

# Bottenförhållanden och geologisk utveckling i Göta älv

Fredrik Klingberg, Tore Påsse  
& Jenny Levander







K 43

# **Bottenförhållanden och geologisk utveckling i Göta älv**

Fredrik Klingberg, Tore Påsse & Jenny Levander

Sveriges geologiska undersökning  
2006

ISSN 1652-8336  
ISBN 91-7158-754-3

Omslagsbild: Utsnitt ur paleogeografisk karta över Göta älvdalen visande fördelningen mellan land och hav för 11 000 år sedan (se också sidan 20).

© Sveriges geologiska undersökning, 2006

Layout: Agneta Ek  
Tryck: Davidsons Tryckeri AB, 2006

## INNEHÅLL

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| Abstract .....                                                         | 4  |
| Förord .....                                                           | 4  |
| Allmänt om älven .....                                                 | 4  |
| Jordartsgeologiska undersökningar i Göta älvdalen.....                 | 4  |
| Göta älvdalens berggrund och morfologi .....                           | 7  |
| Metoder .....                                                          | 7  |
| Side scanning sonar .....                                              | 7  |
| Sedimentekolod .....                                                   | 9  |
| Reflektionsseismik .....                                               | 10 |
| Resultat .....                                                         | 10 |
| Djupet till berggrunden under älven .....                              | 10 |
| Älvfårans jordarter .....                                              | 11 |
| Utvecklingen av Götaälvdalen från isavsmältningen fram till idag ..... | 18 |
| Isavsmältningen .....                                                  | 18 |
| 12 500 år sedan .....                                                  | 18 |
| 11 000 år sedan .....                                                  | 18 |
| 10 000 år sedan .....                                                  | 21 |
| 7 500 år sedan .....                                                   | 21 |
| 4 500 år sedan .....                                                   | 21 |
| 2 000 år sedan .....                                                   | 21 |
| Älvdalens olika bildningsmiljöer och dess sediment .....               | 23 |
| Referenser .....                                                       | 27 |
| <b>Kartbilaga</b> .....                                                | 27 |
| Ytsedimentkarta över älven i 12 delar                                  |    |



## ABSTRACT

An investigation of the river bottom within the Göta älv river has been performed using hydroacoustic surveying and sediment sampling. The devices used were shallow seismics, subbottom profiler and side scanning sonar. The seismic investigation shows that the sediment thickness normally is more than 100 m south of Lilla Edet but less further to the north. The maximal sediment thickness, c. 225 m, was recorded in the vicinity of Dösebacka and Nol. Between Bohus and Älvängen a coarse grained deposit with a thickness of up to 100 m was found below glacial clay.

Glacial clay is the most common sediment in the river bed. A thin top layer of sand is quite common. Sand deltas are situated north of Lilla Edet and north of Dösebacka.

The deglaciation of the Göta älv river valley occurred under sea-like conditions. Due to crustal rise, the valley developed to a narrow strait, which later developed to a 50 km long bay from Kungälv to the locks at Trollhättan. During the continuous emergence, the Göta älv river was formed down to Lilla Edet at c. 4 000 cal years BP. The present most southern part of the Göta älv river has only existed for c. 2 000 years.

## FÖRORD

Mellan åren 1999 och 2003 utförde SGU maringeologisk kartläggning mellan Göteborg och Smögen. Resultaten kommer att publiceras som kartor i skala 1:100 000. I undersökningarna ingick också kartläggning av Göta älv från Göteborg till Trollhättesslussarna. I föreliggande arbete redovisas kartläggningen av Göta älv i en mer detaljerad skala och med en beskrivning.

Arbetet har utförts från SGUs undersökningsfartyg Ocean Surveyor. I fältarbetet deltog geologerna Gunnar Bergh, Anders Elhammer, Ingemar Cato, Bernt Kjellin, Fredrik Klingberg, Gunnel Ransed, Peter Slagbrand och Åse Sandkvist. Från Göteborgs universitet har Henrik Bengtsson och Olof Larsson deltagit.

Bearbetningen har framför allt utförts av författarna. Jenny Levander har utfört tolkningen av sonar-data. Anders Elhammer har utfört tolkningen av seismiska data. Fredrik Klingberg och Tore Pässe är huvudförfattare av beskrivningen.

## ALLMÄNT OM ÄLVEN

Göta älv har ett samlat lopp från Vänern till Kungälv, där älven vidare söderut grenar sig i två fåror (fig. 1). Den norra grenen, Nordre älv, utgör den vattenrikaste fåran. Göta älv avvattnar cirka 1/10 av Sveriges landyta och utgör med sitt medelflöde av 550 kubikmeter per sekund Sveriges vattenrikaste älv. Användningen av älvvattnet är intensiv och älven med biflöden utgör en viktig nationell resurs. Göta älv är vattentäkt för cirka 700 000 människor och många industrier utefter älven använder dess vatten som kylvatten eller processvatten. Älven är också en viktig transportled, och årligen transporteras här ungefär 3,5 miljoner ton gods, framför allt olja och andra petroleumprodukter.

## JORDARTSGEOLOGISKA UNDERSÖKNINGAR I GÖTA ÄLVDALEN

Målsättningen med den genomförda maringeologiska undersökningen var att komplettera tidigare landbaserade jordartskartläggningar med en undersökning av sedimentfördelningen på Göta älvs botten samt att med hydroakustiska metoder bestämma jordlagrens djupförhållanden och djupet till berggrundsytan längs älvfåran.

Efter de stora skredkatastroferna vid Surte 1950 och Göta 1957 genomfördes flera stora geologiska

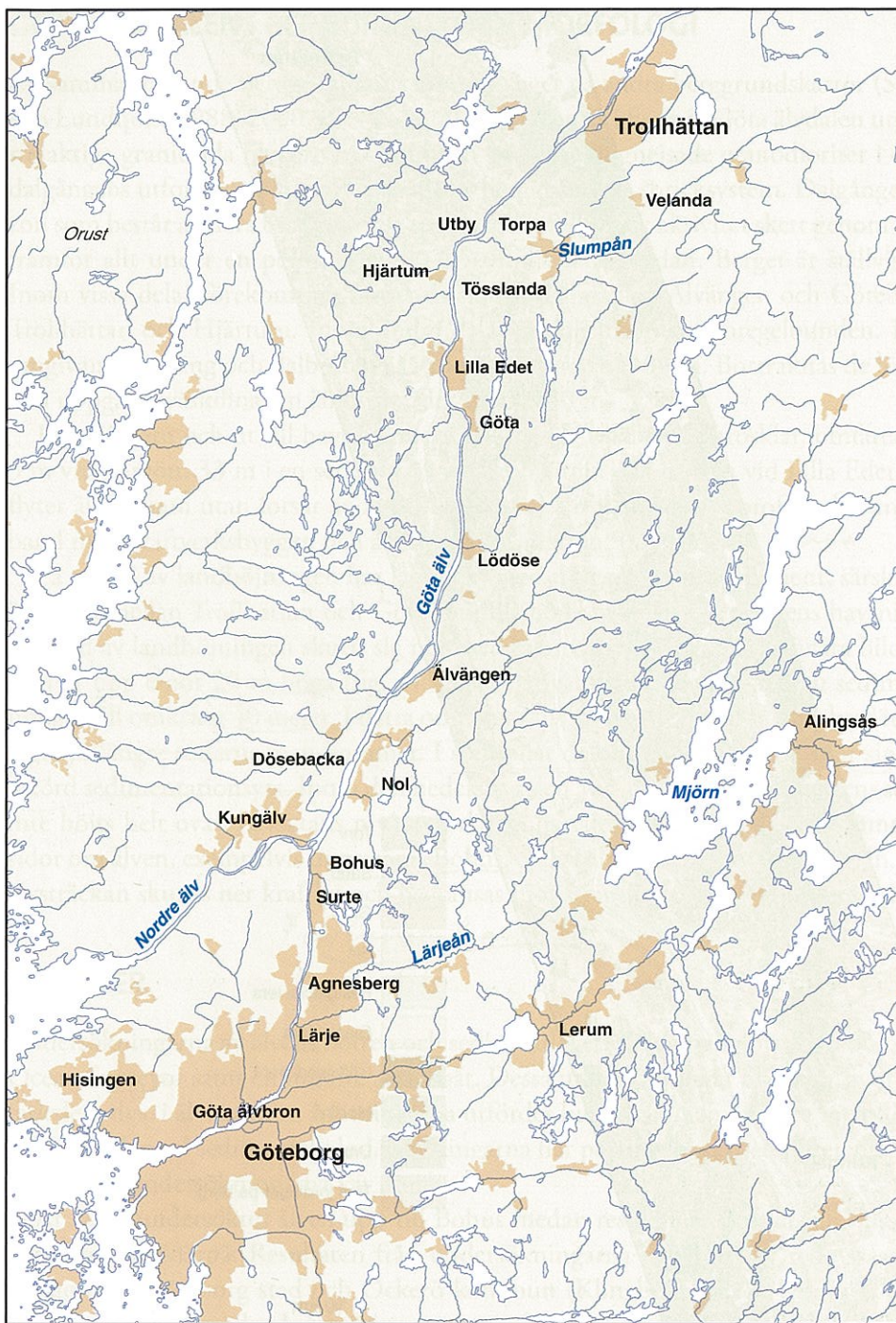


Fig. 1. Karta över Göta älvdalen med lokaler nämnda i texten.

*Map of Göta älv river valley showing localities mentioned in the text.*

undersökningar, bl.a. en jordartskartläggning (Järnefors 1959) och en omfattande utredning om erosionsprocesserna utefter Göta älv (Sundborg & Norrman 1963). Senare har moderna jordartskartor över älvdalen publicerats av Fredén (1984, 1986), Magnusson (1978) och Adrielsson & Fredén (1987). En sammanläggning av dessa kartor visar den storskaliga sediment- och bergfördelningen inom Göta älvdalen (fig. 2 och 3). De geologiska förhållandena inom Göta älvdalen har även behandlats i en del mindre omfattande publikationer. Referenser till dessa kan sökas i de ovan refererade publikationerna.



