

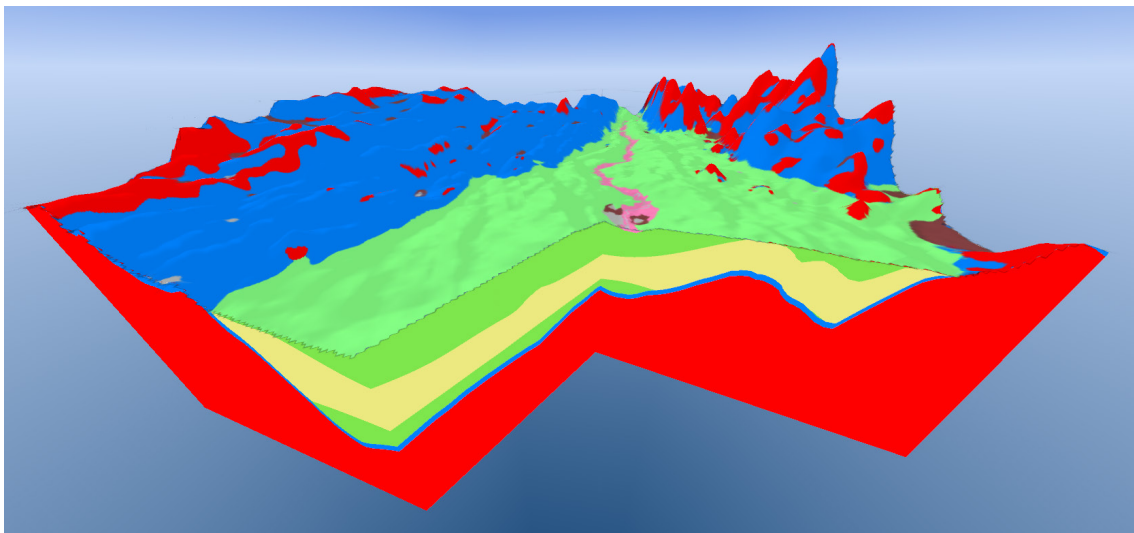
Geologisk 3D-modell

Hultsfredsdelat

Daniel Sopher och Maria Forsgård

oktober 2020

SGU-rapport 2020:30



Omslagsbild: Geologisk 3D-modell, Hultsfredsdelat.
Modellen är framtagen av Daniel Sopher och Maria Forsgård

Författare: Daniel Sopher och Maria Forsgård

Granskad av: Henrik Mikko

Ansvarig avdelningschef: Helena Kjellson

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.....	4
Kartor och databaser.....	4
Terrängläge och geologisk översikt.....	6
Modellområdet	6
Geologi.....	6
Metoder.....	7
Sammanfattning av arbetsflödet	7
Geologiska antaganden	8
Resultat.....	8
Modellens begränsningar och osäkerhet.....	12
Referenser.....	12
Bilaga 1. Mäktighetskartor – Lagermodell	14

SAMMANFATTNING

En geologisk 3D-modell har tagits fram över jordlagren inom det så kallade Hultsfredsdelat i Hultsfreds kommun. Hultsfredsdelat är utpekad som en viktig grundvattenresurs, och står i dag för vattenförsörjningen för tätorterna Hultsfred och Silverdalen.

Modellen bygger på tTEM-mätningar, refraktionsseismiska data, markradardata, analys av borrhålsuppgifter och jordarts- och berggrundsinformation från SGUs databaser. Modellen ger en översiktlig bild av jordlagrens uppbyggnad, och används lämpligen som underlag för förvaltning av grundvattenresursen, sårbarhetsanalyser och fysisk planering i allmänhet.

INLEDNING

Modellen har tagits fram inom projektet ”Geodata i 3D” vid SGU. Projektets syfte är att utveckla SGUs arbete med 3D-modellering med särskilt fokus på grundvatten och dricksvattenförsörjning. Projektet ingår till en del i regeringens uppdrag till SGU angående utökad kartläggning och karaktärisering av grundvattenresurser.

Under november 2019 utfördes markburna transienta elektromagnetiska mätningar (tTEM) på Hultsfredsdelat. Med metoden är det möjligt att få en bild av resistiviteten ner till ett djup av mellan 30 och 60 m (Auken m.fl. 2018). tTEM-datat blev sedan tolkat tillsammans med borrhålsinformation och övriga geofysiska data för att skapa en 3D-modell över området.

Intressenter och samarbetspartner

Huvudintressent är Hultsfreds kommun. Från kommunens geotekniska arkiv har SGU fått en stor mängd borrhålsuppgifter från det aktuella området.

SYFTE

Modellens syfte är, förutom att ge en översiktlig bild av geologin mellan bergyta och markyta, att ge underlag för förvaltning av grundvattenresursen, sårbarhetsanalyser och fysisk planering i allmänhet.

Modellen är tänkt att användas i skalan 1:50 000–1:100 000, med beaktande av de osäkerheter som finns i klassningar och avgränsningar av jordlagren under markytan.

