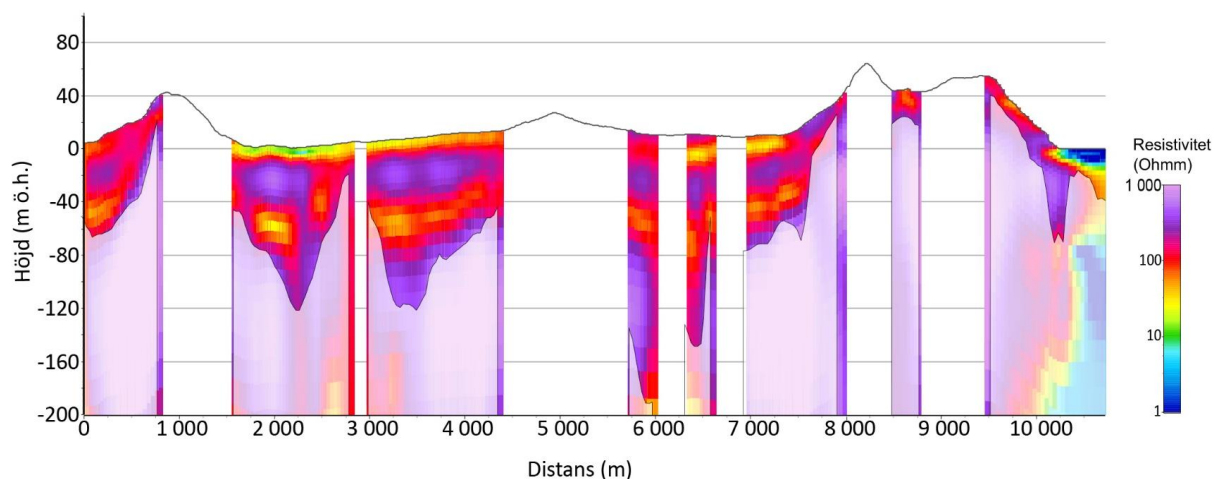


# Resistivetssektioner längs flygmätninglinjer, nordöstra Kristianstadslätten och Listerlandet

Eva Hellstrand

december 2020

SGU-rapport 2020:43



**Ändringar genomförda 2 februari 2021**

Sidan 7

Felaktig figurnummering korrigerad.

Omslagsbild: Exempel på resistivitetssektion längs flyglinje.

Grafik: Eva Hellstrand

Författare: Eva Hellstrand

Granskad av: Virginie Leroux

Ansvarig enhetschef: Jakob Levén

Redaktör: Åsa Gierup

Sveriges geologiska undersökning

Box 670, 751 28 Uppsala

tel: 018-17 90 00

e-post: [sgu@sgu.se](mailto:sgu@sgu.se)

[www.sgu.se](http://www.sgu.se)

## INNEHÅLL

Sammanfattning.....	4
Inledning.....	4
Intressenter och samarbetspartner .....	4
Syfte.....	4
Underlag.....	5
Kartor och databaser.....	5
Terrängläge och geologisk översikt.....	5
Mätområdet.....	6
Metoder.....	7
Modellens begränsningar och osäkerhet.....	8
Resultat.....	8
Referenser.....	8

## SAMMANFATTNING

Helikopterburna transient elektromagnetiska mätningar (TEM) har utförts i två områden i nordöstra Skåne och västra Blekinge inom Bromölla, Kristianstad och Sölvesborgs kommun (fig. 1). Områdena benämns i rapporten *nordöstra Kristianstadslätten* inom Bromölla och Kristianstad kommun och *Listerlandet* inom Sölvesborgs kommun. Insamlingen har gett totalt 165 resistivitetssektioner, 65 över nordöstra Kristianstadslätten och 100 över Listerlandet. Flygmättningsprofilerna är genomsnitt ca 6 km långa och löper parallellt i västöstlig riktning med ca 200 m mellanrum. Inom två mindre områden utfördes även förtätad mätning med ca 100 m mellan flygmättningsprofilerna. Resistivitetssektionerna ger en god bild av resistivitetsfördelningen i marken och kan tillsammans med andra geologiska data och kunskap användas för att tolka markens uppbyggnad.

