K 614

Beskrivning till jordartskartorna
8C Lidköping NV, NO, SV och SO samt Mellerud SO

Mats Engdahl

SGU
Sveriges geologiska undersökning

ISSN 1652-8336
ISBN 978-91-7403-437-0

Närmare upplysningar erhålls genom
Sveriges geologiska undersökning
Box 670
751 28 Uppsala
Tel: 018-17 90 00
Fax: 018-17 92 10
E-post: kundservice@sgu.se
Webbplats: www.sgu.se

Omslagsbild: Hindens rev, södra sidan i bakgrunden.
I förgrunden sandbankar som framträder vid lågt vatten i Vänern.
Foto: Mats Engdahl.

© Sveriges geologiska undersökning, 2018
Redaktör: Johan Sporrong

INNEHÅLL

Inledning **4**

Metodik **4**
Kartunderlag 4
Karteringsmetod 4
Användningsområden 6

Den geologiska utvecklingen **7**
Sammanfattning 7
Topografisk beskrivning av området 7
Berggrund och morfologi 8
Istiderna och jordarternas bildning 10
Utvecklingen efter den senaste istiden 10

Beskrivning av jordarterna i området **11**
Isräfflor och isrörelser 11
Jorddjup 12
Urberg 14
Tunt eller osammanhängande jordtäcke 15
Vittringsjord 15
Enstaka stora block och jordens blockhalt 15
Morän 16
  Moränens ytformer 16
  Moränens mäktighet och sammansättning 21
Isälvssediment 22
Finkorniga havs- och sjösediment 25
  Glacial lera 25
  Raviner och skredärr 27
Gammastrålning från marken 29
Grovkorniga havs- och sjösediment 30
  Klapper 31
  Svallgrus och svallsand 31
Vindsediment 32
Svämsediment 32
Torv 34
Källor 35
Högsta kustlinjen och strandförskjutningen 35

Geologiska sevärdheter inom området **37**

Analysmetoder **40**

Summary **44**

Referenser **45**

INLEDNING

Kartläggningen av området påbörjades år 2009 som en del i ett projekt omfattande västra Västergötland med benämningen ”Lidköping, jord” (fig. 1). Projektet ingår i den insamling av lokal jordartsinformation som pågått från senare delen av 1900-talet och framåt.

Kartläggningen i fält utfördes under åren 2009 t.o.m. 2014. Under 2009 var Tore Påsse projektledare. Sedan 2010 har Mats Engdahl varit projektledare. Successivt under åren har leveranser gjorts av jordartsdata och som då strax efteråt blivit tillgängligt för användarna. All insamlad information finns inlagrad i databaser sedan början av 2015. Övrig medverkande SGU-personal var: Sven Erik Sundevall, Otto Pile, Olof Larsson, Åsa Lindh, Fredrik Klingberg, Nils Dalberg, Anders Backström, Jan-Erik Wahlroos, Gustaf Peterson, Cecilia Karlsson, Lars-Eric Olander, Torbjörn Persson, Kristian Schoning, Roger Smedberg, Colby Smith samt extrageologerna Sandra Dahlgren och Jenny Molin. Figurerna i beskrivningen har Åsa Lindh tagit fram. Avsnittet om berggrunden har Lena Lundqvist skrivit. Jonas Ising, Tore Påsse, Cecilia Karlsson och Henrik Mikko har granskat jorddatabaserna vid leveranserna. Beskrivningen har granskats av Kärstin Malmberg Persson. Beställare till arbetet har varit Anna Åberg, Lars Rodhe och Anna Hedenström. Till alla riktas ett stort tack från SGU genom Mats Engdahl.

Nästan hela kartområdet täcks av äldre geologiska kartor i skala 1: 50 000 (Karlsson 1870), (Munthe 1903, 1906), (Sandegren 1927) och (Mohrén m.fl. 1974).

I samband med kartläggningen har geotekniska utredningar och lagerföljder samlats in. Geotekniska uppgifter har hämtats från Trafikverket och Lidköpings, Vara och Grästorps kommuner. En del uppgifter har också fåtts från Försvarsmakten, Såtenäs flygflottilj. Lagerföljder från brunnsborrningar i SGUs brunnsarkiv har varit ett stöd vid kartläggningen.

METODIK

Kartunderlag

Karteringen har utförts på Lantmäteriets Fastighetskarta i skala 1:10 000. I senare delen av projektet (från 2012) har dessutom Lantmäteriets nationella höjdmodell (NH) använts som kompletterande karteringsunderlag. Jordartskartorna i större delen av områdena Lidköping SV och SO har kartlagts med ett fältunderlag där nationella höjddata (NH-data) och fastighetsinformation har kombinerats ihop. NH är framtagen genom flygburen laserskanning av markytan med en mycket hög lägesnoggrannhet. Kompletterande flygbildstolkning har gjorts med hjälp av IR-flygbilder (diapositiv) i skala 1:30 000.