UNDERLAG

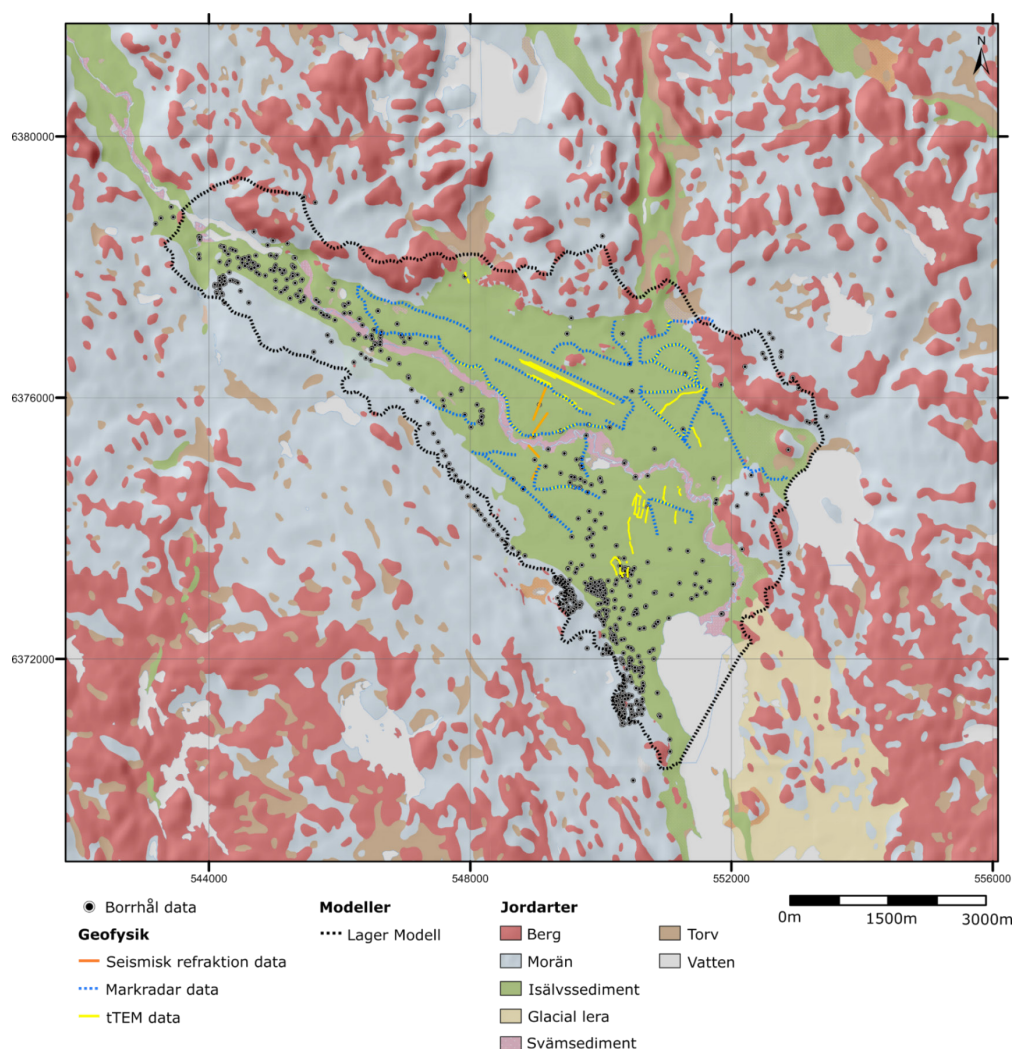
Kartor och databaser

- Lantmäteriets höjdmodell GSD-Höjddata, grid 50+. Höjdmodellen har använts för att definiera topografin i modellen.
- Lantmäteriets höjdmodell GSD-Höjddata, grid 2+. Höjdmodellen har använts som underlag för att beräkna grundvattenmagasinets tillrinningsområde.
- SGUs Jorddjupsmodell (SGU 2020a). Jorddjupsmodellen har, tillsammans med kompletterande borrhålsinformation, använts för att definiera bergytan i modellen.
- SGUs jordartskarta (SGU 2020b). Skalan i modellområdet är 1:50 000.
- SGUs karta över grundvattenmagasin (SGU 2020c). Det i kartan definierade tillrinningsområdet har utgjort stöd vid avgränsningen av modellområdet.

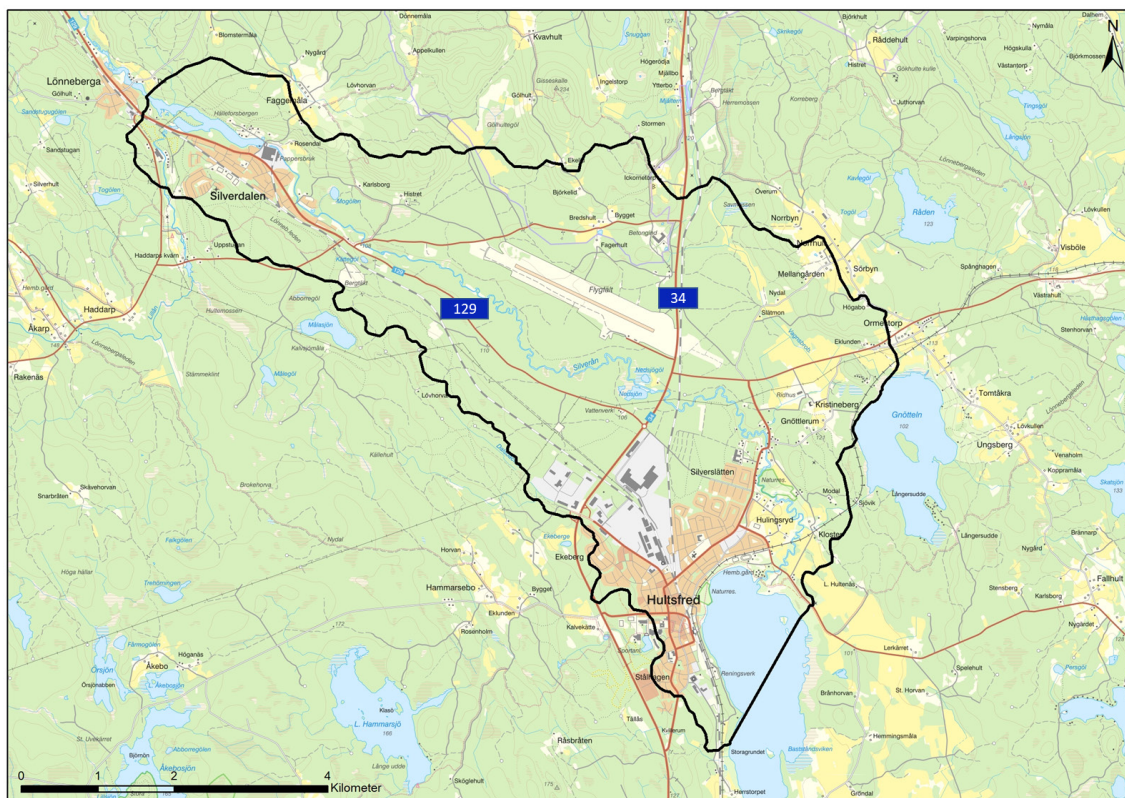
- Borrhålsuppgifter och övrig information om jordlagerföljder från SGUs databaser (SGU 2020d, e). Inom ramen för projektet har databaserna kompletterats med ny information insamlad från konsulter (utredningar av förorenade områden), Hultsfreds kommun (främst geotekniska utredningar) och Trafikverket (geotekniska utredningar). Antal borrhål inom och i nära anslutning till modellområdet är 676. Samtliga borrhålsuppgifter har värderats och ett urval har använts i modelleringen.
- Markradar (24 profiler) och refraktionsseismiska data (4 profiler) från SGUs databaser (SGU 2020f, g).
- tTEM-data insamlade i samarbete med Århus universitet under november 2019.
- Läget för insamlade borrhåls- och geofysiska data visas i figur 1.

Utöver ovan nämnda dataunderlag har följande informationskällor använts:

- Beskrivningar till jordartskartorna Vetlanda NO, Vimmerby NV, Vimmerby SV (SGU, 2010)
- Rapporten Grundvattenmagasinet Hultsfredsdelat (SGU 2013).



Figur 1. Kartan visar modellområdet (svart streckad linje) med punkter för borrhålsdata och linjer för geofysiska data. Jordartskartan utgör bakgrund tillsammans med topografisk skuggning.



Figur 2. Modellområdets avgränsning (svart linje).

TERRÄNGLÄGE OCH GEOLOGISK ÖVERSIKT

Modellområdet

Modellen täcker huvuddelen av det så kallade Hultsfredsdeltat, en geologisk formation som sträcker sig mellan Hultsfred och sjön Hulingen i söder till Silverdalen i nordväst (fig.1 och 2). Hultsfredsdeltat utgör ett viktigt grundvattenmagasin för områdets vattenförsörjning. Modellområdets avgränsning är baserad på magasinets tillrinningsområde (Pousette & Rodhe 2013). Det ursprungliga tillrinningsområdet har justerats något, baserat på analys av höjddata (NH 2+). Vidare har de tertiära tillrinningsområdena i stor utsträckning uteslutits, eftersom de inte bedöms bidra kvantitativt till magasinet i någon större omfattning.

Att inkludera grundvattenmagasinets tillrinningsområde i 3D-modellen har t.ex. fördelen att modellresultatet blir användbart inom grundvattenmodellering, eftersom hydrauliska randvillkor på så vis blir enklare att ansätta.

Modellområdet utgör ca 37 km². Modellens högsta punkt är ca 200 m ö.h. och den lägsta är ca 30 m ö.h.

Geologi

De beskrivna geologiska förhållandena baseras på rapporten ”Grundvattenmagasinet Hultsfredsdeltat” (Pousette & Rodhe 2013).