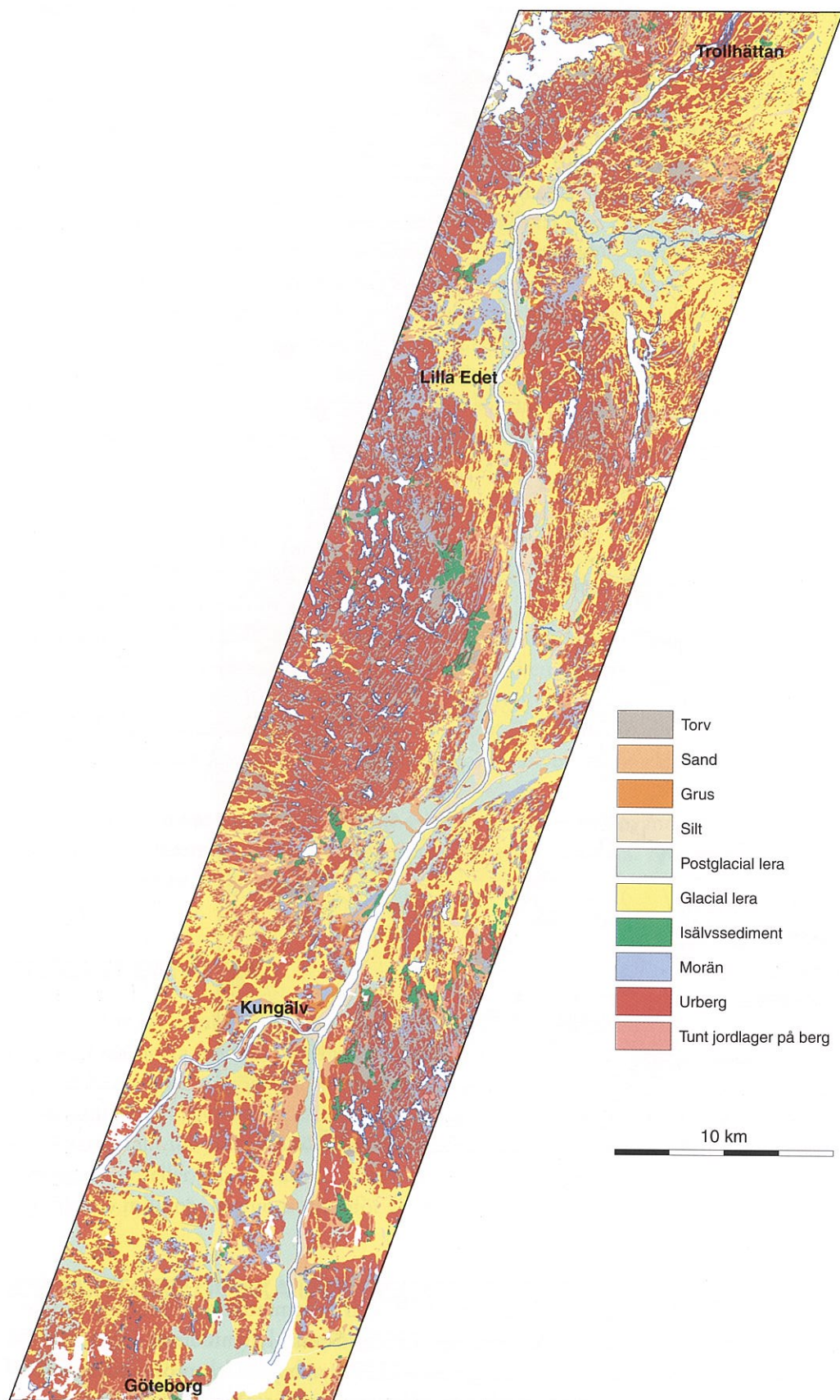


Fig. 2. Jordartskarta över Göta älvdalen.  
*Surface sediment and bedrock distribution in the Göta älv river valley.*



## GÖTA ÄLVDALENS BERGGRUND OCH MORFOLOGI

En sammanfattande berggrundskarta, som bygger på andra berggrundskartor (Samuelsson 1977, 1982 och Lundquist 1988, 2000) över Göta älvdalen återges i figur 3. Göta älvdalen utgör en gränzson mellan rödaktiga granitoida bergarter i väster och grå, mer föragnejsade granodioriter i öster. Genomgående är dalgångens utformning starkt beroende av berggrundens spricksystem. Dalgången utgör en skjuvningszon som består av flera brantstående sprickor där tektonisk aktivitet skett genom vertikala förkastningar, framför allt under en period för 900–850 miljoner år sedan. Berget är ställvis mycket uppsprucket. Inom vissa delar förekommer slutna dalsidor, t.ex. mellan Älvängen och Göteborg men också mellan Trollhättan och Hjärtum. Inom andra delar är dalgången mer oregelbunden. Höjdskillnaden mellan omgivande terräng och dalbotten är i allmänhet mer än 100 m. Borträknas de lösa jordlagren i dalbotten uppgår nivåskillnaden längst i söder till ca 250 m.

Från Vänern och ut till havet sänker sig Göta älv med tre falltrösklar, omfattande en sänkning av ca 5 m vid Vargön, 33 m i en serie forsar vid Trollhättan och ca 6 m vid Lilla Edet. Nedströms Lilla Edet flyter älven fram utan forsar ända till utloppet. Den naturliga fallprofilen har modifierats något i samband med kraftverksbyggen och åtgärder för sjöfarten. / *Full vid smogen! Sluss?*

På grund av landhöjningen har landytan med tidigare avsatta sediment, särskilt i den norra delen av älvdalen mellan Trollhättan och Göta, hunnit höjas avsevärt över dagens havsnivå. Älven har där som en följd av landhöjningen skurit sig ner i sedimenten varvid en trång älvfåra bildats med strandbrinkar som är upp emot 20 m höga (fig. 4). Den relativa nivåskillnaden mellan sedimentytan och älvbotten uppgår till omkring 40 meter. I detta område finns en mängd raviner och skredärr. Strandbrinkarna blir lägre ju längre söderut man kommer. I söder har dalbotten fortfarande kvar sina ursprungliga drag av ostörd sedimentationsyta. Inom den nedersta delen av Göta älv har dalbottens sedimentationsyta ännu inte höjts helt ovan havsytans nivå och där finns således fortfarande översvämningsområden på båda sidor om älven, exempelvis uppströms Bohus. Själva älvfåran, under vattennivån, har utefter nästan hela älvsträckan skurits ner kraftigt och begränsas mot stranden av mycket branta sidor. *\* Skred kaka*

## METODER

Undersökningarna av älvens botten och sedimentlagerföljden har gjorts från SGUs undersökningsfartyg Ocean Surveyor samt en mindre arbetsbåt. Dessa undersökningar omfattar hydroakustiska mätningar i farleden, dvs. i älvens mitt. Mätningarna utfördes huvudsakligen med tre metoder: side scanning sonar, seismik och med sedimentekolod. Mätningarna har positionerats med differentiell GPS. Mätfarten över botten vid undersökningarna var 3 m/s.

År 2000 undersöktes älven upp till Bohus medan resterande sträcka, till slussarna i Trollhättan, undersöktes året därpå. Resultaten från undersökningarna i Nordre älv redovisas i den maringeologiska kartan över Göteborg stad och Öckerö kommun (Klingberg 2002). Under 2002 utfördes kompletterande mätningar med side scanning sonar utefter Göta älvs sidor med hjälp av arbetsbåten varvid den östra sidan mättes uppströms och den västra nedströms. Efter analys av de hydroakustiska mätningarna provtogs ytsedimenten med hjälp av gripskopa på utvalda platser. I Göta älv gjordes dessa provtagningar från Ocean Surveyor medan provtagningarna i Nordre älv gjordes från arbetsbåten. Resultaten från provtagningarna redovisas inte i denna rapport.

## Side scanning sonar

Side scanning sonar används för att skapa en yttäckande bild av havsbotten. Med hjälp av denna metod kan bottenytans areella sedimentfördelning, förekomst av uppstickande berg och bottenytans småskaliga relief dokumenteras. Side scanning sonarutrustningen bogseras efter fartyget. En ljudsändare på

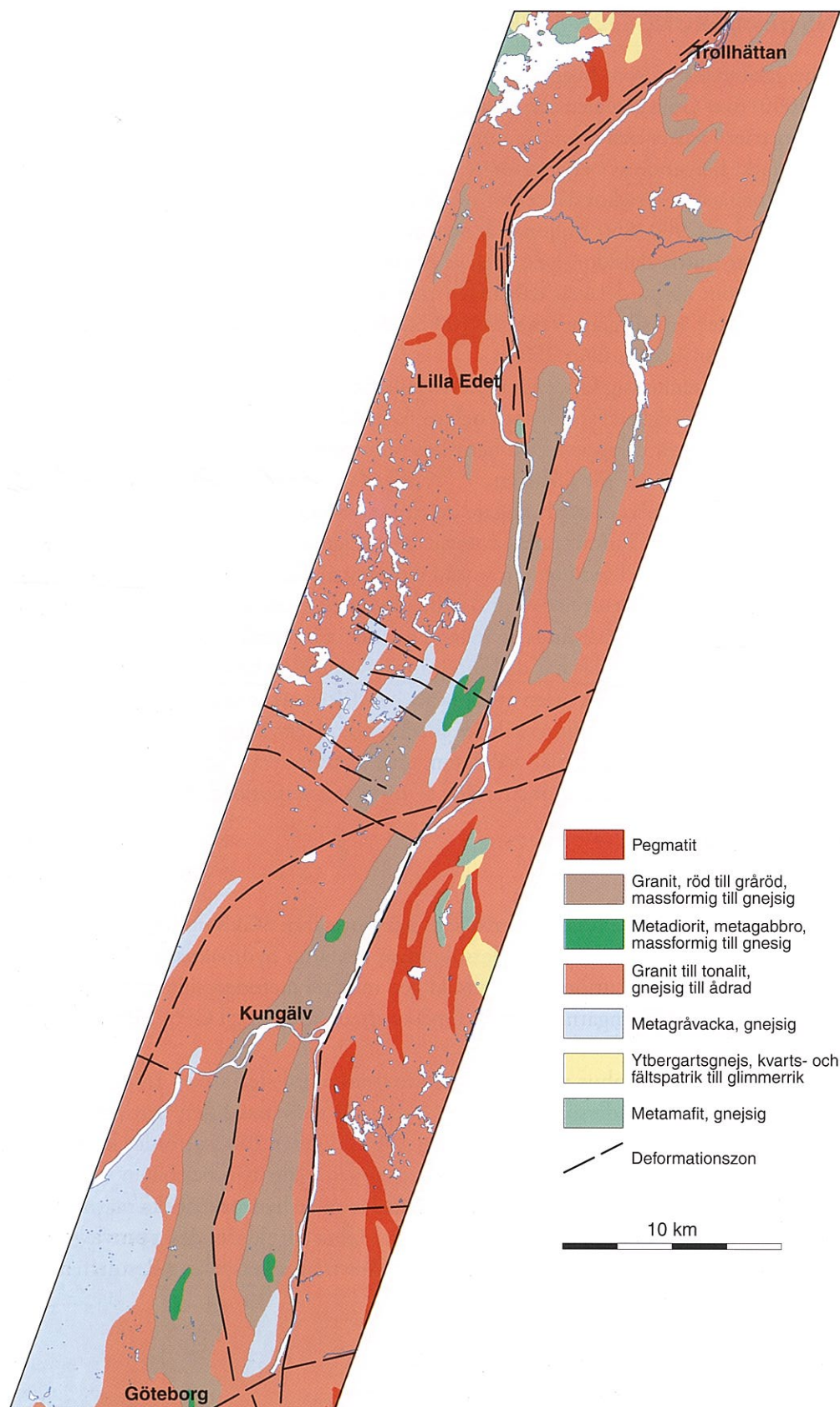


Fig. 3. Berggrundskarta över Göta älvdalen.  
Bedrock maps of the Göta älv river valley.