## INLEDNING

Resistivitetssektionerna har producerats inom projektet ”Helikopterburna TEM-mätningar i Skåne och Blekinge”. Det övergripande syftet med projektet var att samla in och tolka data från helikopterburna TEM-mätningar för att peka ut områden som är intressanta ur ett grundvattenperspektiv. Projektet ingår som en del i SGUs regeringsuppdrag om utökad kartläggning och karaktärisering av grundvattenresurser som pågick mellan åren 2018 och 2020.

Inom regeringsuppdraget finns även ett fokus att utveckla och utöka SGUs arbete med redovisning av geologisk information i 3D. Arbete pågår på SGU med vidare tolkning och uppbyggnad av geologiska 3D-modeller utifrån insamlade data. I 3D-visaren redovisas insamlade data i form av processade resistivitetssektioner, för att tydliggöra var data finns tillgänglig och ge en översiktlig bild av datasetet. Det går att beställa både beräknade resistivitetsmodeller och rådata från SGUs kundtjänst.

I denna rapport används ordet flygmättningslinje för att beskriva den linje (projicerad på markytan) längs vilken helikoptern har flugit för att samla in data (fig.1). En resistivitetssektion avser den tvärsnitt som visar resistivitetsfördelningen på djupet längs en linje, här alltid en flygmättningslinje. Sektionen redovisas med distans på x-axeln och med meter över havet på y-axeln.

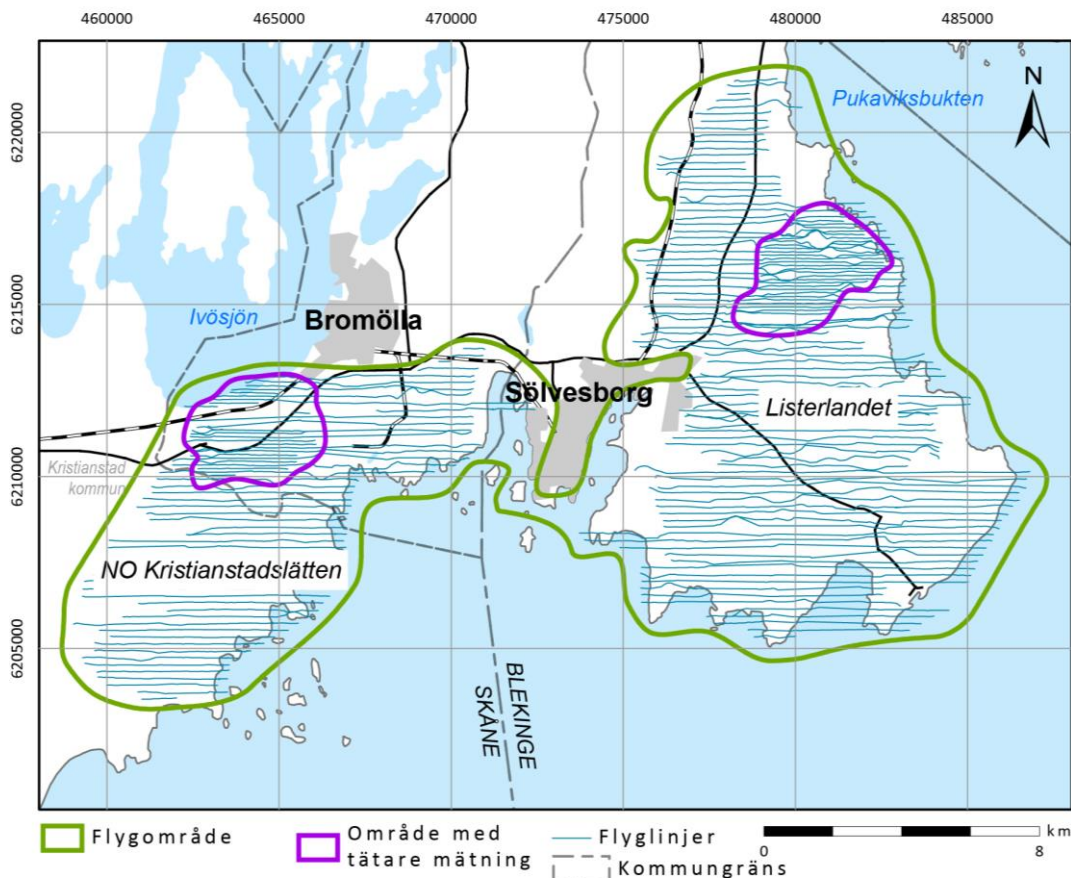
## Intressenter och samarbetspartner

Intressenter för insamlade resistivitetssektioner är kommuner och länsstyrelser med intressen och verksamheter inom området, och till dem anknutna konsulter. SGU har haft dialog med berörda kommuner om utformning av flygområden.