Hultsfredsdeltat är ett isälvsdelta som mot nordväst övergår i en sandur och åsbildningar som till stor del är täckta av deltasediment. Deltat är avsatt vid och strax under högsta kustlinjen. Dess överyta sluttar svagt, från 115 m ö.h. i nordväst till ca 100 m ö.h. i sydöst. Deltat omges

huvudsakligen av höjdområden med tunna moräntäckan och berg i dagen. Höjdområdena sydväst om deltat har dock moränmäktigheter som på vissa platser är större. Deltat ligger i förlängningen på Silverdalens mycket markanta sprickdal. Berggrunden utgörs av granit i sydväst, och sur till intermediär vulkanit i nordöst.

Deltat är i huvudsak uppbyggt av sandiga sediment, ibland med inslag av grus i de översta lagren. Mot djupet, samt mot deltats mer distala delar kring sjön Hulingen, finns ett ökat inslag av finare material.

Mäktiga finkorniga sediment, med maximalt uppmätt mäktighet på ca 30 m vid sjön Hulingens strand, förekommer under deltasanden i den södra delen av avlagringen, från Hulingen och mot nordväst. De finkorniga sedimentens avgränsning mot nordväst är osäker, de övergår sannolikt successivt i grövre material så som finsand med siltskikt.

En ca 2 km lång ås med isälvsgrus framträder längs väg 129, strax sydost om Silverdalens samhälle i den nordvästra delen av området. En grusås finns även längs väg 34 (Hultsfred–Storebro) i den nordöstra delen av området (vid modellområdets gräns). Grus har även konstaterats under de mäktiga finkorniga sedimenten vid sjön Hulingens strand i Hultsfreds samhälle. Detta gruslager ingår troligen, tillsammans med de synliga åsavsnitten, i ett åssystem längs Silveråns dalgång och längs Hulingens östra strand, och har en förgrening norrut längs dalstråket mot Storebro. Förmodligen finns det under deltasedimenten en mer eller mindre sammanhängande åskärna med en förgrening, en ”åsknut”, någonstans centralt under deltat.

METODER

Arbetet har mestadels följt SGUs ”Översiktligt arbetsflöde vid explicit geologisk 3D-modellering”. Modelleringsarbetet har gjorts i programvarorna Geoscene3D och Matlab.

Sammanfattning av arbetsflödet

- En bergyta interpolerades i Matlab utifrån borrhålsdatat. Information om berghällar från SGUs jorddjupsmodell användes för att begränsa interpolationen.
- En förenklad lagerföljd tolkades för borrhålsdatat. En semi-automatiserad metod användes för att förenkla indelningen i klasser till berg, grus, grovsand, sand, finsand, silt, lera och morän. Alla jordarter som innehöll lera blev klassificerade som lera. Detta gjordes för att tydligt belysa de delar av lagerföljden som innehåller lera, för senare korrelation med tTEM-datat (förekomst av lera påverkar jordens resistivitet signifikant).
- Befintliga geofysiska data (seismik och markradar) och det insamlade tTEM-datat importerades till Geoscene tillsammans med borrhålsdatat.
- Punkter tolkades i Geoscene för att definiera de olika ytorna i lagermodellen. tTEM-datat användes främst för att tolka basen av lager S1 (se avsnitt *Resultat*, fig. 3) och bergytan (på de platser där bergytan var ganska grund). Gränsen mellan det övre sandiga lagret (S1) och det undre leriga lagret (S2) kunde ses som en relativt tydlig resistivitetsminskning i tTEM-datat (se avsnitt *Resultat*, fig. 5). Där tTEM-data inte fanns tillgängligt baserades tolkningen av lagren huvudsakligen på borrhålsdata. De tolkade punkterna från Geoscene exporterades sedan till Matlab för interpolering.

Den färdiga modellen redovisas slutligen dels visuellt i 3D-verktygen på SGUs webbplats, dels som nedladdningsbar data.

Geologiska antaganden

Följande antaganden har gjorts under modelleringsarbetet:

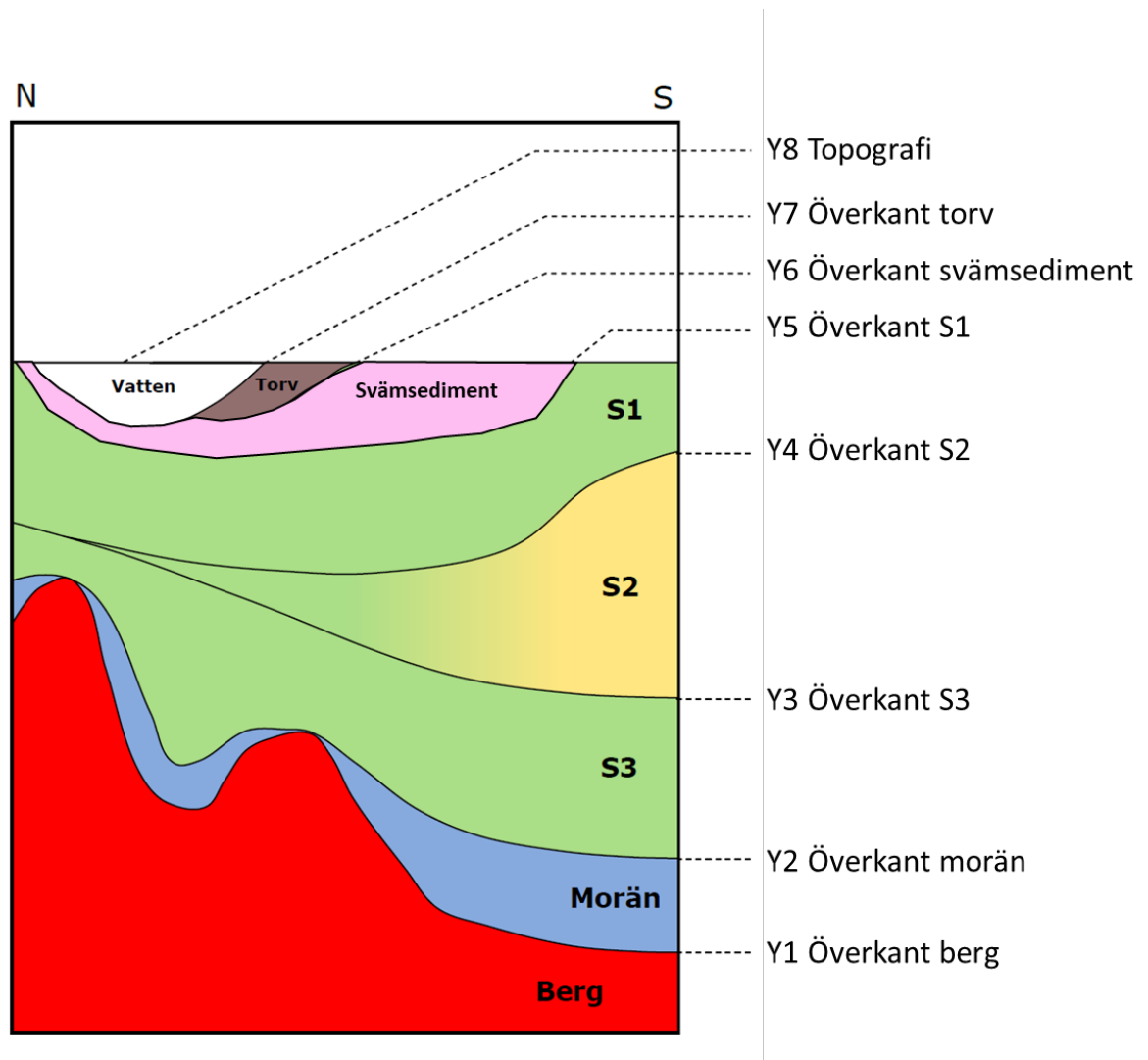
- Jorddjupsuppgifterna från två av de seismiska profilerna antas inte vara pålitliga och de används därför inte i interpoleringen av bergytan. Anledningen till detta är att profilerna uppvisar ett jorddjup nästan 30 m djupare än borrhålsdata i närheten.
- SGUs jordartskarta förutsetts vara korrekt när det gäller de olika jordarternas utbredning. Modellen har anpassats för att passa ihop med kartan på ytan.
- Hela Hultsfredsdelat är kartlagt på ytan som isälvssediment enligt jordartskartan, och detta antas i 3D-modellen kunna representeras av samtliga sedimentlager S1, S2, S3 (se avsnitt *Resultat*, fig. 3). Möjligen kan S2 antas avvika, men detta kan förklaras av lagrets heterogenitet (lera–finsand) och att jordartskartan enbart redovisar den översta metern under markytan, medan modellens upplösning är grövre.
- Resistivitetsvärden antas kunna användas för att tolka gränsen mellan de olika jordarterna i modellen (t.ex. det övre grovkorniga lagret S1 och det lägre finkorniga–leriga lagret S2).
- Måktigheten på torvlagret antas ha ett maxvärde på ungefär 1 m i modellerat område och minskar i riktning mot kanten på området som är kartlagt som torv. Inga borrhålsdata har använts i modelleringen av torvlagret.
- Måktigheten på svämsedimentlagret antas ha ett maxvärde på ungefär 5 m i modellerat område och minskar i riktning mot kanten på området som är kartlagt som svämsediment. Inga borrhålsdata har använts i modelleringen av svämsedimentlagret.
- Vattendjupet i sjöar och vattendrag antas ha ett maxvärde på ungefär 3 m i modellerat område och ökar med distans från strandkanten. Inga vattendjupsdata har använts i modelleringen.
- Måktigheten på moränlagret antas ha ett maxvärde på ungefär 4 m i områden där morän finns under isälvssediment. Detta motiveras av att moränen bör vara som tunnast där isälven har flutit.

