3 Sammanställning	18
5.4 Visuell redovisning samt bedömning av data	19
6 Resultat	19
6.1 Haltkartor	19
6.1.1 Fluorid	19
6.1.2 Klorid	20
6.1.3 Nitrat	21
6.1.4 Nitrit	21
6.1.5 Sulfat	21
6.2 Bedömning av områden med påverkan för de fem ämnena	23
6.3 Utvärdering av datakvalitet	23
7 Diskussion	27
7.1 Fluorid	27
7.2 Klorid	27
7.3 Nitrat och nitrit	28
7.4 Sulfat	28
7.5 Jämförelse av värden	28

Omslagsbild: Översiktlig karta över Borgholm kommun. Modifierad i ArcMap efter kombination av Lantmäteriets produkter *Översiktskartan 2007*, *SGU-manér*, *SWEREF99 TM*, *GSD-fastighetskartan*, *sammanslagen raster* och *Kommunindelning från Fastighetskartan*.

7.6 Felkällor	29
7.7 Framtiden	29
7.7.1 Vidare utredning i befintliga brunnar	29
7.7.2 Placering av nya kommunala vattentäkter	29
7.7.3 Snabba lösningar på kort sikt?	29
8 Slutsatser	30
9 Tackord	30
10 Referenser	30
11 Bilagor	32
Bilaga 1	32
Bilaga 2	33
Bilaga 3	34
Bilaga 4	35

Utvärdering av vattenkemisk data från Borgholm kommun och dess relation till geologiska förhållanden och markanvändning

PIA SWIERZ

Swierz, P., 2016: Utvärdering av vattenkemisk data från Borgholm kommun och dess relation till geologi och markanvändning. *Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet*, Nr.475 , 35 sid. 15 hp.

Sammanfattning: Till följd av ovanligt låg nederbörd under senhöst och vinter under årsskiftet 2015/2016 har grundvattennivåerna i sydöstra Sverige nått de lägsta nivåer som någonsin uppmätts sedan mätningarna påbörjades år 1968. I april månad året 2016 gjorde Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) ett uttalande i media som meddelade att såvida inte stora nederbördsmängder tillkommer under våren 2016 finns det en risk för dricksvattenbrist under sommaren 2016. Låga grundvattennivåer skulle inte bara resultera i en minskad mängd vatten tillgängligt för dricksvattenuttag utan hade även haft den sekundära effekten att öka halterna av oönskade kemiska ämnen i vattnet eftersom vattnet blir mindre utspädd vid låga nivåer.

Borgholms kommun är belägen på ön Öland i Sverige och tillhör de områden som hade blivit påverkade om en vattenbrist inträffar på grund av den ökade efterfrågan som den kommande sommarturismen innebär. Kommunen har en större mängd data insamlad från vattenkemiahänslyser utförda på enskilda brunnar, vilka har utgjort grunden för detta arbete. Data har inte utvärderats ordentligt förr. Nu vill kommunen göra en allmän bedömning av de hydrogeologiska förhållandena inom kommunen för att senare kunna dra lämpliga slutsatser kring var man kan öka befintligt dricksvattenuttag eller var man kan placera nya dricksvattentäkter.

Genom sortering av data i Excel 2007, omvandling av datapunkter till kartor i ArcMap 10.2.2 samt skapande av stapeldiagram och tabeller i Excel 2007 har områden med låga eller höga ämneshalter kunnat avgränsas såväl som en generell jämförelse av vilka värden som är normala för regionen kunnat utföras med stöd i rapporten ”Bedömningsgrunder för grundvatten” (SGU-rapport 2013:01) för ämnena fluorid, klorid, nitrat, nitrit och sulfat.

Resultaten visar förhöjda halter av klorid, nitrat och sulfat och generellt sett låga halter av fluorid och nitrit. Medan nitrat och sulfat generellt följer den procentuella normen för spridningen av halter skiljer sig och avviker fluorid, klorid och nitrit från det regionala genomsnittet.

Slutsatser av arbetet har kommit fram till att kommunen bör undersöka möjligheterna att öka sitt dricksvattenuttag ur sin nuvarande vattentäkt i Byxelkrok så väl som lokalisera nya vattentäkter inom de norra och under vissa omständigheter även södra delarna av kommunen. Ett ytterligare alternativ innefattar undersökning av möjligheterna att bruka återinfiltration av ytvatten för att skapa konstgjord grundvatten.

Ägare till enskilda brunnar bör se över möjligheten att fördjupa sina nuvarande brunnar medan innevånare och besökare inom kommunen bör begränsa sin dricksvattenförbrukning denna sommar för att spara på vattenresurserna.

Nyckelord: Vattenkemi, Borgholm, Öland, geologi, markanvändning, hydrogeologi, fluorid, klorid, nitrat, nitrit, sulfat, grundvatten, vattenbrist, vattenkvalitet, enskilda brunnar.

Handledare: Mikael Erlström och Mattias Gustafsson (extern handledare från SGU)

Ämnesinriktning: Berggrundsgeologi

Pia Swierz, Geologiska institutionen, Lunds universitet, Sölvegatan 12, 223 62 Lund, Sverige.

E-post: piev31@hotmail.com

Evaluation of water chemical data from the municipality of Borgholm and it's relationship to geological circumstances and land use

PIA SWIERZ

Swierz, P., 2016: Evaluation of water chemical data from the municipality of Borgholm and it's relationship to geology and land use. *Dissertations in Geology at Lund University*, No.475 , 35 pp. 15 hp (15 ECTS credits)

Abstract: Due to unusually low precipitation during late autumn and winter of the year 2015/2016 the groundwater levels of south-eastern Sweden have reached the lowest levels ever recorded since measurements began in 1968. In the month of April in the year 2016 the Geological Survey of Sweden (SGU) made a public statement to the media announcing that unless substantial amounts of precipitation is added during the spring of 2016 there is a risk of shortage of drinking water during the summer of 2016. Low groundwater levels would not only result in a decreased amount of drinking water available for withdrawal but would also have the secondary effect of increasing the content of undesired chemical elements in the water as the water becomes less diluted at lower quantities.

Borgholm is a municipality located on the island of Oland in Sweden and belongs to the areas that would be affected should a water shortage occur due to the increased demands that the summer tourism ensues. The county has a large quantity of data from preformed water chemistry analyses in solitary wells, which have made up the basis of the work on this paper. The data has not been properly evaluated in the past. Now the municipality wishes to make a general assessment of the hydrological circumstances within the municipality in order to later be able to make appropriate assumptions as to where to increase current water withdrawal or where to place new water catchment areas for drinking water.

Through separation of data in Excel 2007, conversion of data points into maps in ArcMap 10.2.2 and creation of bar charts and tables in Excel 2007 areas with low or high levels have been defined as well as a general comparison of what values are normal within the region been made on the basis of the report "Bedömningsgrunder för grundvatten" (SGS-report 2013:01) for the elements fluoride, chloride, nitrate, nitrite and sulphate.

Results show increased levels for the elements chloride, nitrate and sulphate and generally low levels for fluoride and nitrite. While nitrate and sulphate generally follow the region norm for the percentages of levels chlorine, fluoride and nitrite seem to differ and stray from the regional average.

Conclusions of the work performed have deduced that the municipality should look into increasing their water withdrawal in their current water catchment area in Byxelkrok as well as locating new water catchments within the northern and under some conditions also the southern part of the municipality. An additional alternative includes investigating the possibility of re-infiltrating surface water in order to gain artificially created groundwater.

Owners of solitary wells should look into the possibility of deepening their current wells while residents and visitors to the municipality should ration their drinking water usage this summer in order to save on water resources.

Keywords: Water chemistry, Borgholm, Öland, Oelandia, geology, land use, hydrogeology, chloride, fluoride, nitrate, nitrite, sulphate, groundwater, water shortage, water quality, solitary well.

Supervisor(s): Mikael Erlström and Mattias Gustafsson (external supervisor from SGU)

Subject: Bedrock geology

*Pia Swierz, Department of Geology, Lund University, Sölvegatan 12, SE-223 62 Lund, Sweden.
E-mail: piev31@hotmail.com*

1 Introduktion

“Land and water are not really separate things, but they are separate words, and we perceive through words.”

— David Rains Wallace, *The Untamed Garden and Other Personal Essays*, 1986.

Precis som David Rains Wallace (författare inom miljövärd och naturhistoria) värtaligt beskriver står mark och vatten i direkt kontakt med varandra och har därför en relation till varandra. Just detta samband kommer belysas i detta arbete.

I naturen finns vatten tillgängligt under markytan både i porer i marken och i sprickor i berg. Under grundvattenytan är markens porer mättade med vatten och dessa i kombination med sprickor eller porer i underliggande berggrund bildar tillsammans grundvattenmagasin. Genom nederbörden fylls dessa magasin på när vatten infiltrerar ner genom markprofilen. Vatten som inte infiltreras samlas i sjöar och vattendrag genom att rinna av längst med markytans topografi. Detta vatten kallas ytvatten. En del av detta vatten rinner direkt ut i havet utan att ansamlas. Vårt dricksvatten kommer till cirka 50 % från ytvatten, cirka 25 % från konstgjort grundvatten och cirka 25 % från ”rent” grundvatten. Ofta behöver grundvattnet inte åtgärdas utan det är så pass rent att det kan användas direkt för dricksvatten (SGU, u.å.a).

Däremot är det inte alltid man hittar tillräckligt bra eller tillräckligt mycket vatten på alla platser. Kvaliteten på dricksvatten kan påverkas negativt av exempelvis antropogena effekter där föroreningar från markanvändning eller industri sprids när nederbörd eller ytvatten förflyttar sig ned i markprofilen och når grundvattenmagasinen. Dricksvattenkvaliteten kan också försämrats genom naturliga processer där jordlagrens och berggrundens sammansättning påverkar vattnets kvalitet genom att ge förhöjda halter av de ämnen som naturligt förekommer. På platser där grundvattnet inte räcker till kan en lösning vara att filtrera och rena ytvatten genom grus- och sandavlagringar och skapa ett så kallat konstgjort grundvatten. Genom denna process har man efterliknat sättet som nederbörden naturligt renas när det passerar genom marken (SGU, u.å.a).

För att på lång sikt säkerställa vattenförsörjningen har Sveriges regering och riksdag fastställt det nationella miljömålet ”Grundvatten av god kvalitet” som ska uppnås till år 2020. Målet lyder som följande: ”Grundvattnet ska ge en säker och hållbar dricksvattenförsörjning samt bidra till en god livsmiljö för växter och djur i sjöar och vattendrag”. Målet medför att utmaningarna bland annat ligger i att hållbart hantera den allt större efterfrågan på vatten, upprätta skyddsområden för grundvattnet samt öka kunskapen kring samspelet mellan yt- och grundvatten i framförallt förorenade områden (Miljömål 2016). Preciserings av målet innefattar mer detaljerade beskrivningar av grundvattnets kvalitet, god kemisk grundvattenstatus, kvaliteten på utströmmande grundvatten, god kvantitativ grundvattenstatus, grundvattennivåer och beva-

rande av naturgrusavlagringar (Miljömål 2012).

Vattenmyndigheten i Södra Östersjöns vattendistrikt ansvarar för att förvalta kvaliteten på vattenmiljön inom distriktet. Myndigheten huserar i samma lokaler som Länsstyrelsen i Kalmar Län (muntl. kom. m. Mattias Gustafsson, maj, 2016).

Även Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) har ett ansvar för målet och samverkar med berörda myndigheter och intressenter (SGU u.å.b). Tyvärr kommer målet inte att till fullo kunna uppnås till 2020, enligt SGU och regeringen (Lång 2016, Miljömål 2015 & Miljömål 2016a).

1.1 Bakgrund

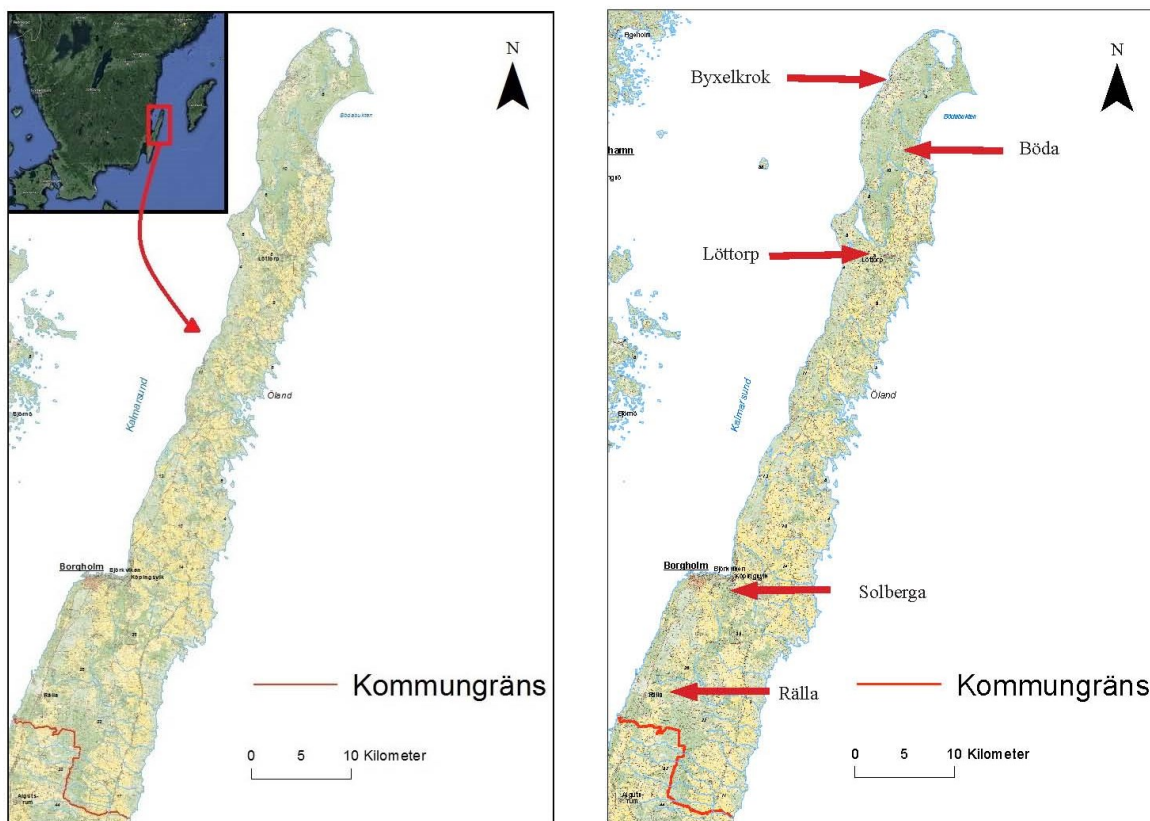
På stora delar av Öland råder periodvis vattenbrist. Bristen kan förklaras både av årstidsbundna variationer i nederbörd såväl som ökad efterfrågan och förbrukning från turism under sommarmånaderna. År 2016 kan komma att bli ett år som utmärker sig vad gäller vattenbrist i sydöstra Sverige. Detta då nederbörden varit ovanligt liten under senhösten och vintern (2015-2016). Grundvattennivåerna var i april 2016 en halv till upp till en meter under det normala och har nått de lägsta nivåer som någonsin uppmätts enligt uttalande i media från hydrogeolog Bo Thunholm respektive enhetschef för enheten Vatten i berg Jakob Levén på SGU i början av april 2016.

Den snart nalkande vegetationsperioden kan komma att ytterligare förvärra situationen. Detta eftersom växttäcknet naturligt tar upp merparten av nederbörden under perioden och således infiltreras en mindre del av nederbörden vidare ner genom markprofilen och bildar grundvatten.

Jordtäcknet på Öland är i regel tunt och merparten av nuvarande vattenverksamhet är knuten till grunda brunnar i jordlager eller berggrund. Om inte grundvattenmagasinen uppnår normala nivåer i år kan det leda till att främst hushåll med enskilda brunnar får svårigheter med sin vattenförsörjning då dessa brunnar i regel inte är borrade till särskilt stora djup.

Förutom brist på dricksvatten dyker det även upp problemställningar kring vattenkvalitet. Grundvattenkvaliteten är strakt kopplad till de markförhållanden som råder. Berggrundens och jordlagrens uppbyggnad samt markanvändningen har, förutom omsättningen på grundvatten, stor betydelse för den kvalitet vattnet har. Vid låga grundvattennivåer finns en mindre total mängd vatten i grundvattenmagasinen och man kan därför tänka sig att man då får ett vatten med högre koncentration av oönskade ämnen än vid normala nivåer eftersom de inte kan spädas ut lika mycket. Dessutom är även omsättningsgraden av vattnen i magasinerna av vikt för vattenkvaliteten.

På Öland finns två kommuner, Mörbylånga i söder och Borgholm i norr (Figur 1). Kommunerna samverkar nu i en arbetsgrupp tillsammans med kustkommunerna på fastlandssidan samt Länsstyrelsen i Kalmar Län för att finna lösningar på Ölands vattenförsörjning på såväl kort som lång sikt.



Figur 1: Till vänster: Översigtskarta med geografisk placering av Borgholm kommun i sydöstra Sverige. Till höger: Grov placering av ett antal befintliga kommunala vattentäkter i Borgholm kommun. Kartor modifierade efter kombination av Lantmäteriets produkter Översigtskartan 2007, SGU-manér, SWEREF99 TM och GSD-fastighetskartan, sammanslagen raster, Kommunindelning från Fastighetskartan samt karta från Google Maps.

I dagsläget vill Borgholm kommun utöka sitt befintliga dricksvattenuttag i bl.a. Byxelkrok, Böda, Lötörp, Rälla och Solberga (Figur 1) men också lokalisera och anlägga nya grundvattentäkter. Hittills har man använt bergborrade brunnar i begränsad omfattning till den kommunala vattenförsörjningen. På sikt kan det dock bli aktuellt att i ökad omfattning även utnyttja grundvattentillgångarna i berggrunden.

I samband med detta bör man även beakta andra aspekter kring vattenkvalitet än det faktum att ämneskoncentrationerna ökar med minskad nederbörds-mängd. Inom den övre delen av berggrunden på Öland påträffas ett varierande mäktigt avsnitt med alunskiffer (Thulin Olander 2013) som kan utgöra ett problem rörande vattenkvaliteten i bergborrade brunnar. Alunskiffers relativt höga halter av organiskt material, svavel, järn och tungmetaller gör att man bör beakta att det kan finnas en risk för sämre vattenkvalitet i bergborrade brunnar som når ner i alunskiffern (Brådenmark 2013).

SGU har haft en dialog med både Mörbylånga och Borgholms kommun samt även Länsstyrelsen i Kalmar Län angående förslag på undersökningar och förstudier som kan bidra till att öka förståelsen om grundvattnet på Öland. I ett längre perspektiv kan geofysiska flygmätningar av samma typ som utförts på Gotland (Dahlqvist 2015) komma att utföras. På kort sikt till-

lämpas lokala åtgärder för att fördröja uppehållstiden för ytvattnet i landskapet eller lokalisering av möjliga mindre vattentäkter i berggrunden. Även en överföringsledning mellan fastlandet och Öland byggs och beräknas bli klar till sommaren 2016.

Som ett led i att öka förståelsen av de vattenkemiska förhållandena inom kommunen vill man utreda om dessa har en koppling till geologi eller markanvändningen i området. Genom att vidare avgränsa områden där det finns en påtaglig risk för sämre grundvattenkvalitet kan man utvärdera vilka områden som är lämpliga att utöka vattenuttaget ur samt var man lämpligast placerar nya vattentäkter. Ett sådant underlag kan utgöra en viktig del i kommunens framtida planering av vattenförsörjningen.

Den här studien utgör en del av detta arbete och har initierats av SGU-kontoret i Lund i samverkan med Borgholm kommun.

1.2 Syfte

Borgholm kommun har arkiverat ett stort antal vattenkemiska analyser från enskilda brunnar som inte utvärderats på ett övergripande sätt. Dessa data har utgjort underlaget i det här arbetet.

Syftet med arbetet är att på ett övergripande sett preliminärt utvärdera dessa analysresultat med hänsyn till brunnsdjup, jordlager, berggrund och markanvändning

i anslutning till de enskilda brunnarna. Målsättningen är att få en allmän bild av vattenkvaliteten som råder inom Borgholm kommun.

