

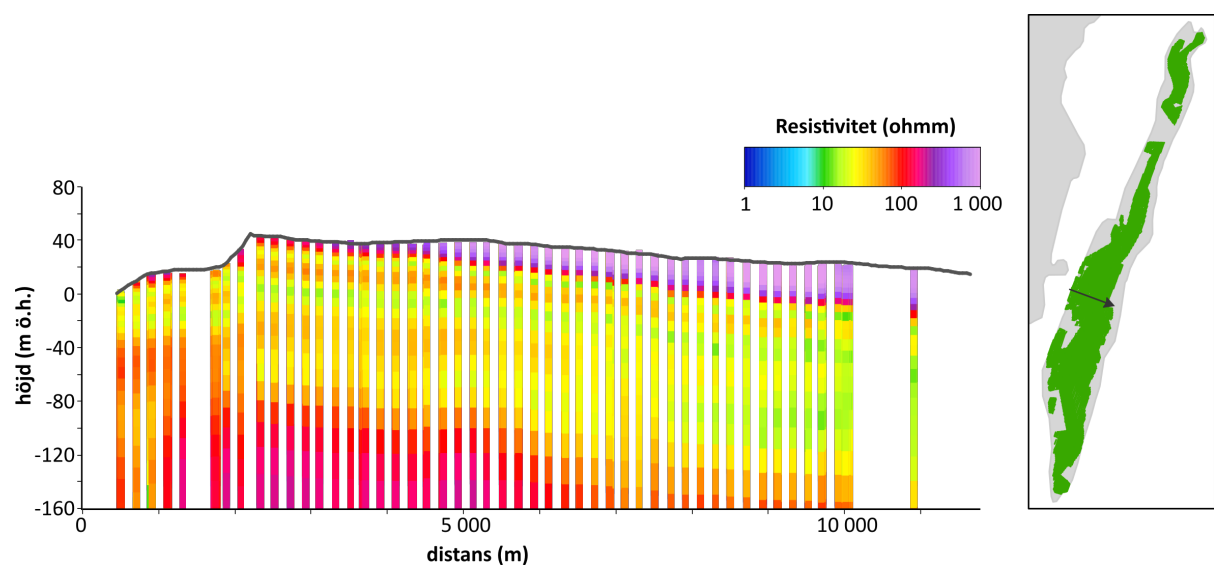
Geologisk 3D-modell

Resistivetssektioner längs flygmätninglinjer på Öland

Cecilia Brolin

januari 2023

SGU-rapport 2023:01



Omslagsbild: Resistivitetssektion från väst mot öst.
Illustratör: Cecilia Brolin

Författare: Cecilia Brolin
Granskad av: Peter Dahlqvist
Ansvarig enhetschef: Mats Wedmark
Redaktör: Åsa Gierup
Sveriges geologiska undersökning
Box 670, 751 28 Uppsala
tel: 018-17 90 00
e-post: sgu@sgu.se
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.....	7
Metoder.....	8
Modellens begränsningar och osäkerhet.....	8
Resultat.....	8
Referenser.....	9

SAMMANFATTNING

Sveriges geologiska undersökning (SGU) utförde 2016 helikopterburna TEM mätningar över stora delar av Öland (fig. 1). Resultaten från dessa mätningar har presenterats i rapporter och som 3D-modeller. Resistivitetssektionerna finns publicerade i SGU:s 3D-visare (apps.sgu.se/sgu3d) och visar underlaget för tolkningar och modeller. Totalt visas 436 resistivitetssektioner längs 4 100 km flyglinjer.

INLEDNING

Öland har ofta brist på dricksvatten under sommarperioden. På grund av det stora antalet turister och sommarboende ökar vattenförbrukningen, samtidigt som påfyllningen av grundvattenmagasinen under motsvarande period är låg. Under 2016 kulminerade problemen, vilket ledde till att Kalmar län samt Mörbylånga och Borgholms kommuner äskade medel från Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) för att genomföra klimatanpassnings-insatser. Medel beviljades och undersökningar med helikopterburna TEM på Öland utfördes av Sveriges geologiska undersökning (SGU) under augusti och september 2016.