Fig. 4. Glacial lera och berg finns på sidan av älven söder om Trollhätteslussarna. Foto Fredrik Klingberg.  
*Glacial clay and bedrock outcrops are common along the shore in the northern part of the Göta älv river.*

vardera sidan skickar vinkelrätt mot färdriktningen ut korta ljudpulser snett ned mot botten. Mottagarenheten registrerar ekon från en bred korridor utmed mätlinjen. Ekona förstärks och registreras digitalt ombord på mätfartyget. För mätningarna användes en högupplösande sonar av fabrikatet Klein kopplad till en digital registrerings- och processeringsenhet. Pulsintervallet för side scanning sonaren var 0,1 sekund, vilket motsvarar en räckvidd av ca 75 m åt vardera sidan. Rådata från sonarmätningarna konverterades till geokodade rasterbilder med en pixelstorlek motsvarande  $20 \times 20$  cm i verkligheten. De enskilda rasterbilderna sammanfogades till ett antal mosaikbilder längs älven. Resultatet kan liknas vid en flygbild över land (fig. 5, 9, 10 och 13).

## Sedimentekolod

Sedimentekolod användes utmed den centrala mätlinjen för att få en kontinuerlig, vertikal profil ned genom älvbotten. Med denna metod kan jordlagren och dess uppbyggnad normalt registreras ned till ca 40 m i leriga och siltiga sediment. Den vertikala upplösningen är mycket god och skikt ner till ca 30 cm tjocklek kan särskiljas. För grövre jordarter (sand och morän) är dock metoden starkt begränsad.

Sedimentekolodet består av en ljudsändare, mottagare och en processerings- och registreringsenhet. För mätningarna användes ett skrovfäst sedimentekolod, med frekvenserna 3,5 kHz. Pulsintervallet för dessa mätningar var 1,0 sekund.



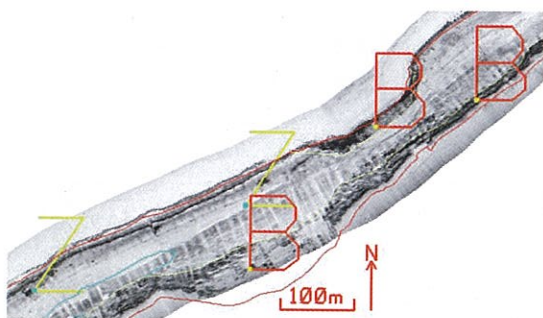


Fig. 5. Sonarbild söder om slussarna i Trollhättan. Områden med berg visas med B och glacial lera visas med Z. Gula linjer visar gränsen mellan sediment och berg. Blå linje visar gränsen för tunna sediment, i detta fall sand på glacial lera. Röda linjer visar älvens strandlinje.

*Side scan sonogram south of the locks of Trollhättan. Rock areas are shown with a B and glacial clay with a Z. Yellow lines show the border between sediment and bedrock. Blue lines enclose thin sediment covers. Red lines are the shoreline of the river.*

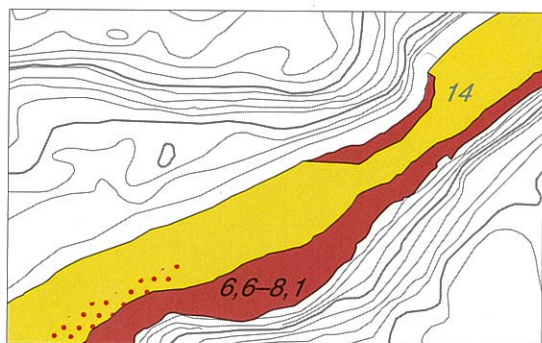


Fig. 6. Geologisk karta över området som visas i figur 5 ovan. Röd yta betecknar berg, gul yta glacial lera och rödprickig yta tunt lager av sand på glacial lera i bottenytan.

*Sediment distribution map of the same area as is presented in the sonar image in Figure 5. Yellow indicates clay and red bedrock.*

## Reflektionsseismik

Även reflektionsseismik kan användas för att erhålla en kontinuerlig, vertikal profil genom älvens botten. Härigenom kan jordlagrens uppbyggnad normalt registreras ned till berggrundens överyta utmed mätlinjen. Reflektionsseismik ger en sämre upplösning än sedimentekolodet men har större penetrationsförmåga. Den senare egenskapen gör att metoden kan användas även för undersökning av grova sediment.

Utrustningen för reflektionsseismik, som släpas efter undersökningsfartyget, består av en ljudsändare, som producerar en relativt lågfrekvent puls, och en linjehydrofon för mottagning av inkommande ekon. Signalerna förstärks och registreras digitalt ombord på mätfartyget. För mätningarna i Göta älv användes en tryckluftsdreven ljudsändare av typ "sleeve gun", som sänder ut en ljudpuls mellan ca 200 och 1500 Hz, kopplad till en digital registrerings- och processeringsenhet. Skottfrekvensen var 1 skott per sekund.

## RESULTAT

### Djupet till berggrunden under älven

Vid seismisk mätning skapas en profil genom jordlagren ned till berggrunden där vertikalskalan är uttryckt i tid. I en sådan profil kan djupet till berggrunden beräknas genom att anta sannolika värden för ljudhastigheterna i de olika sedimentlagren. Inom flera områden, speciellt mellan Bohus och Älvängen, har det varit svårt att exakt bestämma bergets nivå på grund av att friktionsjordarter förekommer i de undre delarna av lagerföljden. Osäkerhetsmarginalen för angivna djupvärden torde dock undantagsvis överstiga 10 %. En profil som visar djupet till berggrunden vertikalt under farleden i Göta älv redovisas

i figur 7. Profilen visar att det normalt är relativt stora jorddjup i Göta älvdalgången. Mellan Göteborg och Lilla Edet är djup över 100 m vanliga. Norr om Lilla Edet ligger däremot berget närmare bottenytan och berget når älvens bottenyta på flera ställen. De djupast belägna delarna av berggrundsytan finns i höjd med Alafors och vid Älvängen där berget ligger på ett djup av drygt 220 m. Mellan Trollhättessluserna och Lilla Edet ligger berget normalt grundare än ca 40 m. Vid Lilla Edet och ca 500 m norrut ligger berget grundare än 10 m under älvens botten och på två ställen når berget bottenytan. Vid Tösslanda ligger berget på 60 m djup, sydost och ost om Hjärtum på 55 m och vid Torpa på ett djup av 60 m. I höjd med Slumpåns utlopp är det relativt grunt till berget, som där påträffas mellan 7 och 15 m under bottenytan.

## Älvfårans jordarter

Jordarternas fördelning mot djupet under älvfåran har tolkats med utgångspunkt från de seismiska undersökningarna medan jordarternas horisontella utbredning i älvfårans bottenyta (ytjordarten) har tolkats från side scanning sonarmosaiker (fig. 5 och 6). Älvfårans stratigrafiska förhållande presenteras i figur 8. Glacial lera utgör den helt dominerande jordarten i älvfåran. Generellt sett är lermäktigheten större i de södra delarna än i de norra delarna. De största lermäktigheterna finns således i Göteborgsområdet och upp till Lödöse. Ovanpå den glaciala leran finns ställvis postglacial lera och sand. Dessa sediment är dock relativt tunna. Utbredningen av de postglaciala sedimenten framgår av kartorna över ytsedimentfördelningen (kartbilaga).

På flera platser finns grova sediment under leran. Grova sediment, troligen isälvssediment, förekommer således vid Lärje, Agnesberg och Surte. Vid Lärje når berget nästan upp till älvens botten. På norra sidan av denna underjordiska bergkulle ligger en isälvssavlagring som ingår i Göteborgsmoränen. Detta randläge finns i ytlagen på båda sidor om älven.

Även mellan Bohus och Älvängen förekommer grovkorniga sediment under den glaciala leran. Dessa sediment hör sannolikt ihop med de sediment som ingår i den mäktiga Dösebackadrumlinen som beskrivits av Hillefors (1969). Skärningarna vid den nedlagda tåkten vid Dösebacka ger en indikation om de grovkorniga sedimentens sammansättning. Då avlagringen vid Dösebacka både innehåller sorterade jordarter (isälvssediment) och osorterade jordarter (morän) är det troligt att det stora området med grovkorniga sediment under älvfåran består av liknade lager.

Mellan Lödöse och slussarna vid Trollhättan saknas nästan helt grovkorniga sediment under den glaciala leran förutom i ett område 2–3 km norr om Lödöse.

Kartor över ytsedimentens utbredning i älvfåran visas i kartbilagan. Dessa kartor bygger främst på tolkning av de side scanning sonarmosaiker som framtagits och provtagningar. Vid tolkningen av sonarbilden har även information från sjökort och omgivande jordartskartor använts. Resultaten från undersökningarna med sedimentekolod och seismik har även använts för att tolka sedimenttypen i de översta lagren. Dessa profiler har dessutom nyttjats för att välja platser för de 20 provtagningar som utförts.

Ytsedimenten i älven utgörs till allra största delen av glacial och postglacial lera. Sand finns dock inom en del mindre områden. Älven kan delas in i en nordlig och en sydlig del med avseende på ytsedimentens fördelning. I norra delen av älven förekommer huvudsakligen glacial lera i älvens botten, men berg förekommer även relativt rikligt. Tunna sandlager finns på många ställen i älvens centrala delar. Postglaciala sediment förekommer ibland på älvfårans sidor. Strandbrinkarna är relativt branta. På botten finns erosionsspår av det strömmande vattnet (fig. 9).

De postglaciala lerornas mäktighet i dalgången överstiger sällan 15 m, vilket är ett vanligt djup på älven. Detta innebär att älven som regel skurit sig ner genom en stor del av den postglaciala leran och att denna således generellt har ringa mäktighet i älvfåran. I den södra delen av älven består älvfårans sidor därför av postglacial lera medan älvfårans botten kan utgöras av glacial lera.