Arbetet omfattar en bedömning av halterna av fluorid, klorid, nitrat, nitrit och sulfat från vattenkemianalyser gjorda mellan 2003 och 2014. Dessa kemiska element valdes i samråd med handledare och baseras på sin relevans för kommunens vattenkvalitet, naturliga geologiska förhållanden och markanvändning.

Enskild vattenkemisk data kommer jämföras med gränsvärden, rekommendationer och resultat från SGU-rapporten 2013:01 Bedömningsgrunder för grundvatten såväl som stratigrafisk och hydrogeologisk data tagna från de borrprotokoll som återfinns i det brunnsarkiv som förs av SGU.

Avslutat arbete kan utgöra ett bedömningsunderlag för Borgholm kommun i deras fortsatta planering av framtida vattenverksamhet.

2 Geologiska förhållanden

2.1 Berggrund

Ölands berggrund utgörs av kambrisk och ordovicisk sedimentär berggrund överlagrande urberget. Lagerföljden är som mest drygt 250 m i borrhningar på östra Öland. Lagerföljden inleds med underkambrisk mosten (med sand och lerskiffer), ölandicusskiffer (bestående av huvudsakligen lerskiffer), paradoxissimussandsten (som är en skiffer med inlagrade skikt av mosten), alunskiffer (den yngsta av de kambriska avlagringarna i sin undre del med inlagringar av orsten och den äldsta av de ordoviciska leden i sin övre del) och slutligen ortoceratitkalksten. Sannolikt har dessa avlagringar ytterligare täckts av yngre bergarter vilka senare har eroderats. Lagerföljden stupar svagt österut vilket gör att successivt yngre berggrund påträffas i samma riktning. Mäktigheterna hos de understa lagren är dåligt kända eftersom få borrhningar når ned till deras djup (Pousette 1972).

Alunskiffern är dock känd från hundratal borrhningar på Öland. Den är som mäktigast på södra Öland där den som mest är ca 25 m mäktig. Norrut avtar mäktigheten gradvis och inom Borgholm kommun är den <10 m mäktig. Längst norrut är den representerad av ett orstenskonglomerat och är endast ca 1 m mäktig. Alunskiffern går i dagen i Ottenby och i branten norr om Borgholm. Som djupast påträffas alunskiffern på ca 40 m djup i borrhningar på västra delen av ön. Mellankambrisk siltsten och lersten utgör berggrundsytan nedanför landborgen medan ordovicisk kalksten utgör berggrundsytan på den östra delen av ön ovanför landborgen. (muntl. kom. m. Mikael Erlström, maj, 2016).

I huvudsak kan man i berggrunden observera tre spricksystem. Det mest dominanta har riktningen sydväst-nordöst, ett annat är orienterat vinkelrätt mot detta och det tredje har nord-sydlig riktning. Den bakomliggande orsaken till deras uppkomst är inte helt klarlagd men karstvittring har resulterat i att en del av systemen, åtminstone i den ytnära delen, är relativt öppna.

Sannolikt utgör de viktiga strukturer för ytvattendränning såväl som för grundvattenbildning och förekomst av grundvatten på djupet (muntl. kom. m. Mikael Erlström, maj, 2016).

Figur 2 som visar en förenklad bild av berggrunden är mer till för att representera tektoniska zoner i undersökningsområdet. Närmare studier av berggrunden görs lämpligen i kartbladen Bergrundskartan för Kalmar Län, SGU serie Ba nr 66 (Wik 2005) och Provisoriska översiktliga berggrundskartan över Kalmar Län, SGU serie Ba nr 46 (Kornfält et al. 1993) samt tillhörande kartbladsbeskrivningar.

2.2 Jordarter

Generellt finns fyra typer av kvartära avlagringar på Öland: morän, strandbildningar, isälvsmaterial och organogena jordarter (Figur 2). Moränen är ofta lerrik och har sin största utbredning i det inre av öns mellersta del men förekommer även i norr. Strandbildningarna består i huvudsak av omlagrad morän som bearbetats, omsorterats och upplagrats i vallar (varav de mest markanta befinner sig på de båda landborgarna) eller flacka fält under inverkan av havet. Dessa tros ha bildats under den senaste deglaciationen i ett tidigt skede efter att isen dragit sig tillbaka från området. Sammanhängande större områden med isälvsavlagringar är få på Öland. Däremot har dessa glacifluviala avlagringar lokalt en betydande mäktighet på så mycket som 20 meter, till skillnad från moränen och strandbildningarna som sällan överstiger 10 meter i mäktighet. De organogena jordarterna på Öland består av torv, dy och gytjtja (Pousette & Möller 1972).

Jordarternas förekomst och uppbyggnad beskrivs närmare i Jordartskartan 5H Borgholm NV/NO, SGU serie Ae nr 55 (Rudmark 1983), Jordartskartan 5H Borgholm SV, SGU serie Ae nr 45 (Rudmark 1981), Jordartskartan 4G/4H Kalmar NO/Runsten NV, SGU serie Ae nr 43 (Rudmark 1980) samt deras tillhörande kartbladsbeskrivningar.

2.3 Markanvändning

När det gäller markanvändningen på Öland har Naturvårdsverkets Svenska Marktäckedata (Naturvårdsverket 2014) eller motsvarande produkt GSD- Marktäckedata (Lantmäteriet u.å.) använts. Marktäcket är indelat i 50 - 80 klasser vilka inkluderar bland annat anlagda ytor, jordbruksmarker, skog och halvnaturliga marker, öppna våtmarker och vatten med mera. (Naturvårdsverket 2014). På Öland domineras markanvändningen främst av olika typer av skog och markanvändning associerade med jordbruk samt öppna naturmarker med sparsam växtlighet (se Bilaga 4).

3 Hydrogeologiska förhållanden

3.1 Hydrogeologiskt perspektiv på vattenbristproblematiken

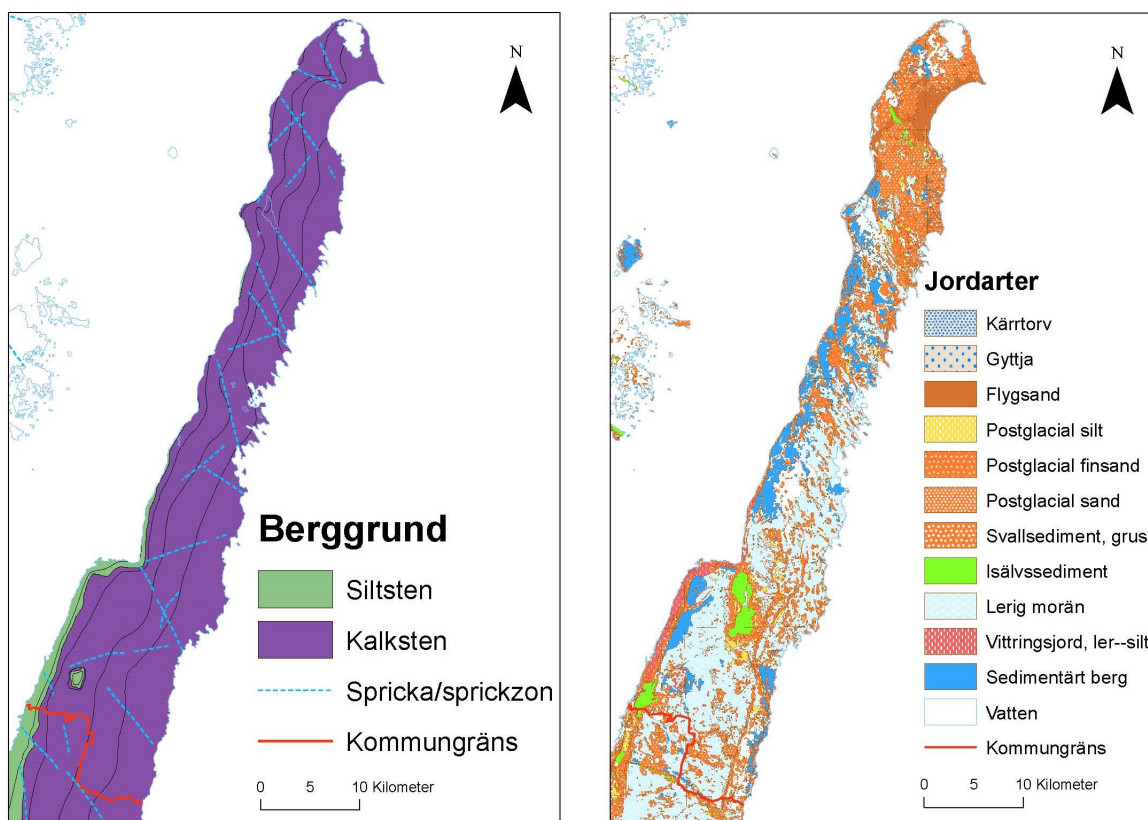
Inom sydöstra Sverige registrerade man redan i mars månad år 2016 rekordlåga grundvattennivåer vid SGU:s mätstationer för övervakning av grundvatten i bland annat Böda (Figur 3) på Öland och Ronneby i Blekinge. Normalt brukar grundvattennivåerna ligga som lägst under augusti-september i dessa områden. Enligt SGU:s dataserier har perioder med låga grundvattennivåer förekommit tidigare och har cyklicitet på elva till tolv år. Just nu är man inne på ett femte år i rad med sjunkande grundvattennivåer. Problem med vattenförsörjning kan uppkomma i områden med låga grundvattennivåer och både hushåll med egen brunn och kommunala vattentäkter kan drabbas om de förlitar sig enbart på grundvattnet för sin dricksvattenförsörjning. Om grundvattennivåerna ska återhämta sig till normala nivåer under 2016 kommer det krävas stora nederbörds mängder innan vegetationsperioden påbörjas, eftersom merparten av det som regnar under perioden maj-augusti kommer att tas upp av växter eller avdunsta. Det kan även vara så att problemen med låga grundvattennivåer kan komma att drabba

sydöstra Sverige även i framtiden till följd av klimatförändringar (Thunholm 2016a).

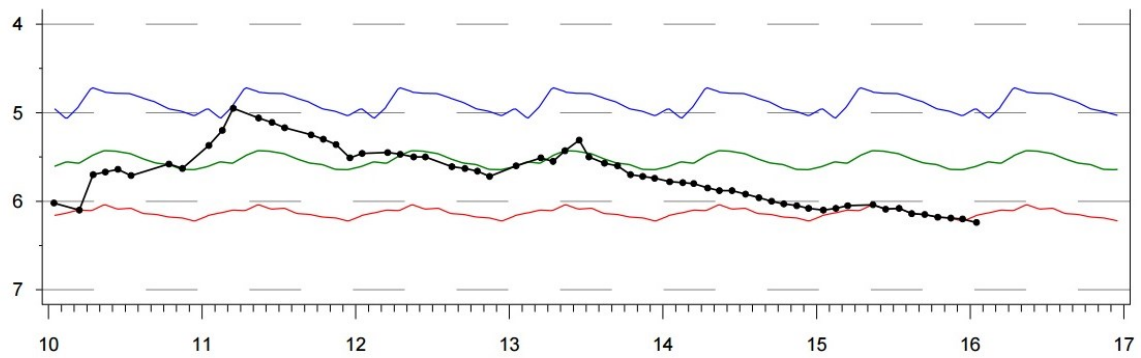
I slutet av varje månad publicerar SGU kartor över landets grundvattennivåer i förhållande till månadens medelnivå. Om man granskar dessa kartor närmare från september 2015 till april 2016 (Figur 4 för april månad 2016) kan man urskönja att grundvattennivåerna i Borgholm kommun oavbrutet har legat under det normala för denna period (SGU 2015a-d, 2016a-d).

I SGU-rapporten 2013:01 "Bedömningsgrunder för grundvatten" faller Borgholm kommun inom en geografisk region som benämns A - Sydsveriges sedimentära berggrundsområde (se Bilaga 2). Beskrivningen av regionen, omfattande Skåne, Öland samt Gotland, karaktäriseras av lättvittrade jordar och bergarter med hög motståndskraft mot försurning. Höga halter av klorid och sulfat kan förekomma i anslutning till vissa bergarter och regionen är belägen såväl över som under HK (Högsta kustlinjen).

Den dominerande bergarten i ytan på Öland är den ordoviciska kalkstenen. Exakt beskrivning och genomgång av hur denna typ av bergart fungerar och beter sig ur ett hydrogeologiskt perspektiv finns det inte plats för i detta arbete. En generell beskrivning presenteras i Fetter (2001).

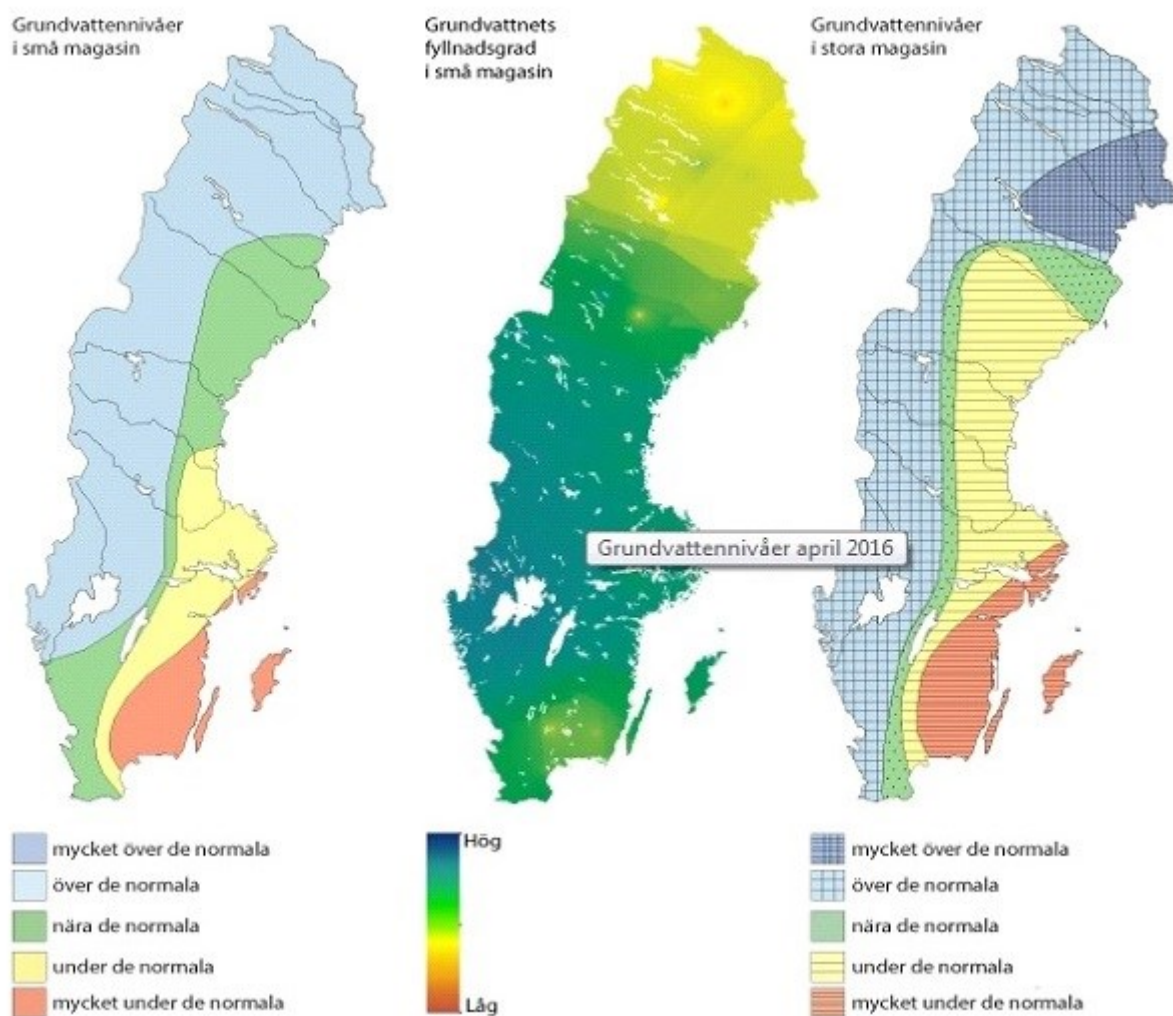


Figur 2: Till vänster: Förenklad berggrundskarta med utbredning av huvudsakliga sprickzoner för Borgholm kommun. Till höger: Jordartskarta för Borgholm kommun. Kartor modifierade efter kartlager Jordarter 1:25 000 – 1:100 000 (som baseras på information från Regionala kartblad för jordarter serie Ae nr 43, 45 & 55), Regional berggrunds information, förenklad (som baseras på information från kartbladet Berggrundskartan för Kalmar län serie Ba nr 66) och Regional hydrogeologisk information (som baseras på information från Beskrivning och bilagor till hydrogeologiska kartan över Kalmar Län serie Ah nr 1).

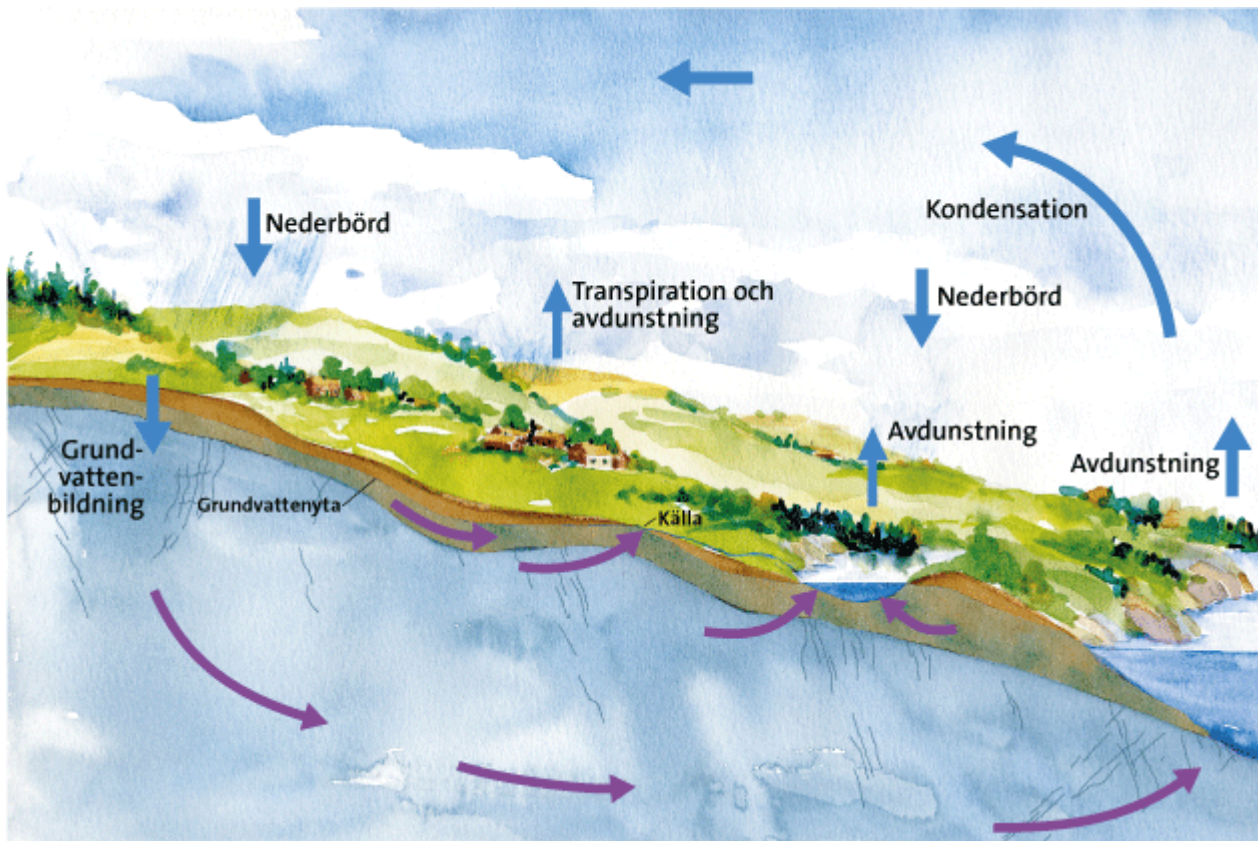


Nivåvariationer under åren 2010–2016 från SGU:s Grundvattennät: Böda.
Svart linje med punkter = uppmätta nivåer. Röd, grön och blå linje = månadsvisa min-, medel- och max-nivåer under perioden 1968–2015.