De första resultaten från mätningarna presenterades 2018 i rapporten ”SkyTEM-undersökningar på Öland–Geologiska tolkningar och hydrogeologisk tillämpning” (Dahlqvist m.fl. 2018). Geologiska och geofysiska 3D-modeller togs också fram och har publicerats i SGU:s 3D-visare med tillhörande modelldokumentation (Bastani 2021). Modellerna innefattar: lagermodell för den sedimentära berggrunden, litologisk voxelmodell (jord och berg till ett djup på 80 m) och resistivitets-voxelmodell.

Denna rapport beskriver framtagandet av så kallade resistivitetssektioner som visualiserar den data som legat till grund för tolkningar och modeller i Dahlqvist m.fl. (2018) och Bastani (2021). En resistivitetssektion avser den tvärsektion som visar resistivitetsfördelningen på djupet längs en linje, här alltid en flygmätninglinje. En flygmätninglinje är den linje (projicerad på markytan) längs vilken helikoptern har flugit för att samla in data. Sektionen redovisas med distans på x-axeln och med meter över havet på y-axeln. Varje stapel i resistivitets-sektionen utgörs av en enskild resistivitetsmodell framtagen genom inversion av rådata.

Intressenter och samarbetspartner

Intressenter för resistivitetssektionerna är kommuner och länsstyrelser med intressen och verksamheter inom området, och till dem anknutna konsulter. Universitet och högskolor är också möjliga intressenter.

SYFTE

Resistivitetsmodeller utgör underlag för geologisk tolkning och modellering. Att presentera resistivitetsmodeller längs sektioner syftar till att visa den data som använts som underlag för tolkningar och geologiska 3D-modeller. Sektionerna kan användas som underlag för vidare tolkning, och ge en uppfattning om datafördelning och kvalitet innan beställning av data från SGU.

UNDERLAG

Kartor och databaser

Lantmäteriets höjdmodell GSD-Höjddata, grid 2+. Omräknat till cellstorlek på 50×50 m.