RESULTAT

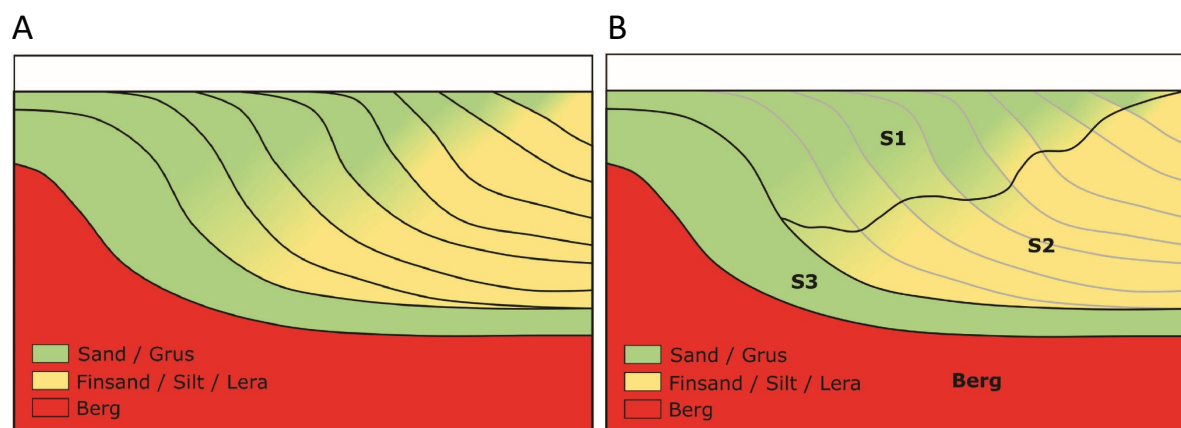
Modellen består av 8 lager, som beskrivs av 8 ytor. Inom ett specifikt lager i modellen antas jordartsklassen vara relativt konstant, med några undantag som beskrivs nedan. Figur 3 visar de olika lagren och ytorna i modellen. Ytorna Y8–Y1 har en cellstorlek på 50 × 50 m.

Följande konceptuella modell över Hultsfredsdelats uppbyggnad har fungerat som stöd för framtagandet av 3D-lagermodellen: En isälvssavlagring, i form av en ås bestående av sand och grus, ligger direkt på berg eller morän. Ovanpå isälvssavlagringen har ett isälvdelta bildats. Isälvsdeltat består av lager som sannolikt stupar ganska brant mot sydost. Inom varje lager finns det en övergång från grus eller sand (som avsätts först, närmast isälvsmynningen) till mera finkorniga ler- och siltrika material från nordväst till sydost (fig. 4).

Att i lagermodellen karakterisera dessa tunna stupande lager i detalj är inte möjligt baserat på de förhållandevis glesa indata som finns tillgängliga. Istället görs ett försök att representera den storskaliga övergången från grova till finkorniga sediment. Denna övergång är även den mest tydliga gräns som kan tolkas utifrån tTEM-datat, eftersom de finkorniga sedimenten med lerinnehåll har en lägre resistivitet. Figur 4 visar förhållandet mellan stratigrafien i den konceptuella modellen och de tolkade lagren i lagermodellen. Det är viktigt att notera att lager S1 och S2 inte är stratigrafiska lager, utan beskriver de storskaliga ändringarna inom deltats jordarter.



Figur 3. Schematiskt diagram som visar de olika lagren och ytorna i modellen.

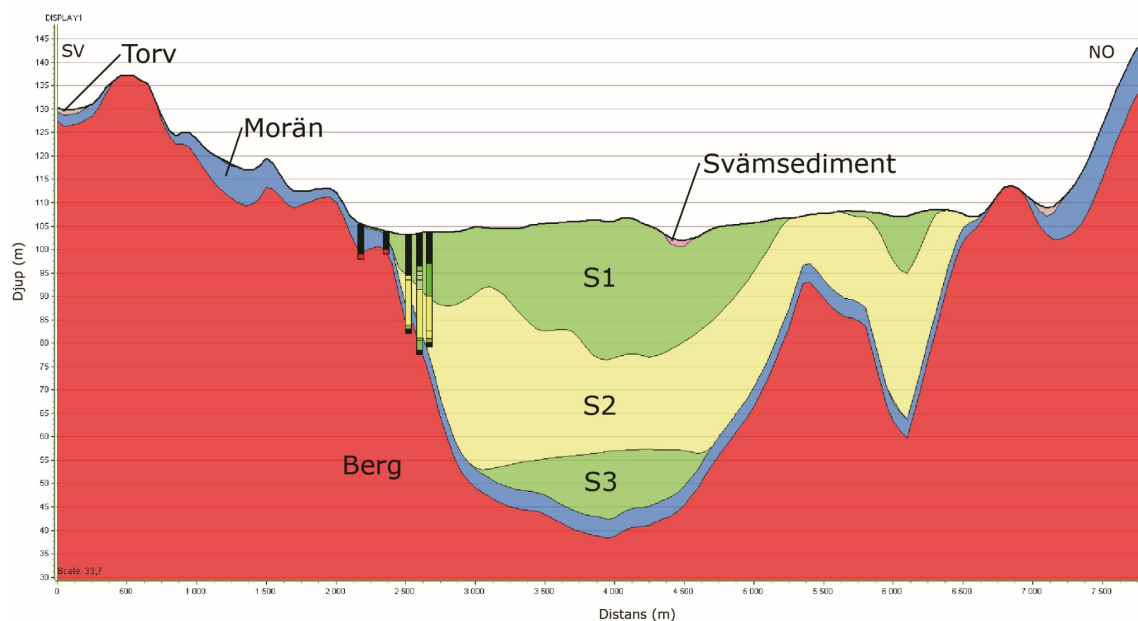


Figur 4. Förhållandet mellan den konceptuella modellen (A) och lagren i lagermodellen (B).