Figur 3: Diagram över grundvattenvariationer uppmätta av SGU:s station för övervakning av grundvatten i Böda sedan mätningarna startade år 1968 fram till innevarande år 2016 (Thunholm 2016b).



Figur 4: Sammanfattande karta över grundvattennivåerna i Sverige under april månad år 2016 (SGU 2016).



Figur 5: Schematisk bild över hur vattnets kretslopp kan se ut i naturen och vilka processer som samverkar vid grundvattenbildning (SGU, u.å.).

3.2 Allmänt om hydrogeologi och grundvattenbildning på Öland

3.2.1 Ytvatten

Under perioder med riklig nederbörd ansamlas vatten i markytans topografiska sänkor. På Öland är dessa vattenansamlingar grunda och torkar i stor utsträckning ut under sommaren. De flesta små bäckar på ön innehåller och transporterar vatten i huvudsak endast under vår och höst. De enda sjöarna på ön är Hornsjön i norr och Möckelmossen på Alvaret mellan Stenåsa och Resmo. Ytavrinningen till Östersjön har kring Borgholmstrakten tidigare uppskattas av SMHI till 4 l/s/km² i genomsnitt (Pousette & Möller 1972).

3.2.2 Grund- och ytvattendelare

Ölands topografi gör att grundvatten och ytvatten avleds i olika riktningar. För ytvatten gäller att nederbörd som faller väster om västra landborgen avleds mot Kalmarsund medan nederbörden på övriga delar av ön dräneras österut mot Östersjön. Grundvattendelaren är oftast belägen något öster om ytvattendelaren till följd av den dränerande effekt som de lågt liggande områdena väster om den västra landborgen utövar (Pousette & Möller 1972).

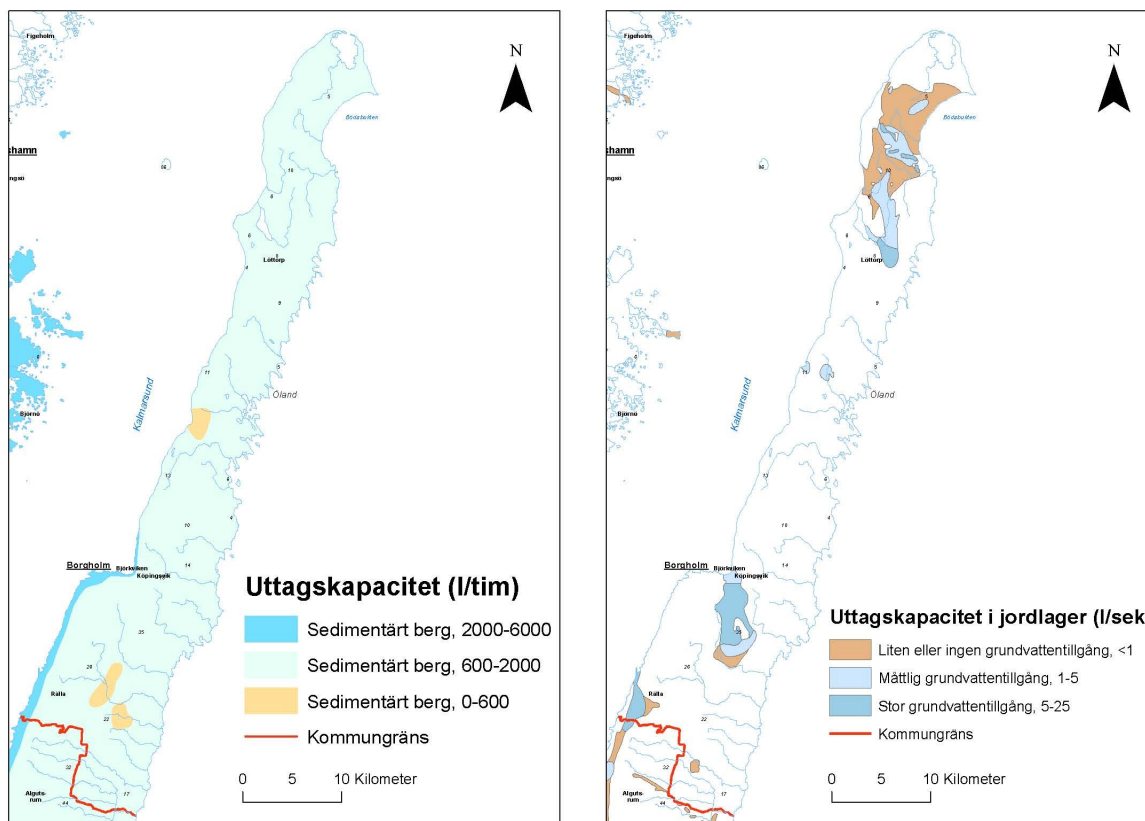
3.2.3 Grundvattenbildning

Infiltration är processen då vatten till följd av gravitationen förflyttar sig från markytan och tränger ned genom jord- och berglager tills det når grundvattenytan.

Infiltrationsprocessen beror på ett flertal faktorer. Ett par exempel är nederbördens mängd, intensitet och varaktighet såväl som markens lutning, genomsläpplighet och växtlighet men också temperaturen i luft och jordlager eller avstånd mellan markyta och grundvattenyta. Infiltrationsvattnet består av den nederbörd som inte avrunnit som ytvatten, inte tagits upp av vegetationen eller avgått via avdunstning. Vatten kan antingen sippra direkt ned i marklagren vid regn eller först upplagras i ytvatten, snö eller is och tillföras grundvattnet successivt (Pousette & Möller 1972). En generell bild av vilka processer som samverkar vid grundvattenbildning visas i Figur 5.

Konstgjord grundvattenbildning kan vara ett komplement för dricksvattenförsörjningen i områden med otillräckliga grundvattenresurser. Ytvatten från exempelvis bäckar leds vid detta handlingsförfarande genom sand- och gruslager och renas på sin väg ned genom markprofilen till grundvattnet. På Öland har problemen för denna tillämpning legat i att hitta tillräckligt många lämpliga ytvatten och att avstånden mellan dessa och för infiltration lämpliga jordartersråden varit för stora (Pousette & Möller 1972).

Infiltration för konstgjord grundvattenbildning sker i dagsläget i Rälla vattentäkt och bland annat Hornsjön är en viktig ytvattenreservoar för denna typ av dricksvattenförsörjning (muntl. kom. m. Mikael Erlström & Mattias Gustafsson, maj, 2016).



Figur 6: Till vänster: Generella uttagskapaciteter för jordakviferer i Borgholm kommun. Till höger: Generella uttagskapaciteter för berggrundsakviferer. Kartor modifierade efter kartlager Regional hydrogeologisk information som baseras på information från Beskrivning och bilagor till hydrogeologiska kartan över Kalmar Län serie Ah nr 1.

3.2.4 Brunnar

För enskild vattenförsörjning på Öland används i dagsläget främst grävda brunnar i jordlager eller grunda bergborrade brunnar. I de grävda brunnarna styrs uttagskapaciteten av var brunnarna är placerade topografiskt och dessa bör med fördel anläggas i låglänta delar av terrängen till ett sådant djup att de når den underliggande berggrunden och gärna en bit in i den om den är sprickrik. För de ytliga bergborrade brunnarna styrs uttagskapaciteten helt av sprickigheten i bergarten och brunnarna bör därför med fördel placeras i förbindelse med större spricksystem (Pousette & Möller 1972).

3.2.5 Jord- och berggrundsakviferer

Jordakviferer på Öland består till huvudsak av de tidigare nämnda isälvsvlagringarna bestående av sand och grus. Förekomsterna illustreras tillsammans med uttagskapaciteten i Figur 6. Grävda brunnar i den le-riga moränen är också vanliga på ön. Kapaciteterna räcker vanligtvis till enskilda hushåll eller lantbruk med djur. I gynnsamma fall kan få ut en eller ett par kubikmeter vatten per dygn (Pousette & Möller 1972).

Närmare studier av kartbladet Hydrogeologisk karta över Ölands berggrund, SGU serie Ah nr 1 Specialkarta (Figur 6) visar på att goda uttagmöjligheter från berggrunden inom Borgholm kommun främst är kopplade den kambriska sandstenen (2000 -6000 l/tim) och den ordoviciska kalkstenen (600-2000 l/tim).

Berggrundsakviferer i den ordoviciska kalkstenen på Öland är i huvudsak så kallade sprickakviferer där

sprickzoner och sprickor i berggrunden utgör de huvudsakliga vattenförande strukturerna i bergarten. Kemisk vittring av den ordoviciska kalkstenen har resulterat i karstvittring, främst i de ytliga sprickorna. Detta fenomen är speciellt viktigt för hur nederbörden kan tränga ner i berggrundens spricksystem och bilda grundvatten. För den kambriska sandstenen styrs transmissionsiviteten delvis även av bergartens porositet. Trots en uttagskapacitet på runt 2 l/s i den sprickrika alunskiffern anses denna olämplig att ta vatten ur på grund av sin kemiska sammansättning. Ett sätt att tackla denna problematik är att sätta foderrör förbi alunskiffern i borrhålen så att påverkan av vatten med dålig kemisk kvalitet minskas (Pousette & Möller 1972).

Eftersom jordtäcknet till stor del är tunt på Öland kommer vatten att relativt snabbt infiltrera ned till underliggande jord- och berglager. Därav bör man beakta vilken typ av markanvändning som förekommer då detta kan få konsekvenser för vattenkvaliteten för det specifika området. Speciellt känsliga är de genomsläppliga sand och grusavlagringarna där det finns viktiga grundvattenmagasin. På platser där berggrunden går i dagen på Öland kan tunna marktäckan leda till att föroreningar från markanvändning eller antropogen aktivitet kommer spridas rakt ned i berggrundsakvifererna och spridas vidare längst med sprickor och spricksystem inom bergarten, varför risken att snabbt förorena större områden på ön stor (muntl. kom. m. Mattias Gustafsson, maj, 2016).

4 Ämnenas generella koppling till geologi, markanvändning och hälsoeffekter

Eftersom vatten och mark står i direkt kontakt med varandra i naturen så sker en viss påverkan. Berg och jord överför i olika utsträckning sina kemiska egenskaper till vattnet och således ger olika berggrund, jordlager eller markanvändning olika vattenkvalitet. För de fem ämnen som valts att undersökas i detta arbete är kopplingarna som följande.

4.1 Fluorid

I normala fall kan fluoridhalter i vatten bero på bland annat närvaro av fluorit. På Öland är förhöjda emellertid fluoridhalter snarare kopplade till närvaro och urlakning av kemiska komponenter ur fluorapatit (Klein & Philpotts 2012) som kan ingå som beståndsdel i den ordoviciska kalkstenen. Höga halter av fluorid i dricksvatten är toxiskt för kroppen och kan leda till sjukdomstillstånd så som fluoros. Kroppen lagrar då överskottet av fluor i tänder och skelett, vilka följaktligen får fläckar respektive blir skörare. Måttliga halter av fluorid kan däremot ge kariesförebyggande egenskaper (Selinus 2010). Vatten med fluoridhalt överstigande 1,5 mg/l anses otjänligt och kan inte brukas som dricksvatten (Bilaga 1).

4.2 Klorid

Många delar av Borgholm kommun ligger inom områden med ökad risk för höga kloridhalter (Figur 7).

Enligt Pousette & Möller (1972) förekommer salt grundvatten i flera av de brunnar som ingått i deras undersökningar. Detta kan enligt dem härledas antingen till en inträngning av saltvatten från havet upp i berggrunden via de naturliga spricksystem eller som inneslutning av salt vatten när berglagren bildades, så kallat fossilt vatten.

Höga kloridkoncentrationer i dricksvatten ger framför allt upphov till smakerändringar vilka gör vattnet olämpligt för konsumtion (SGU-rapport 2013:01). Vatten med kloridhalt överstigande 300 mg/l kan inte brukas som dricksvatten (Bilaga 1).

4.3 Nitrat och nitrit

Kväveföreningar förekommer naturligt i små halter i markprofilen då dessa effektivt tas upp av växtlighet. På senare decennier har dock en ökad tillförsel från luftburna utsläpp av kväveoxider från förbränningsprocesser, samt tillförsel från jordbruk, djurhållning och avlopp, skett (SGU-rapport 2013:01).

Nitratens skadliga hälsoeffekter är kopplade till dess nedbrytbarhet till nitrit vilken i kroppen orsakar högre halter av methemoglobin vilket i sin tur kan ge sjukdomssymptom som cyanos eller kvävning. Spädbarn under tre månaders ålder är extra känsliga och kan insjukna redan vid låga halter (WHO 2011). Vatten med nitrathalt överstigande 50 mg/l respektive



Figur 7: Översiktlig karta för områden med risk för salt grundvatten i Borgholm kommun. Karta modifierad efter kartlager Regional hydrogeologisk information som baseras på information från Beskrivning och bilagor till hydrogeologiska kartan över Kalmar Län serie Ah nr 1.

nitrithalt överstigande 0,5 mg/l anses otjänligt och kan inte brukas som dricksvatten (Bilaga 1).

4.4 Sulfat

Under många decennier innehöll grundvatten höga sulfathalter till följd av högt svavelinnehåll från nederbörden. Halterna i nederbörden har dock nu succesivt avtagit och bidraget är följaktligen inte lika stort. I sedimentära bergarter kan dock förhöjda svavelhalter förekomma naturligt. På Öland kan man tänka sig att sulfathalter i grundvattnet kan vara kopplade till förekomst av alunskiffer (SGU-rapport 2013:01).

Hälsoeffekter av förhöjda sulfathalter innefattar smakerändringar på dricksvatten samt diarré hos känsliga barn (SGU-rapport 2013:01). Vatten med sulfathalt överstigande 250 mg/l anses otjänligt och kan inte brukas som dricksvatten (SGU-rapport 2013:01)

5 Metod

5.1 Litteraturstudier

Arbetet inleddes med översiktliga litteraturstudier av geologiska kartblad och kartbladsbeskrivningar över berggrund (Wik 2005), jordarter (Rudmark 1980, 1981, 1983) och hydrogeologiska förhållanden

(Pousette 1972, 1981 samt Pousette & Möller 1972) för Borgholm kommun såväl som SGU rapporten 2013:01 Bedömningsgrunder för grundvatten.

Litteraturstudierna gav en insikt i de geologiska och hydrogeologiska förhållandena i området och utgjorde underlag till den bedömning av vattenkvaliteten som presenteras längre fram.

Utifrån den tillståndsbedömning och påverkansgrad för grundvatten med haltintervall som SGU-rapporten redovisar (se Bilaga 1) upprättades mellan fem och sex klasser för varje ämne med rapportens haltintervall som utgångspunkt.

5.2 Databearbetning

Totalt fanns fyra dataset som tillhandahållits från såväl Borgholm kommun som SGU. Databearbetningens huvudsakliga arbetsgång bestod av sortering, sammanställning, redovisning och bedömning av resultaten.

Eftersom informationen från kommunen delvis innehåller känsliga uppgifter så som till exempel exakta ämneshalter, fastighetsbeteckning, exakt lokalisering, fastighetsägare med mera så skyddas det via ett sekretessavtal som förhindrar att uppgifterna sprids vidare. I enlighet med detta avtal destrueras de använda datafilerna efter slutfört arbete.

För bearbetning av data användes programvarorna Microsoft Excel 2007 och ArcMap 10.2.2.

5.2.1 Brunnarsarkivet

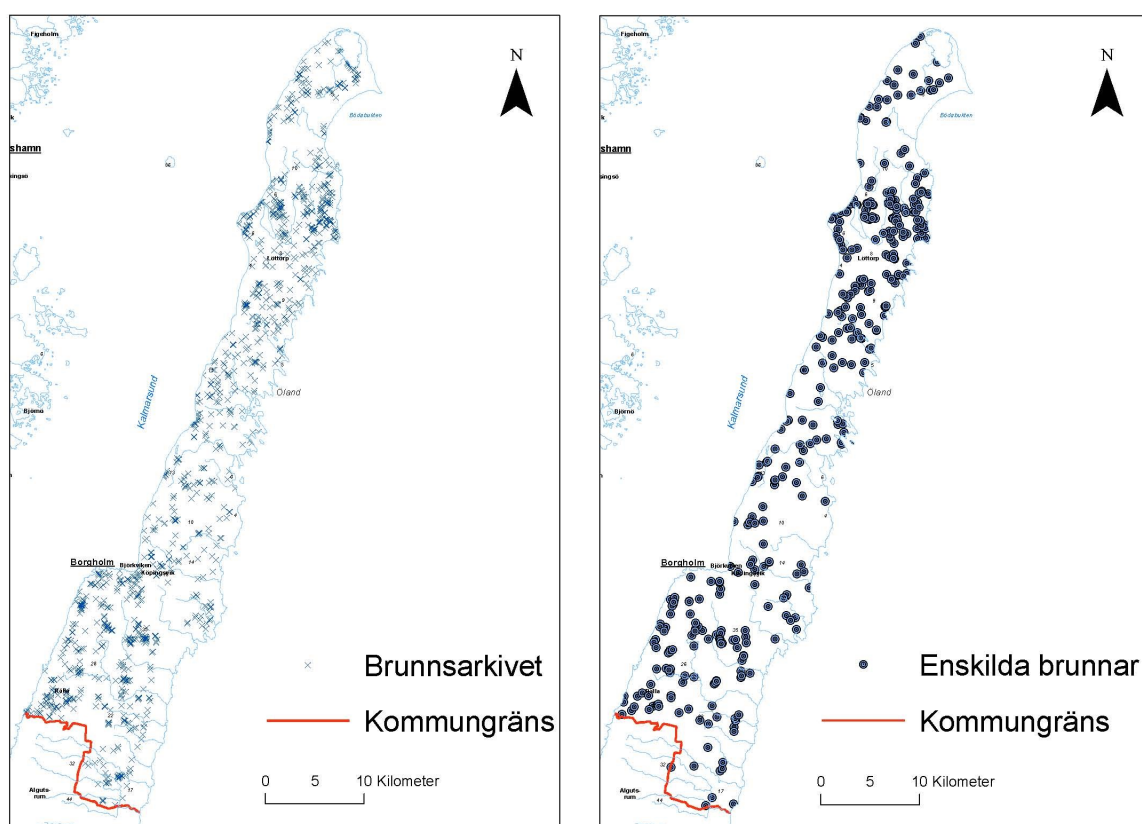
Från SGU, via Mattias Gustafsson, erhöles ett dataset där lokalisering av de brunnar som ingår i brunnarsarkivet anges i ett ArcMap lager. Datasetet var vid erhållandet bearbetat och sorterat så att energibrunnar och brunnar för kommunal vattenförsörjning inte fanns med. Övriga brunnar ihop med enskilda brunnar var det som kvarstod datasetet.

I ArcMap skapades ett nytt lager där datapunkterna föll över brunnarnas lokalisering i Borgholm kommun (Figur 8). Varje datapunkt innehöll uppgifter från brunnarsarkivet som exempelvis, brunnens ID-nummer, djup, brunnsutformning, kapacitet, lagerföljd och eventuellt även kemi.

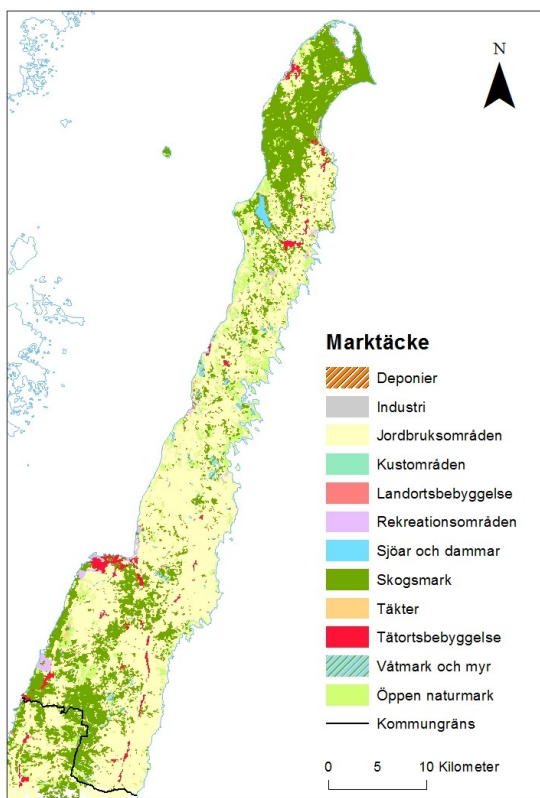
5.2.2 Enskilda brunnar

Det första datasetet från kommunen innehöll information från de diarieanteckningar som tagits i samband med vattenkemianalyser gjorda på enskilda brunnar samt datapunkter med brunnarnas lokalisering i ArcMap (Figur 8).

