

Geologiska och hydrogeologiska tolkningar av SkyTEM-data från Vombsänkan, Sjöbo kommun, Skåne

Love Lindberg Skutsjö

Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet,
kandidatarbete, nr 610
(15 hp/ECTS credits)



Geologiska institutionen
Lunds universitet
2021

Geologiska och hydrogeologiska tolkningar av SkyTEM-data från Vombsänkan, Sjöbo kommun, Skåne

Kandidatarbete
Love Lindberg Skutsjö

Geologiska institutionen
Lunds universitet
2021

Innehåll

1	Introduktion	7
1.1	Mål och syfte	7
2	Bakgrund	8
2.1	Geografisk omfattning	8
2.2	Berggrund	8
2.3	Jordarter	8
2.4	Tidigare avgränsning av grundvattenmagasinet	9
2.5	Hydrogeologiska förhållanden	10
2.6	Tillrinningsområde	11
2.7	SkyTEM	11
2.8	Resistivitet i geologiska lager	12
3	Material	12
3.1	SkyTEM-data	12
3.2	Brunnsdata	12
3.3	Tillrinningsområden	13
4	Metod	13
4.1	Tekniskt arbete i GeoScene3D	13
4.2	Tolkningsarbete	14
4.2.1	Motiveringar bakom tolkningsbesluten	15
4.3	ArcGIS Pro	17
4.3.1	Avgränsning av magasinet	17
4.3.2	Beräkning av total uttagsmöjlighet i magasinet	18
5	Resultat	18
5.1	Uppskattad grundvattenbildning	21
6	Diskussion	21
6.1	Avgränsning av magasinet	22
6.2	Vattenresurser	22
6.3	Metoddiskussion	22
7	Slutsatser	23
8	Tack	24
9	Referenser	24

Geologiska och hydrogeologiska tolkningar av SkyTEM-data från Vombsänkan, Sjöbo kommun, Skåne

Love Lindberg Skutsjö

Lindberg Skutsjö, L., 2021: Geologiska och hydrogeologiska tolkningar av SkyTEM-data från Vombsänkan, Sjöbo kommun, Skåne. *Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet*, Nr. 610, 24 sid. 15 hp.

Sammanfattning: SkyTEM-mätningar, även känt som helikopterburna TEM-mätningar (transient elektromagnetisk metod) har utförts vid grundvattenmagasinet Ilstorp i vombsänkan. Resultatet från mätningarna har analyserats i syfte att förbättra kunskapen kring geologiska och hydrogeologiska förhållanden i magasinet. Grundvattenmagasinet Ilstorp är en jordakvifer där de vattenförande avlagringarna består av isälvs- och issjöavlagringar (mestadels sand till grus-fraktioner). Inom sand-/grusavlagringarna förekommer även stora lerinneslutningar. Sand och gruslagren överlagrar generellt det leriga lagret som i sin tur överlagrar berggrunden. Berggrunden inom undersökningsområdet består huvudsakligen av vombsformationen där det ställvis förekommer deformationszoner. SkyTEM-data har tolkats i mjukvaruprogrammet GeoScene3D där rutnät genererats med tolkade höjddata för lagergränserna. Lagergränserna har använts för att beräkna mäktigheten av samtliga jordlager, samt den vattenmättade mäktigheten. Uppskattningen av den vattenmättade mäktigheten har vidare använts för att uppdatera grundvattenmagasinets yttliga avgränsning. Grundvattenmagasinets dokumenterade avgränsning har utvidgats från ca 23,8 till 35,8 km², avgränsning har huvudsakligen skett genom tillrinningsområdets avgränsning snarare än begränsad mäktighet på sand-/gruslagret. Den primära tillrinningen har även beräknats till 311 l/s jämfört med SGUs tidigare uppskattning på 192 l/s. För att kontrollera kvalitén av avgränsningen och beräkningarna rekommenderas vidare undersökningar av grundvattendelare och tillrinningsområdet. Vidare studier kring de hydrogeologiska parametrarna inom magasinet kan även vara av nytta för att förbättra avgränsningen som gjorts under arbetet. Det föreslås även en undersökningsborrning vid en av deformationszonerna i västra delen av magasinet för att kontrollera om den är viktig ur vattenresssynpunkt.

Nyckelord: Ilstorp, SkyTEM, grundvatten, grundvattenmagasin, geofysik, hydrogeologi, kvifer, GeoScene3D.

Handledare: Peter Dahlgvist (SGU), Charlotte Sparrenbom (LU)

Ämnesinriktning: Geofysik, hydrogeologi

Love Lindberg Skutsjö, Geologiska institutionen, Lunds universitet, Sölvegatan 12, 223 62 Lund, Sverige. E-post: love.lindberg.skutsjo@gmail.com

Geological and hydrogeological interpretations of SkyTEM-data from the Vomb Formation, Sjöbo municipality, Scania, Sweden

Love Lindberg Skutsjö

Lindberg Skutsjö, L., 2021: Geologiska och hydrogeologiska tolkningar av SkyTEM-data från Vombsänkan, Sjöbo kommun, Skåne. *Dissertations in Geology at Lund University*, No. 610, 24 pp. 15 hp (15 ECTS credits).

Abstract: SkyTEM, an airborne TEM (transient electromagnetic method), has been used to measure the resistivity of ground in and around the groundwater reservoir Ilstorp in Sjöbo municipality, Skåne, Sweden. The results of the measurements have been analysed in an effort to increase the knowledge about the geological and hydrogeological conditions of the reservoir. Ilstorp is an aquifer that consists of fluvio-glacial deposits of primarily sandy fractions but there are also inclusions of clay within the sandy layers. These layers are layered on top of clayey layers that in turn overlay the bedrock. The bedrock within the studied area is primarily of the Vomb Formation and there are, in places, deformational zones in the formation. SkyTEM-data has been interpreted and used to model the geological layers and the water table of the reservoir in the software GeoScene3D. Rasters of the layer boundaries have then been used to calculate the thickness of the existing layers as well as water saturated thickness of the upper layer. The estimated thickness of the respective layers has then been used to update the boundaries of the reservoir. The updated boundaries resulted in an increase of the area from ca 23,8 till 35,8 km². The delimitation of the reservoir boundaries were mostly based on watershed rather than on the thickness of the sandy layers. The primary inflow of water was after the updated boundaries, estimated to 311 l/s as compared to the previously estimated 192 l/s. More studies are needed to verify the quality of the delimitation and estimates of inflow to the reservoir. Additionally, it is suggested that explorational drilling is done in the deformational zones in the western part of the study area to investigate their importance from a water resource perspective.

Keywords: Ilstorp, SkyTEM, groundwater, reservoir, aquifer, geophysics, hydrogeology, GeoScene3D.

Supervisor(s): Peter Dahlgvist (SGU), Charlotte Sparrenbom (LU)

Subject: Geophysics, hydrogeology

Love Lindberg Skutsjö, Department of Geology, Lund University, Sölvegatan 12, SE-223 62 Lund, Sweden. E-mail: love.lindberg.skutsjo@gmail.com

1 Introduktion

Vatten är en grundförutsättning för liv på jorden. Tillgång till rent vatten är en viktig del för ett fungerande samhälle. En eventuell brist på grundvatten riskerar att påverka många delar av samhället. Dricksvattenförsörjningen, livsmedelsproduktionen, jord- och skogsbruket, industrin och turismen är alla fundamentala delar av samhället som är beroende av tillgång till rent vatten (Miljödepartementet 2017; Globala målen 2020).

Stora delar av Sveriges dricksvatten utgörs av grundvatten, något som uppmärksammades vid låga grundvattennivåer i landet 2016 och 2017. Låga grundvattennivåer riskerar att påverka kommunernas uppdrag att säkerställa tillgång till rent vatten. Därmed genomförde regeringen en satsning för att fördjupa kartläggning av Sveriges grundvattenresurser. Sveriges geologiska undersökning (SGU) tilldelades utökade resurser för att stödja kommuner och län med utökad kartläggning av grundvattenresurser i särskilt utsatta regioner (Miljödepartementet 2017; Sveriges geologiska undersökning u.å.).

Till följd av satsningen undersöktes av SGU med flera, under november-december 2019, stora delar av sydvästra Skåne och Listerlandet i Blekinge (Fig. 1) med SkyTEM. SkyTEM är en helikopterburen transient elektromagnetisk metod (TEM) som är anpassad för hydrogeologiska undersökningar, SkyTEM är även namnet på företaget som utförde mätningarna

(Sveriges geologiska undersökning 2019b). SGU har tidigare utfört undersökningar med SkyTEM på Gotland, Öland och i Halland. Dessa tidigare utförda undersökningar har givit detaljerad information om geologiska förhållanden i jordlagren och berggrunden som kunnat kopplas till bedömning av områdets hydrogeologiska förutsättningar (Dahlqvist et al. 2015; Dahlqvist et al. 2018; Dahlqvist et al. 2019).

Ett område strax norr om Sövde, Sjöbo kommun har undersökts särskilt detaljerat under SkyTEM-projektet. Anledningen är att Sjöbo kommun letar efter nya grundvattentäkter. Det undersökta området har tidigare bedömts ha möjligen goda grundvattentillgångar, läget är även lämpligt ur ett VA-perspektiv. Inom det undersökta området finns ett tidigare känt grundvattenmagasin vid namn Ilstorp (Fig. 2). Magasinet utgörs av issjö- och isälvsavlagringar och magasinets hydrogeologiska kapacitet har tidigare uppskattats av SGU där även en generell bedömning av den totala uttagsmöjligheten har utförts (Karlhager 2014). Data från SkyTEM-undersökningen möjliggör uppskattning av områdets geologi, magasinets utbredning och variation i uttagsmöjlighet.

1.1 Mål och syfte

Denna studie syftar till att, utifrån SkyTEM-data, brunnnsdata, och befintlig litteratur, utreda de hydrogeologiska förhållandena vid grundvattenmagasinet Ilstorp. Målet är att uppskatta variationen i mäktighet-



Fig. 1. Det område som undersöktes av SkyTEM på beställning av SGU under november-december 2019 (Sveriges geologiska undersökning 2019a).

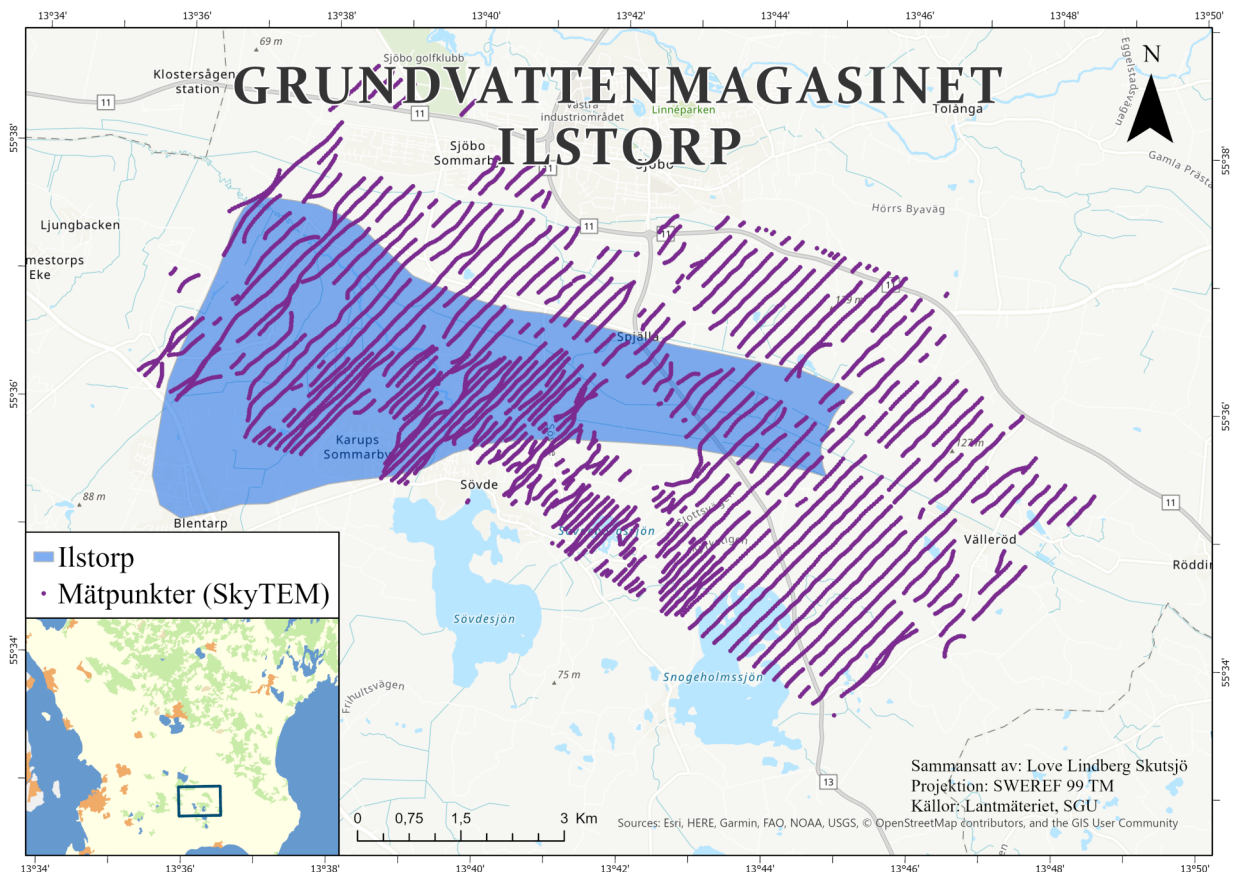


Fig. 2. Översiktskarta för grundvattenmagasinet Ilstorp. Det blåmarkerade området visar SGUs tidigare uppskattning av grundvattenmagasinet. "Linjerna" är mätpunkter som är utförda längs profiler där avståndet mellan punkterna är ca 20 m avstånd mellan punkterna. Ställvis saknas mätpunkter längs profilerna, detta på grund av störande föremål som till exempel brunnar eller elledningar (muntlig källa: Peter Dahlqvist, SGU) Kartans omfattning finns markerad med en blå rektangel i Skånekartan i det nedre vänstra hörnet.

en hos vattenförande lager, Uppskatta uttagsmöjligheten och även att föreslå placering för eventuella undersökningsbrunnar.

2 Bakgrund

Nedan beskrivs undersökningsområdets läge, geologi och hydrogeologi. Även SkyTEM som metod förklaras kortfattat.

2.1 Geografisk omfattning

Grundvattenmagasinet ligger i vombsänkan, ca 35–40 m.ö.h., strax norr om Sövdesjön (Fig. 2). Drygt 8 km NNV ligger Vombsjön. Området mellan sjöarna, där magasinet återfinns är ett topografiskt flackt område som kallas vombslätten. Området genomskärs av Klingavälsån, en å som avvattnar Sövdesjön och sträcker sig NNV där slutligen ansluter till Kävlingeån (Karlhager 2014; Länsstyrelsen Skåne u.å.). Inom magasinet förekommer även flera mindre vattendrag som ansluter till Klingavälsån (Karlhager 2014).

