

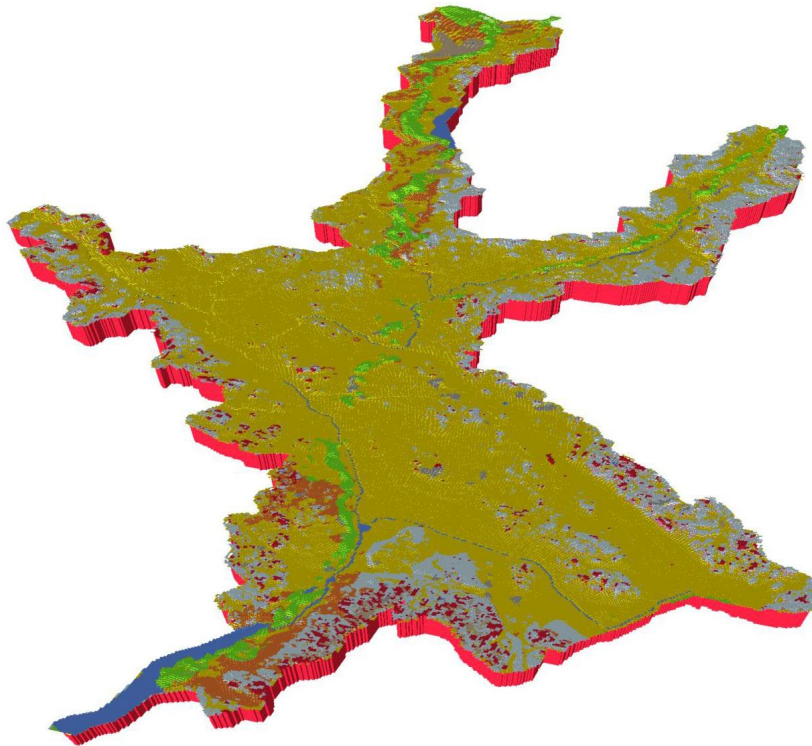
Geologisk 3D-modell

Uppsalaåsen, Uppsala kommun

Eva Wendelin & Henrik Mikko

november 2020

SGU-rapport 2020:37



Omslagsbild: Geologisk 3D-modell, Uppsalaåsen.
Grafik: Eva Wendelin

Författare: Eva Wendelin & Henrik Mikko
Granskad av: Gustav Sohlenius
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.....	5
Modellområdet	5
Metoder.....	7
Geologiska antaganden	7
Modellens begränsningar och osäkerhet.....	8
Resultat.....	8
Modellerade ytor och lager	8
Referenser.....	10

SAMMANFATTNING

En geologisk 3D-modell har tagits fram över jordlagren inom och omkring den del av Uppsalaåsen som utgör grundvattenmagasinet Uppsala med tillrinningsområde. Modellen bygger på analys av ett stort antal borrhålsuppgifter, geofysiska mätresultat och jordartskartor från Sveriges geologiska undersökning (SGU). Den ger en översiktlig bild av geologin mellan bergyta och markyta och kan användas i den fysiska planeringen, till exempel vid bedömning av grundvattnets sårbarhet och skyddsbehov vid olika typer av exploatering.

INLEDNING

Denna modell 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 (2018–2020). Modellen är en vidareutveckling och uppdatering av en 3D-modell över Uppsalaåsen som tidigare tagits fram i en studie tillsammans med Uppsala Vatten och Avfall AB (Jirner m.fl. 2016). Skälet till uppdateringen är att en stor mängd ny information tillkommit, främst borrhålsinformation. Jordartskartan har uppdaterats i området.

Modelleringsledare har varit statsgeolog Eva Wendelin.

Intressenter och samarbetspartner

Huvudintressent är Uppsala kommun genom sitt bolag Uppsala Vatten och Avfall AB (Uppsala Vatten).

Uppsala Vatten har bidragit med en stor mängd borrhålsuppgifter och värdefull kunskap om de geologiska och hydrogeologiska förhållandena i området.

SYFTE

Modellens syfte är, förutom att ge en översiktlig bild av geologin mellan bergyta och markyta, att ge underlag för förvaltning av grundvattenresursen i åsen, sårbarhetsanalyser och fysisk planering. En tidigare version av modellen har utgjort underlag för numerisk grundvattenmodellering (Jirner m.fl. 2016).