I ArcMap skapades ett nytt lager där datapunkterna jämfördes med brunnsuppgifter i SGU:s brunnarsarkiv.



Figur 8: Till vänster: Kartlager i ArcMap med geografisk placering av de cirka 500 brunnar som erhållits från Borgholm kommun. Till höger: Kartlager i ArcMap med geografisk placering av de utsorterade brunnarna från brunnarsarkivet i Borgholm kommun. Kartornas bakgrundsbild utgörs av Lantmäteriets produkt Översiktskartan 2007, SGU-manér, SWEREF99 TM.



Figur 9: Omarbetat kartlager i ArcMap för typ av marktäcke inom Borgholm kommun. Modifierad efter kartlager med original marktäckedata i ArcMap.

5.2.3 Ämneshalter

Det andra datasetet från kommunen innehöll specifika halter av alla analyserade ämnen för vattenkemianalyser gjorda i Borgholm kommun.

Materialet innefattar cirka 11 000 ämnesspecifika vattenkemianalyser, varav flertalet analyser kommer från samma analystillfälle. Dessa bearbetades genom att gå igenom och sortera ut alla vattenkemianalyser som rörde fluorid, klorid, nitrat, nitrit och sulfat.

Dessa analyser separerades sedan från sitt originaldataset och lades in i separata flikar i en ny excel-fil. För varje ämne sållades det bort olämpliga analyser som exempelvis saknade ämneshalter, fastighetsbeteckningar eller var gjorda i ytvatten.

Den färdigbearbetade excel-filen lades sedan in i ArcMap i väntan på vidare bearbetning.

5.2.4 Marktäckedata

Även detta dataset erhöles från handledare Mattias Gustafsson. Det innehåller visuell information för markanvändningen i Sverige och är en del av Lantmäteriets före detta produkt GSD Marktäckedata vilken numera tagits över av Naturvårdsverket via deras Miljödataportal (Naturvårdsverket 2014).

Denna information lades också in som ett nytt lager i ArcMap men behövde bearbetas mer innan det blev användbart för kommande analys. Marktäckedata hade för många klasser för att det skulle bli hanterbart för

detta arbete. Därför slogs likartade marktäcken ihop och omklassificerades till tolv nya gemensamma klasser (deponier, industri, jordbruksområden, kustområden, landortsbebyggelse, rekreatiomsområden, sjöar och dammar, skogsmark, täkter, tätortsbebyggelse, våtmark och myr samt öppen naturmark) vilka redovisas i Figur 9.

5.3 Sammanställning

Efter att dataseten bearbetats var nästa steg att lägga till specifika ämneshalter till datasetet med enskilda brunnar i Borgholm kommun. I ArcMap åstadkoms detta genom att slå ihop "attribute tables" med fastighetsbeteckningen som enande kriterium för de två dataseten. Detta gjordes för alla fem ämnen. Totalt kvarstod 306 fluoridvärden, 164 kloridvärden, 494 nitratvärden, 459 nitritvärden och 281 sulfatvärden.

Ett flertal lager innehållande datapunkter med lokalisering för vart och ett av de fem ämnena hade nu skapats. För att underlätta den kommande bedömningen klassades datapunkterna enligt tidigare skapad klassning baserad på SGU-rapport nr 2013:01 (Bilaga 1). Datapunkterna färgades från blått till rött representerande mycket låg respektive mycket hög halt. Resultatet blev nu fem haltkartor.

Granskning visade på att det inom varje haltkarta fanns områden med generellt sett högre eller lägre halter. Vissa av områdena sammanföll för flera av ämnena och ur ett generellt perspektiv verkar haltspridningen för fluorid, nitrat och nitrit respektive klorid och sulfat att någorlunda följa varandra.

För att utreda vad som skulle kunna vara orsaken till dessa samband, samt vad datapunkterna kunde ha gemensamt inom ett område, behövdes stratigrafisk information om jordlagren och berggrunden.

Genom att lägga till tidigare skapat lager med datapunkter från brunnsarkivet kunde stratigrafisk data erhållas via de brunnsprotokoll som är kopplade till varje datapunkt. För att säkerställa att haltdatapunkter verkligen korrelerade till rätt datapunkt från brunnsarkivet användes "i-verktyget" i ArcMap och drogs över områden där de två datapunkterna tycktes överlappa. Båda punkternas fastighetsbeteckningar dök då upp och om fastighetsbeteckningen var densamma kunde det verifieras att det rörde sig om samma brunn.

För vissa av ämnena var det mer intressant att, istället för stratigrafisk data, få reda på typen av marktäcke. Därför lades lagret med klassning av marktäcke till under datapunkterna. Även här användes "i-verktyget" för att enkelt ta fram informationen.

Efter genomgång av alla ämneskartorna erhöles ett stort antal överlappande datapunkter. Ur dessa togs fram specifik halt, marktäckesklass samt stratigrafisk och hydrogeologisk information från brunnsprotokoll.

5.4 Visuell redovisning samt bedömning av data

Bearbetningen och sammanställningen av data presenterades visuellt genom att skapa en haltkarta för varje

ämne. Haltkartorna visar med hjälp av färger de haltintervall som varje haltdatapunkt faller inom och färgerna har samma betydelse oavsett ämne.

Genom att studera haltkartorna närmare kunde områden med generellt sett låga, höga eller varierande ämneshalter urskiljas. Dessa områden klassades efter den påverkansgrad som anges i SGU-rapport 2013:01 "Bedömningsgrunder för grundvatten" (se Bilaga 1) och områden med halter höga nog för att ge påverkan markerades på fyra bedömningskartor som upprättades för ämnena fluorid, klorid, nitrat och sulfat. Senare i arbetet kommer kopplingar och orsaker för dessa områden att utredas närmare.

För att ta reda på vad som kunde ligga bakom haltterna studerades datapunkterna vidare genom att överlappa haltdatapunkterna med brunnarsarkivets brunnar och tidigare skapat marktäckelager. Avsikten var att korrelera ämneshalterna inom brunnens närområde med geologiska förhållanden och markanvändning, samt om möjligt dra generella slutsatser kring orsaker eller gemensamma förhållanden för datapunkternas likartade halter inom ett område. Motsvarande brunn i haltdatasetet återfanns i datasetet från brunnarsarkivet tack vare identiska fastighetsnamn för datapunkterna.

Också kvaliteten av erhållen data utvärderades genom att för varje ämne i Excel skapa en tabell över gränsvärde, min-max värde, medelvärde och standardavvikelse samt ett stapeldiagram med det antal brunnar som föll i varje haltintervall. Data i detta arbete kommer senare att kunna ställas mot motsvarande typ av tabellvärden och stapeldiagram för region A i SGU-rapporten 2013:01 "Bedömningsgrunder för grundvatten" (Se Bilaga 2 och 3).

För att påvisa ett eventuellt samband mellan sulfathalter och alunskiffers förekomst utreddes om höga halter kunde korreleras till låga pH-värden, detta eftersom alunskiffer lakar ut mer av sina kemiska komponenter som exempelvis järn, sulfat eller andra tungmetaller vid sura förhållanden. För detta ändamål upprättades en graf där pH ställdes mot halterna av sulfat i motsvarande brunn, såväl som ett stapeldiagram som visar antalet brunnar med likartad pH från kommunens stora haltdataset. pH har alltså utretts utifrån hela originaldatasetet och inte gentemot kommunens dataset för enskilda brunnar.

6 Resultat

6.1 Haltkartor

Datapunkterna har gjorts så pass stora att man inte kan identifiera enskilda fastigheter i enlighet med det påskrivna sekretessavtalet. Av samma anledning presenteras inte heller resultat som kan kopplas till enskilda datapunkter. Bakgrundskartan som haltdatapunkterna är placerade på utgörs av Lantmäteriets produkt Översiktskartan 2007, SGU-manér, SWEREF99 TM.

Kartornas datapunkter är färgkodade enligt tidigare nämnda klassning (se Bilaga 1) och samma färg innebär samma klassning i alla kartorna. Färgernas betydelse är som följande: mörk blå = mycket låg halt, ljus blå = låg halt, grön = måttlig halt, gul = relativt hög halt, orange = hög halt, röd = mycket hög halt.

Observeras bör att påverkansgraden från geologi eller markanvändning kan skönjas vid olika klasser för de fem ämnena. För vissa av ämnena kan förhöjda halter inte vara onormala i förhållande till var i landet Borgholm kommun befinner sig, (region A enligt SGU-rapport 2013:01; Bilaga 1 och 3).

Vid en övergripande visuell bedömning kan skönjas ett visst mönster för fördelningen av datapunkterna och deras haltnivå. Klorid och sulfat respektive nitrat och nitrit ter sig ha en likartad spridning och följer varandra, medan fluorid står för sig själv.

Granskning av tillhörande brunnarsprotokoll för överlappande brunnar har till varierande grad kunnat ge stratigrafisk, brunnsteknisk och hydrogeologisk information för de specifika brunnarna. En gemensam egenskap för brunnarna är att foderrören är korta i förhållande till hela brunnsdjupet. Detta betyder att det föreligger en överväldigande majoritet av bergbore brunnar i det analyserade datasetet.

Beträffande markanvändningen har en god överblick erhållits över både marktäckets som datapunkten faller inom men också över vilka marktäckena som förekommer i närområdet. Vissa punkter ligger i gränsen mellan två marktäckena och har då fått en bedömning utifrån båda dessa marktyper.

Uttagskapaciteten för brunnarna varierar kraftigt på lokal nivå med värden mellan 120 och 12 000 l/tim.

6.1.1 Fluorid

För fluoridkartan (Figur 10) kan närmare granskning av datapunkter konstatera följande:

Av totalt 373 datapunkter hittas överlapp för 23 stycken av punkterna.

Av de 23 överlappande datapunkterna har 3 styckena förhöjda värden, alltså hög halt eller högre (markeras med orange- och rödfärgade punkter).

En klar majoritet av överlappande datapunkter är från brunnar som når kalksten vilken varierar i djup på sin överyta mellan 6 och 30 meter från markytan samt i sin mäktighet mellan 5 och 67 meter.

Djupen på brunnarna varierar kraftigt men ligger i genomsnitt runt 30 meter.

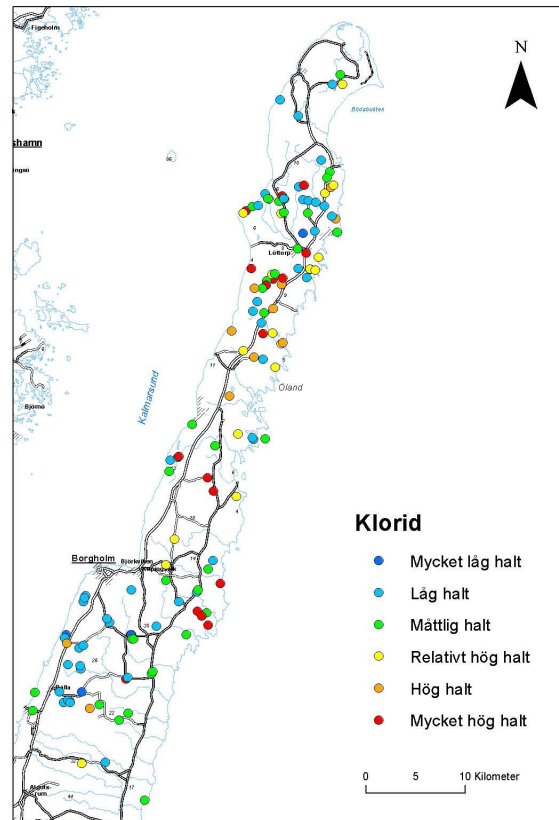
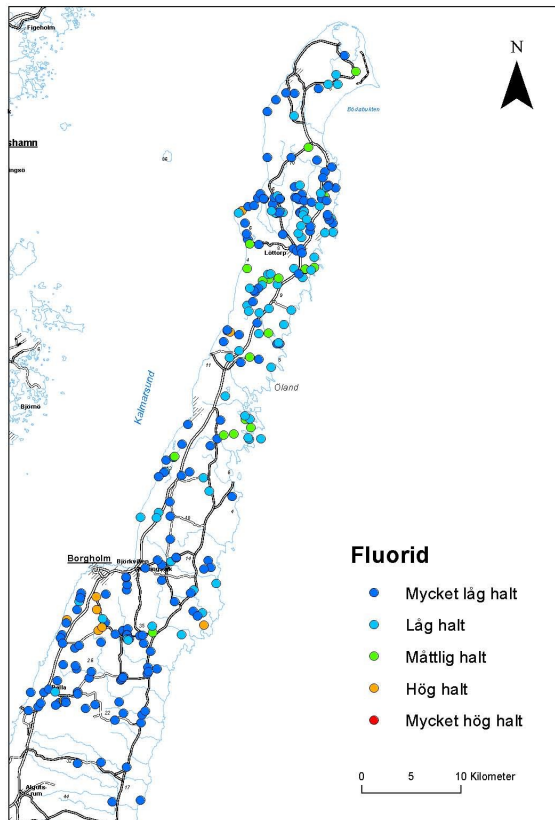
Markanvändningen för överlappande punkter faller i skogsmark för 9 punkter, jordbruksområden för 7 punkter, öppen naturmark för 3 punkter, landsortbebyggelse för 2 punkter och tätortsbebyggelse för 2 punkter.

6.1.2 Klorid

För kloridkartan (Figur 10) kan närmare granskning av datapunkter konstatera följande:

Av totalt 179 datapunkter hittas överlapp för 16 stycken av punkterna.

Av de 16 överlappande datapunkterna har 6



Figur 10: Till vänster: haltkarta för fluorid med klassning av datapunkterna enligt Bilaga 1. Till höger: haltkarta för klorid med klassning av datapunkterna enligt Bilaga 1.

stycken förhöjda värden, alltså hög halt eller högre (markeras med orange- och rödfärgade punkter).

En klar majoritet av överlappande datapunkter är från brunnar som når kalksten vilken varierar i djup på sin överyta mellan 0,3 och 9 meter från markytan samt i sin mäktighet mellan 5 och 67 meter.

Djupen på brunnarna varierar kraftigt men ligger i genomsnitt runt 32 meter.

Markanvändningen för överlappande punkter faller i skogsmark för 5 punkter, jordbruksområden för 10 punkter, öppen naturmark för 1 punkter och tätortsbebyggelse för 1 punkter.

Av de 16 överlappande punkterna ligger 3 inom en till två kilometer från kusten.

6.1.3 Nitrat

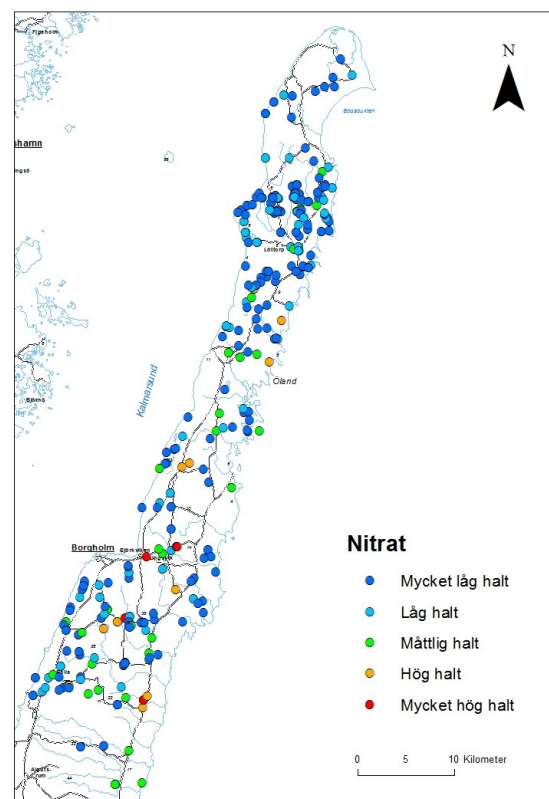
För nitratkartan (Figur 11) kan närmare granskning av datapunkter konstatera följande:

Av totalt 383 datapunkter hittas överlapp för 26 stycken av punkterna.

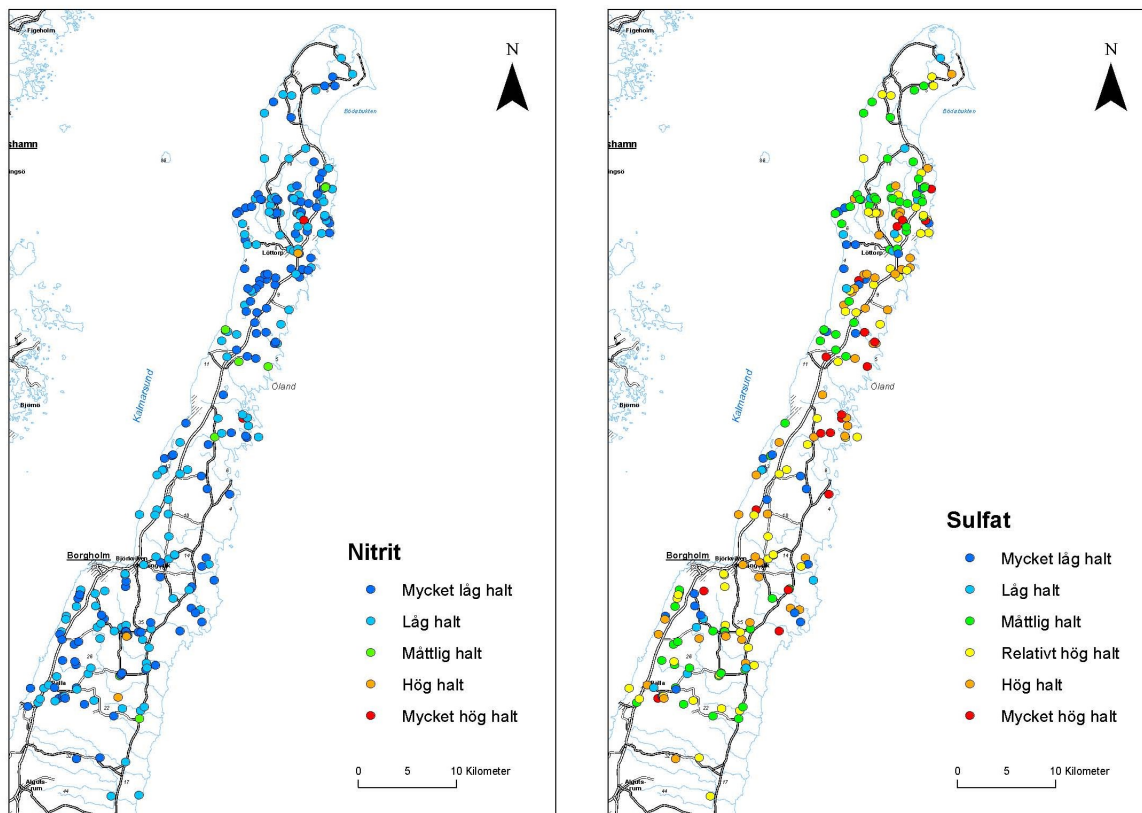
Av de 26 överlappande datapunkterna har en enda ett förhöjt värde, alltså måttlig halt eller högre (markeras med grön-, orange- och rödfärgade punkter).

Inga stratigrafiska samband mellan överlappande datapunkter kan observeras.

Djupen på brunnarna varierar kraftigt men ligger i genomsnitt på runt 26 meter.



Figur 11: Haltkarta för nitrat med klassning av datapunkterna enligt Bilaga 1.