2.2 Berggrund

Vombsänkan är en topografisk sänka som speglar förkastningsrörelser längs Tornquistzonen, sänkan sträcker sig alltså i nordvästlig-sydöstlig riktning i enighet med Tornquistzonens riktning. Bergarterna i vombsänkan är framför allt sedimentära och har avlagrats hu-

vudsakligen under yngre krita. Sänkan, då en bassäng, bildades till följd av förkastningsrörelser vid Romelåsen och Fyledalens förkastningszon under krita. I Fig. 3 visas Romelåsens ytliga bergarter i den sydvästra delen och Fyledalens förkastningszon representeras i det nordöstra hörnet (sandsten-gråvacka-kalksten). I bassängen avsattes mäktiga lager av kritasediment som sedan litifierats (Sveriges geologiska undersökning 2005). Den exakta mäktigheten på de sedimentära bergarterna är okänd för delar av vombsänkan, dock finns studier som visar på att de sedimentära bergarterna återfinns på djup upp till 1000m (Erlström et al. 1997). Det är oklart exakt vilken sedimentär berggrund som överlagrar urberget, däremot utgör Vombformationen den överst liggande berggrunden. Vombformationen är en stratigrafisk sekvens från övre krita som består av tunna lager sandsten, siltsten, lera och lerig kalksten (Erlström et al. 2004; Sveriges geologiska undersökning 2005). En avlång zon (ca 500 x 3000 m) med en gnejsartad bergart förekommer i västnordvästlig – östsydöstlig riktning vid Sövdesjön. Genom området förekommer ett antal deformationzoner i nordväst – sydöstlig riktning (Fig. 3).

2.3 Jordarter

Vid undersökningsområdet förekommer berggrunden på ungefär 35 - 40 m djup i den östra delen av under-

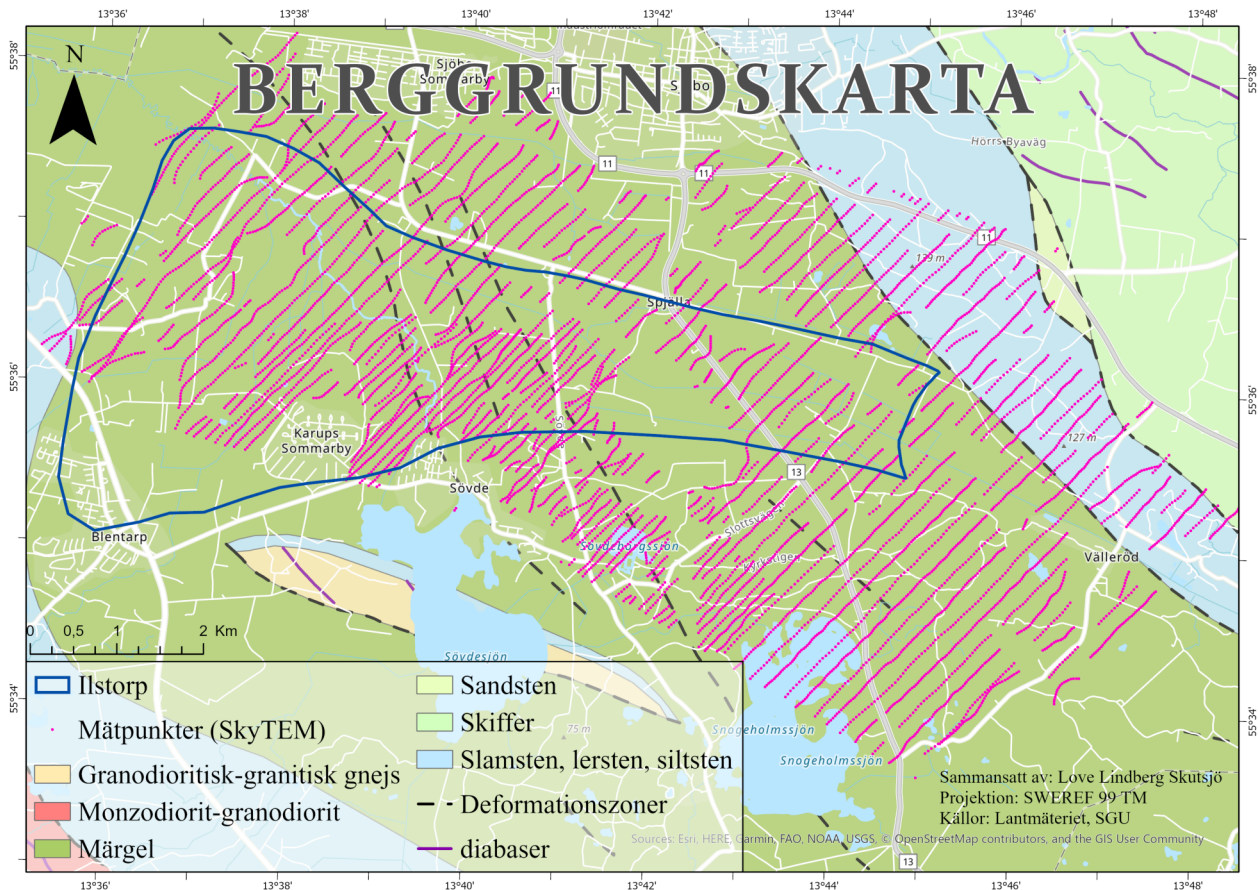


Fig. 3. Berggrundskarta som visar den ytliga berggrunden och deformationszoner.

sökningsområdet och 20 - 25 m i den västra delen. De kvartära avlagringar som överlagrar Vombformationen vid magasinet Ilstorp är främst issjösediment. I anslutning till Klingälvsån, förekommer framför allt svämsediment men även ställvis torv och postglacial sand ovan issjösediment (Fig. 4) (Daniel 1992; Karlhager 2014). Issjösedimentets litologi har bedömts variera inom området mellan finsand och mellansand. Issjösedimentet överlagrar lera, lerig morän eller moränlera. Det förekommer även skikt av lera inom sandlagren och på vissa ställen överlagrar även leran issjöavlagringen. Ställvis förekommer även enstaka mindre partier med grövre isälvsavlagringar som utgör topografiska höjder i det annars flacka landskapet, det är dock oklart om höjderna faktiskt är isälvsavlagringar. I den östra delen av magasinet, vid Tågra, förekommer en isälvsavlagring, huvudsakligen uppbyggd av grus, avlagringen innehåller ställvis även större kornstorleksfraktioner. Ett större, avlångt område med isälvsavlagringar förekommer norr om Ilstorp i NV-SO riktning. Det finns även en större isälvsavlagring väster om Blentarp (Fig. 4) (Daniel 1992; Karlhager 2014).

2.4 Tidigare avgränsning av grundvattenmagasinet

I SGUs beskrivning av grundvattenmagasinet har en uppskattning av magasinet utbredning utförts. Uppskattningen är baserad på jordartskartor, borrhningar och andra undersökningar som gjorts i området. Avgränsningen är därmed fastställd med olika säkerhet

beroende på ifall det har funnits möjlighet för observation eller tolkning av lagerföljder (Karlhager 2014).

Med grundvattenmagasinet Ilstorp syftas enbart de sedimentära avlagringar som anses tillräckligt vattenförande. Enligt SGUs uppskattning har magasinet en utsträckning på ca 9,5 km i väst-östlig riktning och ca 5 km i norr-sydlig riktning (Fig. 2). Strax väster om Blentarp till Tågra och Lottentorp i väst-östlig riktning och strax norr om Sövdesjön till strax söder om Ilstorp, den uppskattade omfattningen finns markerad i Fig. 2 (Karlhager 2014).

Avgränsningen i norr är särskilt osäker på grund av avsaknad av observationer, däremot har en sonderingsborrning utförts ca 2,5 km öster om Ilstorp där ett 1 m mäktigt sandlager påträffats, detta har inte tolkats tillräckligt mäktigt för att inkluderas i magasinet. Isälvsavlagringen vid Ilstorp har inte medtagits vid avgränsningen av magasinet då där inte kunnat påvisas grövre vattenmättat material med markant mäktighet (Karlhager 2014).

Västerut är avgränsningen generellt väl fastställd då där finns flera observationer som underlättat vid avgränsandet. Däremot råder viss osäkerhet i sydväst, vid Blentarp, då observationerna vid Blentarp inte är entydiga. En borrning från Blentarp har påvisat en 30 m mäktig lagerföljd av sand och grus, vilket har tolkats som en del av den isälvsavlagring som återfinns strax sydväst om Blentarp. Ett mindre område från isälvsavlagringen har medtagits i avgränsningen däremot har uppskattningen låtit det vara osagt om magasinet Ilstorp är sammankopplad med isälvsavlag-

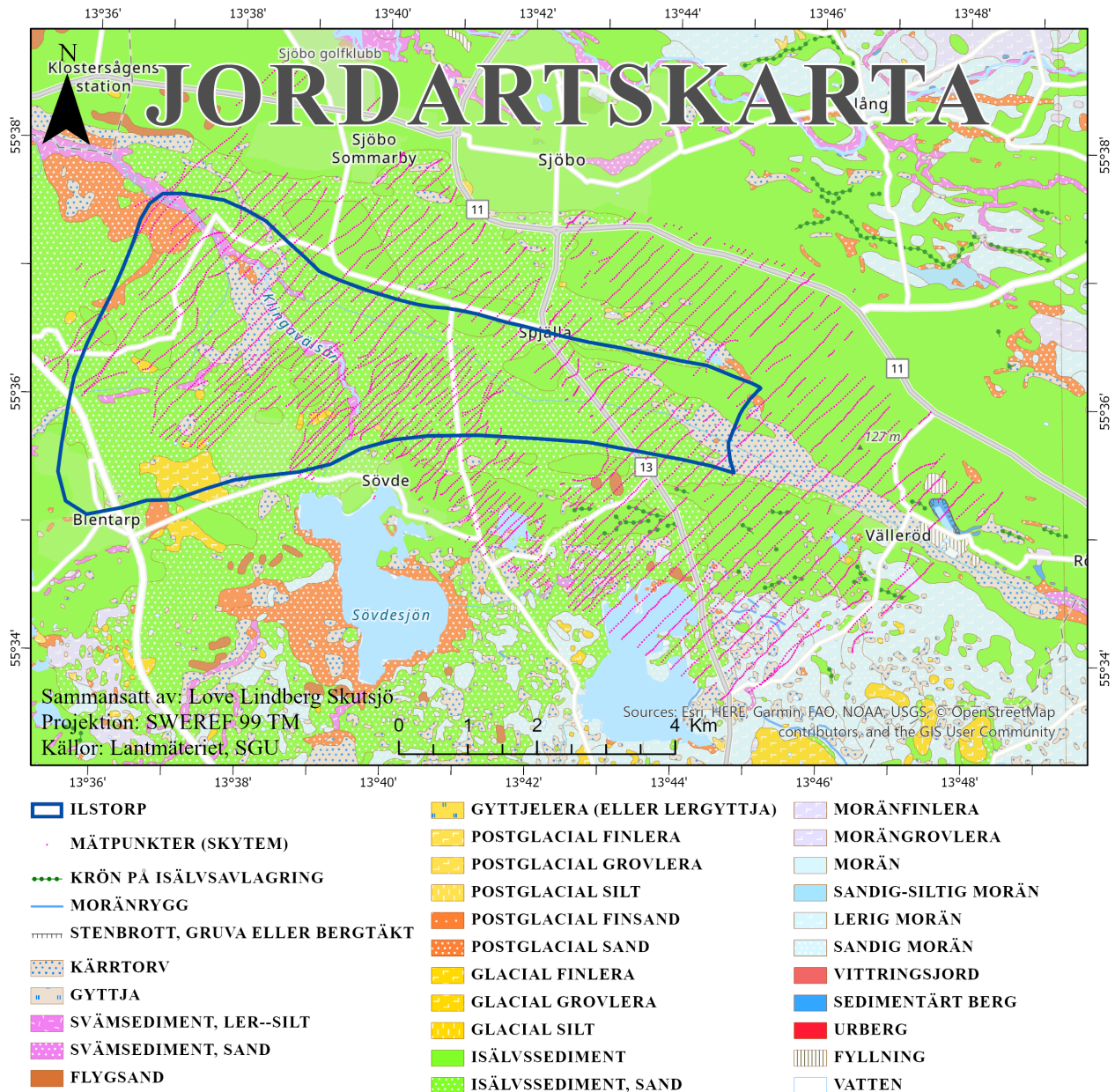


Fig. 4. Jordartskarta för undersökningsområdet. Huvudsakligen utgörs de ytliga jordlagren inom området av sandiga isälvs- och issjöavlagringar.

ringen i övrigt. Öster om Sövde har den södra avgränsningen tolkats med stor osäkerhet till följd av bristande antal observationer (Karlhager 2014).

Mäktigheten av magasinet har inte uppskattats direkt i SGUs beskrivning, däremot finns information om lagerföljder från flertalet dricksvattenbrunnar och undersökningsborrningar. Mäktigheten på de lager som förväntas vara tillräckligt vattenförande (sandiga och grusiga lager) varierar inom den tolkade magasinets utbredning, från ett lager av 35 m sand i den västra delen av magasinet till 15m sand och grus i den östra delen av magasinet. Utöver information från borrningarna har även två resistivitetsmätningar utförts längs profiler i den västra delen av magasinet, från resultatet av dessa har mäktigheten tolkats variera mellan 20-35m sand eller silt. Osäkerheten på mäktigheten har ansetts öka med avståndet från närmaste brunn eller undersökningsborrning. Störst är osäkerheten vid

gränserna i den norra och sydöstra delen av magasinet (Karlhager 2014).

2.5 Hydrogeologiska förhållanden

Det presenteras i SGUs beskrivning av magasinet en generell uppskattning av uttagsmöjlighet för hela magasinet på 125 l/s. Detta är en generell uppskattning som är baserad på grovt uppskattade data från brunnarkivet som antingen motsvarar resultat från blåsning under brunnborrning eller uttagsmängd för aktuell pump (Karlhager 2014).

Under fältundersökningar 2009, utförda av SGU, uppmättes grundvattennivån i ett antal brunnar inom magasinet. Generellt låg grundvattenytan ca 1-3 under markytan. I magasinets västra del har grundvattenytan uppskattats vara något lägre till följd av den något högre topografin. I rullstensåsen i nordöstra delen av

undersökningsområdet har grundvattenytan avlästs på 37 m djup. Det förekommer även källflöden längs med ryggen södra sida som kan ses som en viss indikation på grundvattenytan (Karlhager 2014).

2.6 Tillrinningsområde

Karlhager (2014) beskriver i SGUs beskrivning tillrinningsförhållanden för magasinet. Den grundvattenbildning som sker i magasinet beror huvudsakligen på den effektiva nederbörden. Effektiv nederbörd är den del av nederbörden som inte försvinner genom evapotranspiration. Tillflöde sker även i viss grad från Klingavälsån och anslutande mindre vattendrag, dock anses inte vattendrag bidra väsentligt till magasinets grundvattenbildning under normala förhållanden (Karlhager 2014).