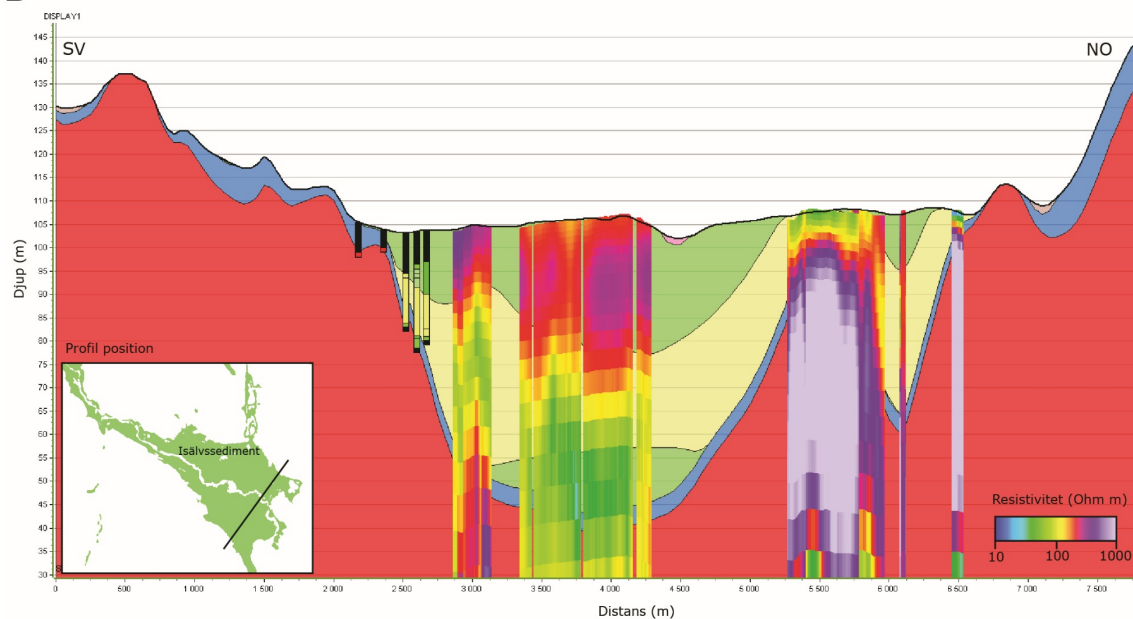
En tvärsektion genom lagermodellen visas i figur 5. Här kan man se de olika lagren tillsammans med borrhål och tTEM-data. I figuren syns det att gränsen mellan det grövre lagret S1 och det finkorniga lerrika lagret S2 är ganska tydlig baserat på minskningen i resistivitet i tTEM-datat. Dessutom kan man tolka bergytan (där den inte ligger för djupt ner) baserat på relativt höga resistivitetsvärden.

Modellens olika lager beskrivs i tabell 1 och den färdiga 3D-modellen över Hultsfredsdelat visas i figur 6. Kartor över de olika lagrens mäktighet redovisas i bilaga 1.

A



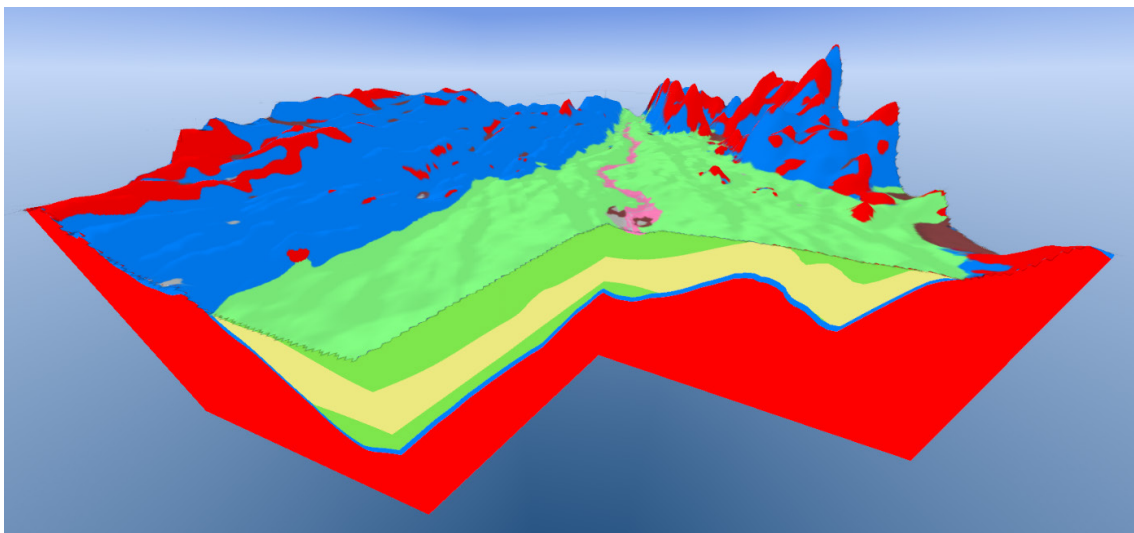
B



Figur 5. Tvärsektion genom modellen som upprättades i den här studien. A) Lagermodellen inklusive borrhål. B) Lagermodellen tillsammans med tTEM-resistivitetsdata. Tvärsektionens läge i plan visas i den lilla kartan i nedre vänstra hörnet.

Tabell 1. Modellerade lager enligt en generaliserad jordlagerföljd.

Lager	Kod enligt SGUs ramverk	Beskrivning	Kommentar
Vatten	VATTEN	-	Maximal tjocklek antas vara ca 3 m (baserat på information om medelvattendjup i sjön Hulingens norra del). Lagret begränsas av ytorna Y8 och Y7.
Torv	1_TORV_ospec	Organisk sedentär jordart huvudsakligen bildad av förmultnade växtdelar.	Maximal tjocklek antas vara ca 1 m. Lagret begränsas av ytorna Y7 och Y6.
Svämmediment	1_PGSED_ospec	Sediment avsatt i samband med fortgående eller i nutiden förekommande översvämningar längs vattendrag.	Maximal tjocklek antas vara ca 5 m. Lagret begränsas av ytorna Y6 och Y5.
S1 – Grövre deltasement	1_ISALV_S-G	Förhållandevis grovkornigt deltasement bestående av grus och sand.	Lagret begränsas av ytorna Y5 och Y4.
S2 – Finare deltasement	1_GSED_Sf-Si-L	Förhållandevis finkorniga distala deltasement bestående av finsand/silt/lera.	Lagret blir successivt mer finkornigt/lerigt mot sydost. Lagret begränsas av ytorna Y4 och Y3.
S3 - Isälvsediment	1_ISALV_S-G	Sand eller grövre sediment avsatt av isälv.	Stråket antas vara sammanhängande mellan Hultsfred och Silverdalen, medan det uppträder fläckvis i nord-sydlig riktning mot Storebro. Lagret begränsas av ytorna Y3 och Y2.
Morän	1_MORAN_D	I huvudsak osorterad jord, transporterad och avsatt av inlandsisen.	Maximal tjocklek antas vara ca 4 m under isälvsediment. Lagret begränsas av ytorna Y2 och Y1.
Berg	URBERG	-	Lagret begränsas uppåt av yta Y1.



Figur 6. Den färdiga 3D-modellen över Hultsfredsdelat.

MODELLENS BEGRÄNSNINGAR OCH OSÄKERHET

3D-modellen ger en generaliserad bild av jordlagren. Osäkerheten i lagrens utbredning och mäktighet är betydande.