## SYFTE

Resistivitetssektionerna ligger till grund för den utökade geologiska och hydrogeologiska tolkningen av området med huvudsyfte att sammanställa ett förbättrat underlag för samhällsplanering avseende grundvattenresurser. SGU avser att tillgängliggöra översiktlig tolkning av hela datasetet.

Resistivitetsdata är användbart även för andra syften relaterade till t.ex. markfrågor eller undervisning. Syftet med att publicera resistivitetssektionerna innan den geologiska tolkningen är färdig, är att skapa möjlighet för andra verkamma aktörer inom området att på ett enkelt sätt kunna ta del av resultaten från datainsamlingen.



Figur 1. Undersökningsområden och flygmätninglinjer.

## UNDERLAG

### Kartor och databaser

Lantmäteriets höjdmödel GSD-Höjddata, grid 2+. Omräknat till en cellstorlek på 10 × 10 m.

## TERRÄNGLÄGE OCH GEOLOGISK ÖVERSIKT

Undersökningsområdet består av två områden som berör Sölvesborg, Bromölla och Kristianstads kommuner. Områdena benämns *nordöstra Kristianstadslätten* inom Bromölla och Kristianstads kommun och *Listerlandet* inom Sölvesborgs kommun.

Berggrunden utgörs av sedimentära bergarter, som tillsammans med resten av Kristianstadslätten utgör Sveriges största sammanhängande grundvattenmagasin sett till uttagsmöjligheterna. Den typiska berggrundsgeologiska lagerföljden i området består av kristallint urberg som ofta är lervittrat, och i synnerhet i svackor kan det finnas någon eller några meter kaolinlera. Denna överlagras av glaukonitsand eller sandsten och sedan av kritkalksten. På Listerlandet karakteriseras berggrundstopografin av snabba förändringar i urbergets topografi, med ett antal större markanta urbergsryggar som utgör topografiska höjder som sticker upp genom kritberget. Även mellan de större höjderna är den kristallina urbergsytan undulerande, och utgör sannolikt ett begrävt ”kulligt” landskap. På Kristianstadslätten är topografin jämnare och urberget, och ovanliggande sedimentära lager, sluttar mot sydväst genom hela undersökningsområdet. Vid Bromöllas tätort

ligger urbergets överyta på ca –80 m ö.h. och i södra delen av undersökningsområdet på ca –260 m ö.h. Jordlagren har vanligen en mäktighet på 10–20 meter (Daniels & Thunholm 2014). I huvudsak rör det sig om sand- och grusavlagringar, men på Listerlandet finns något mer morän och tunna jordlager med urbergshällar.

## Mätområdet

Mätning sker kontinuerligt under hela flygningen och resultatet omvandlas till beräkningspunkter, s.k. resistivitetsmodeller, som representerar resistivitetsfördelningen genom jord och berglager i den aktuella punkten. Det kan liknas vid en fiktiv geofysisk borrhning. Resistivitetsmodellerna beräknas i punkter med ca 30–40 m mellanrum längs med flyglinjen. Resistivitetsmodellerna är uppbyggda av 30 lager med en ökande tjocklek på djupet (tabell 1).

Flygningen är utförd i parallella linjer i västöstlig riktning, oftast med ca 200 m mellan linjerna. Inom två områden utfördes tätare mätning med endast ca 100 m mellan profilerna (fig. 1).