SGU har delat upp magasinets tillrinningsområde som antingen primärt eller tertiärt. Inget område har klassats som sekundärt. Skillnaden mellan primärt och tertiärt är andelen av vatten från den effektiva nederbörden som anses leda till grundvattenbildning i magasinet. I det primära tillrinningsområdet anses hela den effektiva nederbörden bidra till grundvattenbildning. I det tertiära tillrinningsområdet anses endast en liten del av den effektiva nederbörden bidra till grundvattenbildning. Exakta definitionerna för de olika tillrinningsklasserna kan avläsas i tabell 1 (Karlhager 2014). Beräkningar av tillflöden är utförda med antagandet att grundvattenbildningen är 10,4 l/s per km². Värdet för grundvattenbildningen är ett litteraturvärde från Rodhe et al. (2006).

Tabell. 1. Tillrinningsområden och dess egenskaper, bearbetad från Karlhager (2014).

Tillrinningsområde	Yta (km ²)	Huvudsaklig jordtyp	Tillflöde till magasinet (l/s)
Primärt	17,9	Sand	192
Sekundärt	-	-	-
Tertiärt	42	Ej bedömd	Ej bedömd

Det primära tillrinningsområdet täcker stora delar av grundvattenmagasinet. Undantaget är ett område i den västra delen där de ytliga jordlagren utgörs av lerigt material. Det tertiära tillrinningsområdet är framför allt kringliggande mark, utanför magasinets gräns. Även det parti med ylig lera i den västra delen av magasinet har klassats som tertiärt. Exakt utbredning av de tillrinningsområden som presenteras i SGUs grundvattendatabas kan ses i Fig. 5.

2.7 SkyTEM

SkyTEM är en helikopterburen TEM-metod, d.v.s. en elektromagnetisk tids-domänmetod som har utvecklats i syfte att användas vid miljöundersökningar och hydrogeologiska undersökningar. Metoden huvudsakligen fördel jämfört med TEM på marken är att SkyTEM är att metoden tidseffektivt kan samla in data för stora områden (Sørensen & Auken 2004).

Under datainsamling flyger en helikopter med mätutrustningen i profiler och samlar in data i punkter (se

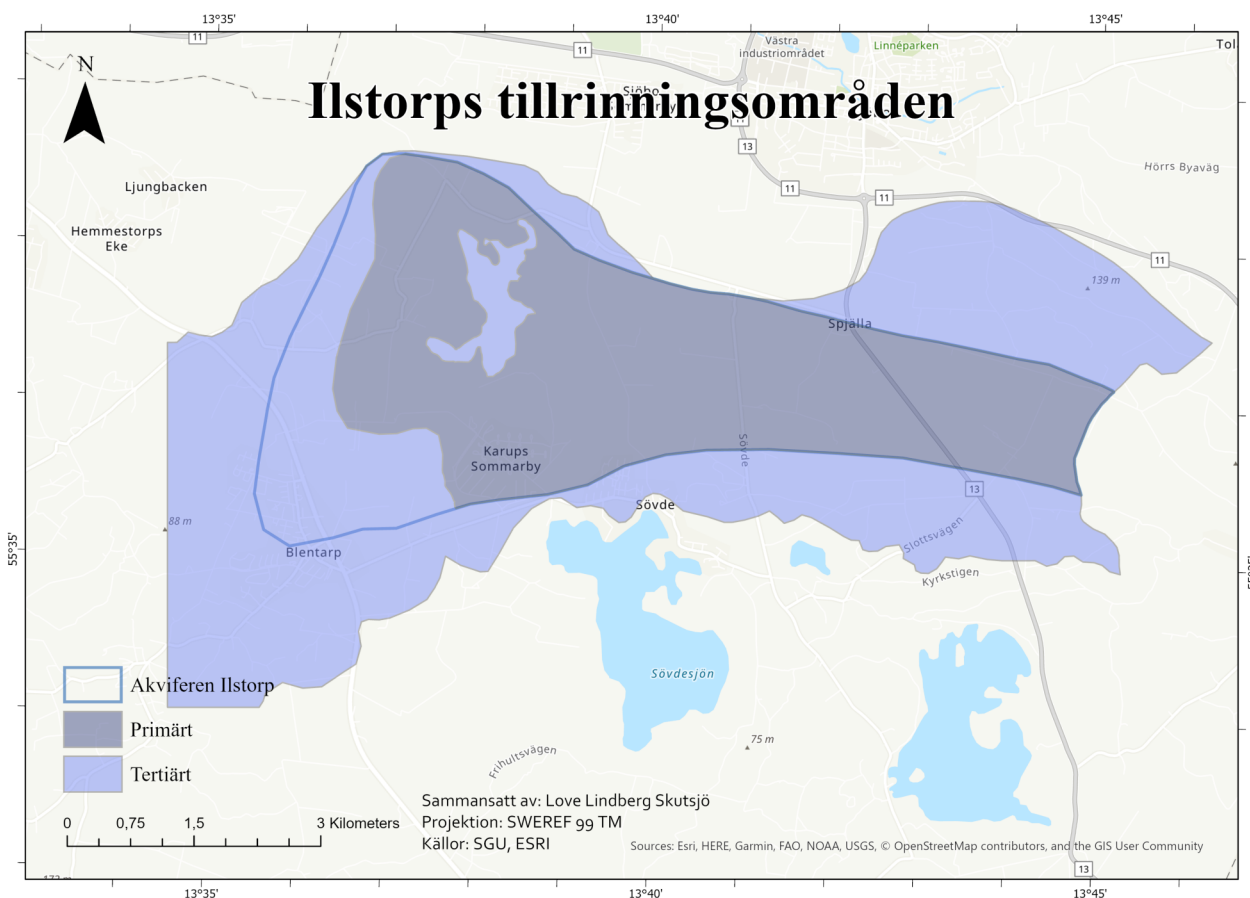


Fig. 5. Grundvattenmagasinet Illstorp och dess tillrinningsområden.



Fig. 6. Helikopterburen spole under SkyTEM-mätning. Foto: Peter Dahlqvist.

Tabell. 2. Resistivitetsintervall för olika geologiska avlagringar. Modifierad från Palacky (1988).

Material	Resistivitet (Ωm)
Magmatisk och metamorf berggrund	1000 - 100 000
Vittrad magmatisk berggrund (mafisk)	4 - 65
Vittrad magmatisk berggrund (felsisk)	65 - 350
Vittrad metamorf berggrund	10 - 350
Lera	5 - 100
Grus och sand (torr)	650 - 10 000
Grus och sand (blöt)	100 - 650
Morän	65 - 3500
Skiffer	6 - 50
Sandsten	65 - 1000
Dolomit, kalksten	1000 - 10 000
Saltvatten	0,4 - 1
Sötvatten	3 - 100

Fig. 6). Likt konventionell TEM skickas en kraftig likström genom en spole vilket inducerar ett konstant magnetfält, därefter slås strömmen av. När strömmen bryts induceras en elektromotorisk puls som breder ut sig på djupet i marken, denna elektromotoriska kraft inducerar i sin tur ström i marken. I mitten av sändarspolen finns en mindre mottagarspole, i denna spole induceras en ström till följd av markens inducerade magnetfält. Det är potentialskillnaden i mottagarspolen som registreras och sedan beräknas till elektrisk konduktivitet och resistivitet (Sørensen & Auken 2004; Reynolds 2011).

2.8 Resistivitet i geologiska lager

Nedan presenteras litteraturvärden för resistivitet (tabell 2). Höga resistivitetvärden i geologiska lager sammanfaller ofta med hög porositet då luft har hög

resistivitet. Resistiviteten för vatten varierar i stor grad med salthalten. Lerinnehåll sänker resistiviteten i avlagringar. Ytterligare påverkar metallinnehållet resistivitet, där mer metallrika enheter har lägre resistivitet (Palacky 1988).

3 Material

I detta kapitel beskrivs det material som användes under arbetet. Material finns även listat i tabell 3.

3.1 SkyTEM-data

Mätpunkter förekommer längs helikopterns flygbanor. Avstånd mellan punkter och profiler varierar beroende på förekomst av störningsobjekt. Generellt sett är avståndet mellan punkter ca 20m och avståndet mellan profiler ca 200m. Viss variation i punktavstånd existerar då mätpunkterna är bestämda med hänsyn till störningsmoment. Den data som samlats in i fält bestod av information om förhållandet mellan resistivitet och tid. Genom tidigare, av SGU utförd bearbetning, har förhållandet omvandlats till ett förhållande mellan resistivitet och djup. Bearbetade data har även tidigare kvalitetskontrollerats för att ta bort data som innehåller signifikanta störningar. SGU har givit tillstånd till att analysera bearbetad SkyTEM-data (muntlig källa: Peter Dahlqvist, SGU).

3.2 Brunnsdata

Två olika typer av brunnsdata har undersökts i samband med tolkningsarbetet, brunnsarkivets data och ett register för SGUs sonderingsborrningar. Samtliga brunnsdata innehåller punkter med koordinater och tillhörande tabeller med information om loggad geologisk lagerföljd. En dokumenterad felkälla är att brunnsarkivets koordinater för samtliga brunnar har dokumenterats med en viss felmarginal. Felmarginerna är dokumenterade i tre klasser, antingen <100m, <250m och >250m. I Fig. 7 visas säkerheten för brunnarna inom undersökningsområdet.

Tabell. 3. Indata som använts för analys i ArcGIS och/eller GeoScene3D.

Namn	Beskrivning	Källa
GSD-Höjddata, grid 2+	Höjddata. 2m upplösning.	Lantmäteriet
SkyTEM-data	Punktdata med resistivitet- och höjddata.	SGU
Brunnsarkivet	Punktdata med lagerföljder och lägessäkerhet.	SGU
SGUs sonderingsborrningar	Punktdata med lagerföljder.	SGU
SGUs jordartskarta	.shp-filer med information om ytliga jordarter.	SGU
SGUs berggrundskarta	.shp-filer med information om ytliga bergarter.	SGU
SGUs grundvattenkarta	.shp-filer med information om grundvattenmagasin och tillrinningsområden.	SGU

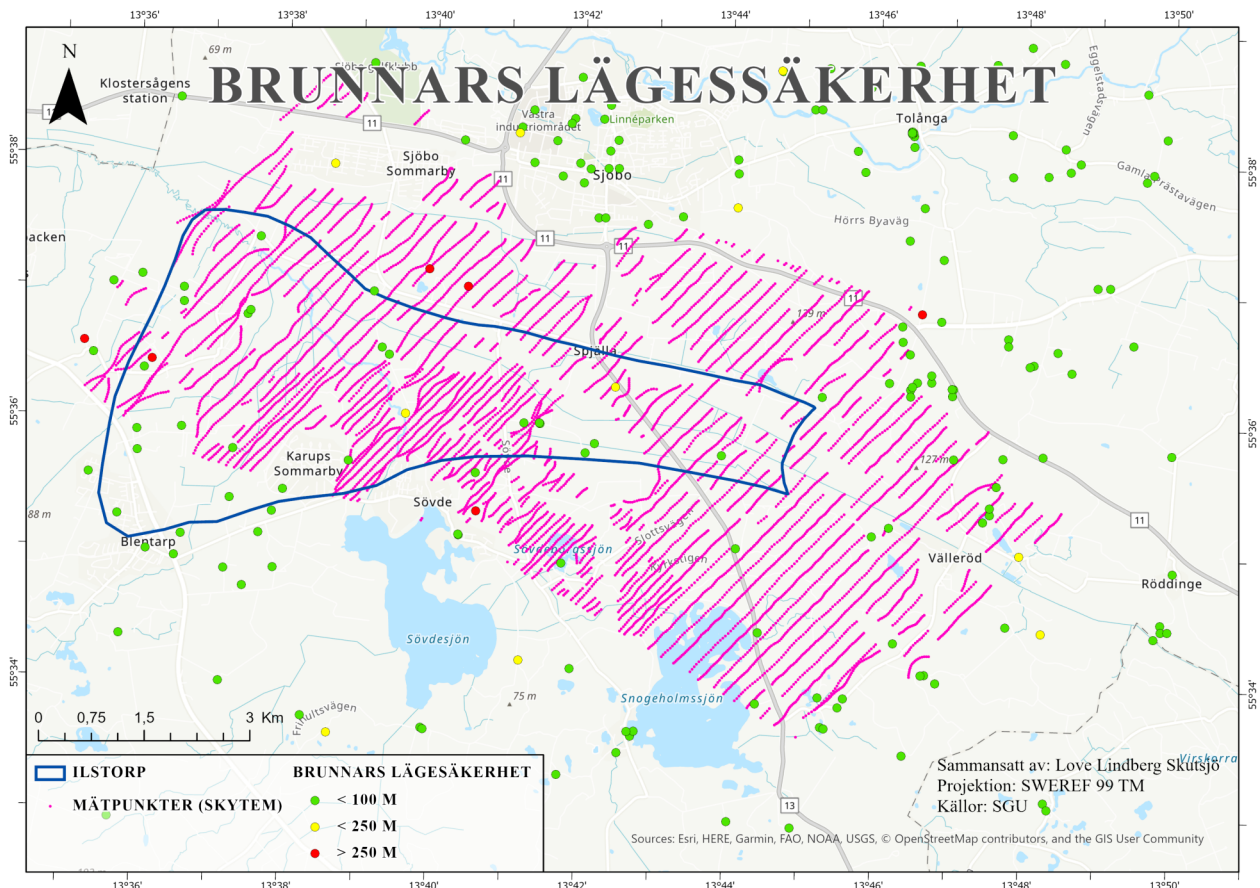


Fig. 7. Lägessäkerhet hos brunnar i brunnsarkivet. Tre klasser finns, <100m, <250m och >250m.

3.3 Tillrinningsområden

Tillrinningsområden från SGUs grundvattendatabas har använts för att avgränsa grundvattenmagasinets area. De tillrinningsdata som använts är uppskattade baserat på grundvattendelare som i sin tur uppskattats från topografi (Karlhager 2014).

4 Metod

I arbetet har framför allt tolkningar av resistivitetsdata i punktform utförts i programmet Geoscene3D. Tolkningarna har sedan använts för att interpolera rutnät som representerar de olika lagergränserna. Resultatet från arbetet i Geoscene3D har därefter använts för produktion av relevanta kartor i ArcGIS Pro. Nedan beskrivs de olika arbetsmomenten mer utförligt.

4.1 Tekniskt arbete i GeoScene3D

För att utföra tolkningar i Geoscene3D behöver de aktuella geologiska enheterna vara definierade i förväg. Därför konstruerades en principiell geologisk modell inför tolkningsarbetet. Modellen är en simplificerad sammanfattning av geologin som den är beskriven i tidigare litteratur (Daniel 1992; Karlhager 2014). Alltså, en sand/grus-avlagring med inneslutet lerlager som underlagras av ytterligare ett lerlager och slutligen av berggrund.

Efter att en principiell geologisk modell antagits importerades följande tolkningsunderlag till GeoScene3D: ett rutnät med höjddata, ett punktlager med Sky-

TEM-data, ett punktlager med lagerföljder från brunnsarkivet och även ett punktlager med lagerföljder från SGUs sonderingsborringar.