Osäkerheten i modellen ökar generellt med djupet, eftersom det finns mindre information om data på stora djup. Det djupaste sandlagret, S3, har relativt lite borrhålsdata, och tTEM-data är sällan tillförlitligt på de här djupen. Därför blir bedömningen av mäktighet och utbredning av S3 subjektiv, med förankring huvudsakligen i den konceptuella modellen.

I modellområdet finns det ett stort antal borrhål (fler än 600). Borrhålsdata kommer från en mängd olika källor och datakvaliteten varierar. Ofta har flera borrhål i varandras närhet ganska olika lagerföljder. Därför är djupet på de olika ytorna (framför allt Y3 och Y4) ibland svårtolkat i borrhålsdata. Detta leder till att de tolkade ytorna (Y3 och Y4) inte stämmer överens med alla borrhålsdata. Ytorna är i stället förenklade, och syftar till att fånga den översiktliga trenden i borrhålsdata.

Det är viktigt att notera att lagren som representerar vatten, torv och svämsediment uteslutande är baserade på jordartskartan (SGU 2020b) och en antagen maximal mäktighet, dvs. inga borrhålsdata har använts vid modelleringen av dem.

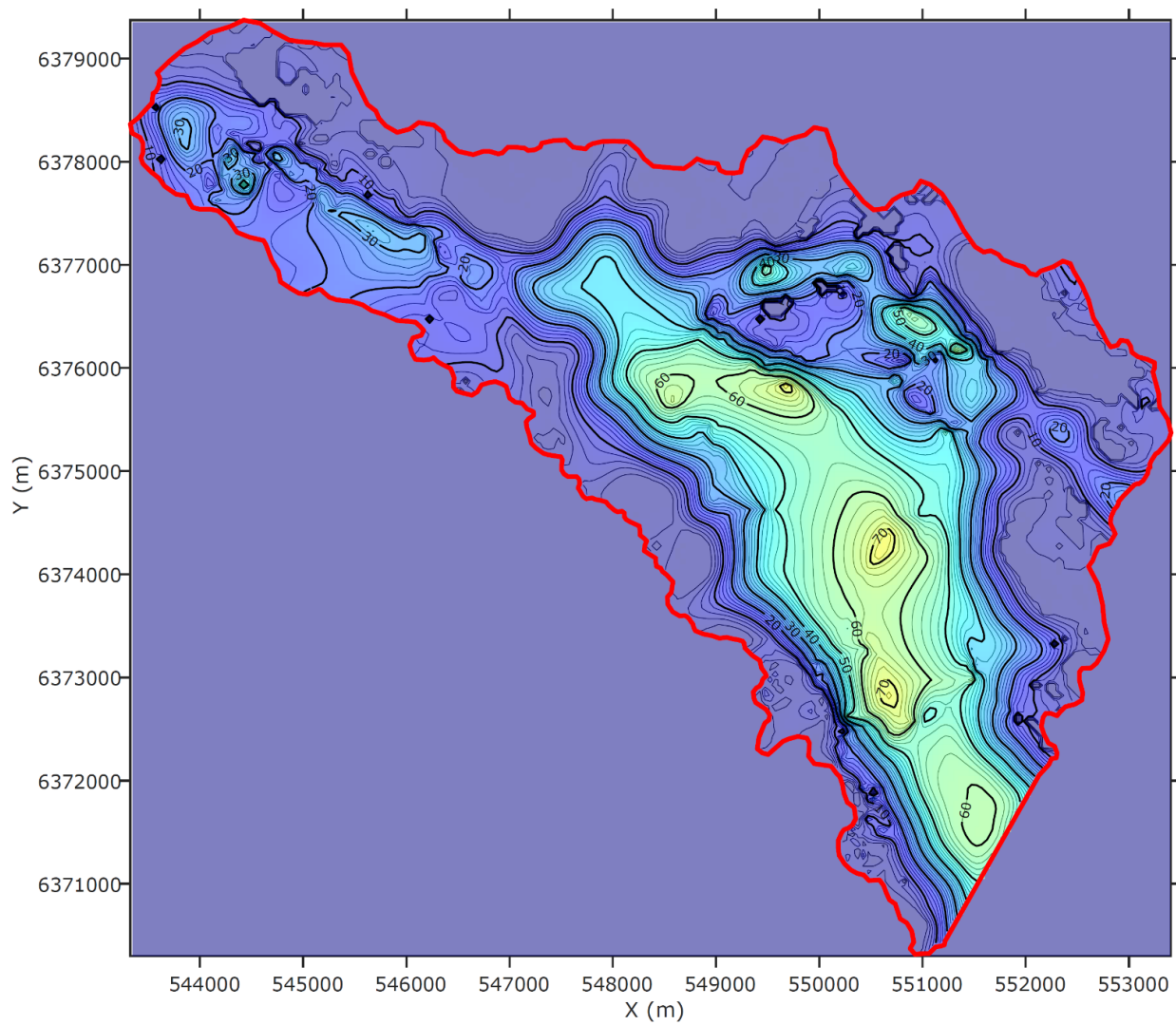
REFERENSER

- Auken, E., Foged, N., Larsen, J.J., Lassen, K.V.T., Maurya, P., Dath, S.M. & Eiskjær, T.T., 2018: tTEM – a Towed TEM-system for Detailed 3D Imaging of the Top 70 meters of the Subsurface. *Geophysics* 84, 1–37.
- Lindén, A., 2010: Beskrivning till jordartskartan 6G Vimmerby NV. *Sveriges geologiska undersökning K 176*, 16 s.
- Pedersen, J., Kass, A., Kraghede, R. & Maurya, P., 2019: tTEM mapping Hultsfred. *Report number 28-11-2019*. HydroGeophysics Group, Aarhus University
- Persson, M., 2010: Beskrivning till jordartskartan 6F Vetlanda NO. *Sveriges geologiska undersökning K 174*, 22 s.