Modellen är tänkt att användas i skalområdet 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

- Beskrivningar till jordartskartor över området (Grånäs 1990, Möller 1993, Persson 1982, Svantesson 1991).
- Ingenjörsgelogisk karta över Uppsala med tolkade geologiska sektioner (Lundin 1988).
- Lantmäteriets höjdmodell GSD-Höjddata, grid 2+ (2018).

- SGUs jorddjupsmodell. Modellen har använts för att initialt definiera bergytan. Ytan har efter hand justerats med hänsyn till ny information, framför allt borrhålsuppgifter.
- SGUs jordartskarta (*kartvisaren Jordarter 1:25 000–1:100 000*). Skalan i modellområdet närmast åsen är 1:25 000. Under tiden som rapporten har skrivits (2020) har resten av området uppdaterats till skalan 1:25 000.
- SGUs karta över grundvattenmagasin (*kartvisaren grundvattenmagasin*). Magasinsavgränsningen har använts för att avgränsa lagret isälvssediment och tillrinningsområdet har definierat modellområdets avgränsning. Vissa justeringar har gjorts, bl.a. med hänsyn till ny information.
- Borrhålsuppgifter från brunnborrningar (1904 st.), rörsättning i samband grundvattenundersökningar (173 st.) och lagerföljder från geotekniska undersökningar (257 st.) samt 304 lagerföljder från Uppsala Vatten. Samtliga borrhålsuppgifter har värderats och ett urval (ca 1 400 st.) har använts i modelleringen. I vissa fall har informationen redigerats. Borrhålsuppgifterna finns lagrade i SGUs databaser och ingår i *kartvisaren brunnar* och *kartvisaren jordlagerföljder*.
- Tolkade seismiska profiler (5 st.). De är lagrade i SGUs databaser och ingår i *Geofysiska markmätningar, seismik*.