I programmet visualiserades importerade data längs 94 profiler. Tolkningar för profilerna utfördes genom att punktlager som representerar lagergränser skapades. 5 punktlager skapades initialt där varje punktlager representerar respektive lagergräns, inklusive grundvattenytan. Berggrunden behandlades som ett enskild lager, alltså togs ingen hänsyn till olika lager av sedimentära bergarter.

Punkter med höjddata infogades längs med profilerna. En viss punkts höjddata representerar den nivå (m.ö.h) där en viss lagergräns återfinns vid punkten. Generellt gjordes den geologiska bedömningen baserat

Tabell. 4. Antal manuellt skapade tolkningspunkter respektive antalet interpolerade punkter. * = Lägre antal punkter då grundvattenytan inte alltid kunde

Lagergräns	Antal manuellt skapade punkter	Antal interpolerade punkter
1.	871*	414 711
2.	2365	414 711
3.	2470	414 711
4.	2353	414 711
5.	1730	414 711

på de uppskattade resistivitetsintervallen från tabell 4, denna regel är dock inte strikt och tolkningarna utfördes obundet till resistivitetsintervallen ifall det ansågs mest rimligt ur ett geologiskt perspektiv. De avvägningar som gjordes under tolkningsarbetet presenteras nedan under delkapitlet Tolkningsarbete.

Antal punkter som skapades per lager presenteras i tabell 5. Anledningen att betydligt färre punkter skapades för grundvattenytan jämfört med resterande lager är att grundvattenytan för det mesta ligger relativt nära ytan och kunde därmed sällan urskiljas ur SkyTEM-data.

Ur punktlagren interpolerades rutnät. Avstånden mellan rutornas mittpunkt var 20m. Interpoleringen utfördes med inverse distance weighting (IDW) då denna metod är den som har använts vid SGUs tidigare SkyTEM-undersökningar (muntlig källa: Peter Dahlgvist, SGU). Metoden närliggande punkter mer än punkter som återfinns på större avstånd och viktningen beror delvis på uppgifter/inställningar som anges inför beräkningarna (ESRI u.å). Inställningarna testades och justerades för att producera ett godtyckligt resultat, de inställningar som slutligen användes var följande: *exponent = 2, smooth factor = 0, Max point count = 10, Search radius = 500m, node spacing = 20m.*

De interpolerade rutnäten korrigerades för att förhindra att två tolkade lager förekommer på samma nivå, detta gjordes med funktionen "Grid Adjustment". Korrigeringen utfördes med kravet att rutnäten "berggrundsytan" och "terräng (DEM)" inte kunde justeras. Efter att rutnät med korrigerade lagergränser tagits fram visualiserades lagren genom att definiera

Tabell 5. Principiell geologisk lagerföljd. Lagren har tilldelats projektnamn under analysarbetet i GeoScene3D och ArcGIS Pro. Även de generella resistivitetsintervall som nyttjats under tolkningsarbetet presenteras.

Geologisk avlagring.	Resistivitetsintervall (Ωm)
Omättat sand-/gruslager	~ >300
Sand-/gruslager	~ 50 - 300
Lerhaltigt lager	~ 20 - 60
Sand-/gruslager	~ 50 - 300
Lerhaltigt lager	~ 20 - 60
Berggrund	~ <20

mellan vilka rutnät (lagergränser) de olika avlagringarna förekommer.

4.2 Tolkningsarbete

Ett problem med att tolka geologi utifrån resistivitet är ekvivalensproblem. Detta innebär att två olika avlagringar kan ha samma eller liknande resistivitetsvärden. Det är därför viktigt att inte enbart basera tolkningar

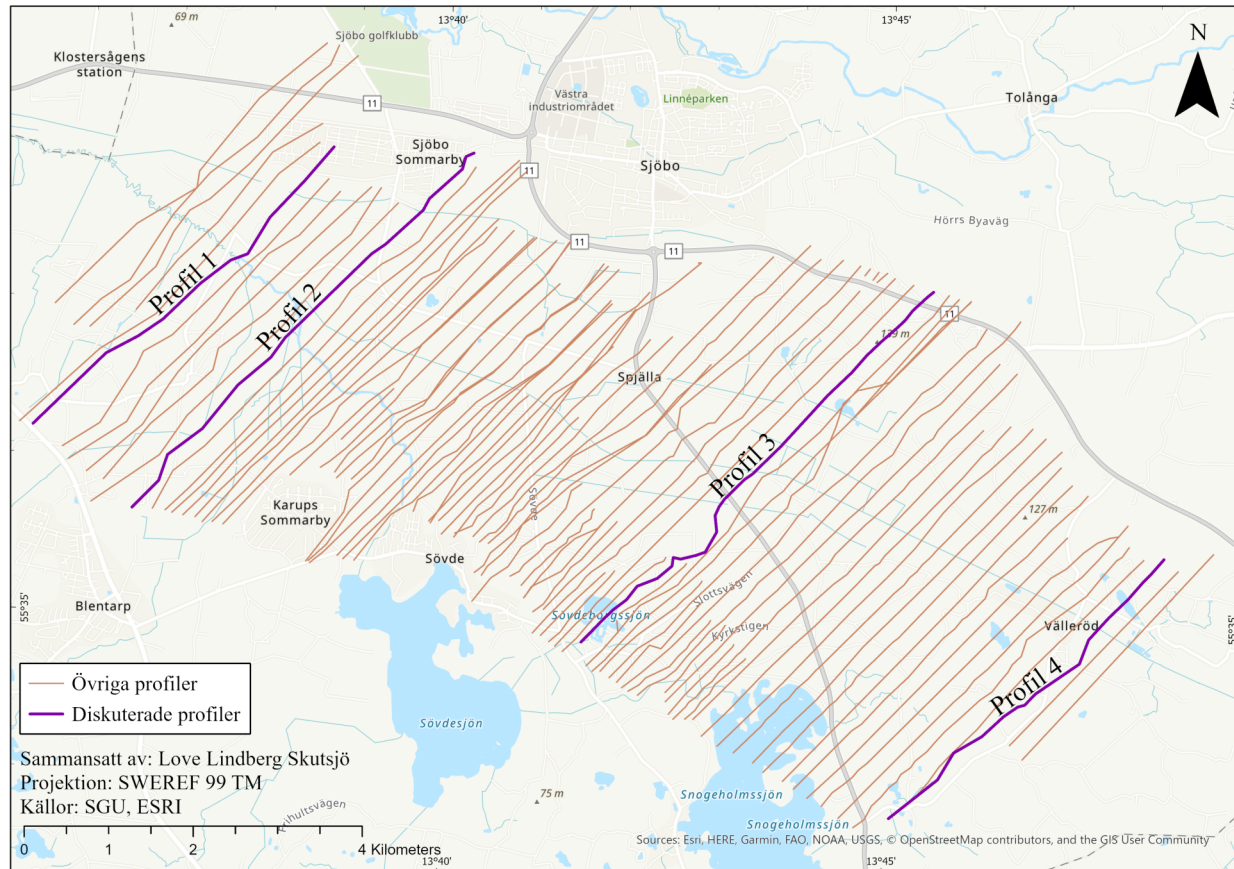


Fig. 8. Tolkningsprofilernas läge. De profiler som presenteras i rapporten finns markerade och numrerade

på resistivitetsvärden. Andra tolkningsdata som använts är brunnssloggar, jord- och berggrundskartor.

Då brunnar med foderrör utgör störningar för SkyTEM-mätningar förekommer brunnar ej i nära anslutning till SkyTEM-punkter, detta gör att det inte alltid är enkelt att koppla en dokumenterad lagergräns till en förändring i resistivitetsvärden. Ju större avstånd mellan en brunn och närliggande SkyTEM-punkter desto svårare är det att korrelera lagerföljd och resistivitet.

Under arbetsgången har geologin tolkats längs 94 SkyTEM-profiler med 20m mellan mätpunkterna. Profilerna har tolkats tillsammans med brunnssloggar och jord- och berggrundskartorna. Lagerföljder från brunnarna har vägt olika tungt beroende på avstånd från profilerna och lägesosäkerheten av brunnarna. Ibland förekommer brunnar nära varandra där geologin dokumenterats olika vilket försvårat tolkningsarbetet. För stora delar av undersökningsområdet saknas dokumenterade lagerföljder därmed har resistivitet huvudsakligen använts för att tolka geologin.

Inför tolkning av resistivitetsvärden jämfördes resistiviteten i profilerna med lagerföljder från närliggande brunnar. Därmed identifierades generella resistivitetsintervall för de olika förekommande geologiska avlagringarna. I tabell 4 presenteras de ungefärliga resistivitetsintervall som använts under tolkningsarbetet. Resistivitetsintervallen stämmer även någorlunda med litteraturvärden för de olika geologiska enheterna (Tabell 2).

Många SkyTEM-profiler är snarlika där den enda markanta skillnaden är mäktigheten av de olika resistivitetsintervallen. Det har därmed inte ansetts nödvändigt att detaljerat beskriva alla profiler i detta arbete. Nedan beskrivs därmed ett urval av profilerna. De uppmärksammade profilerna är antingen profiler som ansetts visualisera tolkningar av den generella geologin väl eller profiler där resistivitetsvärden och/eller tolkningar avviker från resterande profiler. I Fig. 8 kan profilernas läge avläsas. För att ge en god översiktlig

bild av undersökningsområdet presenteras profiler och tolkningar som är spridda över undersökningsområdet.

4.2.1 Motiveringar bakom tolkningsbesluten

Då SkyTEM-punkterna förekommer med 20m mellanrum längs långa profiler kan profilerna ses som en genomskärning av geologins resistivitet. Ställvis saknas dock mätpunkter längs profilerna. Profil 2 (Fig. 9) är ett bra exempel på resistivitetsmönstret i den västra delen av undersökningsområdet. För merparten av undersökningsområdet har olika resistivitetsintervall i profilerna kunnat kopplas till den förväntade geologin enligt tabell 4. Alltså ett övre parti med ca $>300 \Omega\text{m}$ som motsvarar sand/grus-lagret över grundvattenytan. Den mättade delen av det övre sand/grus-lagret samt det underliggande sand/gruslagret har tolkats till ungefär $50\text{-}300 \Omega\text{m}$. Det åtskiljande lerlagret samt det underliggande lerlagret har tolkats motsvara de partierna med ett resistivitetsintervall på ungefär $20\text{-}50 \Omega\text{m}$. Berggrunden har generellt sett tolkats som det underliggande parti med $<20 \Omega\text{m}$.

Inom området finns flera olika bergarter och även några deformationszoner. Då fokus i detta arbete ligger på jordavlagringarna har samtliga berggrundstyper klassats gemensamt som berggrund. Vombformationen har tolkats motsvara det djupliggande parti som generellt har resistivitet <20 ohmmeter. Detta då den dokumenterade bergöverytan från brunnborningar oftast sammanfallit någorlunda väl med det djupliggande parti med en ungefärlig resistivitet på <20 ohmmeter. Undantag från denna generella korrelationstolkning har gjorts i vid de deformationszoner som dokumenterats i nordvästra delen av undersökningsområdet i berggrundskartan samt vid Fyledalens förkastningszon i nordöstra delen av undersökningsområdet (Fig. 3). Deformationszonerna i den nordvästra delen av undersökningsområdet karakteriseras av högre resistivitet (ungefär >50 ohmmeter), dessa kan ses i profil 1 och 2

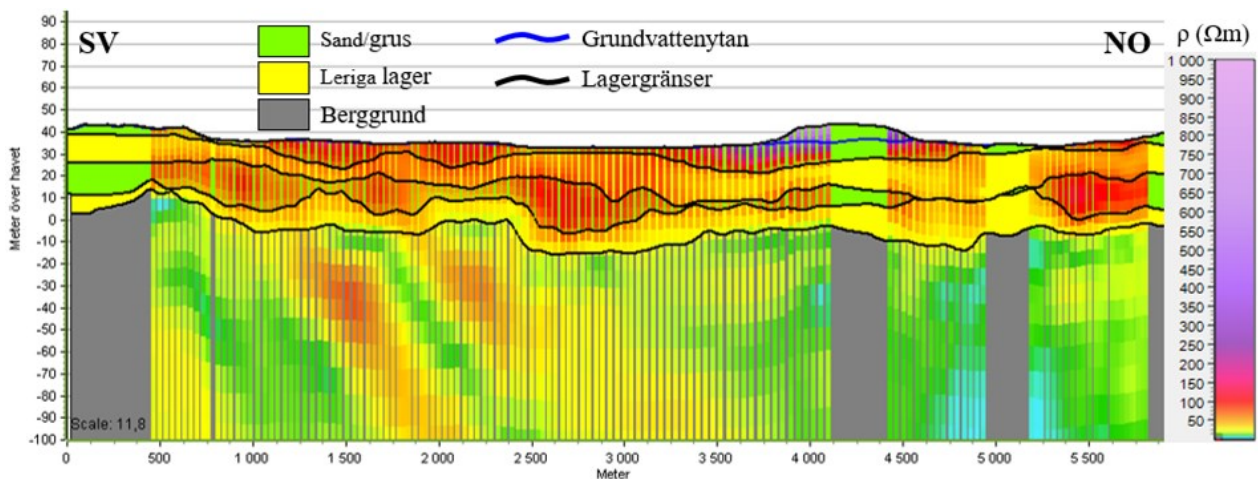


Fig. 9. SkyTEM-data och tolkad lagerföljd för profil 2. SkyTEM-data består av flera punkter där resistiviteten färgkodats enligt legenden till höger om profilen. Den tolkade lagerföljden illustreras av färger som kan ses där SkyTEM-data saknas, streck-markeringar illustrerar de tolkade lagergränserna så att tolkningen kan avläsas även där SkyTEM-data täcker lagerföljdens färgkodning. Lagerföljden består av följande lager, från överst till nederst: (1) omättad isälvavlagring, (2) isälvavlagring, (3) lerigt lager, (4) isälvavlagring, (5) lerigt lager, (6) berggrund. Profilens läge finns markerade i Fig. 8. Kullen vid ca 4000-4500m är dokumenterad som en isälvrygg i jordarts-kartan. De sluttande stråken vid ca 1250-3000m tros vara deformationszoner i berggrunden.