?  
10m



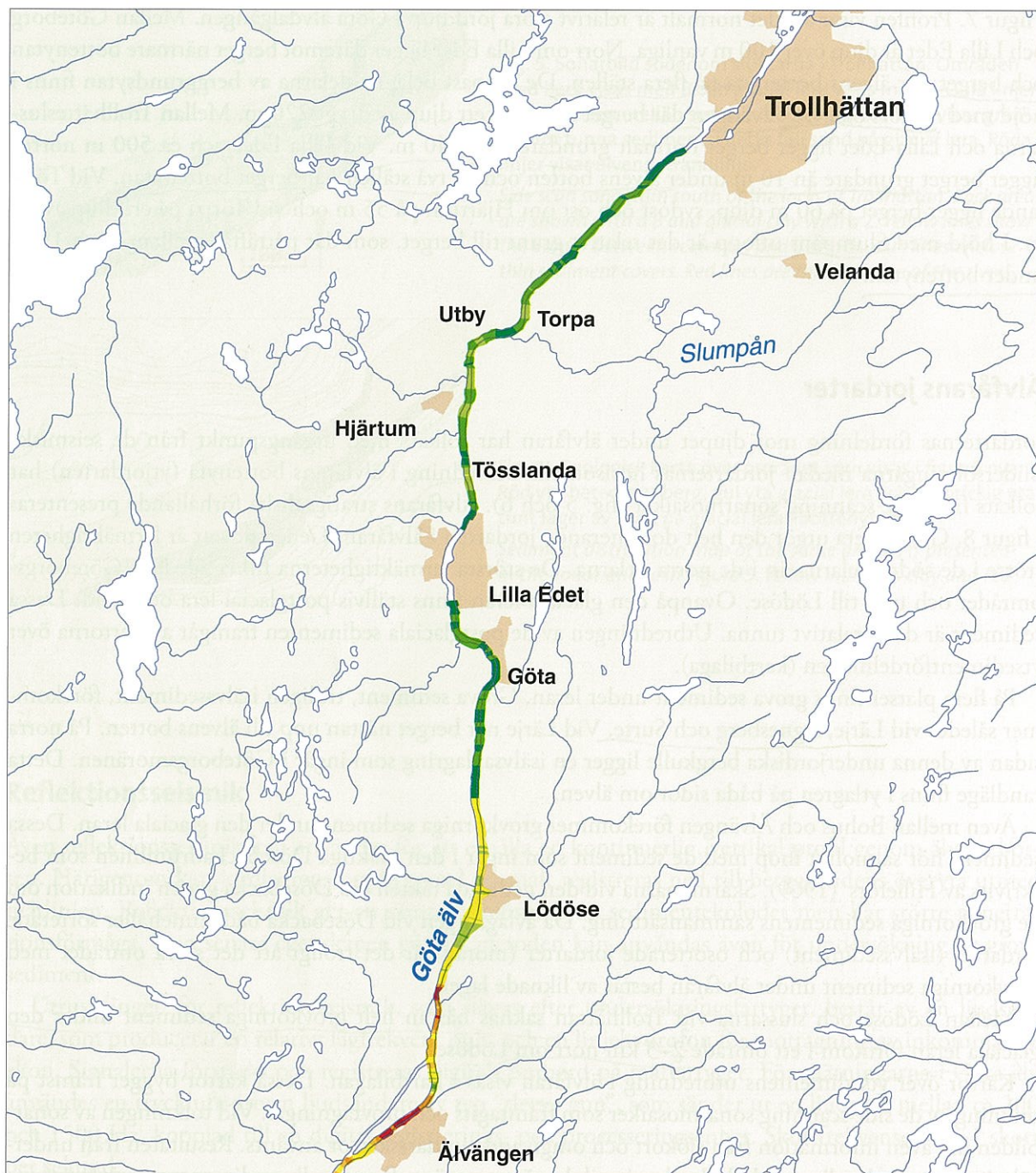


Fig. 7. Djup till berget uteder Göta älv. Göta älv's höjd över havet är 0 m ö.h. mellan Göteborg och Lilla Edet och 6 m ö.h. mellan Lilla Edet och Trollhättesslussarna.

Depth to the bedrock surface below the water level of the river.

*K. O. W.*

Tunna ytlager av sand finns i stort sett längs hela älvfåran särskilt i de djupa delarna. Stora mäktigheter av sand finns dock endast norr om Dösebacka samt ovanför slussarna i Lilla Edet. Sandavlagringen norr om Dösebacka tycks vara under tillväxt med en liten deltafront som rör sig söderut. På deltaytan förekommer sandvågor, med en våglängd mellan 12 och 20 m vinkelrätt mot älven (fig. 10). Prov 07B-103, figur 11, som tagits i detta område utgörs av grovsandig mellansand. Söder om deltafronten finns ett tunt lager finsand. Sandavlagringen vilar huvudsakligen på postglacial lera.



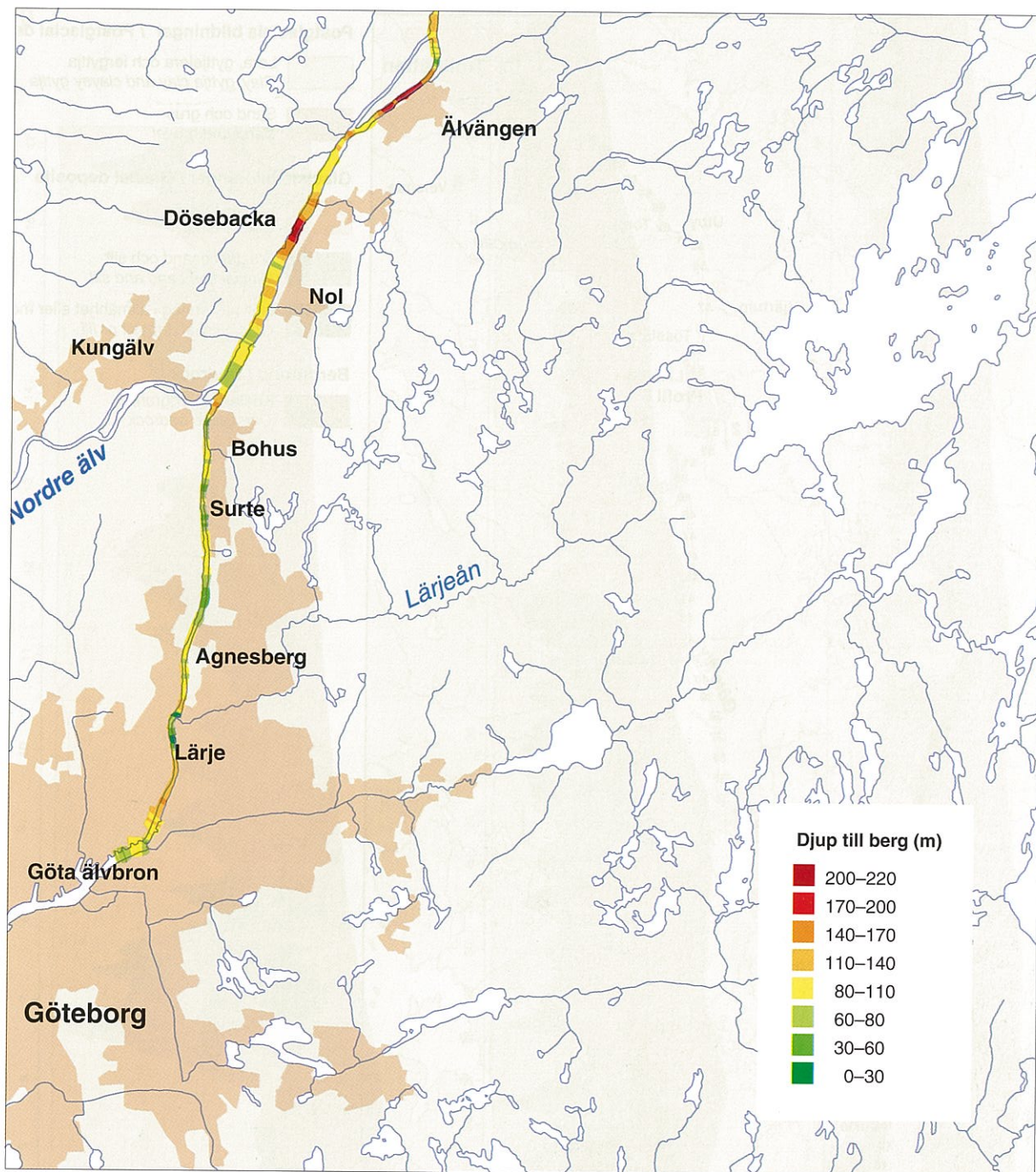


Fig. 7, forts.

På grund av strändernas känslighet för erosion har erosionsskydd, så kallad skoning, upprättats längs stora delar av Göta älvstranden. Från Trollhättan till södra delen av Tjurholmen är så gott som hela sträckan skodd på båda sidor förutom områden där t.ex. berg kommer i dagen. Söder om Älvängen är det mer sparsamt med skoning med undantag för östra sidan söder om Bohus som fått erosionsskydd. Mellan Bohus och Lärje är i huvudsak älvens östra sida skodd (fig. 12). Skoningen kan ses i sonarbilderna som en mörk zon vid strandkanten (fig. 13).

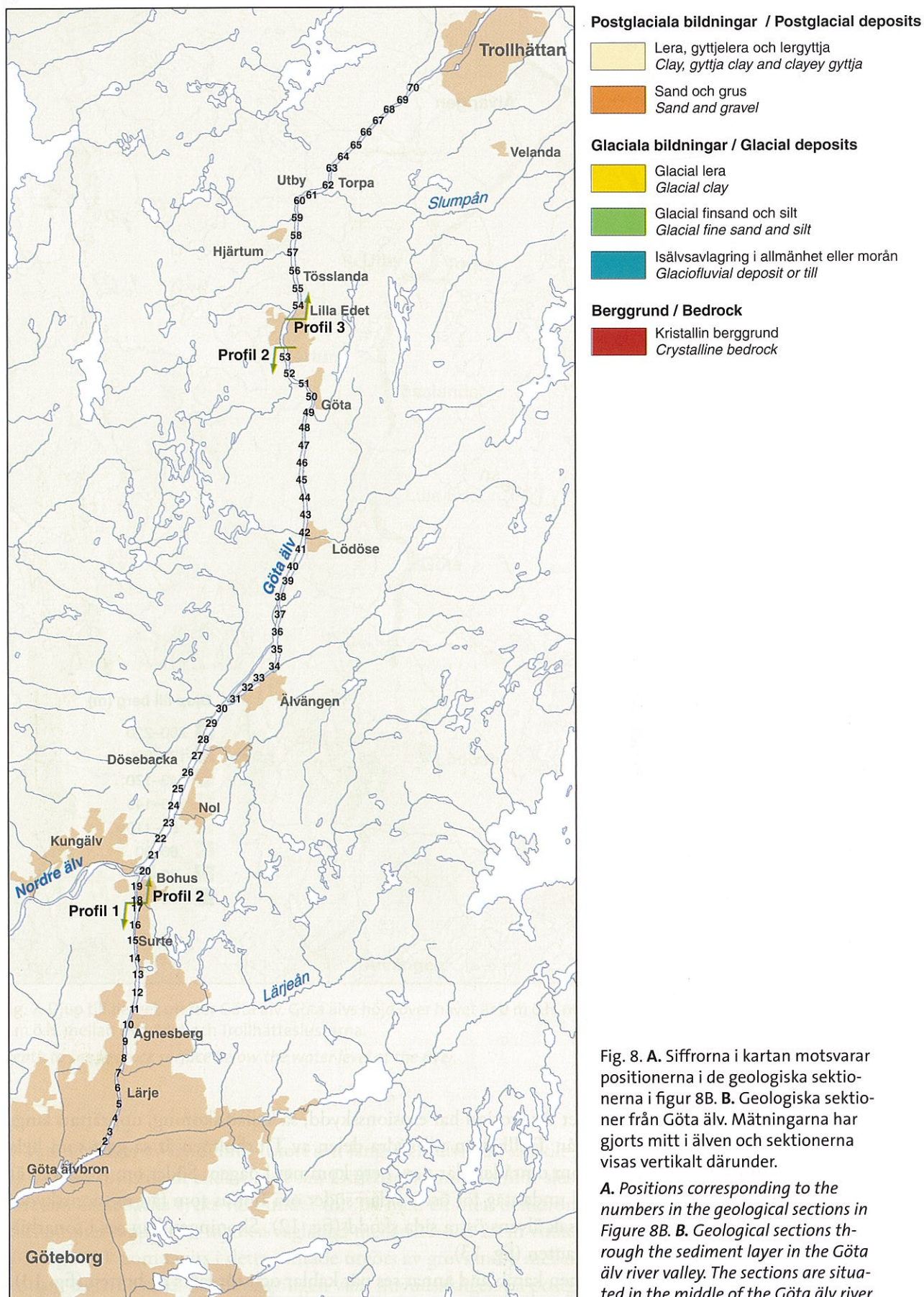
Människans påverkan på älvbotten kan bland annat ses när kablar och rör lagts på botten (fig. 13).