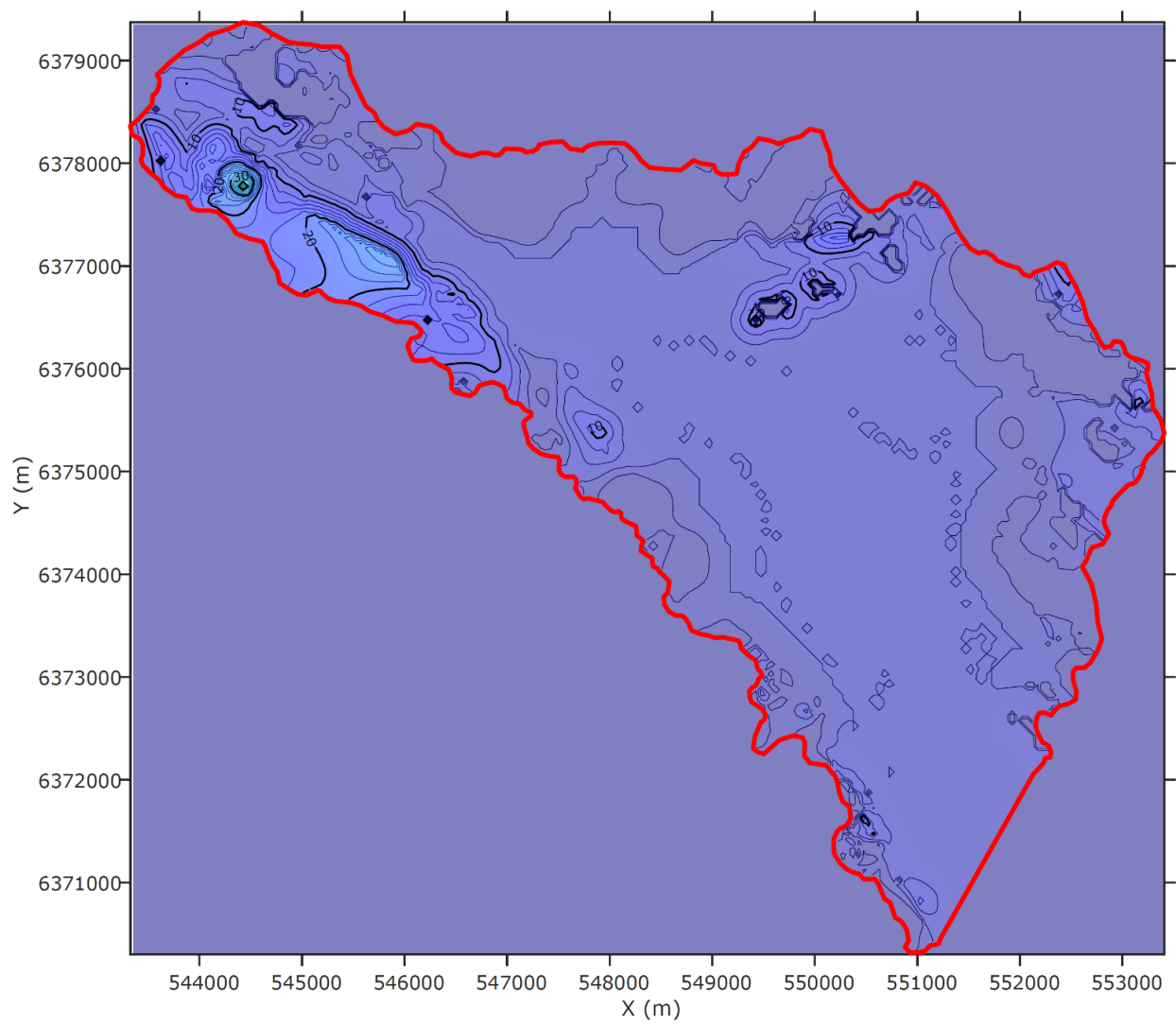
- Persson, M., 2010: Beskrivning till jordartskartan 6G Vimmerby SV. *Sveriges geologiska undersökning K 178*, 18 s
- Pousette, J. & Rodhe, L., 2013: Grundvattenmagasinet Hultsfredsdeltat. *Sveriges geologiska undersökning K 457*, 19 s
- SGU, 2020a: Jorddjup – databas. Hultsfred. 2020-02-06.
- SGU, 2020b: Jordarter 1:25 000–1:100 000 – databas. Hultsfred. 2020-02-06.
- SGU, 2020c: Grundvattenmagasin – databas. Hultsfred. 2019-06-14.
- SGU, 2020d: Jordlagerföljder – databas. Hultsfred. 2019-06-14.
- SGU, 2020e: Brunnar – databas. Hultsfred. 2019-06-14.
- SGU, 2020f: Geofysiska markmätningar, markradar – databas. Hultsfred. 2020-02-06.
- SGU, 2020g: Geofysiska markmätningar, seismik – databas. Hultsfred. 2020-02-06.

BILAGA 1. MÄKTIGHETSKARTOR – LAGERMODELL

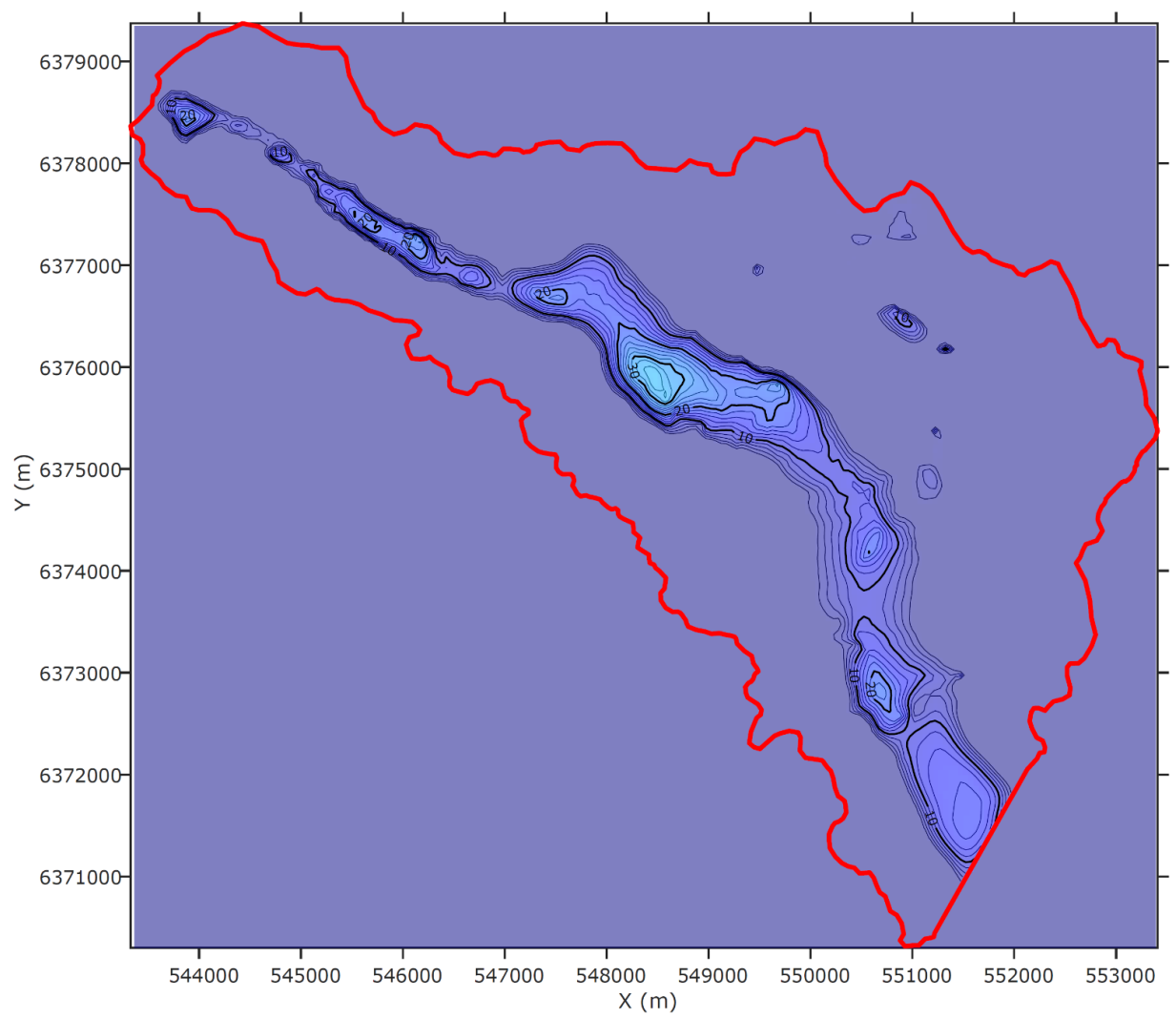
Figurerna visar högupplösta isolinjer (m) för de modellerade lagrens mäktighet.