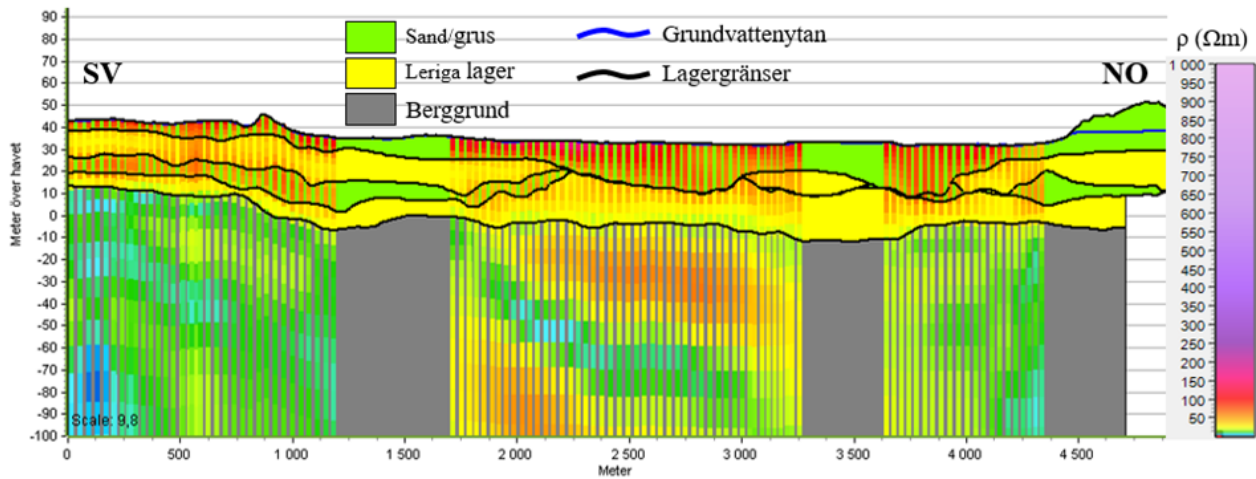


Fig. 10. . Tolkad lagerföljd för profil 1. SkyTEM-data består av flera punkter där resistiviteten färgkodats enligt legenden till höger om profilen. Den tolkade lagerföljden illustreras av färger som kan ses där SkyTEM-data saknas, streck-markeringar illustrerar de tolkade lagergränserna så att tolkningen kan avläsas även där SkyTEM-data täcker lagerföljdens färgkodning. Lagerföljden består av följande lager, från överst till nederst: (1) omättad isälvsavlagring, (2) isälvsavlagring, (3) lerigt lager, (4) isälvsavlagring, (5) lerigt lager, (6) berggrund. Profilens läge finns markerade i Fig. 8. Vid ca 1750-3250m finns ett par partier i den tolkade berggrunden där resistiviteten är ca 50-100 ohmmeter, dessa tros vara samma deformationszon som ses i Fig. 9.

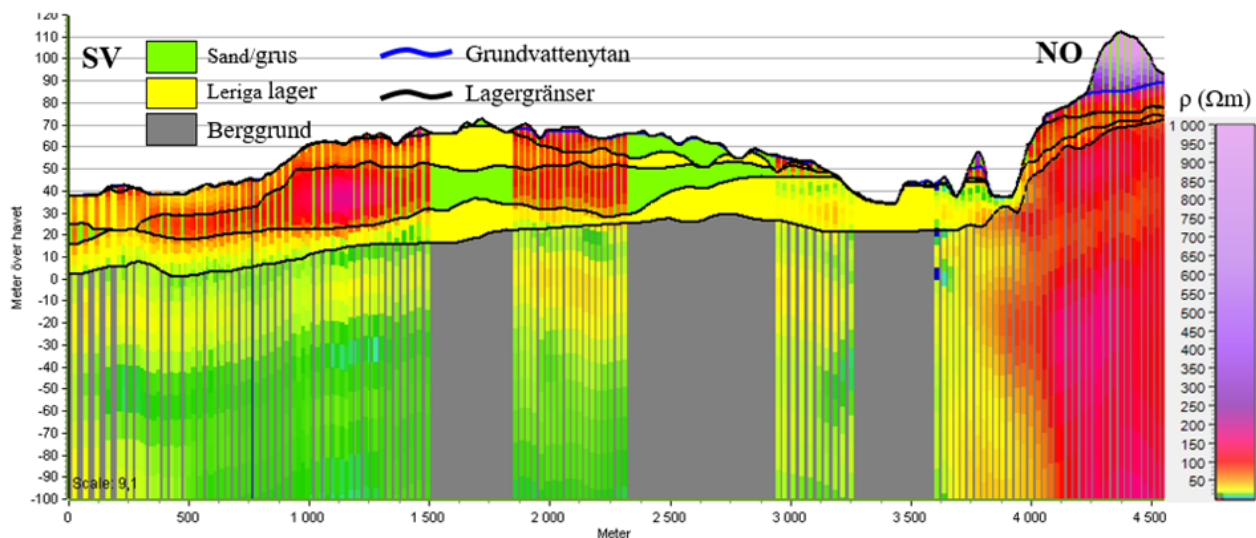


Fig. 11. Tolkad lagerföljd för profil 4. SkyTEM-data består av flera punkter där resistiviteten färgkodats enligt legenden till höger om profilen. Den tolkade lagerföljden illustreras av färger som kan ses där SkyTEM-data saknas, streck-markeringar illustrerar de tolkade lagergränserna så att tolkningen kan avläsas även där SkyTEM-data täcker lagerföljdens färgkodning. Lagerföljden består av följande lager, från överst till nederst: (1) omättad isälvsavlagring, (2) isälvsavlagring, (3) lerigt lager, (4) isälvsavlagring, (5) lerigt lager, (6) berggrund. Profilens läge finns markerade i Fig. 8. I nordöstra delen av profilen syns resistivitetsvärden från Fyledalens förkastningszon samt den rullstensås som överlagrar den.

(Fig. 9 och Fig. 10) som sluttande stråk som sträcker sig diagonalt ner i berggrunden. Anledningen till den höga resistiviteten tros vara större innehåll av vatten i uppsprucken berggrund, detta då vatten kan ha högre resistivitet än 50 ohmmeter (Palacky 1988). Värt att notera är att ett av stråken har en betydligt större utbredning kring den tolkade bergöverytan vid ca 2000 – 3250 m i profil 1 (Fig. 10).

Profil 4 (Fig. 11) kan ses som en representativ genomsnittskärning av den östra delen av undersökningsom-

rådet. Markant för den östra delen är fyledalens förkastningszon och den rullstensås som överlagrar förkastningszonen. Berggrunden vid Fyledalens förkastningszon visar tydligt avvikande, högre, resistivitet på djupet jämfört med vombformationen. Den höga resistiviteten förklaras av att Fyledalens förkastningszon består till stor del av sandsten och kalksten vilka generellt har resistivitet mellan 65 – 1000 respektive 1000 – 10 000 ohmmeter (Palacky 1988).

Profil 3 (Fig. 12) som är belägen ungefär i mitten

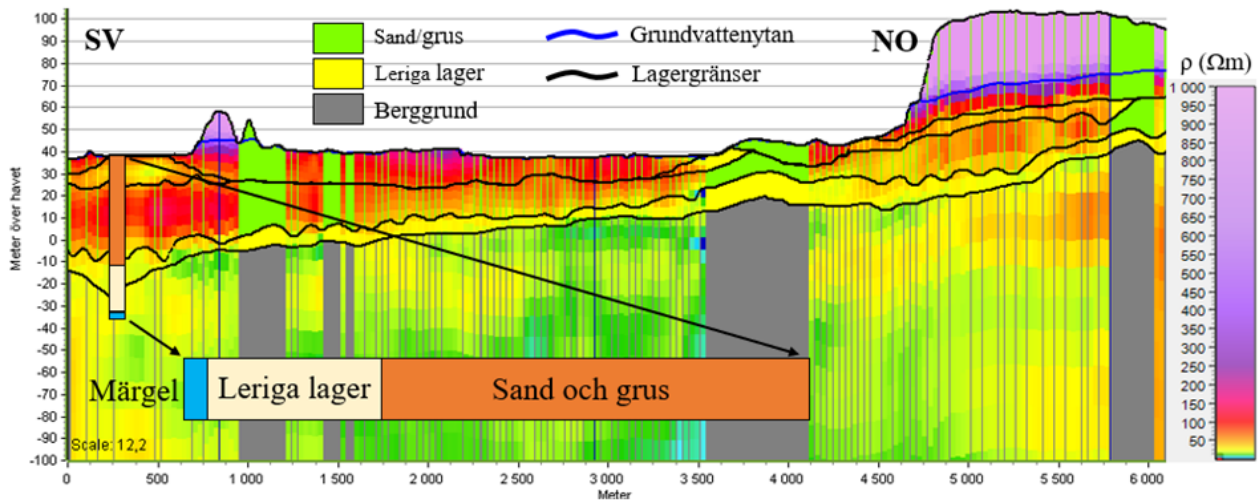


Fig. 12. Tolkad lagerföljd för profil 3. SkyTEM-data består av flera punkter där resistiviteten färgkodats enligt legenden till höger om profilen. Den tolkade lagerföljden illustreras av färger som kan ses där SkyTEM-data saknas, streck-markeringar illustrerar de tolkade lagergränserna så att tolkningen kan avläsas även där SkyTEM-data täcker lagerföljdens färgkodning. Lagerföljden består av följande lager, från överst till nederst: (1) omättad isälvsavlagring, (2) isälvsavlagring, (3) lerigt lager, (4) isälvsavlagring, (5) lerigt lager, (6) berggrund. Profilens läge finns markerade i Fig. 8. I nordöstra delen av profilen syns resistivitetsvärden från Fyledalens förkastningszon samt den rullstensås som överlagrar den.

av undersökningsområdet illustrerar väl det generella resistivitetsmönstret för jordlagren och lämpas därmed väl för att beskriva det generella tillvägagångssättet under tolkningsarbetet av jordlagren. Från brunnen som är belägen 54 m från 250 m markeringen har en lagerföljd av framför allt sand och grus ner till ca 13 möh. Resistiviteten vid de översta 15 metrarna i de närmsta mätpunkterna är dock makabert lägre (ca 20–50 ohmmeter) än övriga ytliga jordavlagringar som även är beskrivna som sand/grus i jordartskartan (Daniel 1992). Anledningen bakom skillnaden har tolkats vara att det är ett lerigt parti där resistiviteten vid det ytliga partiet med låg resistivitet. En skillnad i geologin på enbart 64m avstånd från brunnen tros vara möjlig då de närmaste mätpunkterna är tagna över en liten sjö (Sövdeborgssjön) medan brunnen är belägen i ett område där jordartskartan påvisar ytligt sand/grus. Från ca 25 till -13 m.ö.h., stämmer den loggade grusiga/sandiga lagerföljden väl det som förväntas enligt resistiviteten (>50 ohmmeter). Under den loggade sandavlagringen har flera leriga lager påträffats, lagren sammanfaller väl med en något lägre resistivitet (20–50 ohmmeter) under det tolkade sand/grus-lagret. Tolkningen har därmed blivit att det underliggande leriga lagret som nämns i litteraturen (Daniel 1992; Karlhager 2014) har påträffats. Längre ner i brunns lagerföljd påträffas mörk ler men även tunna lager av grus, detta har tolkats som berggrund. Möjligen kan förekomsten av grus på djupet förklaras av en deformationszon, något som är möjligt då det dokumenterats en deformationszon vid Sövdeborgssjön i berggrundskartan (Sveriges geologiska undersökning 2005). Ryggarna vid 750 – 1 200 respektive 4500 – 6000 m klassas som isälvsavlagringar i jordartskartan (Fig. 4), varav tolkningen blivit sand/grus.

I en sonderingsbrunn (S07108) i rullstensåsen i nordöstra delen av området noterades grundvattenytan på 37 meters djup. Vid de närmsta SkyTEM-punkterna

är resistiviteten vid motsvarande djup ca 300 ohmmeter. Resistiviteten är även ca 300 ohmmeter vid de källflöden som förekommer längs ryggens södra slutning. Därmed har grundvattenytan tolkats motsvara de områden där resistiviteten är ca 300 ohmmeter. Grundvattenytan har för merparten av undersökningsområdet inte kunnat antydas, möjligen på grund av begränsad vertikal upplösning av SkyTEM-data.

4.3 ArcGIS Pro

För att vidare analysera och visualisera resultaten från arbetet i GeoScene3D importerades de generade rutnäten för lagergränserna till ArcGIS Pro.

4.3.1 Avgränsning av magasinet

Funktionen raster calculator användes för att beräkna mäktigheten av respektive vattenmättad isälvsavlagring. Mäktigheten av det övre sand-gruslagret beräknades med där är grundvattenytan och är botten av det övre sand-gruslagret. Mäktigheten av det underliggande sand-gruslagret beräknades med där är den övre gränsen av det underliggande sand-gruslagret och är botten av det underliggande sand-gruslagret. Ett problem med att beräkna mäktigheter med raster calculator är att funktionen inte gör en beräkning för de celler där någon av de ursprungliga rasterfilerna saknar värde. Detta har åtgärdats genom att värdet för rutor utan värde satts till 0. Den sammanlagda mäktigheten av de två isälvsavlagringarna beräknades sedan enligt följande:

$$Gvy - ISA1_{botten} + ISA2_{top} - ISA2_{botten}$$

För att utföra en ny avgränsning av magasinet användes grundvattendelare och ytvattendelare tillsammans med information angående isälvsavlagringarnas mäktighet. Kriteriet på mäktighet av sand-gruslagren som nyttjades var en förekomst av minst 5 m vatten-

mättad mäktighet av antingen det övre eller det underliggande sand-gruslagret. Ett polygonlager sammansattes, innehållande de områden där den vattenmättade mäktigheten av antingen det övre eller undre sand-gruslagret var >5m.

Lagret med sammanlagd isälvs mäktighet >5m bearbetades vidare tillsammans med ett polygonlager, innehållande tillrinningsområden till Ilstorp. I detta steg togs områden utanför tillrinningsområdet bort. Alltså gjordes avgränsning enligt, av SGU tidigare uppskattade grundvatten och ytvattendelare.

4.3.2 Beräkning av grundvattenbildning

Uttagsmöjlighet uppskattades enligt liknande metod som den som använts vid SGUs beskrivning av magasinet (Karlhager 2014). Tabellerna till de polygoner som markerar tillrinningsområdet uppdaterades till följd av den nya föreslagna avgränsningen av magasinet. Polygonerna var initialt antingen klassade som primära tillrinningsområden eller tertiära tillrinningsområden. Tertiära tillrinningsområden innanför magasinets nya gränser, med lättgenomsläppligt ytligt lager (sand-grus), ändrades till primära tillrinningsområden. De polygoner som representerade primära tillrinningsområden utanför magasinets nya gränser, ändrades till tertiära tillrinningsområden.

Därefter beräknades den totala arean för primära tillrinningsområden respektive tertiära tillrinningsområden. Den andel av tillrinningsområdets grundvattenbildning som anses bidra till magasinets grundvattenbildning är för primärt tillrinningsområde 100% och

för tertiärt 10%. Grundvattenbildning i magasinet beräknades genom följande ekvation:

$$Area_{primärt} * 10,4 + Area_{tertiärt} * 0,1 * 10,4$$

Där 10,4 är ett litteraturvärde för grundvattenbildning (l/s per km²) i sand-gruslager från Rodhe et. al (2006).

5 Resultat

Den uppskattade mäktigheten av sandiga och grusiga lager har ansetts som det viktigaste resultatet, därför presenteras den uppskattade vattenmättade mäktigheten för både den underliggande isälvsavlagringen och den övre isälvsavlagringen. För kartan med den underliggande isälvsavlagringen samt kartan med den uppdaterade avgränsningen av grundvattenmagasinet (Fig. 13) finns även det mellanliggande lerlagret markerat då detta ansetts vara potentiellt viktigt för grundvattenkvalitén.