TERRÄNGLÄGE OCH GEOLOGISK ÖVERSIKT

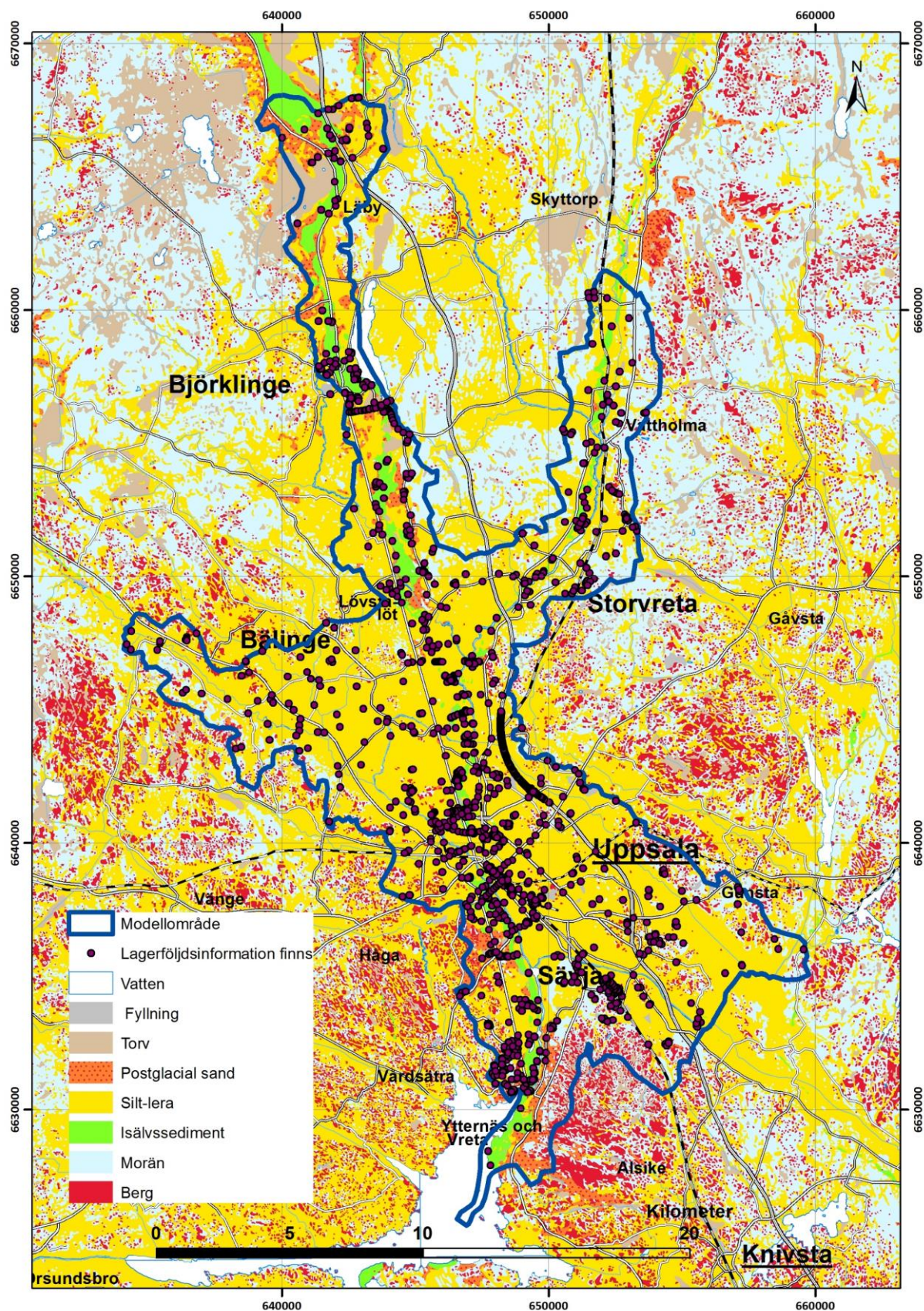
Uppsalaåsen, som sträcker sig från Södertörn i söder till Billudden i Gävlebukten i norr, är en av de mäktiga rullstensåsar som präglar landskapet i Mälardalen och som tack vare sina grundvattenförekomster är av mycket stor betydelse för regionens vattenförsörjning. Åsen inom modellområdet är typiskt uppbyggd av en kärna med grovt isälvssediment – grus och sten – som avsattes av en mäktig isälv. Ovanpå och vid sidan av åskärnan finns lager av isälvssand som tunnar ut på ökat avstånd från åsens centrala delar. Delar av åsen och omgivande låglänta områden är täckta av lera av glacialt och postglacialt ursprung. Isälvssedimenten har alltså en betydligt större utbredning än vad som framgår av jordartskartan, som redovisar jordarterna på en halvmeters djup. Leran avsattes när området ännu var täckt av hav. När åsen genom landhöjningen steg ur havet utsattes den för erosion av havsvågors svallning. Då avsattes sandlager (postglacial sand, även kallad svallsand) längs åsens sluttningar och även på vissa håll ovanpå leran och moränen som omger åsen. En konsekvens av detta är att det på många platser förekommer sandtäckta lerskikt såväl i åsens närhet som i dess sluttning. Detta bör beaktas vid bedömning av infiltrationsförhållanden och markstabilitet.

Berggrunden utgörs, enligt SGUs *kartvisaren berggrund 1:50 000–1:250 000*, av tonalit–granodiorit–granit ("Uppsalagranit") och dacit–ryolit. En svaghetszon i berggrunden har ungefär samma sträckning som åsen i södra delen av modellområdet. Enligt uppgift från brunnborrare i området är ofta de översta metrarna av berggrunden uppsprucken och vattenförande.

Berggrunden är, utom i terrängens högre delar där berget ofta går i dagen, generellt täckt av sandig morän.

Modellområdet

Modellen omfattar Uppsalaåsen med närmaste omgivningar, mellan Mälaren i söder och Läby i norr (fig. 1). Modellområdets avgränsning utgörs av gränsen för tillrinningsområdet till grundvattenmagasinet i åsen. Ytan är knappt 300 km² och längden är ca 4 mil. Modellens högsta punkt är 76 m över havet och den lägsta är 150 m under havsytans nivå.



Figur 1. Förenklad jordartskarta med punkter för borrhningar samt modellens avgränsning.

METODER

Arbetet har mestadels följt SGUs ”Översiktligt arbetsflöde vid explicit geologisk 3D-modellering” version 1.0

I korthet har modelleringen utförts enligt följande: Med stöd av i första hand borrhålsuppgifter har ett antal sektioner (tvärsnitt) ritats (fig. 2). Sektionerna har sedan använts för att interpolera de olika lagrens begränsningsytor. Det har inte gjorts någon skillnad på lägesnoggrannhet för lagerföljder. Det går att utläsa noggrannheten i SGUs databaser.