*Fartspår i träsk, erosionsskydd, stödsättning.*

*Lv. Muddring. Påverkan reglering, förbyggskap i botten*



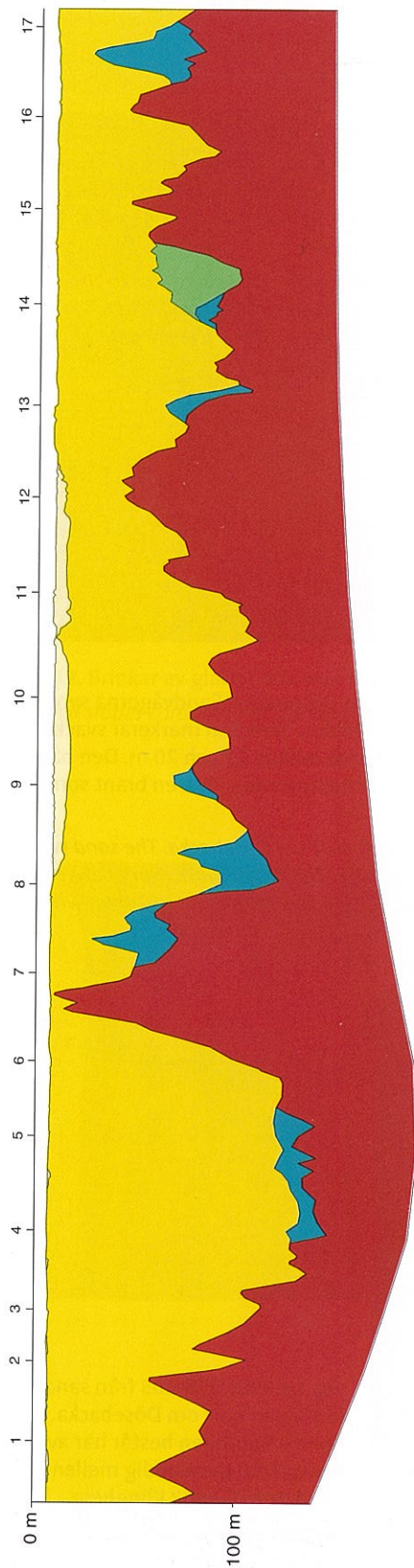
A



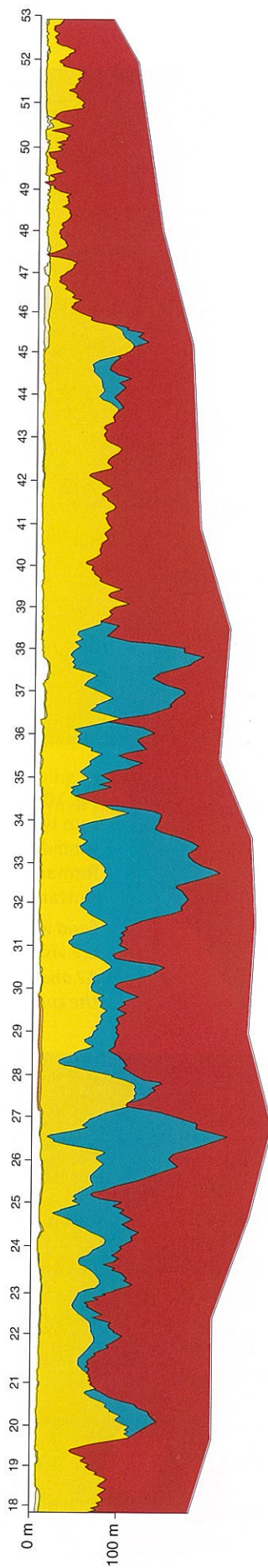


Profil 1

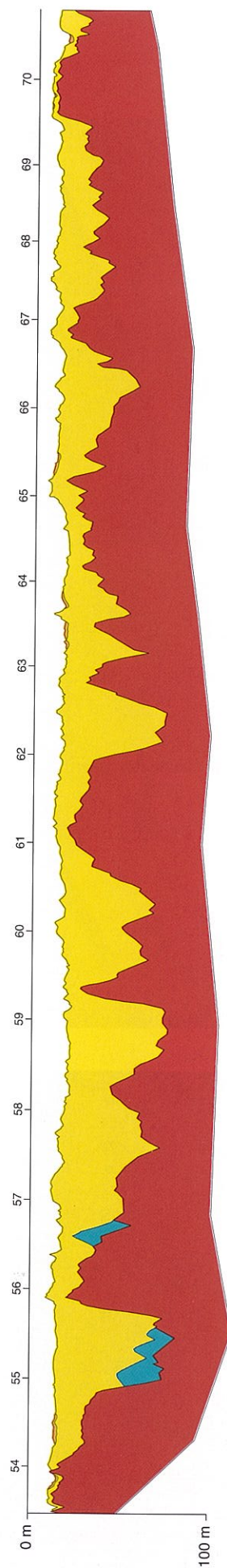
B



Profil 2



Profil 3





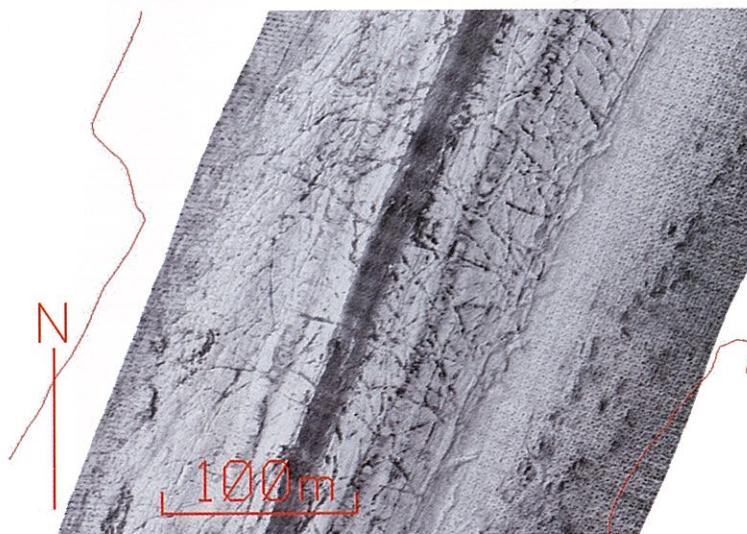


Fig. 9. Erosionsmönster i lera på älvbot-  
ten 2 km norr om Jordfallsbron. Den röda  
linjen till vänster markerar den västra  
strandlinjen.

*Erosional pattern in clay 2 km to the  
north of the bridge Jordfallsbron. The red  
line to the left shows the position of the  
western shore line.*

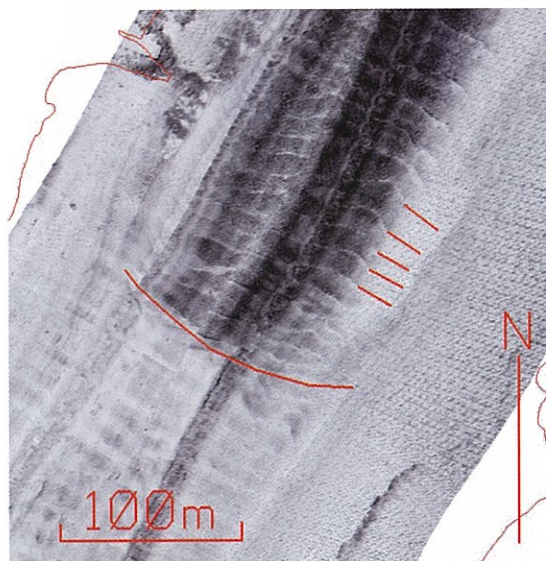


Fig. 10. Sandvågor norr om Dösebacka. Sandvågorna syns  
som tvärgående ränder i bilden. Strecken markerar svackor i  
sandvågorna. Våglängden är mellan 12 och 20 m. Den båg-  
formade röda linjen visar deltafronten, dvs. en brant som  
sluttar åt sydväst.

*Sand waves (sand ripples) north of Dösebacka. The sand waves  
are visible as light grey lines. The wavelengths vary between  
12 and 20 m (short red lines). The delta front is shown with  
the curved red line.*



Fig. 11. Prov 07B-103 från sandav-  
lagringen norr om Dösebacka. Sandavlagringen består här av  
postglacial grovsandig mellan-  
sand. Foto Fredrik Klingberg.

*Bottom sample in the sand delta  
north of Dösebacka.*





Fig. 12. Brinkar av glacial lera som skyddas av stenskonig norr om Lilla Edet. Foto Fredrik Klingberg.  
*Eroded slopes consisting of glacial clay are common north of Lilla Edet. Rock revetment is visible on the shore.*

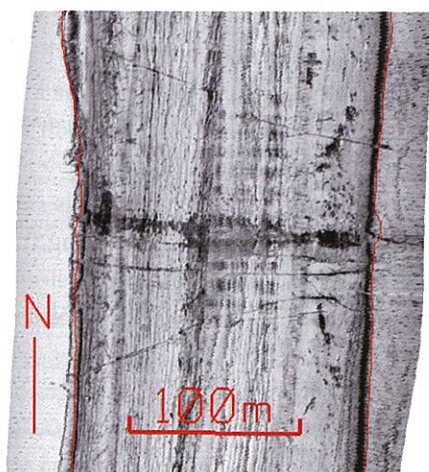


Fig. 13. Kablar som korsar älvens botten norr om Lödöse (7B 8g) vid positionen 1284055, 6440907. Skonigen kan ses som en mörk zon ut- efter strandlinjen.