Den underliggande isälvsavlagringen har tolkats som ställvis sammankopplad med den övre isälvsavlagringen. I de områden där inget lerlager finns markerat i Fig. 13 är det mellanliggande lerlagret antingen icke-existerande eller <5 meter mäktigt. 5 meter gränsen för det åtskiljande lerlagret är ett värde som valts då det ansetts vara tillräckligt mäktigt för att vara betydande hydrogeologisk medan det samtidigt tar viss hänsyn till osäkerheten av tolkningen av mäktigheten av det mellanliggande lerlagret. Då det råder viss osäkerhet kring <5m kravet har kravet trots detta en funkt-

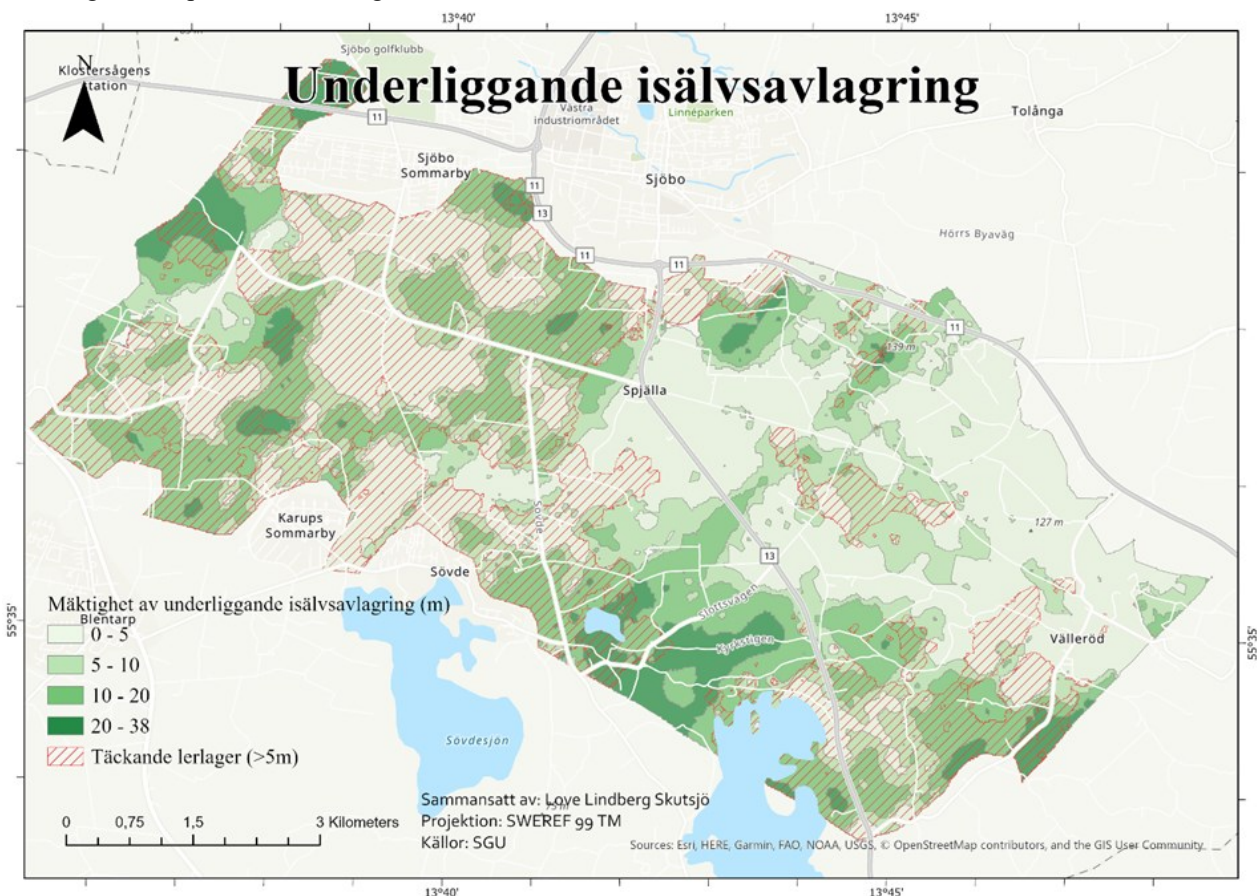


Fig. 13. Mäktighet av den underliggande isälvsavlagringen samt områden där det åtskiljande lerlagret har en mäktighet som är >5m.

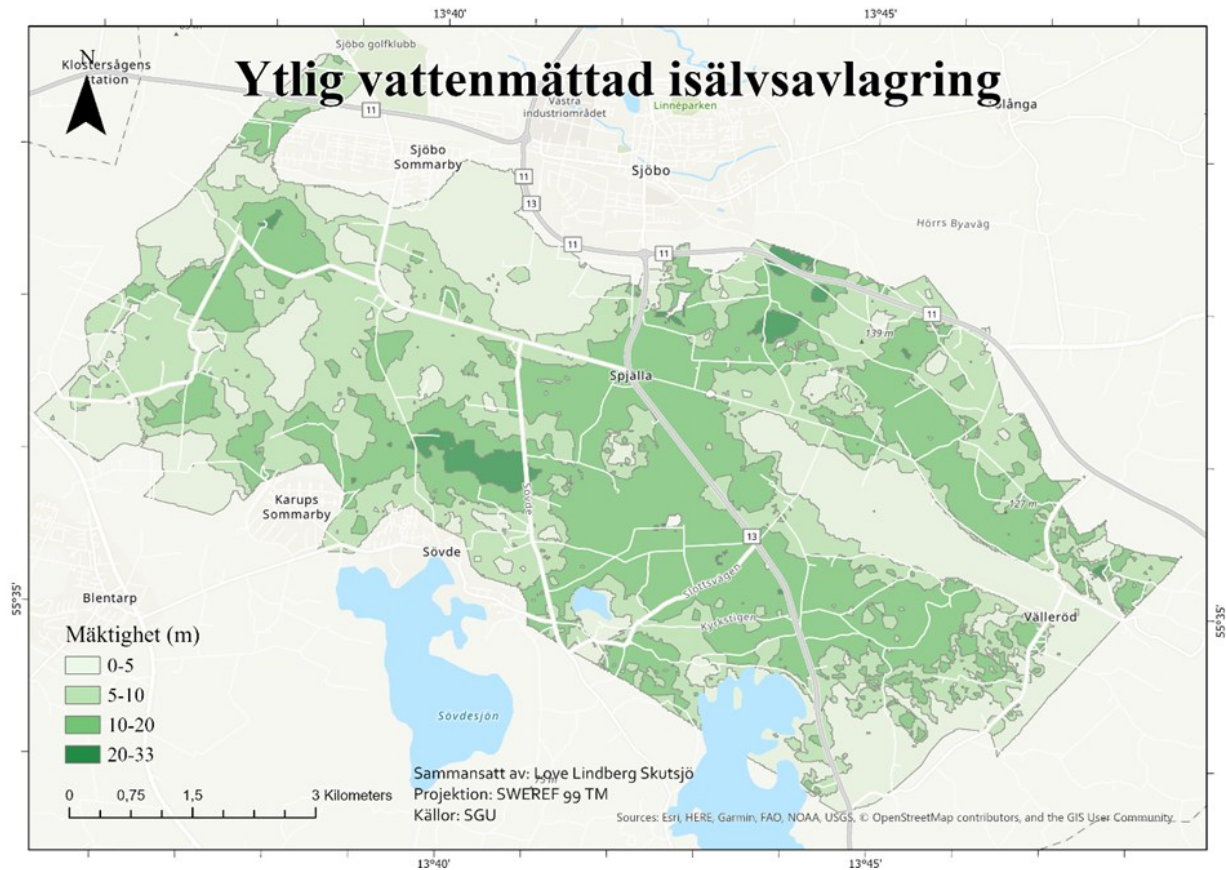


Fig. 14. Den vattenmättade mäktigheten hos den ytliga isälsavlagringen.

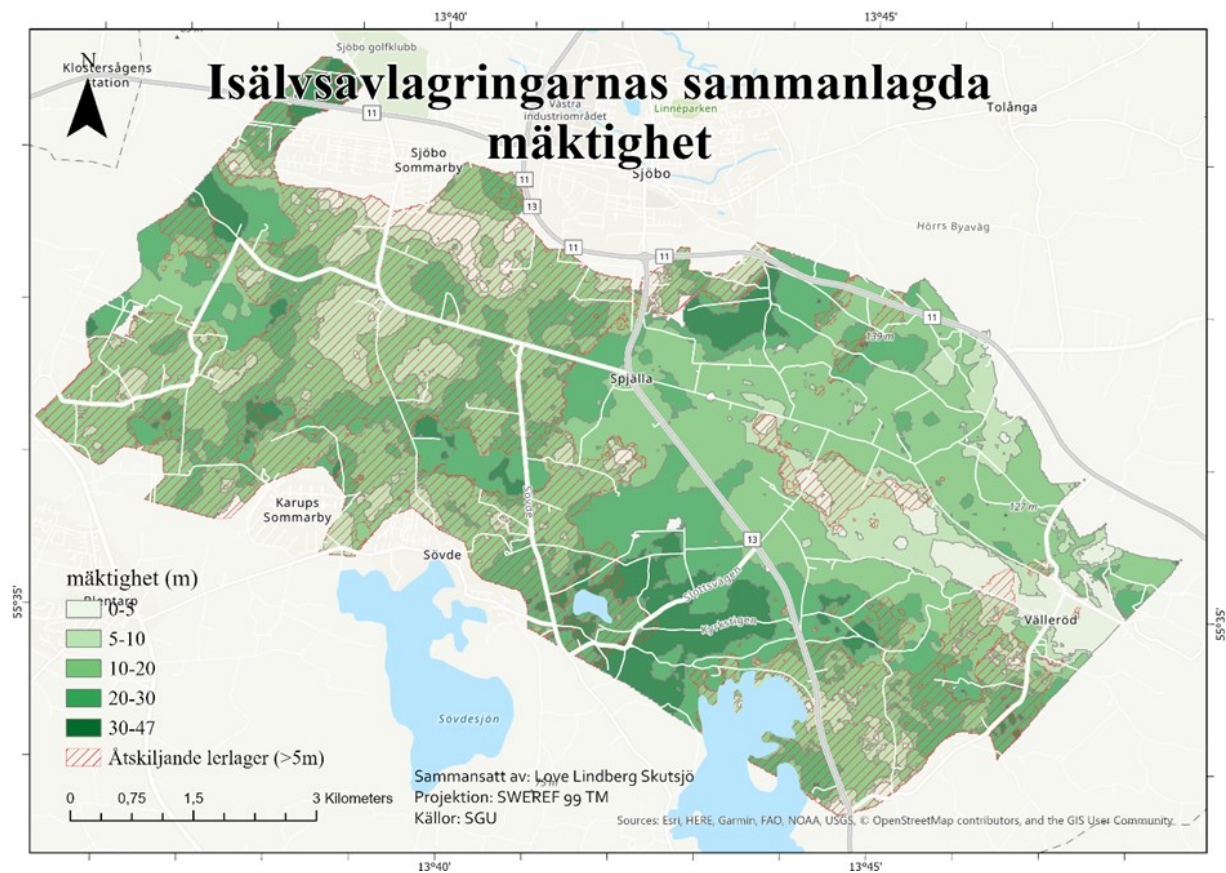


Fig. 15. Kartan visar summan av mäktigheterna för den övre (vattenmättad del) respektive den undre sandiga avlagringen. Sträckade områden markerar <5m åtskiljande lerlager mellan de tolkade isälsavlagringarna.



Fig. 16. Visualisering av skillnaden mellan tidigare definierat grundvattenmagasin och ny föreslagen avgränsning.



Fig. 17. Grundvattenmagasinet och dess dokumenterade tillrinningsområde tillsammans med måktigheten av den ytliga vattenmättade isälvsavlagringen.

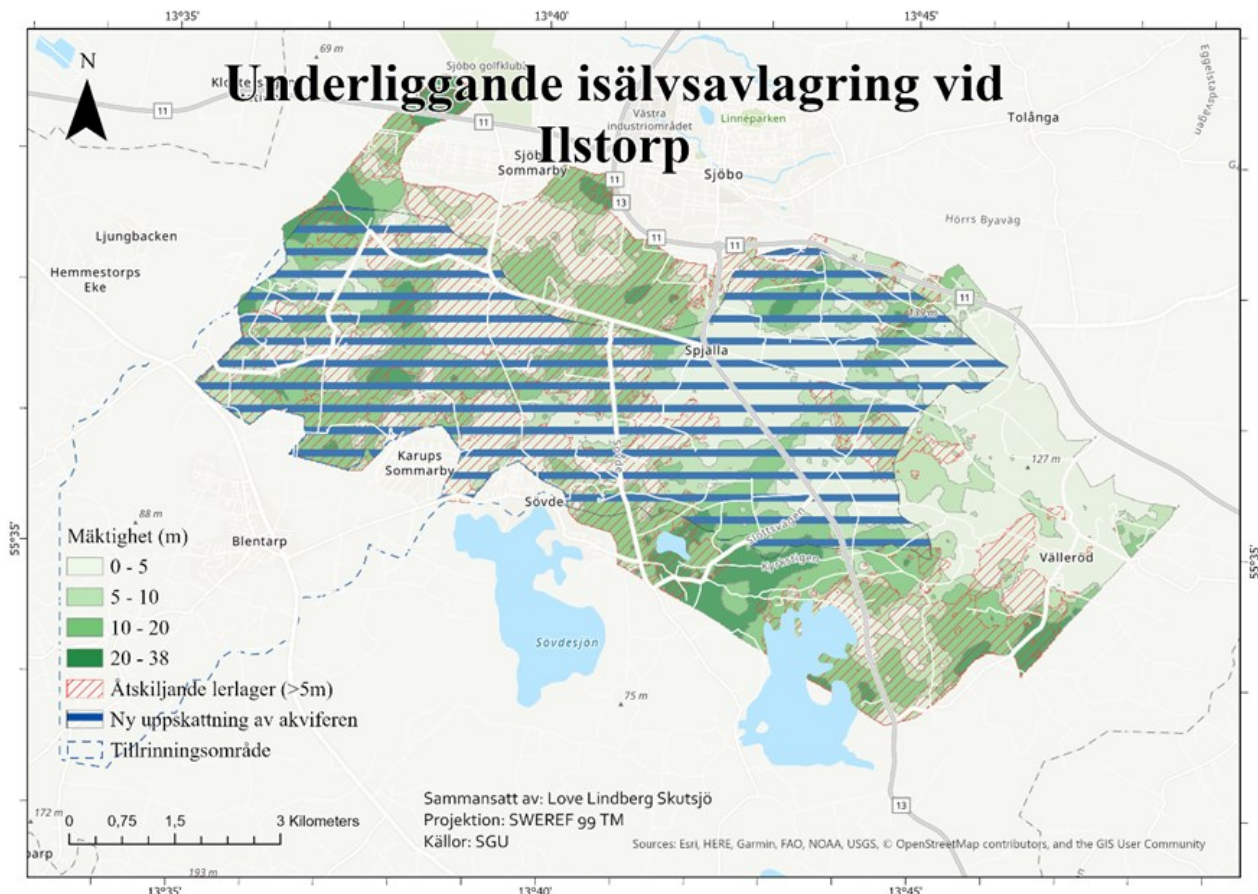


Fig. 18. Grundvattenmagasinet och dess dokumenterade tillrinningsområde tillsammans med mäktigheten av den underliggande isälvsavlagringen.

ion som en generell indikator av var det mellanliggande lerlagret bör ha störst påverkan.