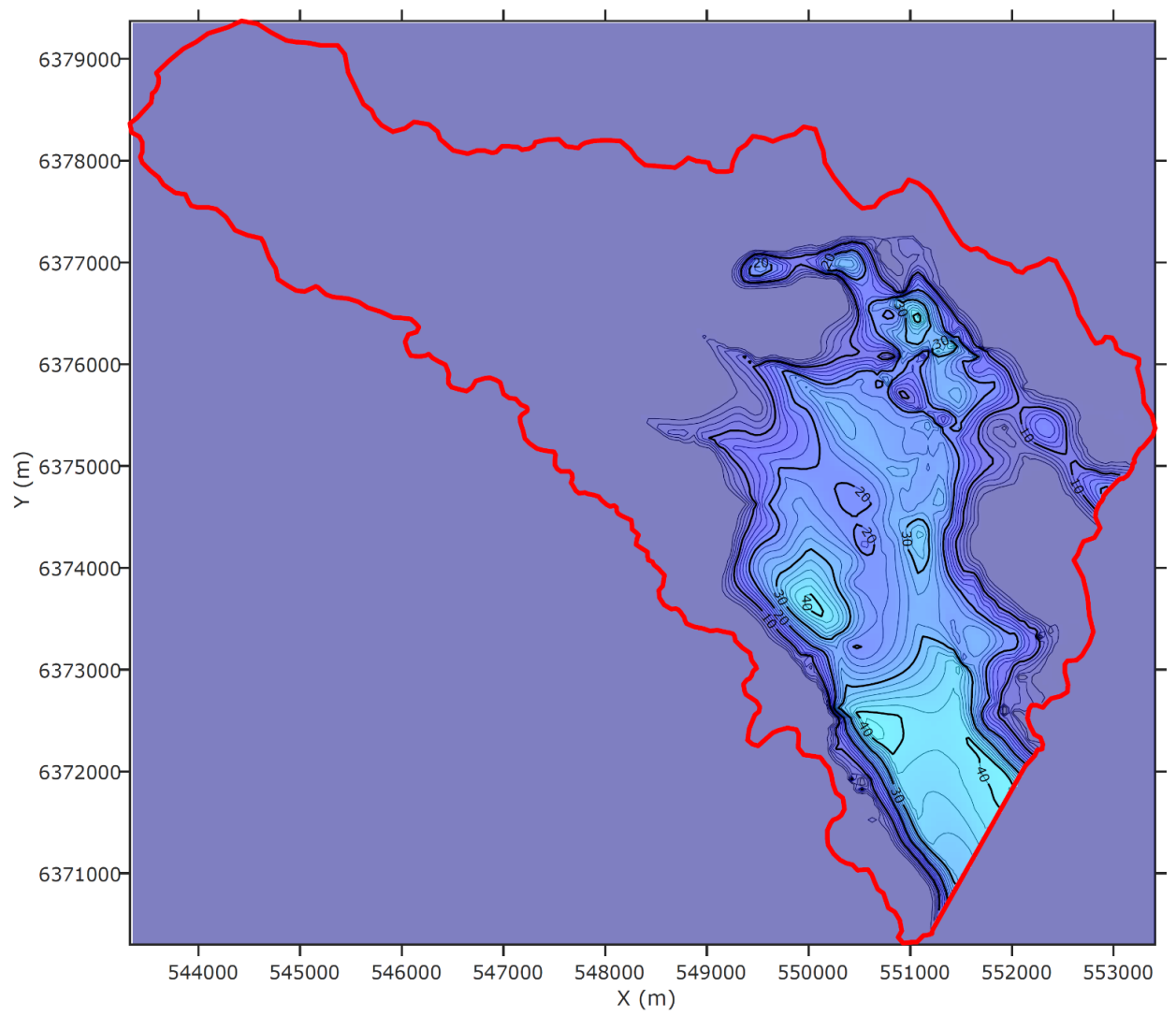
Figur 7. Jordlagermäktighet (djup till berg).

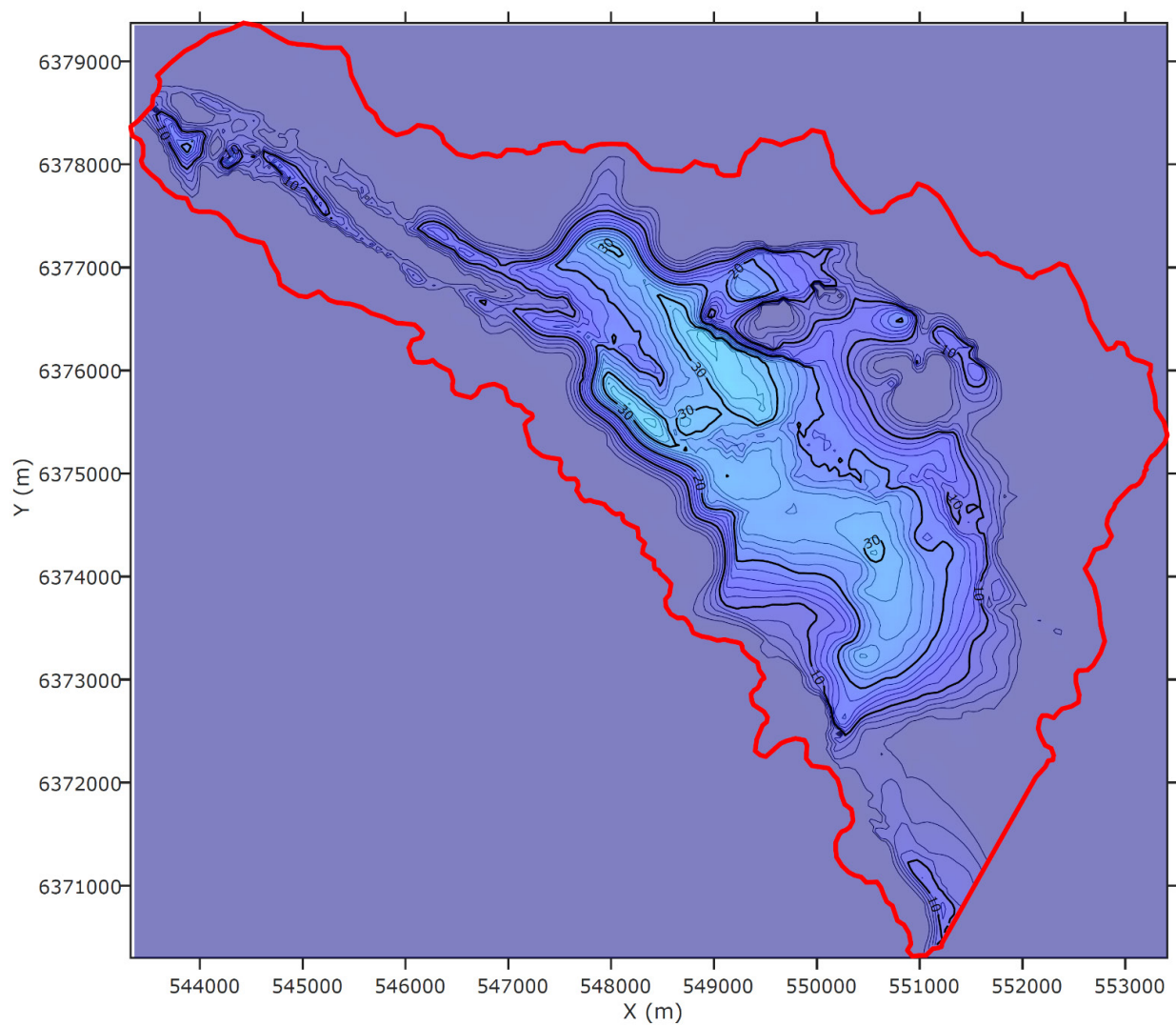


Figur 8. Mäktighet morän.



Figur 9. Mäktighet S3.





Figur 11. Mäktighet S1.