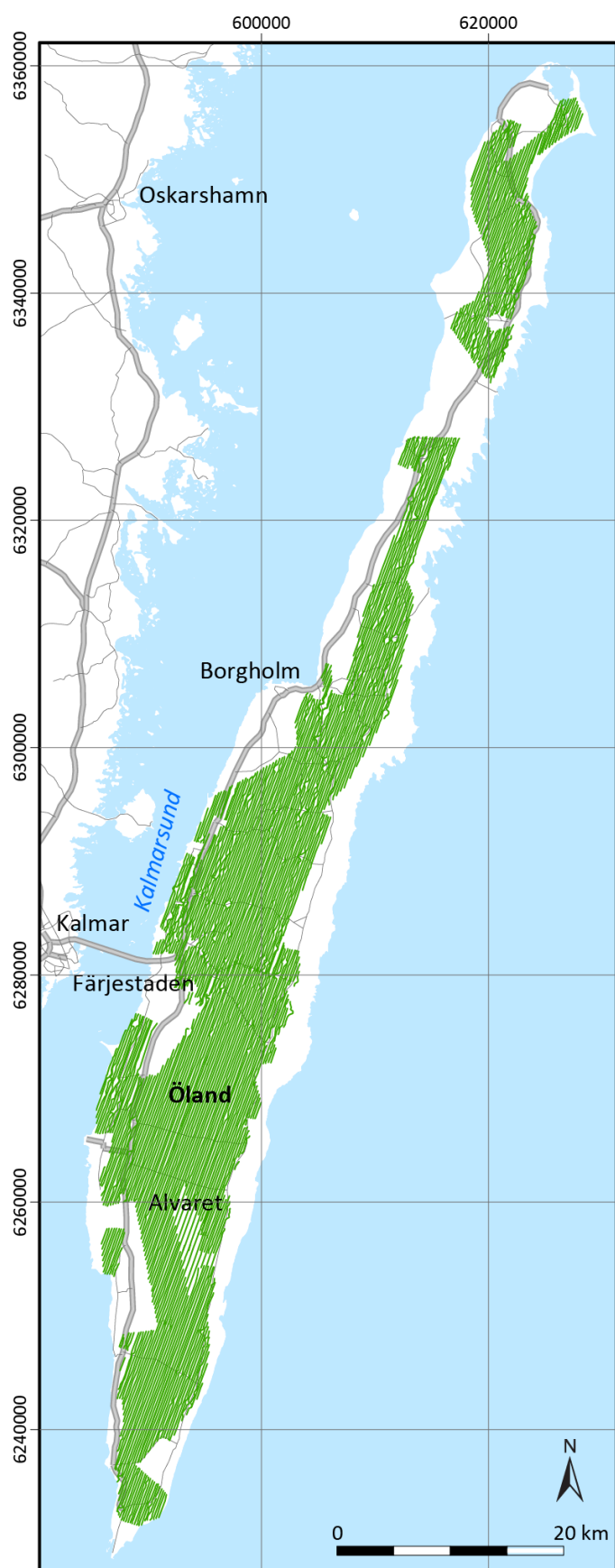
TERRÄNGLÄGE OCH GEOLOGISK ÖVERSIKT

Undersökningsområdet täcker knappt 800 km^2 fördelat över hela Öland (fig. 1). Öland är Sveriges näst största ö med en area på cirka $1\,300 \text{ km}^2$. Topografin och morfologin präglas framför allt av berggrunden och dess former. Jordlagren är i regel tunna och saknas ibland helt, speciellt på öns södra del. De huvudsakliga jordarterna är morän som ligger direkt på berggrunden, och svallsediment med strandvallar som utgörs av finsand till mellansand. Isälvsvallningar förekommer sparsamt på Öland.

Den dominerande ytbergarten på ön är ordovicisk kalksten, denna underlagras sedan av sekvensen överkambrisk till underordovicisk alunskiffer, mellankambrisk siltsten och lerskiffer (Borgholmsformationen), underkambrisk sandsten (File Haidar-formationen) och underst det prekambrisk urberget. Urberget har i allmänhet en plan flack yta, det så kallade prekambrisk peneplanet, men lokala ”restberg” förekommer där urberget sticker upp genom den sedimentära bergartssekvensen. Berggrunden har en regional stupning på $0,2\text{--}0,3$ grader åt öster.

De viktigaste jordarterna för grundvattenförsörjning på Öland är isälvssediment och större svallavlagringar. Den sedimentära berggrunden innehåller varierande mängd grundvatten och ofta med skiftande kvalitet. Vattenförsörjningen på Öland är ett välkänt problem med låg buffertkapacitet i både jord och berg, och med en höga uttag under sommarhalvåret.

En mer utförlig beskrivning av Ölands jordarter, berggrund och hydrogeologiska förhållanden återfinns i Dahlqvist m.fl. (2018).



Figur 1. Flygmätninglinjer på Öland.

— Flyglinjer

Mätområdet

Flyglinjerna är fördelade inom mätområdet med cirka 200 m mellanrum. Flygriktningen var nordnordöstlig–sydsydvästlig längs med ön (se fig. 1). Långa flyglinjer underlättar datainsamling. Mätning sker kontinuerligt och resulterar slutligen i resistivitetsmodeller med cirka 35 till 40 m mellanrum längs flyglinjen. Resistivitetsmodellerna är uppbyggda av 30 lager med en ökande tjocklek på djupet (tabell 1).

Tabell 1. Modellerade lagers tjocklek och dess nedre begränsning.