Figur 12: Till vänster haltkarta för nitrit med klassning av datapunkterna enligt Bilaga 1. Till höger haltkarta för sulfat med klassning av datapunkterna enligt Bilaga 1.

Markanvändningen för överlappande punkter faller i jordbruksområden för 10 punkter, skogsmark för 7 punkter, öppen naturmark för 3 punkter, tätortsbebyggelse för 3 punkter och landsortsbebyggelse för 1 punkter.

Av de 26 överlappande punkterna ligger 18 punkter nära till jordbruksmark.

6.1.4 Nitrit

För nitritkartan (Figur 12) kan närmare granskning av datapunkter konstatera följande:

Av totalt 374 datapunkter hittas överlapp för 25 stycken av punkterna.

Av de 25 överlappande datapunkterna har 2 stycken förhöjda värden, alltså hög halt eller högre (markeras med orange- och rödfärgade punkter).

Inga stratigrafiska samband mellan överlappande datapunkter kan observeras.

Djupen på brunnarna varierar kraftigt men ligger i genomsnitt på runt 27 meter.

Markanvändningen för överlappande punkter faller i jordbruksområden för 11 punkter, skogsmark för 9 punkter, öppen naturmark för 3 punkter och tätortsbebyggelse för 2 punkter.

Av de 25 överlappande punkterna ligger 20 punkter nära till jordbruksmark.

6.1.5 Sulfat

För sulfatkartan (Figur 12) kan närmare granskning av datapunkter konstatera följande:

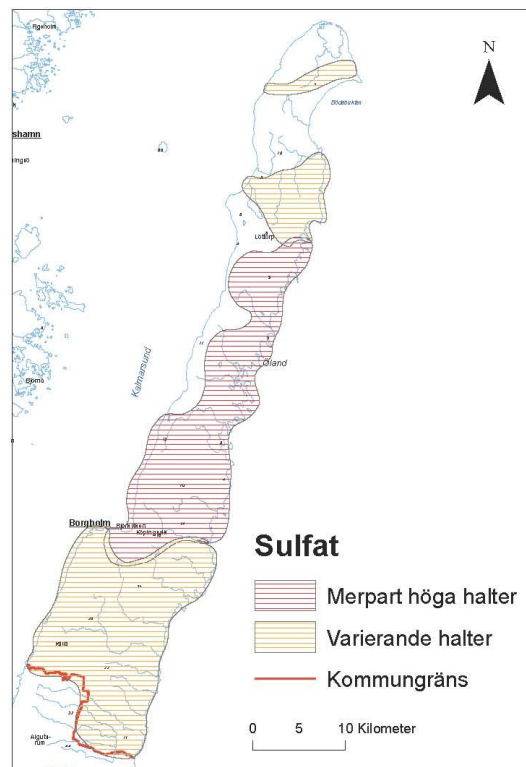
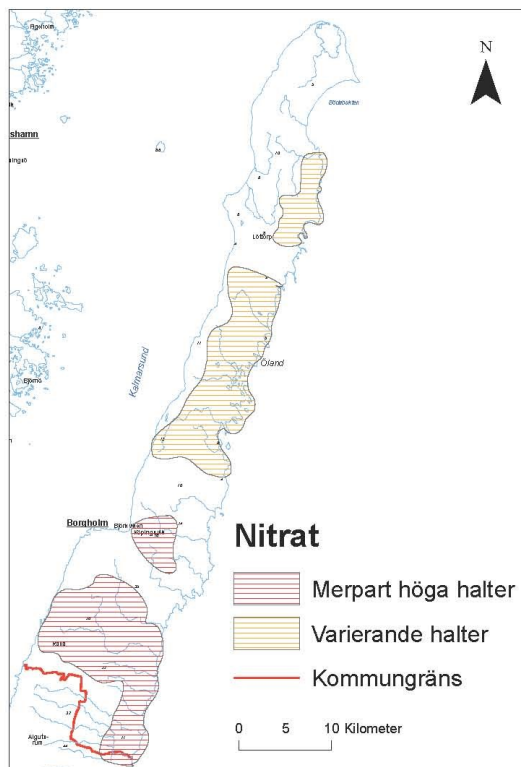
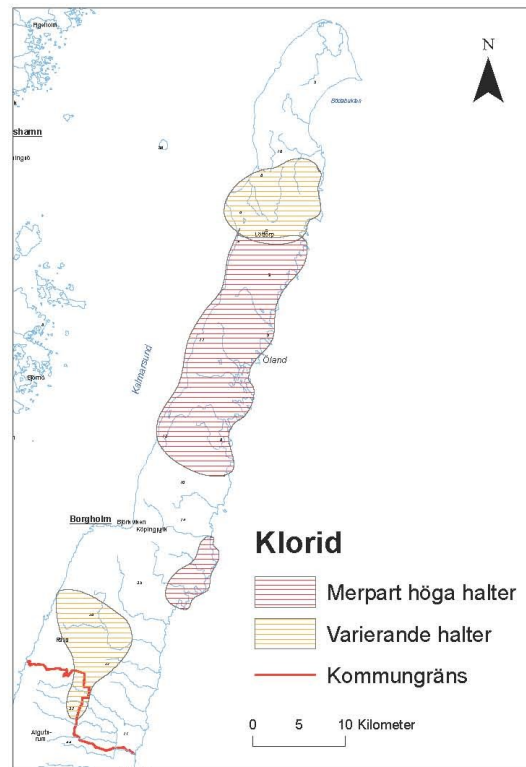
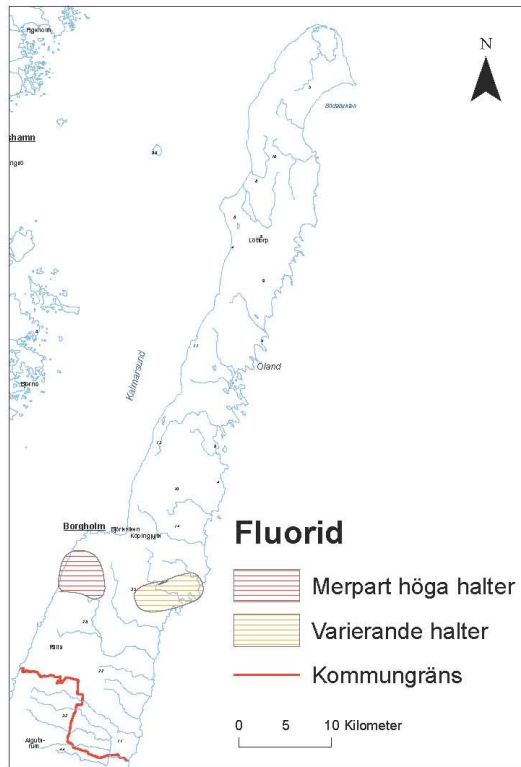
Av totalt 349 datapunkter hittas överlapp för 17 stycken av punkterna.

Av de 17 överlappande datapunkterna har 9 stycken förhöjda värden, alltså relativt hög halt eller högre (markeras med gul-, orange- och rödfärgade punkter).

Av de överlappande datapunkterna korsar 2 av dem igenom alunskiffer vars överyta ligger på antingen 18 eller 22 meters djup under markytan och vars mäktighet är 4 meter respektive 3 meter. Båda datapunkterna har förhöjda värden.

Djupen på brunnarna varierar kraftigt men ligger i genomsnitt på runt 33 meter under markytan.

Markanvändningen för överlappande punkter faller i jordbruksområden för 9 punkter, skogsmark för 5 punkter och slutligen i öppen naturmark för 4 punkter.



Figur 13: Översiktlig bedömning av haltkartor för fluorid, klorid, nitrat och sulfat. Kartornas röda markeringar indikerar områden med övervägande höga ämneshalter medan de orangea markeringarna indikerar områden med stor variation av halter eller områden med ett fåtal förhöjda ämneshalter. Kartans blanka områden indikerar områden med övervägande låga ämneshalter eller områden som saknar datapunkter. Vilket av dessa två det rör sig om kan utrönas genom att ta stöd i de haltkartor med klassning av datapunkterna som upprättats för varje ämne. För nitrit har det inte skapats någon bedömningskarta då datapunkter med förhöjda halter ansågs vara lokala anomalier.

6.2 Bedömning av områden med påverkan för de fem ämnena

Genom närmare granskning av haltkartorna kan områden med övervägande höga eller låga halter för varje element observeras. Därför upprättades ett antal bedömningskartor (Figur 13) som markerar områden som utmärker sig haltmässigt.

Enskilda datapunkter med förhöjda värden har inte utretts närmare då tiden för arbetet är begränsat. Istället ligger fokus på att utreda eventuella bakomliggande orsaker eller kopplingar för områden med generellt sett höga eller varierande halter i arbetets diskussionsdel.

Inom markeringarna anges områden där halterna uppnår eller överstiger haltintervallet där man kan börja skönja en påverkan från geologi eller markanvändning, vilket innebär:

- Hög halt för fluorid.
- Relativt hög halt för klorid.
- Måttlig halt för nitrat.
- Relativt hög halt för sulfat.

Nitrit har inte inkluderats i bedömningskartorna då de datapunkter med förhöjda värden som förekommer anses vara lokala anomalier som inte ligger i anslutning till fler datapunkter med förhöjda värden ens inom ramen för godtagbara värden utan påverkan.

Kartornas röda markeringar indikerar områden med övervägande del förhöjda halter medan kartornas orange markeringarna indikerar områden med stor variation av halter där det på små avstånd kan förekomma både extremt höga eller låga halter alternativt områden med ett mindre antal förhöjda halter bland för övrigt goda värden.

Inom ommarkerade områden är antingen angivna halter övervägande låga eller så saknas datapunkter i underlagsmaterialet. För att bli varse om vilket av dessa två det rör sig om kan jämförelse göras med tidigare redovisade haltkartor (Figurer 10-12).

Generellt påträffas låga ämneshalter i norr och fläckvis i söder, medan områdena däremellan uppvisar i huvudsak förhöjda ämneshalter.

6.3 Utvärdering av datakvalitet

För att få en överblick över halterna för ämnena på annat sätt än rent visuellt utvärderades de även statistiskt i enlighet med SGU-rapport 2013:01.

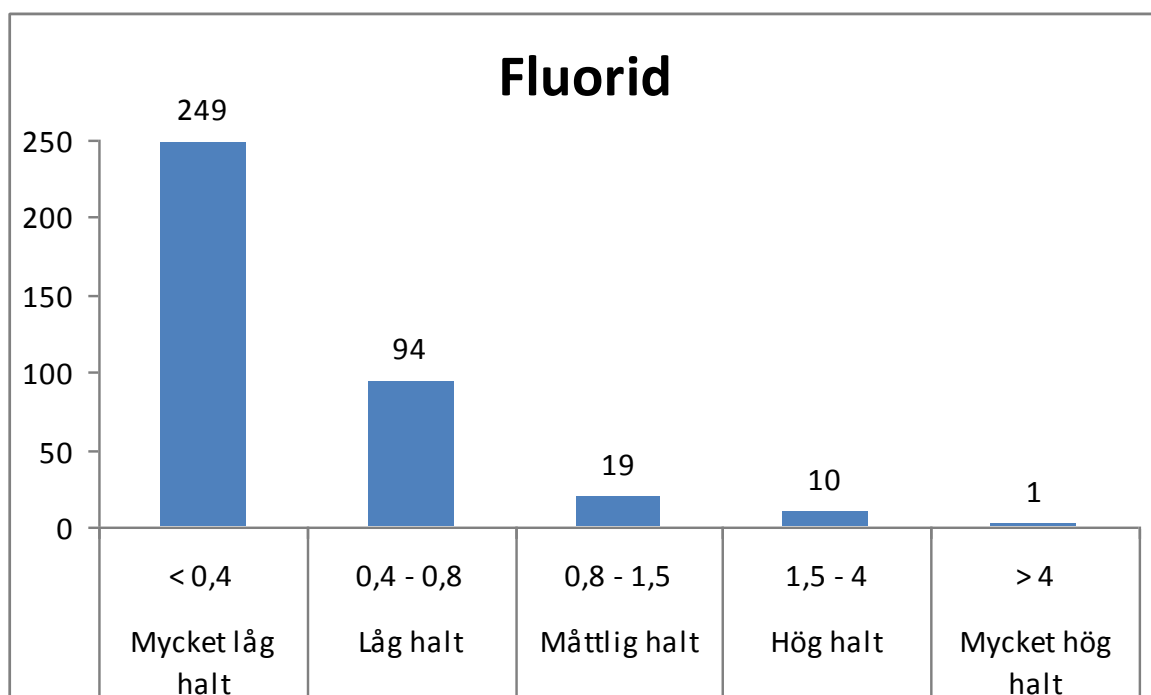
Statistisk information för halterna redovisas i Tabell 1 samt ett antal stapeldiagram som visar fördelningen av ämneshalterna enligt antalet datapunkter som faller inom varje klassning (Figurer 14-18).

Sulfat visar höga värden även i brunnar som inte genomtränger alunskiffer och för en stor del av de datapunkter som visar förhöjda halter sulfat saknas stratigrafisk information. Därför utreddes på ett övergripande sätt eventuell koppling mellan förhöjda sulfathalter och lågt pH-värde enligt diagram i Figur 19.

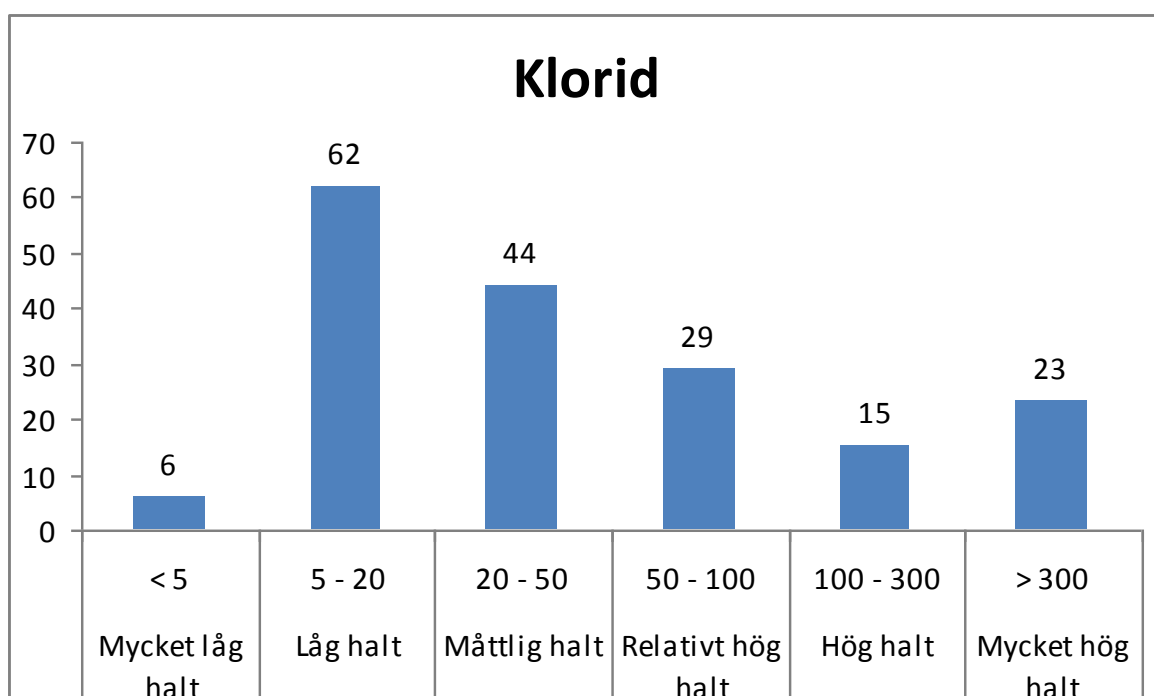
Eftersom inget direkt samband mellan förhöjda sulfathalter och lågt pH ställdes kan påvisas kan man ställa sig frågan hur pH över lag förhåller sig i Borgholm kommun, varför pH för alla vattenkemianalyser illustreras i ett stapeldiagram enligt Figur 20.

Tabell 1 : Samlad statistisk information för alla analyserade ämnen.

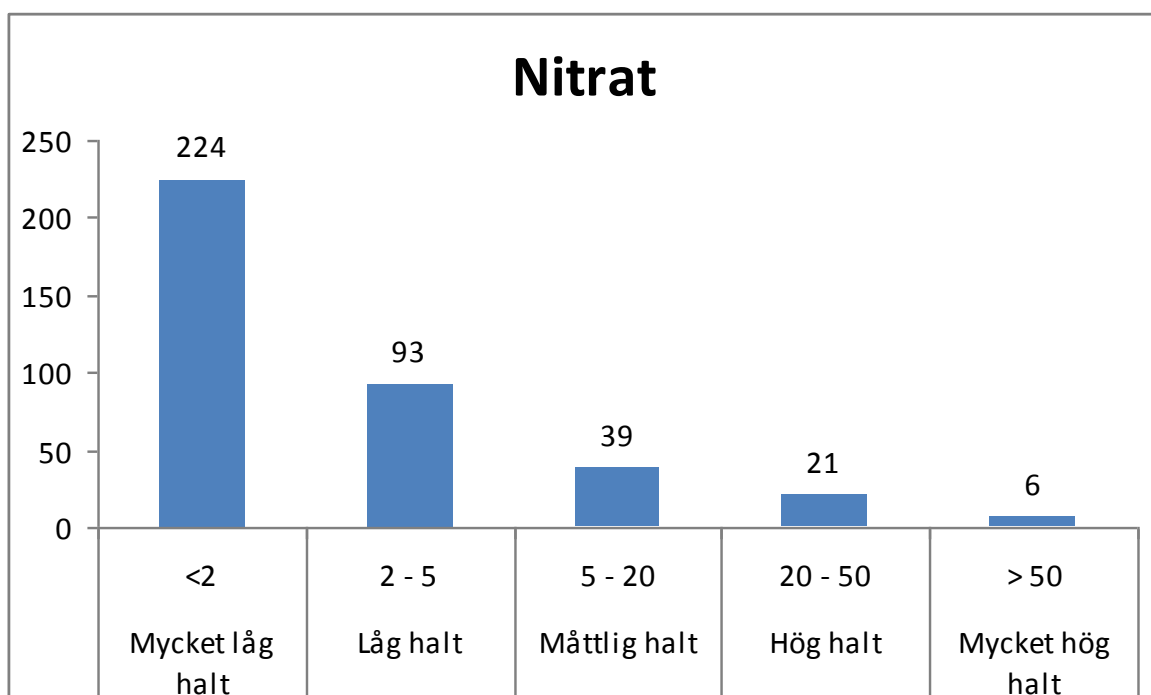
Ämne	Min - maxvärde (mg/l)	Medelvärde (mg/l)	Standardavvikelse
Fluorid	0,05 - 7,9	0.4	0.5
Klorid	3,5 - 5900	184	627
Nitrat	0,01 - 110	4.7	11.7
Nitrit	0,001 - 0,17	0.02	0.07
Sulfat	0,58 - 1000	43	72



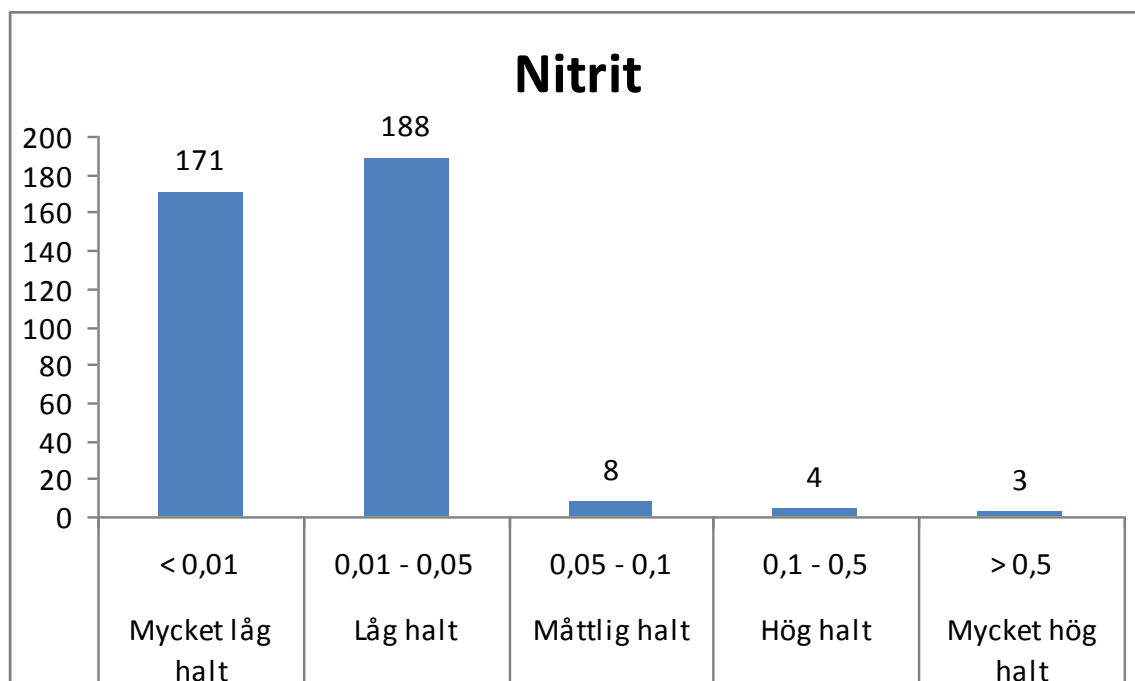
Figur 14: Stapeldiagram över antalet datapunkter för fluorid som faller inom var och en av klasserna. I förhållande till det totala antalet datapunkter innebär detta att cirka 67 % av brunnarna föll inom mycket låg halt, 25 % inom låg halt, 5 % inom måttlig halt, 3 % inom hög halt och <1% inom mycket hög halt. Totala antalet datapunkter är 373.