*Cables crossing the bottom of the Göta älv river. Rock revetment is visible as dark zones along the shore lines.*



## UTVECKLINGEN AV GÖTA ÄLVDALEN FRÅN ISAVSMÄLTNINGEN FRAM TILL IDAG

### Isavsmältningen

Inlandsisen smälte bort från Göteborgsområdet för ca 14 500 år sedan. Drygt 2 000 år senare hade isen smält bort från hela Göta älvdalen. (Tider i detta arbete anges som kalibrerade kol-14 åldrar i år före nutid.)

Från isavsmältningen fram till idag har stora förändringar skett i havets utbredning över det aktuella området. För att illustrera dessa förändringar visas en serie paleogeografiska kartor som beskriver fördelningen mellan land och hav vid fem tidpunkter. Dessa kartor har gjorts med hjälp av en landhöjningsmodell i kombination med höjddata från Lantmäteriverket (Pässe & Andersson 2005).

### 12 500 år sedan

När isen smält bort över hela Göta älvdalsområdet hade den södra delen, vid nuvarande Göteborgsområdet redan hunnit höjas ca 40 m ur havet sedan den delen blivit isfritt. Trots detta var det fortfarande havsliknande förhållanden över hela Göta älvdalen (fig. 14). Den stora "Svartedalsön" väster om dalgången skyddade för de största havsvågorna och strömmarna var relativt svaga. Såväl på land som i havet rådde arktiska förhållanden. Salthalten i bottenvattnet var hög medan ytvattnet ovanför ett språngskikt var bräckt. Speciellt i norra delen av det som senare skulle bli en dalgång, där iskanten fortfarande var nära, ackumulerades stora sedimentmängder vid denna tid.

### 11 000 år sedan

Den snabba landhöjningen medförde att Göta älvdalen för 11 000 år sedan hade utvecklats till ett havs-sund, mellan den stora "Svartedalsön" i väster och fastlandet i öster (fig. 15). Vätern kan beskrivas som ett innanhav med förbindelser till öppet hav via ett antal trånga sund, förutom det vid Göta älvdalen även via sund vid Uddevalla och i Dalsland. Vid denna tid låg fortfarande inlandsisen över norra Vänerområdet. Språngskiktet i det sund som existerade i Göta älvdalen – Götasundet – var väl utbildat med smältvatten från inlandsisen i ytan och salt vatten vid botten. I de områden som redan lyfts upp ur havet eller kommit i ett strandnära läge eroderades tidigare avsatta sediment. De eroderade avlagringarna kom att bidra till att nya jordlager bildades på botten i Götasundet, speciellt där sundet var brett och där strömmarna var svagare.

Innan Vätern helt isolerades från havet hade utflödet av Vänerområdets vatten till havet delvis skett genom Slumpåns dalgång, vilket antas huvudsakligen ha ägt rum vid tiden för Väterns isolering från havet. Slumpåns nipor sydost om Velandä är ett tecken på kraftig vattenerosion. Den kraftiga erosionen av sedimenten längre ner i Slumpåns dalgång startade då dessa lerytor exponerades som en följd av landhöjningen.

Ett dramatiskt skede i Göta älvdalen var under den period då Ancylussjöns vatten dränerades genom Götasundet, dvs. när hela Östersjön avvattnades genom detta sund. Detta skedde för ungefär 10 700 till 10 500 år sedan. Uddevallasundet hade vid denna tid isolerats och sunden i Dalsland var på väg att isoleras. Idag rinner ca 550 m<sup>3</sup>/s genom Göta älv och ca 15 000 m<sup>3</sup>/s genom Öresund. Eftersom dräneringen genom Ancylussjön troligen var ungefär lika stor som dräneringen genom Öresund så kan Götasundet under en period ha dränerat en volym ungefär 30 gånger större än Göta älvs nuvarande flöde. Renspolade hällar i älvens omgivningar i Trollhättan kan vara ett minne av detta.

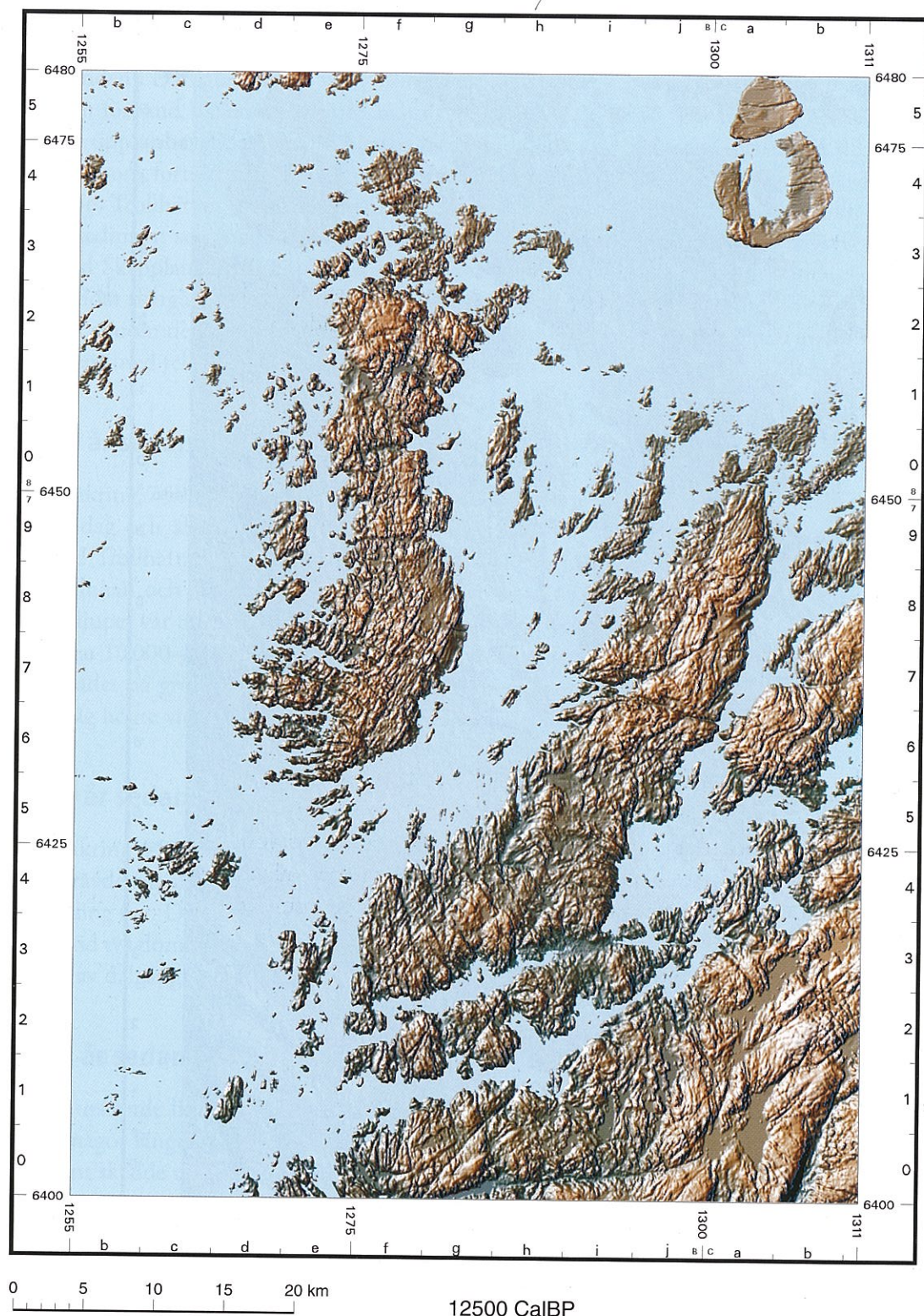


Fig. 14. Paleogeografisk karta över Göta älvdalen som visar fördelningen mellan land och hav för 12 500 år sedan. För hjälp av orientering av kartbilden så ligger Göta älv mynning och dagens Göteborg i nedre vänstra hörnet. I kartans övre högra hörn skymtas Halle- och Hunneberg. För att bättre förstå kartutsnittet se figur 19.

*Palaeogeographical map over the Göta älv river valley showing the distribution between land and sea at about 12 500 cal BP. Göteborg is situated in the lower left corner and Halle- and Hunneberg in the upper right corner.*



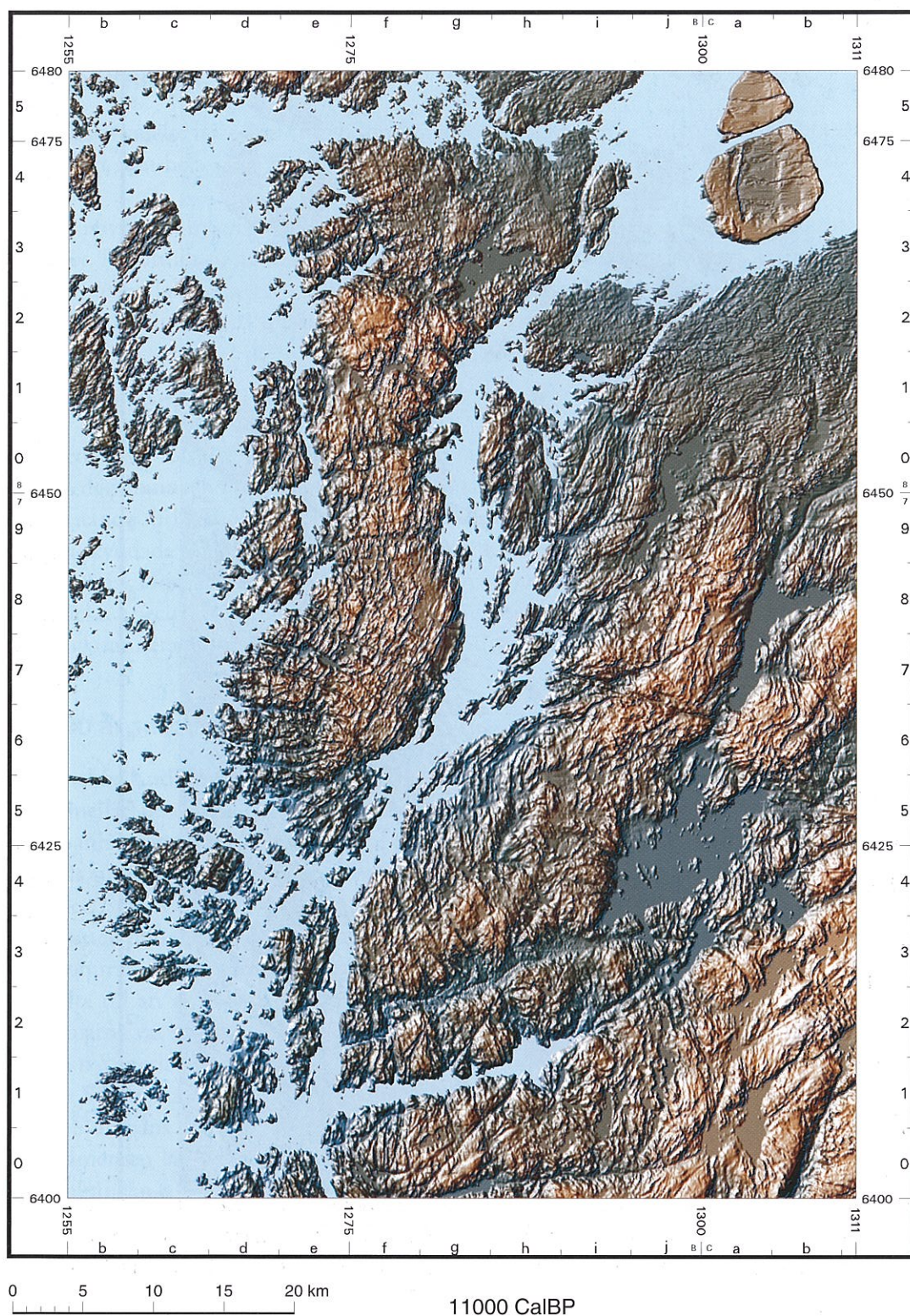


Fig. 15. Paleogeografisk karta som visar fördelningen mellan land och hav för 11 000 år sedan.  
*Palaeogeographical map over the Göta älv river valley showing the distribution between land and sea at about 11 000 cal BP.*