Om en lagerföljd från borrhålsuppgifter inte har stämt med information från jordartskartan så har jordartskartan använts. När arbetet med modellen påbörjades fanns det en uppdaterad jordartskarta längs åsen. Det har nu uppdaterats i hela området och det som skiljer sig mest är att stora områden fyllning har tillkommit. Dessa områden har lagts in i modellen.

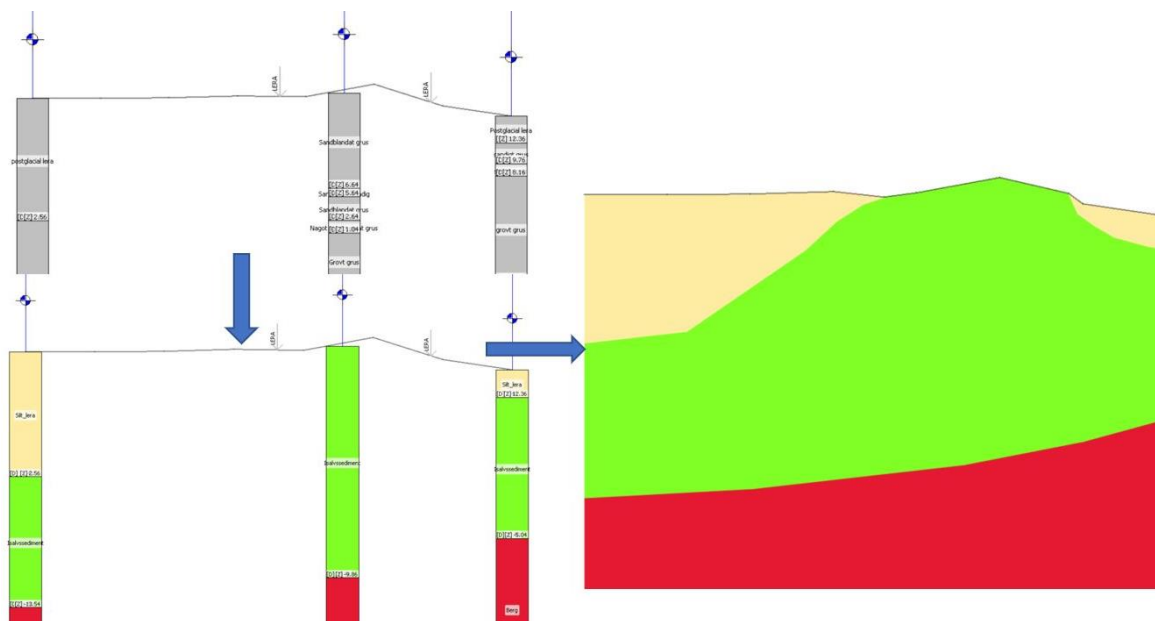
BGS Groundhog Desktop Professional Version 2.1.0 har använts för att modellera sektioner. Modellens ytor har interpolerats i programmet.

Geologiska antaganden

Dessa antaganden bygger bl.a. på den generella lagerföljd som finns redovisad i exempelvis Jordartskartan 11 I Uppsala NV (Möller 1992).

Följande antaganden har gjorts angående lagerföljd i de fall borrhålsuppgifter inte ger specifik information:

- Isälvsedimenten ligger direkt på berg i åsens centrala delar.
- Berggrundsytan täcks i övrigt av ett moränlager med en mäktighet av ett par meter.
- Den postglaciala sanden underlagras av lera utom i höjdområden runt om åsen.



Figur 2. Exempel på hur en geologisk sektion ritas med hjälp av lagerföljdsuppgifter.