Lager nr.	Lagrets tjocklek (m)	Undre lagergräns, djup (m)
1	2,00	2,00
2	2,20	4,20
3	2,50	6,70
4	2,80	9,50
5	3,10	12,60
6	3,50	16,10
7	3,90	20,00
8	4,30	24,30
9	4,80	29,10
10	5,40	34,50
11	6,00	40,50
12	6,70	47,20
13	7,50	54,70
14	8,30	63,00
15	9,30	72,30
16	10,40	82,70
17	11,60	94,30
18	13,00	107,30
19	14,50	121,80
20	16,10	137,90
21	18,00	155,90
22	20,10	176,00
23	22,50	198,50
24	25,10	223,60
25	28,00	251,60
26	31,20	282,80
27	34,90	317,70
28	38,90	356,60
29	43,40	400,00
30	∞	∞

METODER

Den insamlade datamängden består av data från helikopterburna transient elektromagnetiska mätningar (TEM). Insamling har utförts med mätsystemet SkyTEM 304 M av företaget SkyTEM Aps. Insamlade rådata har sedan rensats för störningar och resistivitetsmodeller har tagits fram med inversionsberäkningar i programvaran Aarhus Workbench, Aarhus GeoSoftware.

I varje tvärsektion redovisas ungefärligt maximalt undersökningsdjup, depth of investigation (DOI), beräknat för varje resistivitetsmodell. Under den angivna nivån för DOI har modellen en större osäkerhet och modellen är därför skuggad under denna nivå. 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 av 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 yttnära marklagren, kombinationen ger alltså både hög upplösning i yttnära lager och stor djupkänning. I resistivitetssektionerna visar en färgkodad punkt placerad ovanför markytan vilka kanaler som ingått i beräkningen för respektive resistivitetsmodell. För resistivitetsmodeller med enbart HM krävs en viss aktsamhet i tolkningen. I de ytligaste lagren har resistivitetsmodellen inte samma höga upplösning som i de modeller där både LM och HM ingår.

MODELLENS BEGRÄNSNINGAR OCH OSÄKERHET

Resistivitetssektionerna visar en möjlig resistivitetsfördelning i jord och berg längs flygmätning-linjerna. Resistivitetsmodellen bygger på inversion som 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.

Resultaten beror framför allt på kvaliteten av ingående data och de geologiska förutsättningarna för mätmetoden. I första steget, från rådata till resistivitetsmodell, rensas data från störningar så att endast variationer som avspeglar geologin blir kvar. Denna störningsrensning är mycket omfattande och innehåller många avvägningar. Det kan finnas kvar störningar i data som inte har identifierats.

Mätmetoden fungerar optimalt vid geologiska förutsättningar med plana, horisontella och homogena lager. Metoden fungerar därmed sämre i områden med kraftigt varierande topografi vilken genererar så kallade 2D- och 3D-effekter och geometrier som inte återspeglas korrekt. Förutsättningar för metoden är också att det finns något som är elektriskt ledande (lågresistivt) för att generera en respons från marken. Metoden har som bäst vertikal upplösning två till fyra meter från markytan och mot djupet är upplösningen närmare 30 m, se tabell 1. Inom undersökningsområdet finns mycket goda förutsättningar för mätmetoden och tolkningar och modellering av geologin har utförts (Dahlqvist m.fl. 2018, Bastani 2021).

RESULTAT

Längs totalt cirka 4 100 km flyglinjer har 436 resistivitetssektioner tagits fram och publicerats i SGU:s 3D-visare (apps.sgu.se/sgu3d/). Sektionerna visualiserar de resistivitetsmodeller som har legat till grund för framtagna modeller av Bastani (2021) och tolkningar av Dahlqvist m.fl. (2018).

REFERENSER

- Bastani, M., 2019: Geologisk 3D-modell Öland. *SGU-rapport 2021:25*. Sveriges geologiska undersökning, 19 s.
- 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. *Rapporter och Meddelanden 145*. Sveriges geologiska undersökning, 104 s.