## 10 000 år sedan

När sunden i Dalsland stängts kom Vänerbäckenets vatten helt att dräneras genom det smala Götasundet som förband Vänersänkan med havet (fig. 16). För drygt 10 000 år sedan höjdes pasströskeln vid Vargön upp ur havet och Vänern blev en insjö. Vid denna tid övergick Götasundet till en ca 65 km lång havsvik, som fortsättningsvis kommer att benämnas Götakilen. Det salta vattnet nådde sannolikt in söder om Trollhättan (nedanför de nuvarande slussarna) med ett kraftigt språngskikt.

De sediment som bildats i Götakilen under denna tid avlagrades främst i havsvikens bredare delar, t.ex. vid Skepplanda och vid Torpa (fig. 17). De södra delarna av den nuvarande dalgången utgjorde ett skyddat skärgårdsområde med många öar och sund. Den organiska produktionen i havet hade ökat kraftigt genom den dramatiska höjning av vattentemperaturen som inträffade under tidig holocen tid. Sediment med relativt hög organisk halt avsattes speciellt under den första hälften av holocen.

## 7 500 år sedan

För omkring 7 500 år sedan nådde Götakilen fortfarande ända in till området där Trollhättesslussarna ligger idag och älven omfattade endast sträckan mellan Vargön och Trollhättan och avslutades i en fors vid Trollhättan (fig. 18). Denna fors blev långsamt successivt högre. Suspenderat material från Vänersänkan och dåtidens Göta älv antas ha transporterats ner söder om Lilla Edet till områden där vattendjupet var tillräckligt stort och där viken var tillräckligt bred för att de skulle sedimentera. Under perioden 10 000–8 000 år före nutid höjdes havsstrandens nivå framför allt i de södra delarna av Göta älvmrådet på grund av den postglaciala transgressionen. Detta innebar att havsstranden i den södra delen låg högre vid 7 500 år BP i jämförelse med 10 000 år BP (jfr fig. 16 och 18).

## 4 500 år sedan

För omkring 4 500 år sedan sträckte sig Götakilen fortfarande in till Lilla Edet (fig. 19). Norr om Lilla Edet grävde sig älvfåran ner i tidigare avsatta sediment i dalens mitt (fig. 20). Hisingen utgjordes av en samling öar. De lägre områden som senare skulle komma att bli två grenar av älven utgjorde under denna tid två dominerande sund. Under denna period avsattes sediment främst söder om Lödöse i breda partier av dalgången (fig. 21).

## 2 000 år sedan

Älvens utseende liknade för 2 000 år sedan i stort sett den älv vi ser idag även om saltvatten torde ha trängt något längre in i älvdalen eftersom havets strandnivå var ca 4 m högre än idag. Nybildning av sediment skedde under denna tid framför allt i området där nu Göteborg byggts upp samt i nuvarande Nordre älvs mynning. Dessa sedimentationsområden är således endast två tusen år gamla. Hur bottenförhållandena varit i Göteborgs mynningsområde är något osäkert eftersom stora sedimentmängder muddrats bort. Det är dock känt att det varit mycket grundare i vissa områden av den del av älven som leder genom Göteborg.

Muddring!



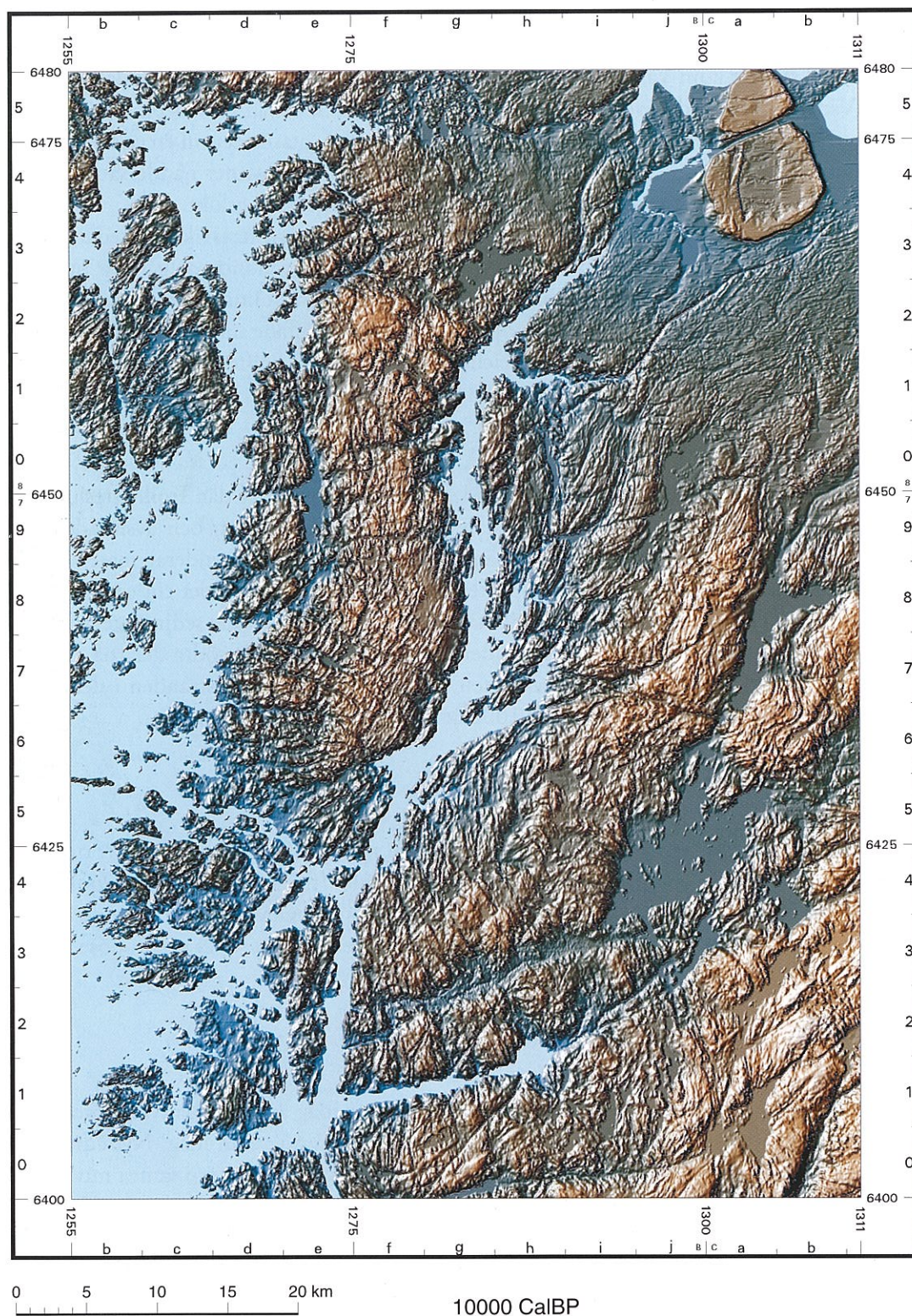


Fig. 16. Paleogeografisk karta som visar fördelningen mellan land och hav för 10 000 år sedan.  
*Palaeogeographical map over the Göta älv river valley showing the distribution between land and sea at about 10 000 cal BP.*





Fig. 17. De flacka lerplanen vid Torpa har troligen bildats i den innersta delen av "Götakilen". Dagens Göta älv kan anas vid främre skogsriddån. Foto Fredrik Klingberg.

*The flat area at Torpa was probably formed during a period when the Göta älv river valley was developed as a long bay – "the Göta kilen". The present Göta älv river is situated close to the trees in the foreground.*

## ÄLVDALENS OLIKA BILDNINGSMILJÖER OCH DESS SEDIMENT

I kvartärgeologiskt hänseende kan älvdalens utveckling efter istiden i stort beskrivas med hjälp av en indelning i tre olika bildningsmiljöer även om det finns en viss överlappning både tidsmässigt och geografiskt mellan dessa miljöer. Den äldsta bildningsmiljön omfattar ett arktisk ishav, som täckte stora delar av området efter det att inlandsisen smält bort. Nästa bildningsmiljö omfattar den långa, smala men relativt djupa havsvik – Götakilen – som existerat under en lång period. Den yngsta bildningsmiljön omfattar älven, dvs. den miljö som karaktäriseras av rinnande sötvatten, vilket i detta sammanhang inkluderar mynningsområdet i havet. Älvens mynningsområde har med tiden förskjutits söderut. Detta har dock i högsta grad skett stegvis. Denna stegvisa utveckling hör ihop med att det inte enbart varit strandförskjutningen som bestämt mynningsområdenas läge utan i lika hög grad läget av älvens trösklar. Således låg mynningsområdet nedströms fallen vid Trollhättan i över 5000 år.

När inlandsisen smälte bort kom stora mängder suspenderade silt- och lerpartiklar att föras ut i havet där de avsattes som glacial lera. Nära iskanten och vid stora flöden av smältvatten bildades i vissa lägen varvig lera som utgör de äldsta delarna av den glaciala leran. Grus och sten som påträffas i leran härrör sannolikt från partiklar som smält fram ur isberg och fallit ner i leran.