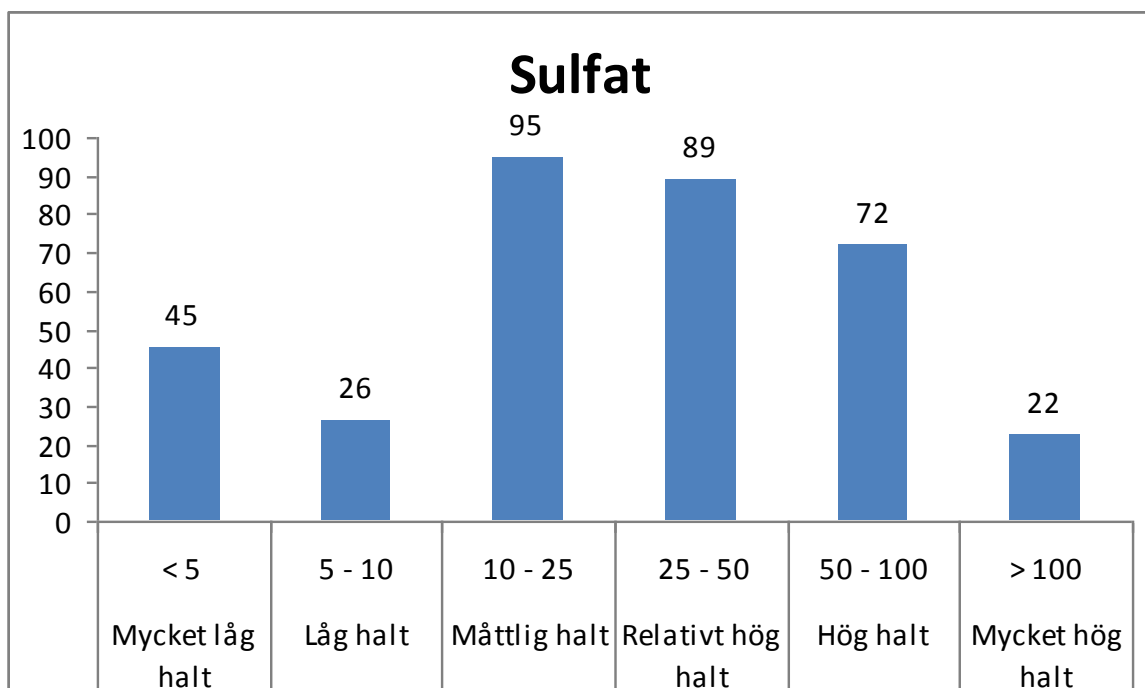
Figur 15: Stapeldiagram över antalet datapunkter för klorid som faller inom var och en av klasserna. I förhållande till det totala antalet datapunkter innebär detta att cirka 3 % av brunnarna föll inom mycket låg halt, 35 % inom låg halt, 25 % inom måttlig halt, 16 % inom relativt hög halt, 8 % inom hög halt och 13 % inom mycket hög halt. Totala antalet datapunkter är 179.



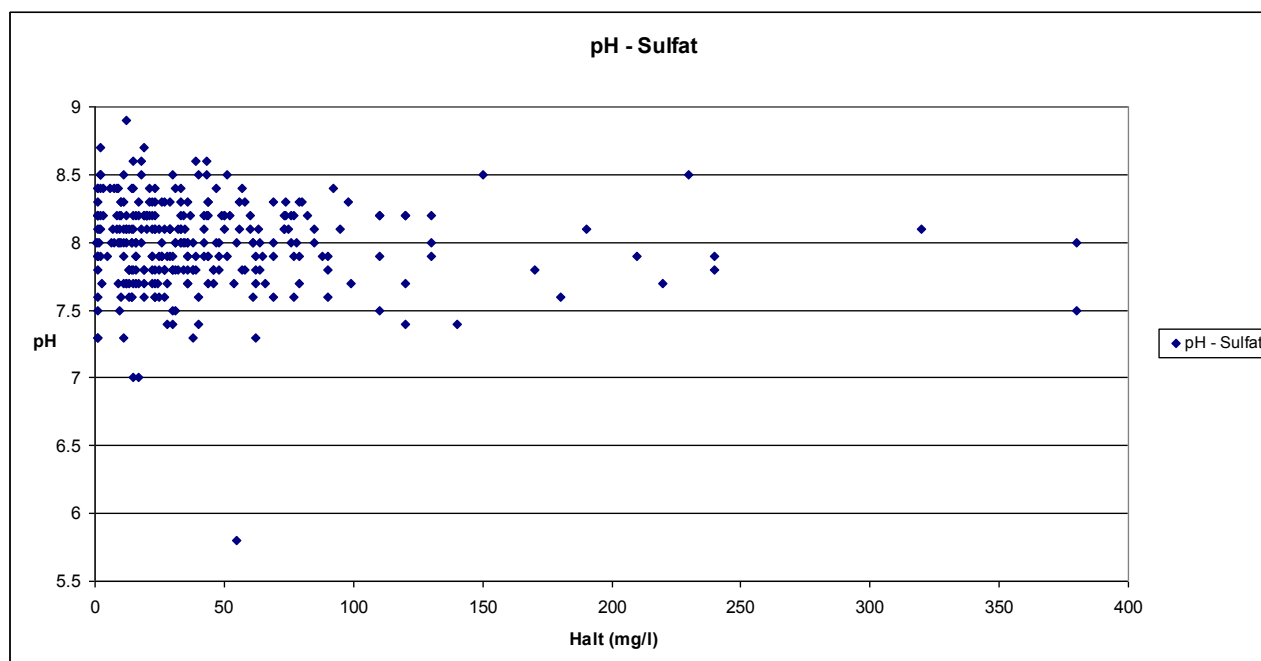
Figur 16: Stapeldiagram över antalet datapunkter för nitrat som faller inom var och en av klasserna. I förhållande till det totala antalet datapunkter innebär detta att cirka 58 % av brunnarna föll inom mycket låg halt, 24 % inom låg halt, 10 % inom måttlig halt, 5 % inom hög halt och 2 % inom mycket hög halt. Totala antalet datapunkter är 383.



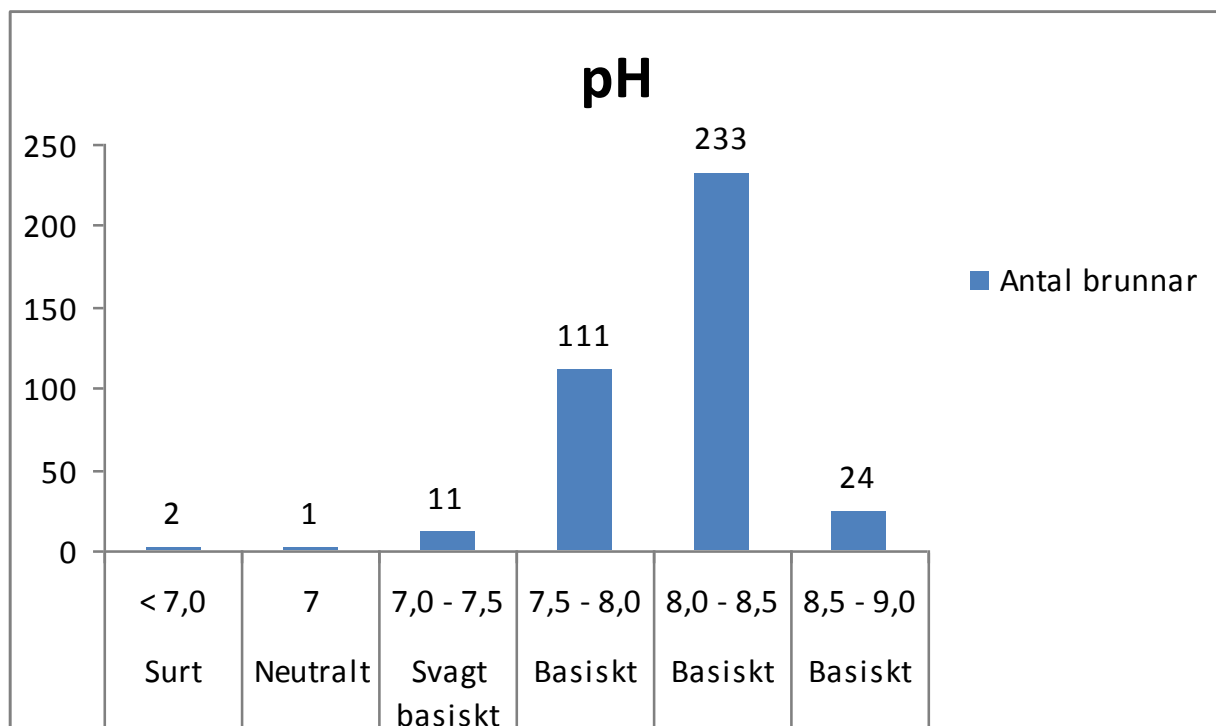
Figur 17: Stapeldiagram över antalet datapunkter för nitrit som faller inom var och en av klasserna. I förhållande till det totala antalet datapunkter innebär detta att cirka 45 % av brunnarna föll inom mycket låg halt, 50 % inom låg halt, 3 % inom måttlig halt, 1 % inom hög halt och 1 % inom mycket hög halt. Totala antalet datapunkter är 374.



Figur18: Stapeldiagram över antalet datapunkter för sulfat som faller inom var och en av klasserna. I förhållande till det totala antalet datapunkter innebär detta att cirka 13 % av brunnarna föll inom mycket låg halt, 7 % inom låg halt, 27 % inom måttlig halt, 25 % inom hög halt, 21 % inom relativt hög halt och 6 % inom mycket hög halt. Totala antalet datapunkter är 349.



Figur 19: Diagram över korrelation av haltdatapunkter för sulfat och deras tillhörande pH. Höga halter av sulfat kan inte korreleras till lågt pH.



Figur 20: Stapeldiagram över all pH data som ingick i originalhaltdatasetet med antalet datapunkter som föll inom olika pH-intervall. Diagrammet visar att de vattenkemianalyser som gjorts i Borgholm kommun har utförts i övervägande svagt basiskt till basiskt brunnsvatten och ytterst få datapunkter faller inom sura eller ens neutrala förhållanden.

7 Diskussion

Inom de förutsättningar och tidsbegränsningar som givits för detta examensarbete har inte alla samband kunnat utredas fullt ut. Arbetet här utgör en första preliminär bedömning och utvärdering av de vattenkemiska förhållandena som råder i Borgholm kommun. Således kan förda resonemang skilja sig från de bedömningar som Länsstyrelsen eller SGU kommer fram till då de har mer tid och resurser till förfogande för ett mer omfattande arbete.

Under premisserna för detta examensarbete redovisas följande resonemang:

7.1 Fluorid

Resultaten visar generellt sett låga halter av fluorid.

Detta kan bero på att kalkberggrunden inte innehåller särskilt höga halter av fluorapatit eller att kalkstenen inte är benägen att avge fluorapatitens fluorid till omgivande vatten. En annan mer sannolik förklaring är de övervägande basiska förhållandena hos grundvattnet inom Borgholm kommun. Fluoridjonen är nämligen stabil under basiska förhållanden (SGU-rapport 2013:01) och eftersom grundvattnet är övervägande basiskt förhindrar detta urlakningen av fluorid från berggrunden till grundvattnet. Men kan därför säga att kalkstenen sannolikt hjälper till att hålla fluoridhalterna låga genom sin buffrande effekt på dricksvattnet.

Dock finns fortfarande områden med förhöjda fluoridhalter. Detta kan bero på antropogena föroreningskällor (SGU-rapport 2013:01).

Man bör närmare kontrollera vem det är som bor och brukar dricksvattnet inom dessa områden. Vuxna kan generellt tåla högre halter av fluorid än barn i varierande åldrar (SGU-rapport 2013:01). Således är det inte nödvändigt att alla områden måste åtgärdas utifrån den enskilda vattenförsörjningen.

Däremot när det gäller den kommunala vattenförsörjningen måste man kunna förse även barn med dricksvatten. För att vara på den säkra sidan bör man därför inte anlägga nya kommunala vattentäkter inom områden som överskrider en klassning högre än låg halt (se Bilaga 1). Detta då klassen måttlig halt inkluderar vatten som barn av vissa åldrar kan ta skada av.

7.2 Klorid

Resultaten visar generellt sett varierande eller höga halter av klorid.

Förekomst av klorid i grundvattnet är inte ovanligt i de delar av Sverige som tidvis befann sig under högsta kustlinjen i samband med och/eller efter den senaste istiden. Detta är därför en möjlig förklaring till varför klorid förekommer så rikligt i Borgholm kommun (SGU-rapport 2013:01).

Recent påverkan från Östersjön är också en rimlig

förklaring där salint havsvattenvatten stiger upp i berggrunden genom de spricksystem som kan antas finnas i kalksten och lerskiffer i berggrunden.

Dock befinner sig en del av de undersökta brunnarna med förhöjda halter inte i närheten till kustområden utan ligger mer i de centrala delarna av kommunen. Därför kan man misstänka att en kombination av ovan nämnda förklaringar samverkar i orsakandet av de förhöjda kloridhalterna.

Eftersom förhöjda kloridhalter knutits till förekomst av fossilt vatten hos likartad berggrund i en studie utförd i Bunge på Gotland (Follin 2008) kan fossilt vatten också vara en trolig källa till förhöjda värden av klorid även på Öland.

7.3 Nitrat och nitrit

Resultaten visar generellt sett låga värden för nitrat såväl som nitrit.

Kväve är sällsynt i marken då det tas upp och förbrukas av växtlighet inom kvävet kretslopp i naturen. Nitrat och nitrit som ingår i detta kretslopp och deras förekomst i grundvattnen är således mer sannolikt bundet till markanvändning och antropogena aktiviteter än någon geologisk orsak (SGU-rapport 2013:01).

Läckage av nitrat och nitrit till grundvattnen kan till stor del kopplas till jordbruksmark (SGU-rapport 2013:01). Detta samband syns i resultaten som presenterats genom att en övervägande del av överlappande datapunkter faller inom eller åtminstone befinner sig i närhet till jordbruksmark.

En annan möjlig anledning till de förhöjda halterna av nitrat och nitrit är läckage från avlopp. Mikrobiella analyser eller analyser för ämnena fosfat eller kalium kan påvisa ett sådant samband då de fungerar som indikatorer för påverkan från avlopp. Eftersom analys av dessa ämnen inte kunde inkluderas inom ramen för detta arbete kan sambandet inte styrkas ytterligare än detta antagande (SGU-rapport 2013:01).

Överlag finns fler förhöjda halter av nitrat än nitrit. Eftersom nitrat bryts ned till nitrit under syrefattiga förhållanden kan det vara en indikator på en mestadels syresatt miljö i markprofilen vilken håller nitrithalterna låga (SGU-rapport 2013:01).

7.4 Sulfat

Resultaten visar generellt förhöjda halter av sulfat.

Förhöjda sulfathalter är inte ovanliga i områden med sedimentära bergarter eller i områden som tidigare befunnit sig under högsta kustlinjen (SGU-rapport 2013:01) och det undersökta området uppfyller båda dessa kriterier. För sedimentära bergarter är det i synnerhet alunskiffer som kan agera som huvudsaklig källa till sulfat.

Alunskiffern förekommer inom Borgholm kommun på varierande djup och med varierande mäktighet (Thulin Olander 2013) men av de överlappande punkter som uppvisar förhöjda sulfathalter är det endast ett fåtal vars brunnar går ner i eller igenom alunskiffern. Det finns således brunnar med förhöjda sulfathalter

som inte riktigt kan förklaras till sitt sammanhang.

En misstanke är emellertid att man i brunnsarkivets brunnsprotokoll inte utfört en fullgod geologisk bedömning av alunskiffern, utan istället missbedömt den som exempelvis grå eller blå kalksten eller lerskiffer med hög vattenföring. Detta skulle förklara varför alunskiffer återfinns i så få av datapunkterna.

Samtidigt finns också datapunkter med låga eller medelhöga halter av sulfat. En möjlig förklaring till detta skulle kunna vara att kalkstenen har en buffrande effekt på grundvattnet där de generellt sett basiska förhållandena förhindrar urlakning av alunskifferns kemiska komponenter. För att utreda detta samband tydligare vore det intressant att också utföra studier på ämnena järn, arsenik och andra tungmetaller, ofta associerade med alunskifferns kemiska uppbyggnad.

Ytterligare en möjlig föroreningskälla för sulfat är luftburen deposition, men eftersom halterna i Borgholm kommun överstiger de normalt förekommande värdena för denna typ av källa är det osannolikt att detta är den enda orsaken till de höga sulfathalterna (SGU-rapport 2013:01).

7.5 Jämförelse av värden

Som tidigare nämnts faller Borgholm kommun inom region A enligt bedömningsgrunder för grundvatten. I Bilaga 3 finns SGU-rapportens statistiska information och den procentuella andel datapunkter som faller i varje tillståndsklass för enskilda brunnar för de fem ämnen som tagits upp i detta arbete.

Genom att jämföra medelvärde och standardavvikelse med motsvarande värden från SGU-rapporten kan man bedöma om resultaten som erhållits i det här arbetet skiljer sig gentemot vad som är normalt för region A.

Korrelationen mellan värdena är generellt inte speciellt tydlig. Medelvärdena för nitrat och sulfat är snarlika rapportens värden men har skilda standardavvikelser. För fluorid, klorid och nitrit är korrelationen näst intill obefintlig.

Genom att jämföra SGU-rapportens procentsatser med de procentsatser som återfinns i det här arbetets stapeldiagram kan man bedöma om resultaten som erhållits i föreliggande arbete skiljer sig gentemot vad som är normalt för region A.

För nitrat och sulfat är korrelationen mellan procentsatserna likartad, medan det för fluorid, klorid och nitrit skiljer sig en del. Således kan möjligen slutsatsen dras att nitrat och sulfat har likartad fördelning som vad som är normalt förekommande inom region A, medan fluorid, klorid och nitrit har en annorlunda fördelning än vad som brukar råda i regionen i stort.

Detta kan vara ett resultat av färre datapunkter finns i detta arbetet (373 för fluorid, 179 för klorid, 383 för nitrat, 374 för nitrit och 349 för sulfat) än i SGU-rapporten (Bilaga 3). Således kan en skev procentuell fördelning erhållits mellan tillståndsklasserna och som inte överensstämmer med vad som annars normalt förekommer i regionen.

Ytterligare en orsak kan också vara att förhållan-

dena på Öland skiljer sig från region A i övrigt. Eftersom Öland är en ö kan saltvatteninträngningen tänkas bli mer påtaglig med kust åt alla håll.