**Tabell 1.** Modellerade lagrets tjocklek och dess nedre begränsning.

Lager nr	Lagrets tjocklek (m)	Undre lagergräns
1	2	2.0
2	2.2	4.2
3	2.4	6.6
4	2.7	9.3
5	2.9	12.2
6	3.2	15.4
7	3.6	19.0
8	3.9	22.9
9	4.3	27.2
10	4.7	31.9
11	5.2	37.1
12	5.7	42.8
13	6.3	49.1
14	6.9	56.0
15	7.6	63.6
16	8.4	72.0
17	9.3	81.3
18	10.2	91.5
19	11.2	102.7
20	12.3	115.0
21	13.6	128.6
22	14.9	143.5
23	16.4	159.9
24	18.1	178.0
25	19.9	197.9
26	21.9	219.8
27	24.1	243.9
28	26.5	270.4
29	29.2	299.6
30	∞	∞

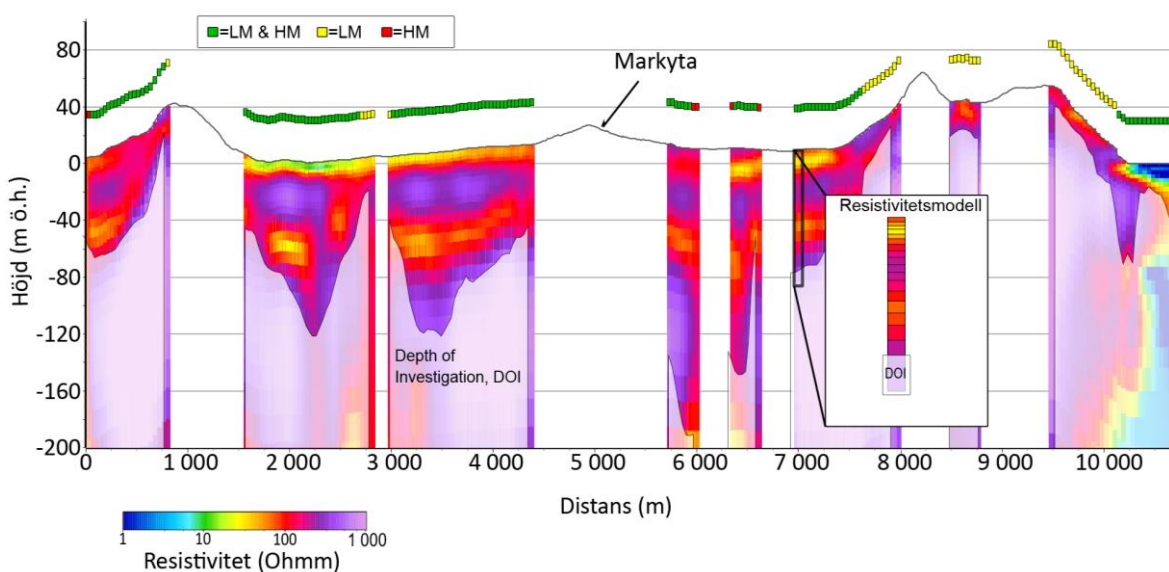
## METODER

Den insamlade datamängden består av mätningar med helikopterburna transient elektro-magnetiska mätningar (TEM). Insamling av data har utförts med mätsystemet SkyTEM 306 M HP av företaget SkyTEM Aps. Insamlade rådata har sedan rensats från störningar och resistivitetsmodeller har tagits fram med inversionsberäkningar i programvaran Aarhus Workbench. I datarapporten för undersökningen (Brolin & Dahlqvist 2020) redovisas detaljer om metod, mätsystem och inversionsberäkningar till resistivitetsmodeller, och ett antal kvalitetsindex för mätningarna.

I varje profil redovisas ungefärligt maximalt undersökningsdjup, depth of investigation (DOI), beräknat för varje resistivitetsmodell (Brolin & Dahlqvist 2020). Under den angivna nivån för DOI har modellen en större osäkerhet och är därför skuggad under denna nivå (fig. 2).

Mätningar med SkyTEM-systemet består av ett två-kanal-system vilket innebär att en mätsekvens består av en strömpuls med hög ström och därmed kraftigare primärt magnetfält, High Moment (HM), och en strömpuls med lägre ström och därmed svagare primärt magnetfält, Low Moment (LM). HM medger förutsättningar för större djupkänning medan LM ger bättre upplösning i de yt nära marklagren, kombinationen ger alltså både hög upplösning i yt nära lager med samtida stor djupkänning.