Den vattenmättade delen av den övre isälvsavlagringen visas i Fig. 14 nedan. Detta lager har noterats inom i princip hela undersökningsområdet vilket var förväntat då jordartskartan (Fig. 4) beskriver den ytliga geologin inom merparten av området som isälvsavlagring. Dock varierar mäktigheten vilket är av intresse för vattenressursynpunkt. Avlagringen är som mäktigast mellan Sövde, Sjöbo, och Valleröd. I den västra delen av området samt söder om rullstensåsen i nordöstra delen av undersökningsområdet är avlagringen betydligt mindre mäktig.

Den uppskattade mäktigheten av övre/undre isälvsavlagring var för sig är något missvisande då avlagringarna ställvis går samman. Därmed presenteras även en karta med den sammanlagda mäktigheten av de två isälvsavlagringarna (Fig. 15). De områden där det åtskiljande lerlagret saknas indikerar här ger en indikation på var det rimligen sker större hydrogeologisk kommunikation mellan de två avlagringarna.

Med hjälp av den sammanslagna mäktigheten kan det noteras att den totala mäktigheten är betydande för de större delarna av undersökningsområdet. Därmed har den befintliga avgränsningen av grundvattenmagasinet uppdaterats enligt de tolkade vattenmättade mäktigheterna. Den uppdaterade avgränsningen presenteras i Fig. 16, 17 och 18 nedan där avgränsningen visas för sig (Fig. 16) och även tillsammans med den underliggande isälvsavlagringen respektive den övre isälvsavlagringen (Fig. 17 och 18). Den uppdaterade

avgränsningen har framför allt varit begränsad av de dokumenterade tillrinningsområdet då flera områden utanför avgränsningen har en betydande mäktighet av vattenförande lager.

5.1 Uppskattad grundvattenbildning

Den totala grundvattenbildningen beräknad till 350 l/s. Detta är större än den grundvattenbildning som tidigare beräknats för grundvattenmagasinet (192 l/s) (Karlhager 2014). Anledningen till ökningen i grundvattenbildning är att magasinets ytliga utbredning har utvidgats. Grundvattenbildningen har även legat till grund för uppskattningen av den totala uttagsmöjligheten som i brist av vidare hydrogeologiska undersökningar försiktigt har uppskattats till 300 l/s, något lägre än grundvattenbildningen. Anledningen till att uppskattningen av den totala uttagsmöjligheten är något lägre än grundvattenbildningen är av försiktighet då uttagsmöjligheten beror på flera andra faktorer som till exempel brunnarnas belägenhet, variation i mäktighet av vattenförande lager, årsvariationer, variation i hydraulisk konduktivitet och grundvattendelare. Då dessa värden är baserade på tillrinningsområden som är uppskattade enligt topografin och på litteraturvärden för grundvattenbildning finns stora osäkerheter kring uppskattad grundvattenbildning.

6 Diskussion

Nedan summeras resultaten och dess innebörd ur grundvattenressursynpunkt. Rekommendationer för

Tabell 5. Arean för tillrinningsområden och grundvattenmagasinet efter tolkning. Även uppskattad grundvattenbildning presenteras från de tertiära och primära tillrinningsområdena. Inga sekundära tillrinningsområden har klassificerats.

	Ny uppskattning	Tidigare uppskattning
Magasinets yta (km ²)	35,8	23,8
	Yta (m)	Uppskattat tillflöde (l/s)
Primärt tillrinningsområde	29,9	311
Tertiärt tillrinningsområde	25,0	26
Sammanlagda tillrinningsområdet	54,9	337

hur resultaten bör användas förekommer också. Vidare följer även en diskussion kring metoden och vilka faktorer som innebär osäkerheter i resultaten.

6.1 Avgränsning av magasinet

Det resultat från tolkningen i GeoScene3d som varit viktigast vid avgränsningen av magasinet är den vattenmättade mäktigheten av både den undre och övre isälvavlagringen. Den undre isälvavlagringen har för stora delar av undersökningsområdet en mäktighet på <5m (Fig. 13). Det förekommer dock ställvis områden med betydligt större mäktighet, till exempel i den södra delen av undersökningsområdet; mellan Sövdejön och Snogeholmssjön.

Den vattenmättade delen av den övre isälvavlagringen är >5 m för större delen av undersökningsområdet (Fig. 14). Ytterligare så förekommer även stora områden med en mäktighet över 10m, framför allt i östra delen av undersökningsområdet. Som mäktigast är avlagringen vid ett område strax norr om Sövde och ett område sydost om Sjöbo där avlagringen är mellan 20-33m mäktig.

Det åtskiljande lerlagret har för stora delar av området en mäktighet på <5 m och ställvis upphör det helt. I resultaten visas dock enbart lerlagret där mäktigheten är mer än 5m för tydlighetens skull. Då de båda isälvavlagringarna samman på flera ställen i undersökningsområdet har den kombinerade mäktigheten (Fig. 15) använts som grund till avgränsningen av magasinet.

Enligt den vattenmättade sammanlagda mäktigheten av de båda isälvavlagringarna och tillrinningsdata från SGU avgränsades grundvattenmagasinet till det område som visas i Fig. 16. Den uppdaterade avgränsningen av magasinet innebär att magasinets utbredning ökar från ca 23,8 till 35,8 km². Framför allt har utbredningen föreslagits i magasinets östra del där två stora partier inom tillrinningsområdet har inkluderats i magasinets avgränsning. Även mindre tillägg har gjorts i

de västra delarna av magasinet. I ett mindre område i södra delen av magasinet har ett mindre område som tidigare tillhörde magasinet klassats som utanför magasinet.

6.2 Vattenresurser

Tillrinningen till magasinet har beräknats både för det primära tillrinningsområdet och för det tertiära tillrinningsområdet. Från Tabell 5 framgår det att det är tillrinningen från det primära tillrinningsområdet (311 l/s) som framför allt är det antas bidra till den totala tillrinningen (337 l/s) men även det tertiära tillrinningsområdet bidrar till en viss nivå (26 l/s). I SGUs beskrivning av magasinet har tillrinningen från det primära tillrinningsområdet beräknats till 192 l/s medan ingen uppskattning av tillrinningen från det tertiära tillrinningsområdet har gjorts. Ökningen i uppskattat tillrinning jämfört med SGUs tidigare uppskattning beror på att stora områden som tidigare klassats som tertiära tillrinningsområden har tolkats som primära tillrinningsområden. Detta enligt definition (se bakgrund) då de tolkats tillhöra grundvattenmagasinet. De uppdaterade värdena kan möjligen ge en grov bild av den totala uttagmöjligheten i magasinet då nyttjandet av magasinet bör vara lägre än grundvattenbildningen för att inte riskera vattenbrist. I brist av hydrogeologiska studier av magasinet bör uttagmöjligheten antas vara betydligt lägre än den grovt uppskattade tillrinningen.

Det åtskiljande lerlagret förekommer i merparten av magasinet. Inom stora områden är mäktigheten av lerlagret över 5 m (Fig. 13 och 15), framför allt inom större delar av västra undersökningsområdet men även i sydöstra delen. Möjligen påverkar lerlagret den hydrogeologiska kommunikationen mellan den övre och undre avlagringen. Om lagret fungerar som en barriär mellan isälvavlagringen skiljer sig möjligen vattenkvaliteten åt vilket kan vara intressant att vidare undersöka om vattenkvaliteten inte är godtycklig i något av lagren.

6.3 Metoddiskussion

Grunden till arbetet har gjorts i GeoScene3D där Sky-TEM-profiler, brunnar och kartor användes för att tolka lagergränserna. Under processen klassades lagergränserna enligt en fördefinierad lagerföljd (Tabell 4). Modellen är densamma som jordlagerföljden som beskrivs i tidigare litteratur (Daniel 1992; Karlhager 2014) och det fungerade överlag väl att klassificera data enligt den förväntade lagerföljd. Särskilt utdragna förändringar i resistivitet förekom dock ställvis vilket gjorde det svårt att bestämma en exakt gräns mellan två lager. Rimligen förekommer det även gradvisa övergångar inom undersökningsområdet och dessa har då inte tolkats som gradvisa övergångar. Det bör därför inte antas att övergången mellan sand-lera är skarp vid framtida nyttjande av resultaten från detta arbete.

Under tolkningsarbetet i GeoScene3D tolkades all berggrund gemensamt då fokus legat på jordlagren. Möjligen finns dock partier i berggrunden som är vattenförande och som kommunicerar hydrogeologiskt med magasinet. Vid deformationszonerna i områdets västra del är resistiviteten högre jämfört med vombformationen i övrigt, möjligen utgör dessa deformationszoner partier sprickor som är av betydelse ur vattenressursynpunkt. Ytterligare är en av de tolkade

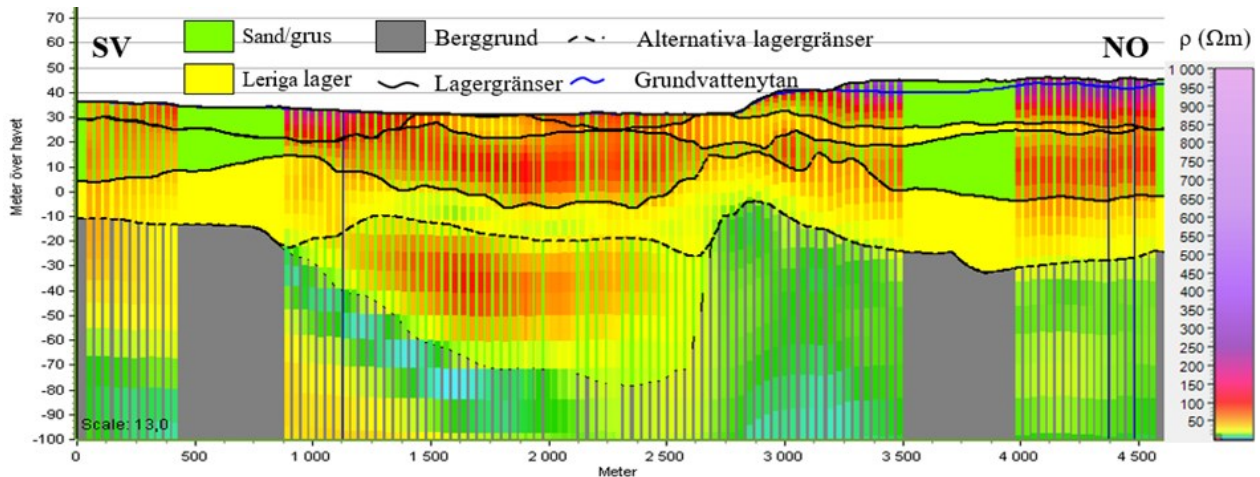


Fig. 19. Alternativ tolkad lagerföljd för profil 1. Lagerföljden består av följande lager, från överst till nederst: (1) omäntad sand-grusavlagring, (2) sand-gruslager, (3) lerigt lager, (4) sand-gruslager, (5) lerigt lager, (6) isälvsavlagring, (7) berggrund. Profilens läge finns utmärkt på Fig. 8.

sprickzonernas utbredning ställvis betydligt större (ca 1 km) vid den tolkade bergöverytan (Fig. 10). Möjligen talar den avvikande utbredningen vid bergöverytan för att det i stället är en underliggande isälvsavlagring som direkt överlagrar deformationszonen (se Fig. 19). I detta fall bör partiet tillräknas till grundvattenmagasinet.

I ArcGIS beräknades mäktigheten av de olika lagren vilka senare användes för att uppdatera avgränsningen av magasinet vilket slutligen möjliggjorde beräkning av tillrinningen. Ett antagande som ställdes vid avgränsning av magasinet var att den sammanlagda vattenmättade mäktigheten av isälvsavlagringarna behövde vara mer än 5 meter. Dock är det möjligt att mindre än 5 meter mäktighet är tillräckligt alternativt att en ännu högre tröskel borde antagits. Denna osäkerhet kring antagandet utgör en osäkerhet i resultatet och för att göra en avgränsning med större noggrannhet krävs hydrogeologiska studier inom undersökningsområdet. Rimligen har variation i kornstorlek inom isälvsavlagringen en stor påverkan på den hydrauliska konduktiviteten. Möjligen bör kravet på mäktighet vara olika inom olika delar av undersökningsområdet till följd av mindre i skillnader i kornstorlek inom samma tolkade lager.

En viktig faktor under avgränsningen av grundvattenmagasinet var grundvattendelarnas läge. Dessa är uppskattade enligt ytvattendelarna, alltså är de baserade på topografien. Ifall de vattenförande lagrens geometri avviker från terrängens topografi skiljer sig rimligen grundvattendelarnas läge jämfört med ytvattendelarna. Därmed utgör detta en osäkerhet i avgränsningen av magasinet och beräknad tillrinning.

Ytterligare en möjlig felfaktor vid beräkningen av tillrinning är det använda värdet för grundvattenbildning per area. Då litteraturvärden för grundvattenbildning i sand/grus användes finns en risk att den verkliga grundvattenbildningen för undersökningsområdet skiljer sig något från den grundvattenbildning som antogs vid beräkningen. Trots dessa osäkerheter kan resultatet jämföras med SGUs tidigare uppskattning då samma grundvattendelare och litteraturvärde användes som vid beräkningen från SGU (Karlhager 2014).

7 Slutsatser

- De tolkade avlagringarna består för merparten av undersökningsområdet av sand (överst), åtskiljande lerigt lager, underliggande sandlager, underliggande lerlager och berggrund. Mäktigheten av den underliggande isälvsavlagringen samt den vattenmättade mäktigheten av den övre isälvsavlagringen är troligen av intresse vid bestämning av framtida brunnborringslokaler.
- Den föreslagna uppdaterade avgränsningen av magasinet (Fig. 16) innebär att magasinets utbredning ökar från ca 23,8 till 35,8 km².
- Det rekommenderas att studera grundvattenkvaliteten inom magasinet för att se om det är väsentlig skillnad inom magasinet men även ifall det är en skillnad under eller över det åtskiljande lerlagret.
- Den uppskattade grundvattenbildningen från primära tillrinningsområdet har tolkats vara högre (311 l/s) jämfört med SGUs tidigare uppskattning (192 l/s). Rimligen innebär detta att den totala uttagsmöjligheten i magasinet är större än tidigare trott. En exakt siffra på total uttagsmöjlighet har inte kunnat beräknas. Förslagsvis bör den totala uttagsmöjligheten antas vara betydligt lägre än den uppskattade grundvattenbildningen.
- De deformationszoner som förekommer inom undersökningsområdet (Fig. 3, 9, 10 och 19) bör undersökas vidare för att utvärdera deras lämplighet som grundvattenresurs och deras påverkan på grundvattenmagasinet. Det kan även vara intressant att undersöka ifall det förekommer grusiga partier direkt ovan deformationszonerna, likt den alternativa tolkningen i Fig. 19. För att svara på dessa frågor föreslås en undersöksborring vid deformationszonen i närhet till profil 1.
- Det krav på mäktighet som använts vid klassificeringen kan möjligen uppdateras med mer

hydrogeologiska data. För att göra en mer exakt bedömning av magasinets avgränsning krävs hydrogeologiska studier inom området för att uppskatta den hydrauliska konduktiviteten och dess variation inom undersökningsområdet.