7.6 Felkällor

Generellt sett har antalet överlapp mellan brunnsarkivets datapunkter och kommunens haltdatapunkter varit få för de fem ämnena. Resultaten som presenterats i detta arbete skulle således kunna skilja sig mot de verkliga förhållandena på kommunen.

En annan felkälla är också det faktum att det finns en tendens att utföra fler vattenkemianalyser i områden som man redan har misstankar om kan vara problematiska eller i brunnar som redan har problem med vattenkvaliteten sen tidigare. Således leder detta till en skev bild med högre andel höga ämneshalter än vad som kanske faktiskt råder i verkligheten.

Kvaliteten på de stratigrafiska och hydrogeologiska bedömningarna som återfinns i brunnsarkivets borrprotokoll varierar kraftigt och ger intrycket av att vara utförda med bristande eller begränsad geologisk kunskap. Protokollen härrör från en lång tidsperiod där de äldsta är från början av 1980-talet. Man har således ingen uppfattning om vad som kan ha hänt i brunnen efter protokollets upprättande såsom exempelvis en fördjupning av brunnen.

7.7 Framtiden

7.7.1 Vidare utredning i befintliga brunnar

Genom att jämföra placeringen av nuvarande kommunala vattentäkter i Borgholm kommun med områden med goda eller dåliga vattenkemiska förhållanden som illustreras i bedömningskartorna kan man göra bedömningen att vattentäkten i Byxelkrok är bäst placerad. Resterande vattentäkter ligger inom riskområden för förhöjda ämneshalter för ett eller flera av ämnena.

Således vore det värdefullt om kommunen utför en granskning av de övriga kommunala vattentäkterna och säkerställer att det inte föreligger förhöjda ämneshalter i drickvattnet. Det är även lämpligt att se över om det nuvarande drickvattenuttaget går att öka i Byxelkrok eftersom denna vattentäkt visar på goda vattenkemiska förhållanden.

Självklart bör man även granska drickvattnet i Borgholm kommun närmare och på ett mer grundligt vis än vad förutsättningarna är för detta arbete, och i synnerlighet för fler ämnen än vad som här varit fallet.

Om ämnen med geologiskt betingat ursprung kan kopplas mot specifika formationer eller djupintervall bör dessa undvikas vid kommande brunnsborringar. Av de ämnen som analyserats inom ramen av detta arbete är särskilt klorid och sulfat av intresse eftersom dessa tros ha källor i formationer som uppträder på specifika och kanske även lateralt återkommande djup.

Om brunnar trots försiktighet skulle skära igenom geologiska enheter som bidrar till försämrade vattenkemisk kvalitet finns lösningar för detta. I sådana fall bör problemet åtgärdas genom att sätta foderrör förbi delar av en dricksvattenbrunn där jordlagren eller berggrun-

den har oönskade kemiska egenskaper.

Vad gäller markanvändningen som orsakar förhöjda nitrat- och nitrihalter bör man se över hur läckage från jordbruk till grundvatten kan minskas och också hur befintliga avlopp kan förbättras så att de inte har sitt utlopp i närhet till var man tar sitt vatten. Även utredning där områden med förhöjda ämneshalter korreleras till jorddjup vore lämplig. Ett tänkbart samband är att tunna jordtäckan kan leda till förhöjda halter av oönskade ämnen.

7.7.2 Placering av nya kommunala vattentäkter

Vad gäller eventuella nya kommunala vattentäkter kan kommunens norra delar där halterna av de fem analyserade ämnena är generellt sett låga vara lämpliga (Figur 13). Dock bör man säkerställa att området också har låga ämneshalter av andra ämnen än de som belysts i detta arbete.

Även vissa områden i den södra delen av kommunen skulle tänkas vara lämplig för ny vattentäkt om man lyckas på ett enkelt och kostnadseffektivt sett rena vattnet från nitrat och sulfat (Figur 13).

Om man lyckas identifiera vilka faktorer som uppträder och samverkar i områden med låga ämneshalter kan dessa bli en utmärkt indikator för lämpliga områden för kommunala vattentäkter (Figurer 10-13).

Som tidigare nämnts varierar uttagsmöjligheterna på lokal nivå. Detta arbete har fokuserats på enskilda brunnar där uttagskapaciteterna antas ligga lägre än vad som är möjligt att ta ut ur underliggande akviferer.

Ur ett generellt perspektiv kan man säga att områden som har bäst uttagskapacitet är kopplade till sedimentärt berg längst med västra kuststräckan mellan staden Borgholm och kommungränsen samt i jordlager belägna kommunens inre delar spridda i nord-sydlig riktning (Figur 6). Dessa områden är geologiskt kopplade till siltsten och isälvsavlagringar (Figur 2).

7.7.3 Snabba lösningar på kort sikt?

Innan nya kommunala vattentäkter i berg hinner placeras och anläggas behövs lösningar på kort sikt.

Ett alternativ för kommunen är att överväga återinfiltration av ytvatten för produktion av konstgjort grundvatten till den kommunala vattenförsörjningen. Lokalisering av fler lämpliga ytvatten, kopplat till närliggande jordartsområden lämpliga för infiltration ned genom markprofilen är av vikt. Hornsjön och Möckelmossen är viktiga källor för ytvatten vilka kan användas i skapandet av konstgjort grundvatten. Det vore lämpligt att se över om man kan öka uttaget ifrån dessa till förmån för skapande av konstgjort grundvatten. Om man dessutom kostnadseffektivt och logistiskt enkelt kan transportera vatten från sjöarna via exempelvis ledningar ökar antalet områden där man kan skapa konstgjort grundvatten.

För ägare till enskilda brunnar kan en idé vara att fördjupa sina befintliga brunnar så att man kan nå ned till den sänkta grundvattenytan om vattenbrist skulle inträda framöver. Vad som dock bör beaktas vid så-

dant förfarande är att inte fördjupa brunnen så pass långt ned att salt grundvatten eller alunskiffer påträffas, då detta kan avsevärt försämra kvaliteten på dricksvattnet. Således bör som tidigare nämnts vidare kartläggning av var bland annat salt grundvatten djupmässigt förekommer utföras.

Vattensparande åtgärder är viktiga att tillämpa i Borgholm kommun, i synnerlighet under den kommande sommarturismen. Detta kan inkludera såväl en sparsamhet i vattenbrukningen som en ökning av priset på dricksvatten för att ge incitament till befolkningen att inte slösa med vattenresursen i onödan.

8 Slutsatser

Utifrån genomfört arbete kan följande slutsatser dras:

- Borgholm kommun bör se över möjligheterna att utöka dricksvattenuttaget i sin kommunala vattentäkt i Byxelkrok, men även utreda vattenkvaliteten i övriga täkter.
- För nya kommunala vattentäkter bör man i huvudsak se närmare på kommunens norra delar samt, under förutsättning för att man kan rena nitrat och sulfat på enkelt sätt, även kommunens södra delar. Områden med låga ämneshalter och höga uttagskapaciteter är åtråvärda.
- Möjligheter för återinfiltration av ytvatten för skapande av konstgjort vatten bör utredas då det kan vara en lämplig lösning på kort sikt för den kommunala vattenförsörjningen.
- Ägare till enskilda brunnar bör se över möjligheterna att fördjupa sina brunnar för att nå tillräckligt djupt för att få vatten. I beaktande bör tas att fördjupningen inte får nå ned till djup som kan kopplas till exempelvis förekomst av salt grundvatten.
- Besökare och innevånare i Borgholm kommun bör få ta del av vattensparande åtgärder för att begränsa vattenförbrukningen och slöseri av vattenresurser i onödan.

9 Tackord

Först och främst ett stort tack till båda mina handledare Mikael Erlström och Mattias Gustafsson för deras stöd, goda råd och pedagogiska attityd.

Tack till SGU för att jag fick möjligheten att få skriva detta arbete.

Från Borgholm kommun vill jag tacka mina kontaktpersoner Helene Wertwein och Ingela Nilsson.

Även ett tack till SGU-personal i Lund och Uppsala från vilka jag fick extra hjälp och trevligt umgänge under arbetets gång.

10 Referenser

Brådenmark, N., 2013: Alunskiffer på Öland : stratiografi, utbredning och mäktigheter samt kemiska och fysikaliska egenskaper. Lund : Geologiska institutionen, Lunds Universitet, 2013.

Dahlqvist, P., 2015: SkyTEM-undersökningar på Gotland. Uppsala : Sveriges geologiska undersökning (SGU), 2015.

Erlström, M. & Gustafsson, M. 2016. Muntlig eller mejlkommunikation under perioden januari - juni 2016. [Personlig kommunikation].

Fetter, C. W., 2001: Applied hydrogeology. Upper Saddle River : Prentice Hall, cop. 2001 4. ed.

Google Maps, u.å. Hämtad 13 maj 2016, från <https://www.google.se/maps/@57.8455132,15.3535419,637947m/data=!3m1!1e3>.

Klein, C. & Philpotts, A. R., 2012: Earth materials : introduction to mineralogy and petrology. Cambridge : Cambridge University Press, 2012.

Kornfält, K.-A., Wikman, H. & Bruun, Å., 1993: Provisoriska översiktliga berggrundskartan. [Kartografiskt material]. Uppsala : SGU, 1993.

Lång, L.-O., 2016: Sveriges miljö kvalitetsmål för grundvatten nås inte. Hämtad 14 maj 2016, från <http://www.sgu.se/om-sgu/nyheter/2016/mars/sveriges-miljokvalitetsmal-for-grundvatten-nas-inte/>.

Lantmäteriet, u.å.: Marktäckedata är nu överlämnat till Naturvårdsverket. Hämtad 14 maj 2016, från <https://www.lantmateriet.se/sv/Kartor-och-geografisk-information/Produktnyheter/Geografisk-information/Marktäckedata-ar-nu-overlamnat-till-Naturvardsverket/>.

Miljömål, 2012: Preciseringar av Grundvatten av god kvalitet. Hämtad 14 maj 2016, från <http://www.miljomal.se/sv/Miljomalen/9-grundvatten-av-god-kvalitet/Preciseringar-av-grundvatten-av-god-kvalitet/>.

Miljömål, 2015: När vi Kalmar läns miljömål? Hämtad 14 maj 2016, från <https://www.miljomal.se/sv/Miljomalen/Regionala/Regionalt/?l=8&t=Lan&eqo=9>.

Miljömål, 2016a: Uppföljning 2016. Hämtad 14 maj 2016, från <https://www.miljomal.se/sv/Miljomalen/9-Grundvatten-av-god-kvalitet/au2016/>.

Miljömål, 2016b: Grundvatten av god kvalitet. Hämtad 14 maj 2016, från <https://www.miljomal.se/Miljomalen/9-Grundvatten-av-god-kvalitet/>.

Naturvårdsverket, 2014: Svenska Marktäckedata. Produktbeskrivning. Utgåva 1.2. Hämtad 14 maj 2016, från http://gpt.vicmetria.nu/data/land/SMD_produktdeskription_20140627.pdf.

Olander, H. T., 2013: Modellering av Ölands alunskiffer. En tredimensionell modellering baserad på data från brunnsarkivet. In: S. g. undersökning (red.) Opublicerad rapport. 7 s.

Pousette, J., 1972: Grundvattenundersökningar på Ölands Stora alvar. Stockholm, 1972.

Pousette, J., 1981: Hydrogeologisk karta över Kalmar län. Uppsala ; Stockholm : SGU : LiberKartor (distr.), 1981.

- Pousette, J. & Möller, Å., 1972: Ölands hydrogeologi : en översikt. Stockholm, 1972 ; (Växjö : Davidson).
- Rudmark, L. (Cartographer). (1980). Jordartskartan 4G/4H Kalmar NO/Runsten NV.
- Rudmark, L. (Cartographer). (1981a). Jordartskartan 5H Borgholm SV.
- Rudmark, L., 1981b: Jordartskartan 5H Borgholm SV. Beskrivning till jordartskartan Borgholm SV = Description to the quaternary map Borgholm SV. SGU ;, Uppsala :.
- Rudmark, L., 1983a: Jordartskartan 5H Borgholm NV/NO. Uppsala : SGU ; Stockholm : LiberKartor (distr.), 1983.
- Rudmark, L., 1983b: Jordartskartan 5H Borgholm NV/NO. Beskrivning till jordartskartan Borgholm NV/NO = Description to the Quaternary map Borgholm NV/NO. SGU ;, Uppsala :.
- Selinus, O., 2010: Medicinsk geologi. Lund : Student litteratur, 2010 (Ungern) 1. uppl.
- Sveriges Geologiska Undersökning, 2013: Bedömningsgrunder för grundvatten. Uppsala : Sveriges geologiska undersökning, 2013.
- Sveriges Geologiska Undersökning, 2015a: Grundvattnivåer i september 2015. Hämtad 15 maj 2016, från <http://www.sgu.se/om-sgu/nyheter/2015/september/grundvattennivaer-i-september-2015/>.
- Sveriges Geologiska Undersökning, 2015b: Grundvattnivåer i oktober 2015. Hämtad 15 maj 2016, från <http://www.sgu.se/om-sgu/nyheter/2015/oktober/grundvattennivaer-i-oktober-2015/>.
- Sveriges Geologiska Undersökning, 2015c: Grundvattnivåer i november. Hämtad 15 maj 2016, från <http://www.sgu.se/om-sgu/nyheter/2015/november/grundvattennivaer-i-november/>.
- Sveriges Geologiska Undersökning, 2015d: Grundvattnivåer i december. Hämtad 15 maj 2016, från <http://www.sgu.se/om-sgu/nyheter/2015/december/grundvattennivaer-i-december/>.
- Sveriges Geologiska Undersökning, 2016a: Grundvattnivåer i januari. Hämtad 15 maj 2016, från <http://www.sgu.se/om-sgu/nyheter/2016/januari/grundvattennivaer-i-januari/>.
- Sveriges Geologiska Undersökning, 2016b: Grundvattnivåer i februari 2016. Hämtad 15 maj 2016, från <http://www.sgu.se/om-sgu/nyheter/2016/februari/grundvattennivaer-i-februari-2016/>.
- Sveriges Geologiska Undersökning, 2016c: Grundvattnivåer i mars 2016. Hämtad 15 maj 2016, från <http://www.sgu.se/om-sgu/nyheter/2016/mars/grundvattennivaer-i-mars-2016/>.
- Sveriges Geologiska Undersökning, 2016d: Grundvattnivåer i april 2016. Hämtad 15 maj 2016, från <http://www.sgu.se/om-sgu/nyheter/2016/april/grundvattennivaer-i-april-2016/>.
- Sveriges Geologiska Undersökning, u.å. a: Vatten. Hämtad 13 maj 2016, från <https://www.sgu.se/om-geologi/vatten/>.
- Sveriges Geologiska Undersökning, u.å. b: Grundvatten av god kvalitet. Hämtad 14 maj 2016, från <http://www.sgu.se/om-sgu/verksamhet/miljomal/grundvatten-av-god-kvalitet/>.
- Thunholm, B., 2016a: Extremt låga grundvattnivåer. Hämtad 14 maj 2016, från <http://www.sgu.se/om-sgu/nyheter/2016/mars/extremt-laga-grundvattnivaer/>.
- Thunholm, B., 2016b: Grundvattnivåer i Böda. Min, medel och maxvärden 1968-2015. Hämtad 15 maj 2016, från <http://www.sgu.se/Documents/Om%20SGU/Nyheter/2016/boda.pdf>
- Wik, N.-G., 2005: Beskrivning till regional berggrundskarta över Kalmar län. Uppsala: SGU, 2005.
- World Health Organisation, 2011: Nitrate and Nitrite in Drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water. Hämtad 15 maj 2016, från http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/c-hemicals/nitratennitrite2ndadd.pdf.

11 Bilagor

Bilaga 1

Haltintervall och påverkansgrad för de fem ämnena i SGU-rapport 2013:01 Bedömningsgrunder för grundvatten utifrån vilka klassningen av de fem ämnena upprättats i detta arbete.

Tabell 34. Tillståndsklassning för grundvatten med avseende på fluoridhalt.

Klass	Tillstånd	F (mg/l)	Kommentar
1	Mycket låg halt	<0,4	
2	Låg halt	0,4–0,8	
3	Måttlig halt	0,8–1,5	Kariesförebyggande egenskaper.
4	Hög halt	1,5–4	Otjänligt som dricksvatten vid allmän vattenförsörjning.
5a	Mycket hög halt	≥4	Vid halter över 6 mg/l är vattnet otjänligt som dricksvatten även vid enskilda vattenanläggningar.

Tabell 10. Tillståndsklassning och påverkansbedömning för grundvatten med avseende på kloridhalt.

Klass	Tillstånd	Cl (mg/l)	Grad av påverkan	Kommentar
1a	Mycket låg halt	<5	Ingen eller obetydlig	Motsvarar ungefär kloridhalt från naturlig deposition i Norrland och Svealand.
1b	Låg halt	5–20	Ingen eller obetydlig	Motsvarar ungefär kloridhalt från naturlig deposition i Götaland.
2	Måttlig halt	20–50	Måttlig	Vanlig halt i brunnar under den marina gränsen och i Region A.
3	Relativt hög halt	50–100	Påtaglig	
4	Hög halt	100–300	Stark	Tjänligt med anmärkning vid allmän och enskild vattenförsörjning.
5	Mycket hög halt	≥300	Mycket stark	Risk för smakförändringar.

Tabell 14. Tillståndsklassning och påverkansbedömning för grundvatten med avseende på nitrat halt

Klass	Tillstånd	NO ₃ (mg/l)	Grad av påverkan	Kommentar
1	Mycket låg halt	<2	Ingen eller obetydlig	Vanlig halt i skogsmark
2	Låg halt	2–5	Måttlig	Skogsavverkade områden, avlopp
3	Måttlig halt	5–20	Påtaglig	Jordbruksbygd, avlopp
4	Hög halt	20–50	Stark	Ej ovanlig halt i jordbruksbygd
5	Mycket hög halt	≥50	Mycket stark	Tjänligt med anmärkning som dricksvatten

Tabell 15. Tillståndsklassning för grundvatten med avseende på nitrit halt

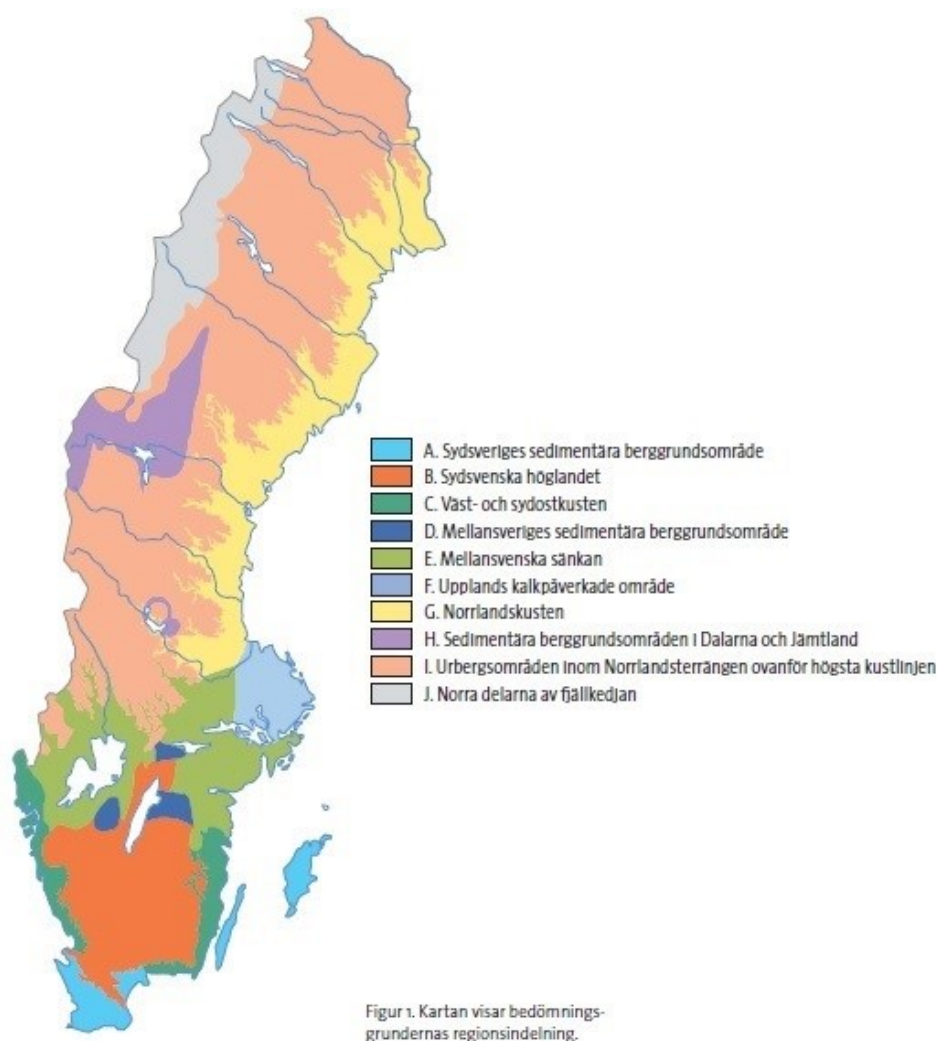
Klass	Tillstånd	NO ₂ (mg/l)	Kommentar
1	Mycket låg halt	<0,01	Normal halt i grundvattnet
2	Låg halt	0,01–0,05	
3	Måttlig halt	0,05–0,1	
4	Hög halt	0,1–0,5	Tjänligt med anmärkning som dricksvatten
5	Mycket hög halt	≥ 0,5	Otjänligt som dricksvatten

Tabell 11. Tillståndsklassning och påverkansbedömning för grundvatten med avseende på vattnets sulfathalt.