Den insamlade informationen lagras i databaser. På de framställda geologiska kartorna kan en del av den topografiska kartans information ha utelämnats för att de geologiska beteckningarna skall framträda bättre.

För att man lättare skall återfinna lokalnamn som används i beskrivningen följs lokalangivelser i texten av koordinater i SWEREF 99. Koordinatsystemet finns markerat på jordartskartornas ram och kartorna i de olika figurerna i beskrivningen. I de allra flesta fall är koordinaterna inmätta med handburen GPS. En översikt över det karterade området redovisas i figur 1.

Karteringsmetod

Kartläggningen har utförts på lokal nivå (metod A) vilket innebär ett relativt omfattande fältarbete. Denna metod har beskrivits ingående i den allmänna delen i tidigare kartbladsbeskrivningar som publicerats i SGUs serie Ae. Kartläggningen bygger till största delen på fältkontroll av jordarterna med hjälp av stickspjut, handborr och spade. Jordarterna klassificeras med hänsyn till kornstorlek (tabell 1) och bildningssätt eller bildningsmiljö (t.ex. morän, isälvssediment eller svallsediment). Fältobservationerna kompletteras med tolkning av Lantmäteriets NH samt flygbilder. Upplysningar om lagerföljder och mäktighet erhålls i befintliga skärningar och genom borrningar med tyngre utrustning. Dessutom

Tabell 1. Svenska geotekniska föreningens (SGFs) korngruppsskala.
Swedish Geotechnical Association's grainsize scale.

Kornstorlek	0,002	0,006	0,02	0,06	0,2	0,6	2	6	20	60	600	mm
	Fin-silt	Mellan-silt	Grov-silt	Fin-sand	Mellan-sand	Grov-sand	Fin-grus	Mellan-grus	Grov-grus			
Ler	Silt			Sand			Grus			Sten	Block	

Figur 1. Översiktskarta över det undersökta området. I marginalerna finns koordinater i SWEREF 99.
The extent of the mapped area. Coordinates in the margins.

utnyttjas information från bl.a. SGUs brunnsarkiv samt geotekniska utredningar från kommunala arkiv och Trafikverkets olika arkiv. Ett antal prover av olika jordarter analyseras för kontroll av jordartsbedömningarna i fält, men också för beskrivningen av jordarterna (se tabell 2). Karteringsresultatetet skall med vissa undantag visa jordarten under det av odling påverkade skiktet, dvs. på ca 0,5 m djup. Uppgifter om lägesbestämda lagerföljder, räfflor, prover, foton m.m. finns lagrat i databasen ”Jorddagboken”. Det mesta av informationen finns tillgängligt på www.sgu.se under geolagret och i SGUs Kartvisare.

Den geologiska bilden är generaliserad för att passa skalområdet 1:25 000–50 000. Vissa företeelser, såsom berghällar och torvmarker, kan dock avgränsas med stor noggrannhet med hjälp av höjddata. Generellt eftersträvas en lägesnoggrannhet av 10–25 m. Den geologiska kartbilden är generaliserad för att underlätta kartans läsbarhet. En allmän regel för generaliseringen är att kartbilden i möjligaste mån ska återge ett områdes allmänna karaktär. Det innebär t.ex. att vissa små ytor kan uteslutas, förstoras eller slås samman till en större yta. En flikig jordartsgräns kan jämnas ut. Inom områden med växlande jordarter redovisas som regel den jordart som dominerar. Ytor som är för små för att kunna redovisas ytriktigt redovisas i en del fall som punktobjekt, t.ex. små bergblottningar och blocksänkor. Jordartsytor med en diameter mindre än ca 25 m redovisas endast om de har stor betydelse för förståelsen av geologin, såsom bergblottningar och isälvsmaterial eller morän som sticker upp genom yngre avlagringar.

Geologiska gränser är ofta diffusa och utgörs av övergångszoner i terrängen. Kartans gränser kan därför ge intryck av en noggrannhet som varken har täckning i karteringsmetodens noggrannhet eller den geologiska gränsens verkliga karaktär. Lägesfelen i avgränsningarna kan uppgå till 50 m. Det är därför viktigt att påpeka kartbildens översiktliga karaktär. För många användningsområden, t.ex. vid planläggning av anläggningsarbeten och vid olika riskbedömningar, krävs därför en mer detaljerad information.

Användningsområden

Den geologiska informationen i databasen och beskrivningen kan användas på många sätt som underlag för en hållbar utveckling av samhället. Exempelvis som underlag vid översikts- och detaljplanering och för markanvändningsfrågor, för bedömning av georisker såsom ras, skred och erosion, för planering av materialförsörjning, för avgränsning av grundvattenmagasin och sårbarhet för grundvatten och som underlag för klimatanpassning. Informationen kan också användas i samband med inledande undersökningar av grundförhållanden för ny infrastruktur och byggande av bostäder och industrier.