MODELLENS BEGRÄNSNINGAR OCH OSÄKERHET

- 3D-modellen ger en generaliserad bild av jordlagren. Osäkerheten i lagrens utbredning och mäktighet är betydande.
- Osäkerheten är störst inom de delar av modellområdena där det inte finns så många borrhålsuppgifter eller seismiska sektioner (fig. 1). Generellt kan sägas att på större avstånd från en observationspunkt än något hundratal meter är osäkerheten betydande.
- De generella antaganden som gjorts i modelleringen (se avsnittet *Geologiska antaganden*) innebär i sig en osäkerhet. Man kan inte förvänta sig att antagandena är riktiga överallt.
- Bergytan i området har visats sig ha ett utpräglat reliefmönster, som inte har fångats in i modelleringen. Den verkliga bergytan kan därför antas vara mer kuperad än vad modellen visar.
- Det saknas information om när vissa av de borrhåll och sonderingar som redovisas utfördes, innan eller efter byggnation eller täktverksamhet. Det innebär att man inte vet hur mycket som eventuellt kan ha schaktats bort i samband med byggen eller grustäkter. Efter påfyllning kan markytan ha ändrats mot förhållandena vid sonderingstillfället. Detta kan leda till att vissa z-värden kan vara annorlunda än dagens värden. Marken kan även ha satt sig efter eventuella dräneringar sedan sonderingen utfördes.

RESULTAT

Modellerade ytor och lager

Modellens jordartsindelning (tabell 1) är en förenkling jämfört med SGUs jordartskarta över området. Jordarter av underordnad betydelse och jordarter med liknande egenskaper har hänförs till någon av de sex jordartsklasser som modellerats.

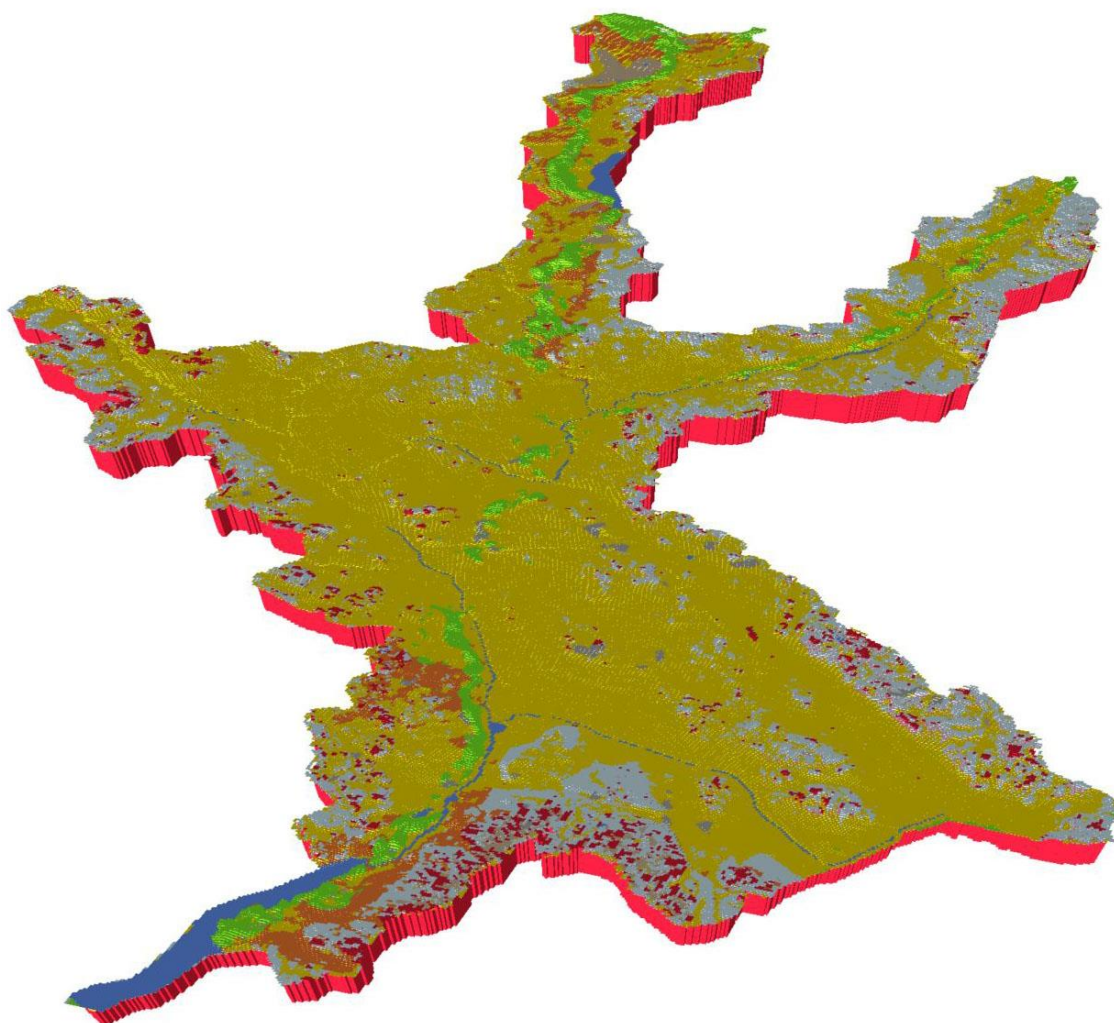
Den färdiga modellen presenteras i figur 3.