- För att med större säkerhet uppskatta grundvattenbildningen inom magasinet bör använd data (grundvattendelare och grundvattenbildning) kvalitétkontrolleras och eventuellt uppdateras. Möjligen bör även metodvalet för att beräkna tillrinning ses över då det kanske finns andra metoder som lämpar sig bättre.

8 Tack

Det här arbetet hade varit betydligt mycket jobbigare att utföra utan min externa handledare Peter Dahlqvist på SGU, tack för all kontinuerlig support och välbehövad feedback. Jag kan inte heller låta bli att tacka min interna handledare Charlotte Sparrenbom inte minst för all den inspiration till ämnet hon utstrålar.

Under det här arbetet har jag även fått välbehövad hjälp med det tekniska av både Cecilia Brolin på SGU och kundsupport på GeoScene3D, tack för allt ni gjort för att underlätta.

9 Referenser

Dahlqvist, P., Bastani, M., Persson, L., Triumf, C.-A., Erlström, M., Gustafsson, M., Jørgensen, F., Gulbrandsen, M. & Malmberg Persson, K., 2018: SkyTEM-undersökningar på Öland - Geologiska tolkningar och hydrogeologisk tillämpning. Rapporten och meddelanden 145.

Dahlqvist, P., Brolin, C., Hellstrand, E., Erlström, M., Gustafsson, M., Malmberg Persson, K., Engdahl, M., Lång, L.-O. & Andersson, J., 2019: Helikopterburna TEM-mätningar i Halland – Geologiska tolkningar och hydrogeologisk tillämpning. Rapporten och meddelanden 147. Rapporten och meddelanden.

Dahlqvist, P., Triumf, C.-A., Persson, L., Bastani, M., Erlström, M., Jørgensen, F., Thulin Olander, H., Gustafsson, M., Thorsbrink, M., Schoning, K. & Curtis, P., 2015: SkyTEM-undersökningar på Gotland. Rapporten och meddelanden 136.

Daniel, E., 1992: Jordartskartan [Kartografiskt material]. 2D/1D = Beskrivning till jordartskartorna Tomelilla SV och Ystad NV = Description to the quaternary maps Tomelilla SV and Ystad NV. SGU, Uppsala.

Erlström, M., Thomas, S. A., Deeks, N. & Sivhed, U., 1997: Structure and tectonic evolution of the Tornguit Zone and adjacent sedimentary basins in Scania and the southern Baltic Sea area. *Tectonophysics* 271, 191-215. doi: [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(96\)00247-8](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(96)00247-8)

Erlström, M., Ulf Sivhed, Hugo Wikman & Karl-Axel Kornfält, 2004: Beskrivning till berggrundskartorna 2D Tomelilla NV, NO, SV, SO : 2E Simrishamn NV, SV : 1D Ystad NV, NO : 1E Örnahusen NV = Description to the bedrock maps of 2D Tomelilla NV, NO, SV, SO : 2E Simrishamn NV, SV : 1D Ystad NV, NO : 1E Örnahusen NV. Sveriges geologiska undersökning (SGU).

Esri, u.å.: How inverse distance weighted interpolation

works. Retrieved 1 June 2020, from <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/help/analysis/geostatistical-analyst/how-inverse-distance-weighted-interpolation-works.htm>.

Globala Målen, 2020: Rent vatten och sanitet för alla. Retrieved 2020, May 12, from <https://www.globalamalen.se/om-globalamalen/mal-6-rent-vatten-och-sanitet/>.

Karlhager, A., 2014: Grundvattenmagasinet Ilstorp. 459. K - Kartor och beskrivningar inom alla ämnesområden, 10.

Länsstyrelsen Skåne, u.å.: Klingavälsåns dalgång och Vombs ängar. Retrieved May 12, 2020, from <https://www.lansstyrelsen.se/skane/besoksmal/naturreservat/lund-sjobo/klingavalsans-dalgang.html>.

Miljödepartementet, 2017: Regeringen satsar 200 miljoner på att förebygga torka och på fördjupade kartläggningar av grundvattenresurser. Retrieved 2020, May 12, from <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2017/06/regeringen-satsar-200-miljoner-pa-att-forebygga-torka-och-pa-fordjupade-kartlaggningar-av-grundvattenresurser/>.

Palacky, G. J. 1988: 3. Resistivity Characteristics of Geologic Targets. In *Electromagnetic Methods in Applied Geophysics: Volume 1, Theory*, 52-129,

Reynolds, J. 2011: An Introduction to Applied and Environmental Geophysics. In,

Rodhe, A., Lindström, G., Rosberg, J. & Pers, C., 2006. Grundvattenbildning i svenska typjordar - översiktlig beräkning med en vattenbalansmodell. Institutionen för Geovetenskaper, Uppsala universitet, Uppsala Report (ISSN).

Sveriges Geologiska Undersökning, 2005: Berggrundskartan 2D Tomelilla SV & 1D Ystad NV. SGU serie Af nr 214.

Sveriges Geologiska Undersökning, 2019a: Flygmätningar i Blekinge och Skåne.

Sveriges Geologiska Undersökning, 2019b: Flygmätningar ska hitta grundvatten i Skåne och Blekinge. Retrieved 2020, April 3, from <https://www.sgu.se/om-sgu/nyheter/2019/september/flygmattningar-ska-hitta-grundvatten-i-skane-och-blekinge/?acceptCookies=true>.

Sveriges Geologiska Undersökning, u.å.: Vatten. Retrieved 2020, May 12, from <https://www.sgu.se/om-geologi/vatten/>.

Sørensen, K. & Auken, E., 2004: SkyTEM – A new high-resolution helicopter transient electromagnetic system. *Exploration Geophysics* 35, 194-202. doi: 10.1071/EG04194

**Tidigare skrifter i serien
"Examensarbeten i Geologi vid Lunds
universitet":**

556. Rabanser, Monika, 2019: Processes of Lateral Moraine Formation at a Debris-covered Glacier, Suldenferner (Vedretta di Solda), Italy. (45 hp)
557. Nilsson, Hanna, 2019: Records of environmental change and sedimentation processes over the last century in a Baltic coastal inlet. (45 hp)
558. Ingered, Mimmi, 2019: Zircon U-Pb constraints on the timing of Sveconorwegian migmatite formation in the Western and Median Segments of the Idefjorden terrane, SW Sweden. (45 hp)
559. Hjorth, Ingeborg, 2019: Paleomagnetisk undersökning av vulkanen Rangitoto, Nya Zeeland, för att bestämma dess utbrottshistoria. (15 hp)
560. Westberg, Märta, 2019: Enigmatic worm-like fossils from the Silurian Waukesha Lagerstätte, Wisconsin, USA. (15 hp)
561. Björn, Julia, 2019: Undersökning av påverkan på hydraulisk konduktivitet i förorenat område efter in situ-saneringsförsök. (15 hp)
562. Faraj, Haider, 2019: Tolkning av georadarprofiler över grundvattenmagasinet Verveln - Gullringen i Kalmar län. (15 hp)
563. Bjeremo, Tim, 2019: Eoliska avlagringar och vindriktningar under holocen i och kring Store Mosse, södra Sverige. (15 hp)
564. Langkjaer, Henrik, 2019: Analys av Östergötlands kommande grundvattenresurser ur ett klimtperspektiv - med fokus på förstärkt grundvattenbildning. (15 hp)
565. Johansson, Marcus, 2019: Hur öppet var landskapet i södra Sverige under Atlantisk tid? (15 hp)
566. Molin, Emmy, 2019: Litologi, sedimentologi och kolisotopstratigrafi över krita-paleogen-gränsintervallet i borrhningen Limhamn-2018. (15 hp)
567. Schroeder, Mimmi, 2019: The history of European hemp cultivation. (15 hp)
568. Damber, Maja, 2019: Granens invandring i sydvästa Sverige, belyst genom pollenanalys från Skottenesjön. (15 hp)
569. Lundgren Sassner, Lykke, 2019: Strandmorfologi, stranderosion och stranddeposition, med en fallstudie på Tylösand sandstrand, Halland. (15 hp)
570. Greiff, Johannes, 2019: Mesozoiska konglomerat och Skånes tektoniska utveckling. (15 hp)
571. Persson, Eric, 2019: An Enigmatic Cerapodian Dentary from the Cretaceous of southern Sweden. (15 hp)
572. Aldenius, Erik, 2019: Subsurface characterization of the Lund Sandstone - 3D model of the sandstone reservoir and evaluation of the geenergy storage potential, SW Skåne, South Sweden. (45 hp)
573. Juliusson, Oscar, 2019: Impacts of subglacial processes on underlying bedrock. (15 hp)
574. Sartell, Anna, 2019: Metamorphic paragenesis and P-T conditions in garnet amphibolite from the Median Segment of the Idefjorden Terrane, Lilla Edet. (15 hp)
575. Végvári, Fanni, 2019: Vulkanisk inverkan på klimatet och atmosfärcirkulationen: En litteraturstudie som jämför vulkanism på låg respektive hög latitud. (15 hp)
576. Gustafsson, Jon, 2019: Petrology of platinum-group element mineralization in the Koillismaa intrusion, Finland. (45 hp)
577. Wahlquist, Per, 2019: Undersökning av mindre förkastningar för vattenuttag i sedimentärt berg kring Kingelstad och Tjutebro. (15 hp)
578. Gaitan Valencia, Camilo Esteban, 2019: Unravelling the timing and distribution of Paleoproterozoic dyke swarms in the eastern Kaapvaal Craton, South Africa. (45 hp)
579. Eggert, David, 2019: Using Very-Low-Frequency Electromagnetics (VLF-EM) for geophysical exploration at the Albertine Graben, Uganda - A new CAD approach for 3D data blending. (45 hp)
580. Plan, Anders, 2020: Resolving temporal links between the Högberget granite and the Wigström tungsten skarn deposit in Bergslagen (Sweden) using trace elements and U-Pb LA-ICPMS on complex zircons. (45 hp)
581. Pilser, Hannes, 2020: A geophysical survey in the Chocaya Basin in the central Valley of Cochabamba, Bolivia, using ERT and TEM. (45 hp)
582. Leopardi, Dino, 2020: Temporal and genetic constraints of the Cu-Co Vena-Dampetorp deposit, Bergslagen, Sweden. (45 hp)
583. Lagerstam Lorien, Clarence, 2020: Neck mobility versus mode of locomotion - in what way did neck length affect swimming performance among Mesozoic plesiosaurs (Reptilia, Sauropterygia)? (45 hp)
584. Davies, James, 2020: Geochronology of gneisses adjacent to the Mylonite Zone in southwestern Sweden: evidence of a tectonic window? (45 hp)
585. Foyn, Alex, 2020: Foreland evolution of Blåisen, Norway, over the course of an ablation season. (45 hp)
586. van Wees, Roos, 2020: Combining lumi-

- nescence dating and sedimentary analysis to derive the landscape dynamics of the Velická Valley in the High Tatra Mountains, Slovakia. (45 hp)
587. Rettig, Lukas, 2020: Implications of a rapidly thinning ice-margin for annual moraine formation at Gornergletscher, Switzerland. (45 hp)
588. Bejarano Arias, Ingrid, 2020: Determination of depositional environment and luminescence dating of Pleistocene deposits in the Biely Váh valley, southern foothills of the Tatra Mountains, Slovakia. (45 hp)
589. Olla, Daniel, 2020: Petrografisk beskrivning av Prekambriska ortognejser i den undre delen av Särviskollan, mellersta delen av Skollenheten, Kaledonska orogensen. (15 hp)
590. Friberg, Nils, 2020: Är den sydatlantiska magnetiska anomalin ett återkommande fenomen? (15 hp)
591. Brakebusch, Linus, 2020: Klimat och väder i Nordatlanten-regionen under det senaste årtusendet. (15 hp)
592. Boestam, Max, 2020: Stränder med erosion och ackumulation längs kuststräckan Trelleborg - Abbekås under perioden 2007-2018. (15 hp)
593. Agudelo Motta, Laura Catalina, 2020: Methods for rockfall risk assessment and estimation of runout zones: A case study in Gothenburg, SW Sweden. (45 hp)
594. Johansson, Jonna, 2020: Potentiella nedslagskratrar i Sverige med fokus på Östersjön och östkusten. (15 hp)
595. Haag, Vendela, 2020: Studying magmatic systems through chemical analyses on clinopyroxene - a look into the history of the Teno ankaramites, Tenerife. (45 hp)
596. Kryffin, Isidora, 2020: Kan benceller bevaras över miljontals år? (15 hp)
597. Halvarsson, Ellinor, 2020: Sökande efter nedslagskratrar i Sverige, med fokus på avtryck i berggrunden. (15 hp)
598. Jirdén, Elin, 2020: Kustprocesser i Arktis – med en fallstudie på Prins Karls Forland, Svalbard. (15 hp)
599. Chonewicz, Julia, 2020: The Eemian Baltic Sea hydrography and paleoenvironment based on foraminiferal geochemistry. (45 hp)
600. Paradeisis-Stathis, Savvas, 2020: Holocene lake-level changes in the Siljan Lake District – Towards validation of von Post's drainage scenario. (45 hp)
601. Johansson, Adam, 2020: Groundwater flow modelling to address hydrogeological response of a contaminated site to remediation measures at Hjortsberga, southern Sweden. (15 hp)
602. Barrett, Aodhan, 2020: Major and trace element geochemical analysis of norites in the Hakefjorden Complex to constrain magma source and magma plumbing systems. (45 hp)
603. Lundqvist, Jennie, 2020: "Man fyller det med information helt enkelt": en fenomenografisk studie om studenters upplevelse av geologisk tid. (45 hp)
604. Zachén, Gabriel, 2020: Classification of four mesosiderites and implications for their formation. (45 hp)
605. Viðarsdóttir, Halla Margrét, 2020: Assessing the biodiversity crisis within the Triassic-Jurassic boundary interval using redox sensitive trace metals and stable carbon isotope geochemistry. (45 hp)
606. Tan, Brian, 2020: Nordvästra Skånes prekambriiska geologiska utveckling. (15 hp)
607. Taxopoulou, Maria Eleni, 2020: Metamorphic micro-textures and mineral assemblages in orthogneisses in NW Skåne – how do they correlate with technical properties? (45 hp)
608. Damber, Maja, 2020: A palaeoecological study of the establishment of beech forest in Söderåsen National Park, southern Sweden. (45 hp)
609. Karastergios, Stylianos, 2020: Characterization of mineral parageneses and metamorphic textures in eclogite- to high-pressure granulite-facies marble at Allmenningen, Roan, western Norway. (45 hp)
610. Lindberg Skutsjö, Love, 2021: Geologiska och hydrogeologiska tolkningar av SkyTEM-data från Vombsänkan, Sjöbo kommun, Skåne. (15 hp)



LUNDS UNIVERSITET

Geologiska institutionen
Lunds universitet
Sölvegatan 12, 223 62 Lund