I resistivitetssktionerna indikerar en färgkodad punkt placerad ovanför markytan vilka kanaler som ingått i beräkningen för respektive resistivitetsmodell. Grön färg visar att data från både LM och HM ingår, gul färg betyder att det finns endast LM vilket betyder att det är god upplösning i ytan men att djupkänningen är begränsad (resulterar i en ytligare DOI). Röd färg visar att endast data från HM har inkluderats i modellberäkningen. För dessa punkter krävs viss aktsamhet i tolkningen. I de ytligaste lagren har resistivitetsmodellen inte samma höga upplösning som i de modeller där både LM och HM ingår. Angivelsen av förekomst om LM och HM kan ses som ett kvalitetsindex för mätningen i den givna punkten, och ska beaktas vid vidare tolkning. Det finns fler kvalitetsindex som inte redovisas i 3D-visaren, men som kan fås vid databeställning från SGUs kundtjänst.



**Figur 2.** Exempel på resistivitetssktion och resistivitetsmodell samt färgkodning för LM och HM för respektive resistivitetsmodell längs flyglinje.

## MODELLENS BEGRÄNSNINGAR OCH OSÄKERHET

Resistivitetssektionerna visar en möjlig resistivitetsfördelning i jord och berglager längs flygmätninglinjerna. Resultaten beror på kvaliteten av ingående data och de geologiska förutsättningarna för mätmetoden. I första steget rensas data från störningar så att endast variationer som avspeglar geologin kvarstår. Denna datarensning är mycket omfattande och består av många avvägningar. Det kan finnas kvar störningar i data som inte har identifierats. Inversionen är en matematisk process som ger *en* möjlig modell av de data som samlats in. Modellen antar att resistiviteten endast varierar med djupet (endimensionell) och att närliggande modeller inte skiljer sig så mycket från varandra, vilket är en generalisering av en tredimensionell värld. För vidare detaljer kring mätosäkerhet i data hänvisas till Brolin och Dahlqvist (2020).

Mätmetoden fungerar optimalt vid plan topografi där det finns en kraftig ledare på djupet, så som lager med högre lerinnehåll eller högt vatteninnehåll som därmed framträder med tydliga kontraster. Metoden fungerar därmed sämre i områden med kraftigt varierande topografi, tunna torra jordlager på kristallint berg och mäktiga ytliga lerlager. Metoden har som bäst vertikal upplösning två till fyra meter från markytan, och mot djupet är upplösningen närmare 30 m (tabell 1).

Inom undersökningsområdet finns både goda och dåliga geologiska förutsättningar för metoden. Geologisk tolkning av resistivitetsdata bör göras i en relativt översiktlig skala där större återkommande mönster kartläggs. I huvudsak är det övergångar mellan olika enheter som har stor kontrast i resistivitet som kan urskiljas, så som övergång mellan jordlager och berg eller mellan mäktigare lager av lera med underlagrande grus, eller övergång mellan mer konsoliderat kalkberg till porösare och mer vattenförande. Det är kontrasten snarare än exakta resistivitetsvärden som ska betraktas.

## RESULTAT

Längs totalt ca 920 km flyglinjer har sammanlagt 165 resistivitetssektioner tagits fram. Totalt har ca 19 800 resistivitetsmodeller tagits fram inom undersökningsområdet. Modellerna tillsammans med annan geologisk information och kunskap ger ett mycket bra underlag för att tolka markens uppbyggnad. Beroende på det tänkta användningsområdet för resistivitetssektionerna och den antagna geologiska komplexiteten inom mätområdet är skalan för användningsområdet varierande.

Inom nordöstra Kristianstadslätten har data rensats bort framför allt vid större vägar och mindre bebyggelse, men datamängden är relativt sammanhängande. Tydliga lagergränser återfinns på många ställen och möjligheterna för geologisk tolkning är goda.

Inom området på Listerlandet har mer data blivit bortrensats på grund av störningar. Det är främst på grund av urbergsklackarna som sticker upp genom kritberget, men det finns även mer sammanhängande bebyggelse inom flygområdet som begränsar mätningen. Liknande lagerföljder som på nordöstra Kristianstadslätten återfinns på många ställen, dock högre upp i topografin vilket talar för goda möjligheter att samtolka områdena.

## REFERENSER

- Brolin, C. & Dahlqvist, P., 2020: Bearbetning av helikopterburen TEM-data i delar av Skåne och Blekinge. *SGU-rapport 2020:40*. Sveriges geologiska undersökning, 80 s.
- Daniels, J. & Thunholm, B., 2014: Rikstäckande jorddjupsmodell. *SGU-rapport 2014:14*. Sveriges geologiska undersökning, 14 s.