Tabell 1. Modellerade lager.

Lager	Kod enligt SGUs ramverk	Beskrivning	Kommentar
Vatten	VATTEN	Vattenpolygoner har hämtats från jordartskartan.	Vattenpolygonen kan skilja sig något från Lantmäteriets senaste version av terrängkartan. Dessa kommer från Lantmäteriets fastighetskarta (i alla fall inom den uppdaterade delen av jordartskartan).
Fyllning	FYLLNING	Av människan påförda jordmassor.	Fyllning utgörs av jordmassor av med skiftande sammansättning eller andra deponimassor.
Torv	1_TORV_ospec_1	Organisk jordart, bestående av mer eller mindre förmultnade växtdelar.	
Postglacial sand	1_PGSED_ospec_1	Sand avsatt i postglacial tid, dvs. efter istiden.	I klassen ingår även några ytor med svallgrus.
Silt-lera	1_OSED_ospec_1	Silt och lera, såväl glacial som postglacial.	Gyttjeler och svåmlera ingår också i klassen.

Tabell 1. Fortsättning.

Lager	Kod enligt SGUs ramverk	Beskrivning	Kommentar
Isälvs sediment	1_ISALV_ospec_1	Sand eller grövre sediment avsatt av isälv.	Klassen omfattar såväl sandlager som steniga lager ("rullstenar") som karakteriserar åsens kärna. Tunna skikt av silt eller lera kan förekomma i isälvs sedimenten.
Morän	1_MORAN_S_1	I huvudsak osorterad jord avsatt av inlandsisen.	
Berg	URBERG	Berg	



Figur 3. Den färdiga 3D-modellen över Uppsalaåsen.

REFERENSER

- Grånäs, K., 1990: Beskrivning till jordartskartan 12H Söderfors SO. *Sveriges geologiska undersökning Ae 104*, 85s.
- Grånäs, K., 1989: Jordartskartan 12 H Söderfors SO. *Sveriges geologiska undersökning Ae 104*.
- Jirner, E., Johansson P.-O., McConnachie, D., Djurberg.H., McCleaf. Ph., Hummel. A., Ahlgren.S., Rodhe, L. & Mikko, H., 2016: Jordlagermodellering i 3D – exempel från Uppsala med hydrogeologisk tillämpning. *SGU-rapport 2016:19*, Sveriges geologiska undersökning, 31s.
- Lundin, S.-E., 1988: *Ingenjörsgelogisk karta över Uppsala med tolkade geologiska sektioner*. Bjerkingens ingenjörbyrå AB och Kvartärgeologiska avdelningen, Uppsala universitet.
- Möller, H., 1993: Beskrivning till jordartskartan 11I Uppsala NV. *Sveriges geologiska undersökning Ae 113*, 93 s.
- Möller, H., 1992: Jordartskartan 11 I Uppsala NV. *Sveriges geologiska undersökning Ae 113*.
- Persson, Ch., 1982: Beskrivning till jordartskartan 12 I Östhammar SV. *Sveriges geologiska undersökning Ae 53*, 61 s.
- Persson, Ch., 1982: Jordartskartan 12I Östhammar SV. *Sveriges geologiska undersökning Ae 53*.
- Svantesson, S.-I., 1991: Beskrivning till jordartskartan 11H Enköping NO. *Sveriges geologiska undersökning Ae 110*, 87 s.
- Svantesson, S.-I., 1991: Jordartskartan 11H Enköping NO. *Sveriges geologiska undersökning Ae 110*.