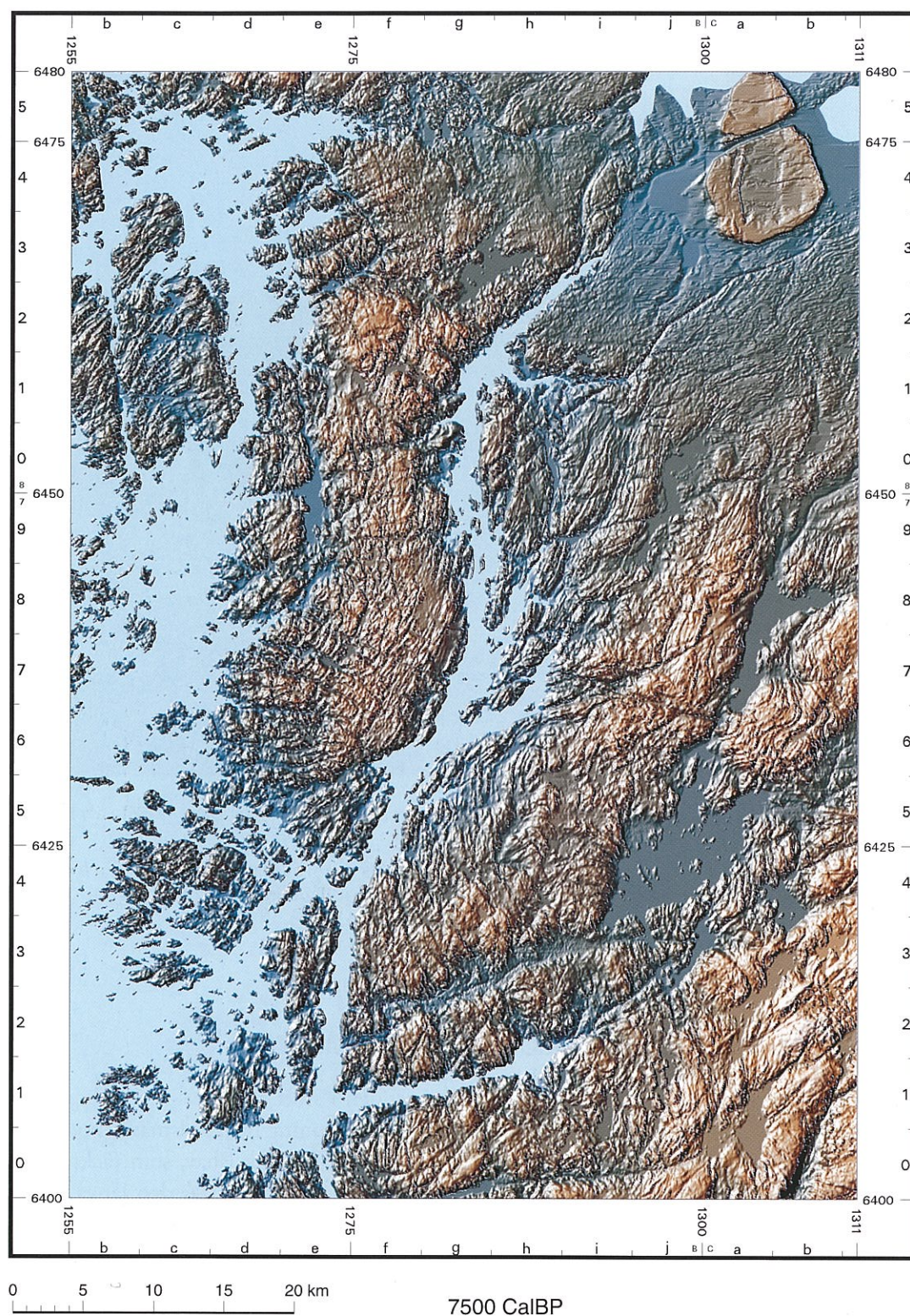


Fig. 18. Paleogeografisk karta som visar fördelningen mellan land och hav för 7 500 år sedan.  
*Palaeogeographical map over the Göta älv river valley showing the distribution between land and sea at about 7 500 cal BP.*



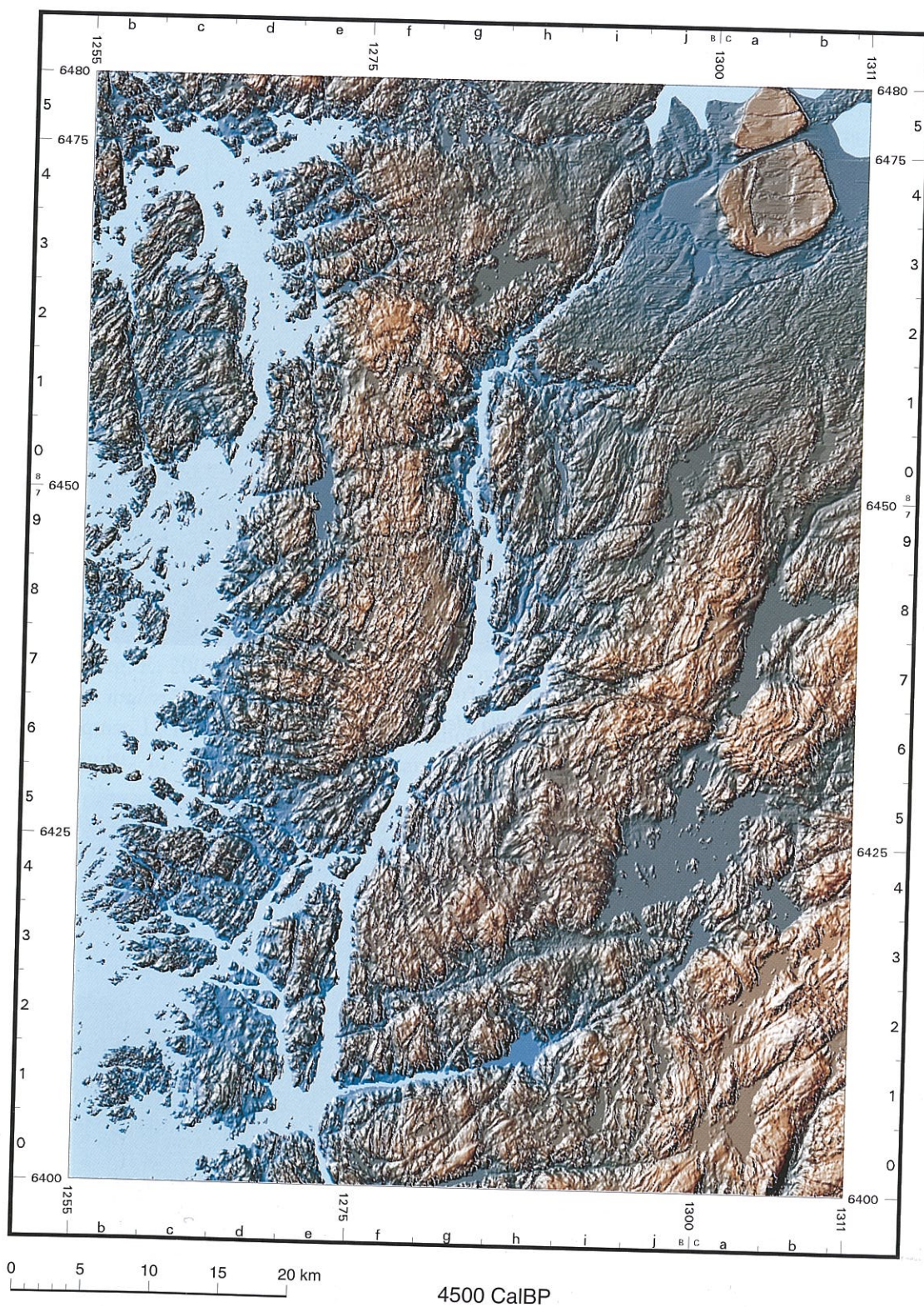


Fig. 19. Paleogeografisk karta som visar fördelningen mellan land och hav för 4 500 år sedan.  
*Palaeogeographical map over the Göta älv river valley showing the distribution between land and sea at about 4 500 cal BP.*





Fig. 20. Eroderade brinkar av glacial lera på älvens stränder. Foto Fredrik Klingberg.  
*Eroded slopes consisting of glacial clay are common north of Lilla Edet.*



Fig. 21. Postglacialt plan av lera norr om Dösebacka. Foto Fredrik Klingberg.  
*The postglacial clay plane north of Dösebacka.*

Efter isavsmältningen har delar av den glaciala leran, men även andra jordarter, successivt eroderats och sedan avlagrats på nytt i Götakilen. Denna nybildade jordart klassificeras som postglacial lera och förekommer företrädesvis i breda avsnitt i dalgångens centrala delar. Efter det att klimatet blivit varmare för ca 10 500 år sedan kom även en hel del organiskt material, företrädesvis alger, att inlagras i lerorna. Härvid bildades gyttjeleror och lergyttjor i skyddade lägen i Götakilen.

I älven har deltan byggts upp i områden där strömhastigheten minskat. Ett sådant område finns idag i Nordre älvs mynningsområde. För mynningsområden gäller dessutom att sedimentationen skett relativt snabbt genom att lerpartiklar flockulerats när de kom i kontakt med havsvatten. De flacka lerplanen vid Utby och Torpa, söder om Lilla Edet samt vid Lödöse antas ha bildats som finkorniga mynningsdeltan då mynningen successivt förskjutits söderut (fig. 17).

## REFERENSER

- Adriellsson, P. & Fredén, C., 1987: Jordartskartan Marstrand SO/Göteborg SV. *Sveriges geologiska undersökning Ae 72*.
- Fredén, C., 1984: Jordartskartan Vänersborg SO. *Sveriges geologiska undersökning Ae 48*.
- Fredén, C., 1986: Jordartskartan Göteborg NO. *Sveriges geologiska undersökning Ae 40*.
- Hillefors, Å., 1969: Västsveriges glaciala historia. *Meddelanden från Lunds universitet, Geografiska institutionen, Avhandlingar 60*, 1–316.
- Järnefors, B., 1959: Jordartskarta över Götaälvdalen. *Sveriges geologiska undersökning Ba 20*.
- Klingberg, F., 2002: Maringeologiska kartan över Göteborgs Stad och Öckerö kommun. *Sveriges geologiska undersökning Ba 59:4*.
- Lundquist, I., 1988: Berggrundskartan Vänersborg SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 160*.
- Lundquist, I., 2000: Berggrundskartan över Göteborgs kommun. *Sveriges geologiska undersökning Ba 59*.
- Magnusson, E., 1978: Jordartskartan Göteborg SO. *Sveriges geologiska undersökning Ae 26*.
- Påsse, T. & Andersson, L., 2005: Shore-level displacement in Fennoscandia calculated from empirical data. *GFF 127*, 253–268.
- Samuelsson, L., 1977: Berggrundskartan Göteborg SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 117*.
- Samuelsson, L., 1982: Berggrundskartan Göteborg NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 136*.
- Sundborg, Å. & Norrman, J., 1963: Göta älv. Hydrologi och morfologi med särskild hänsyn till erosionsprocesserna. *Sveriges geologiska undersökning Ca 43*, 88 s.

## KARTBILAGA

Ytsedimentkarta över älven i 12 delar.