Klass	Tillstånd	SO ₄ (mg/l)	Grad av påverkan	Kommentar
1a	Mycket låg halt	<5	Ingen eller obetydlig	Motsvarar ungefär sulfathalt från nuvarande deposition i Norrland och Svealand.
1b	Låg halt	5–10	Ingen eller obetydlig	Motsvarar ungefär sulfathalt från nuvarande deposition i Götaland.
2	Måttlig halt	10–25	Måttlig	Motsvarar ungefär sulfathalt i grundvatten som fortfarande är påverkat av tidigare deposition.
3	Relativt hög halt	25–50	Påtaglig	Sannolikt att vattnet är påverkat av svavel från geologiskt ursprung eller oxidation av sulfider alternativt av svavel, sulfider och sulfat från föroreningskälla. Halter över 100 mg/l innebär att dricksvattnet bedöms vara tjänligt med anmärkning.
4	Hög halt	50–100	Stark	
5	Mycket hög halt	≥100	Mycket stark	

Bilaga 2

Geografisk placering och områdesbeskrivning av Region A enligt SGU-rapporten 2013:01 Bedömningsgrunder för grundvatten.



A – Sydsveriges sedimentära berggrundsområde omfattar sedimentära bergarter i Skåne samt på Öland och Gotland. Regionen karaktäriseras av lättvittrade jordar och bergarter vilket ger hög motståndskraft mot försurning. Höga naturliga sulfathalter och även förhöjda kloridhalter kan förekomma i anslutning till vissa bergarter. Regionen är belägen såväl under som över HK.

Bilaga 3

Naturligt förekommande värden av de fem undersökta ämnena inom region A enligt SGU-rapport 2013:01. Röda markeringar har gjorts för att lättare identifiera vilka värden som arbetets resultat jämförts med.

Fluorid

F (mg/l)

			Antal	Medel	Stdav	Percentilgränser						Tillståndsklass (%)					
						P5	P10	Q1	Median	Q3	P90	P95	1	2	3	4	5
Region A	J	Större vattentäkt	48	0,30	0,33	<	<	0,10	0,20	0,41	0,72	0,88	73	19	6	2	
	J	Enskild brunn	445	0,32	0,45	<	<	0,11	0,23	0,40	0,63	0,92	74	20	5	1	0
	J	Källa	38	0,24	0,23	<	<	0,09	0,20	0,36	0,60	0,78	82	16	3		
	J	Rör	2	0,38	0,16	0,26	0,26	0,26	0,38	0,50	0,50	0,50	50	50			
	B	Större vattentäkt	75	0,47	0,40	0,02	0,07	0,21	0,37	0,69	0,99	1,11	55	28	16	1	
	B	Enskild brunn	941	0,94	1,17	<	0,16	0,30	0,59	1,10	2,00	3,30	33	28	22	13	4
	J		535	0,31	0,43	<	<	0,10	0,22	0,40	0,64	0,90	74,4	19,3	4,7	1,3	0,4
	B		1016	0,90	1,13	<	0,15	0,30	0,55	1,07	1,90	3,10	34,8	28,3	21,4	12,2	3,2

Klorid

Cl (mg/l)

			Antal	Medel	Stdav	Percentilgränser						Tillståndsklass (%)						
						P5	P10	Q1	Median	Q3	P90	P95	1a	1b	2	3	4	5
Region A	J	Större vattentäkt	49	36,3	75,6	8,3	10,8	13,3	20,5	29,0	46,0	109,1		47	45	2	4	2
	J	Enskild brunn	563	64,2	546,5	6,3	8,4	13,0	22,0	38,0	88,0	160,0	2	42	38	9	7	2
	J	Källa	43	27,8	47,3	6,5	7,5	9,6	15,0	27,9	39,4	58,7		63	30	2	5	
	J	Rör	2	29,1	10,3	21,9	21,9	21,9	29,1	36,4	36,4	36,4			100			
	B	Större vattentäkt	76	31,8	29,2	9,0	11,4	18,0	22,8	33,4	64,4	79,1		32	54	11	4	
	B	Enskild brunn	1043	134,7	364,8	9,0	12,0	18,0	33,0	83,0	330,0	545,0	1	28	34	15	11	11
	J		659	59,6	505,8	6,4	8,3	13,0	21,5	37,0	84,0	147,5	2,0	43,7	38,5	7,7	6,4	1,7
	B		1119	127,7	353,2	9,0	12,0	18,0	32,0	77,0	300,0	500,0	0,5	27,8	35,6	15,1	10,9	10,1

Nitrat

NO₃ (mg/l)

			Antal	Medel	Stdav	Percentilgränser						Tillståndsklass (%)					
						P5	P10	Q1	Median	Q3	P90	P95	1	2	3	4	5
Region A	J	Större vattentäkt	52	7,4	10,1	<	<	0,1	3,4	10,7	25,6	28,8	42	13	33	12	
	J	Enskild brunn	460	23,8	31,4	<	<	1,4	12,0	32,0	65,0	89,0	27	8	26	24	16
	J	Källa	39	14,4	16,4	<	<	1,6	8,5	21,2	43,0	50,0	26	13	36	21	5
	J	Rör	2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	100				
	B	Större vattentäkt	78	2,9	6,4	<	<	<	0,2	2,3	9,0	17,7	73	9	15	3	
	B	Enskild brunn	1000	6,6	19,4	<	<	<	<	4,0	20,0	37,0	69	9	13	7	3
	J		555	21,6	29,7	<	<	1,0	11,0	30,4	62,0	84,0	28,3	8,5	27,4	22,3	13,5
	B		1079	6,3	18,8	<	<	<	<	4,0	19,0	36,0	68,9	8,9	12,8	6,6	2,9

Nitrit

NO₂ (mg/l)

			Antal	Medel	Stdav	Percentilgränser						Tillståndsklass (%)					
						P5	P10	Q1	Median	Q3	P90	P95	1	2	3	4	5
Region A	J	Större vattentäkt	54	0,020	0,059	<	<	0,001	0,003	0,012	0,030	0,136	70	24		6	
	J	Enskild brunn	449	0,028	0,086	<	<	<	0,005	0,020	0,062	0,120	57	31	5	6	1
	J	Källa	19	0,007	0,016	<	<	<	<	0,005	0,043	0,060	79	16	5		
	J	Rör	0														
	B	Större vattentäkt	80	0,012	0,034	<	<	0,000	0,003	0,006	0,032	0,053	83	13	1	4	
	B	Enskild brunn	950	0,051	0,176	<	<	<	<	0,020	0,100	0,250	59	25	5	7	3
	J		524	0,026	0,082	<	<	<	0,003	0,020	0,059	0,120	59,5	29,4	4,6	5,5	1,0
	B		1031	0,048	0,169	<	<	<	<	0,020	0,080	0,239	61,2	24,1	5,0	7,0	2,7

Sulfat

SO₄ (mg/l)

			Antal	Medel	Stdav	Percentilgränser						Tillståndsklass (%)						
						P5	P10	Q1	Median	Q3	P90	P95	1a	1b	2	3	4	5
Region A	J	Större vattentäkt	48	55,5	58,5	8,3	14,3	24,3	38,8	71,1	96,5	160,0	4	2	21	35	29	8
	J	Enskild brunn	570	43,8	36,2	9,9	13,0	20,0	34,5	56,0	88,5	110,0	2	3	29	36	23	7
	J	Källa	46	32,0	20,2	10,9	11,5	17,2	24,3	46,0	62,5	69,5	2		50	28	20	
	J	Rör	2	67,1	73,7	15,0	15,0	15,0	67,1	119,2	119,2	119,2			50			50
	B	Större vattentäkt	75	40,1	30,4	11,5	13,3	20,0	34,5	48,2	75,1	102,7			33	44	17	5
	B	Enskild brunn	916	45,3	54,3	0,2	4,0	14,0	35,0	59,0	94,0	120,0	11	6	23	26	26	9
	J		668	43,9	37,6	10,0	13,0	20,0	34,0	56,0	86,0	110,0	2,5	2,4	29,8	35,5	23,1	6,7
	B		991	44,9	52,8	0,9	5,0	14,0	35,0	59,0	90,0	120,0	10,0	5,8	23,6	27,1	25,0	8,5

Bilaga 4

Originalmarktäcke-filens alla klasser sorterade efter antalet polygoner de förekommer i på kartlagret.

OID	KLASS	Count	KLASS
19	Hygge	1109	
39	Ungskog	1011	
28	Lövskog, ej på myr eller berg-i-dagen	931	
6	Betesmarker	897	
1	Barrskog ej på lavmark 5-15 meter	710	
42	Åkermark	544	
8	Blandskog, ej på myr eller berg-i-dagen	457	
0	Barrskog ej på lavmark > 15 meter	223	
43	Övrig myr	153	
30	Områden med sparsam vegetation	145	
10	Busksnår	127	
22	Kusthav och oceaner, vegetationstäcktyta	96	
25	Landortsbebyggelse med tomtmark av öppen karaktär	95	
3	Barrskog på lavmark	64	
29	Naturlig gräsmark	51	
26	Limnogena våtmarker	50	
33	Orter med mindre än 200 invånare	48	
37	Stränder, sanddynor och sandslätter	47	
11	Campingplats och fritidsbebyggelse	38	
36	Sjöar och dammar, öppen yta	30	
4	Barrskog på myr	20	
9	Blöt myr	20	
27	Lövskog på myr	17	
23	Kusthav och oceaner, öppen yta	16	
31	Orter med mer än 200 invånare och med större områden av trädgårdar och grönområden	15	
32	Orter med mer än 200 invånare och mindre områden av trädgårdar och grönområden	15	
40	Urbana grönområden	15	
21	Industri, handelsenheter, offentlig service och militära förläggningar	13	
7	Blandskog på myr	10	
20	Idrottsanläggning, skjutbana, motorbana samt hästportanläggning och hundkapplöpningsbana	7	
17	Grus- och sandtag	5	
35	Sjöar och dammar, vegetationstäckt yta	5	
44	Övriga mineralextraktionsplatser	5	
2	Barrskog på berg-i-dagen	4	
5	Berg i dagen och blockmark	3	
15	Frukt- och bärodling	3	
18	Hamnområden	3	
12	Deponier	2	
16	Golfbana	2	
34	Saltpåverkade våtmarker	2	
13	Ej urban park	1	
14	Flygplats	1	
24	Kustlagun	1	
38	Tät stadstruktur	1	
41	Väg- och järnvagnät med kringområden	1	

Tidigare skrifter i serien

”Examensarbeten i Geologi vid Lunds universitet”:

424. Robygd, Joakim, 2015: Geochemical and palaeomagnetic characteristics of a Swedish Holocene sediment sequence from Lake Storsjön, Jämtland. (45 hp)
425. Larsson, Måns, 2015: Geofysiska undersökningsmetoder för geoenergisystem. (15 hp)
426. Hertzman, Hanna, 2015: Pharmaceuticals in groundwater - a literature review. (15 hp)
427. Thulin Olander, Henric, 2015: A contribution to the knowledge of Fårö's hydrogeology. (45 hp)
428. Peterffy, Olof, 2015: Sedimentology and carbon isotope stratigraphy of Lower-Middle Ordovician successions of Slemmestad (Oslo-Asker, Norway) and Brunflo (Jämtland, Sweden). (45 hp)
429. Sjunnesson, Alexandra, 2015: Spårämnesförsök med nitrat för bedömning av spridning och uppehållstid vid återinfiltration av grundvattnen. (15 hp)
430. Henao, Victor, 2015: A palaeoenvironmental study of a peat sequence from Iles Kerguelen (49° S, Indian Ocean) for the Last Deglaciation based on pollen analysis. (45 hp)
431. Landgren, Susanne, 2015: Using calcein-filled osmotic pumps to study the calcification response of benthic foraminifera to induced hypoxia under *in situ* conditions: An experimental approach. (45 hp)
432. von Knorring, Robert, 2015: Undersökning av karstvittring inom Kristianstadsslättens NV randområde och bedömning av dess betydelse för grundvattnets sårbarhet. (30 hp)
433. Rezvani, Azadeh, 2015: Spectral Time Domain Induced Polarization - Factors Affecting Spectral Data Information Content and Applicability to Geological Characterization. (45 hp)
434. Vasilica, Alexander, 2015: Geofysisk karakterisering av de ordoviciska kalkstensenheter på södra Gotland. (15 hp)
435. Olsson, Sofia, 2015: Naturlig nedbrytning av klorerade lösningsmedel: en modellering i Biochlor baserat på en fallstudie. (15 hp)
436. Huitema, Moa, 2015: Inventering av föroreningar vid en brandövningsplats i Linköpings kommun. (15 hp)
437. Nordlander, Lina, 2015: Borrningsteknikens påverkan vid provtagning inför dimensionering av formationsfilter. (15 hp)
438. Fennvik, Erik, 2015: Resistivitet och IP-mätningar vid Äspö Hard Rock Laboratory. (15 hp)
439. Pettersson, Johan, 2015: Paleoekologisk undersökning av Triberga mosse, sydöstra Öland. (15 hp)
440. Larsson, Alfred, 2015: Mantelpolymer - realitet eller *ad hoc*? (15 hp)
441. Holm, Julia, 2015: Markskador inom skogsbruket - jordartens betydelse (15 hp)
442. Åkesson, Sofia, 2015: The application of resistivity and IP-measurements as investigation tools at contaminated sites - A case study from Kv Renen 13, Varberg, SW Sweden. (45 hp)
443. Lönsjö, Emma, 2015: Utbredningen av PFOS i Sverige och världen med fokus på grundvattnet – en litteraturstudie. (15 hp)
444. Asani, Besnik, 2015: A geophysical study of a drumlin in the Åsnen area, Småland, south Sweden. (15 hp)
445. Ohlin, Jeanette, 2015: Riskanalys över pesticidförekomst i enskilda brunnar i Sjöbo kommun. (15 hp)
446. Stevic, Marijana, 2015: Identification and environmental interpretation of microtextures on quartz grains from aeolian sediments - Brattforsheden and Vittskövle, Sweden. (15 hp)
447. Johansson, Ida, 2015: Is there an influence of solar activity on the North Atlantic Oscillation? A literature study of the forcing factors behind the North Atlantic Oscillation. (15 hp)
448. Halling, Jenny, 2015: Inventering av sprickmineraliseringar i en del av Sorgenfrei-Tomquistzonen, Dalby stenbrott, Skåne. (15 hp)
449. Nordas, Johan, 2015: A palynological study across the Ordovician Kinnekulle. (15 hp)
450. Åhlén, Alexandra, 2015: Carbonatites at the Alnö complex, Sweden and along the East African Rift: a literature review. (15 hp)
451. Andersson, Klara, 2015: Undersökning av slugtestsmetodik. (15 hp)
452. Ivarsson, Filip, 2015: Hur bildades Bushveldkomplexet? (15 hp)
453. Glommé, Alexandra, 2015: $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ in plagioclase, evidence for a crustal origin of the Hakefjorden Complex, SW Swe-

- den. (45 hp)
454. Kullberg, Sara, 2015: Using Fe-Ti oxides and trace element analysis to determine crystallization sequence of an anorthosite-norite intrusion, Älgön SW Sweden. (45 hp)
455. Gustafsson, Jon, 2015: När började platttektoniken? Bevis för platttektoniska processer i geologisk tid. (15 hp)
456. Bergqvist, Martina, 2015: Kan Ölands grundvatten öka vid en uppdämning av de utgrävda diken genom strandvallarna på Ölands östkust? (15 hp)
457. Larsson, Emilie, 2015: U-Pb baddeleyite dating of intrusions in the south-easternmost Kaapvaal Craton (South Africa): revealing multiple events of dyke emplacement. (45 hp)
458. Zaman, Patrik, 2015: LiDAR mapping of presumed rock-cored drumlins in the Lake Åsnen area, Småland, South Sweden. (15 hp)
459. Aguilera Pradenas, Ariam, 2015: The formation mechanisms of Polycrystalline diamonds: diamondites and carbonados. (15 hp)
460. Viehweger, Bernhard, 2015: Sources and effects of short-term environmental changes in Gullmar Fjord, Sweden, inferred from the composition of sedimentary organic matter. (45 hp)
461. Bokhari Friberg, Yasmin, 2015: The paleoceanography of Kattegat during the last deglaciation from benthic foraminiferal stable isotopes. (45 hp)
462. Lundberg, Frans, 2016: Cambrian stratigraphy and depositional dynamics based on the Tomten-1 drill core, Falbygden, Västergötland, Sweden. (45 hp)
463. Flindt, Anne-Cécile, 2016: A pre-LGM sandur deposit at Fiskarheden, NW Dalarne - sedimentology and glaciotectonic deformation. (45 hp)
464. Karlatou-Charalampopoulou, Artemis, 2016: Vegetation responses to Late Glacial climate shifts as reflected in a high resolution pollen record from Blekinge, south-eastern Sweden, compared with responses of other climate proxies. (45 hp)
465. Hajny, Casandra, 2016: Sedimentological study of the Jurassic and Cretaceous sequence in the Revinge-1 core, Scania. (45 hp)
466. Linders, Wictor, 2016: U-Pb geochronology and geochemistry of host rocks to the Bastnäs-type REE mineralization in the Riddarhyttan area, west central Bergslagen, Sweden. (45 hp)
467. Olsson, Andreas, 2016: Metamorphic record of monazite in aluminous migmatitic gneisses at Stensjöstrand, Sveconorwegian orogen. (45 hp)
468. Liesirova, Tina, 2016: Oxygen and its impact on nitrification rates in aquatic sediments. (15 hp)
469. Perneby Molin, Susanna, 2016: Embryologi och tidig ontogeni hos mesozoiska fisködlor (Ichthyopterygia). (15 hp)
470. Benavides Höglund, Nikolas, 2016: Digitization and interpretation of vintage 2D seismic reflection data from Hanö Bay, Sweden. (15 hp)
471. Malmgren, Johan, 2016: De mellankambriiska oelandicuslagren på Öland - stratigrafi och faciestyper. (15 hp)
472. Fouskopoulos Larsson, Anna, 2016: XRF-studie av sedimentära borkärnor - en metodikstudie av programvarorna Q-spec och Tray-sum. (15 hp)
473. Jansson, Robin, 2016: Är ERT och Tidsdomän IP potentiella karteringsverktyg inom miljögeologi? (15 hp)
474. Heger, Katja, 2016: Makrofossilanalys av sediment från det tidig-holocena undervattenslandskapet vid Haväng, östra Skåne. (15 hp)
475. Swierz, Pia, 2016: Utvärdering av vattenkemisk data från Borgholm kommun och dess relation till geologiska förhållanden och markanvändning. (15 hp)



LUNDS UNIVERSITET

Geologiska institutionen
Lunds universitet
Sölvegatan 12, 223 62 Lund