Information om jordarternas fördelning och sammansättning är väsentliga för bedömning av deras egenskaper vid erosion och känslighet för ras och skred. Tillsammans med Lantmäteriets höjddata kan en produkt tas fram som visar s.k. aktsamhetsområden. Dessa aktsamhetsområden visar översiktligt var förutsättningar för jordskred i finjord finns. Informationen är tänkt att användas i tidigt planeringsskede för att identifiera områden där skredfara kan förekomma och där ytterligare bedömningar eller undersökningar kan behöva göras.

Jordartskartan är också det viktigaste underlaget för bedömning av vilka kuststräckor som riskerar att drabbas av stranderosion.

DEN GEOLOGISKA UTVECKLINGEN

Sammanfattning

Berggrunden i området domineras av urberg (mestadels olika typer av gnejs) som är 1–1,7 miljarder år gamla. För ca 600 miljoner år sedan bildades under en lång period ett peneplan (flack yta) genom erosion och vittring av berggrunden i Västergötland och andra delar av Skandinavien. Delar av platåberget Hunneberg påträffas i den sydvästra delen av området på peneplanet. Hunneberg bildades för 550–280 miljoner år sedan och består av sandsten, kalksten och olika typer av skiffrar. Överst finns en täckande diabas. Terrängen som helhet i området lutar svagt mot norr och nordväst. Berggrunden och topografin i hela området har i hög grad påverkat hur landskapet ser ut idag men även jordarternas sammansättning och fördelning.

För ca 2,6 miljoner år sedan inleddes kvartärtiden som är den yngsta perioden i jordens utvecklingshistoria. Den geologiska perioden kvartär kännetecknas av återkommande nedisningar i bland annat Nordeuropa och Nordamerika. För ca 115 000 år sedan inleddes den senaste istiden, Weichseltiden. Den senaste nedisningen hade sitt maximum för ca 20 000 år sedan då isen täckte hela Skandinavien och de nordliga delarna av Europa. Jordlagren i Sverige har till största delen bildats under den senaste nedisningen och nedisningar före denna. För ca 13 000 år sedan blev området isfritt och täcktes då av ett hav som nådde ca 125 m över nuvarande havsnivå. Landhöjningen, som var snabb direkt efter att isen lämnat området, gjorde att för ca 11 000 år sedan bildades Vänern som en insjö från att ha varit en del i det senglaciala havet. Idag är landhöjningen ca 2 mm/år i området.

Markytan i området består av drygt 50 % glacial lera, som är bildad i det senglaciala havet. Varaslättens bördiga lera består av denna typ av lera med en relativt hög lerhalt och näringsrika mineral. Spannmål, som t.ex. vete, är väl lämpade att odla på Varaslätten. Ca 15 % av markytan i området består av sand som underlagras av glacial lera. Sand finns närmast Vänern i norr och i den södra delen av området. Sand är ofta en lättarbetad jordart och kan tidigt brukas under våren. Om sanden består av ansenliga mängder finsand är den en mycket lämplig jordart för att odla flera typer av grönsaker. Isälvssediment (sand, grus och sten), som innehåller stora grundvattenmagasin, finns i begränsad omfattning i området och det är endast på några få ställen brytning fortfarande pågår. Stora moränområden finns endast i sydöstra delen av området. Moränen har en kornstorlekssammansättning och mineralinnehåll som lämpar sig till skogsbruk.

Erosion och skred förekommer längs de stora vattendragen i området. Mest tydligt är detta längs Lidan och dess biflöden. I ett område söder om Vara finns förekomster av flygsand och det är vanligt att man i odlingsområdena under tidiga vårar har sand i luften vid kraftiga vindar. Övriga flygsandområden är bevuxna och det förekommer därför ingen vinderosion.

Topografisk beskrivning av området

Större delen av kartområdet kännetecknas av en småbruten till flack urbergsterräng, det subkambriska peneplanet. Det subkambriska planet är en plan urbergsyta som jämnades ut av vittring och erosion före den kambriska perioden. Terrängen höjer sig från Vänern i nordväst, ca 45 m ö.h. till de sydöstra delarna av kartområdet, som ligger ca 150 m ö.h. Centralt i kartområdet finns Varaslätten, ett flackt område, beläget 60–70 m ö.h. Den uppodlade Varaslätten begränsas i väster av Kedumsbergen, som är en bergskedja som fortsätter norrut över Kålland och ut i Vänern vid Kållandsö. I sydöst övergår den flacka Varaslätten till ett svagt sluttande område (Vedum-Larv-Edsvära). Sydöst om det här området finns ett relativt plant höjdområde (100–150 m ö.h.). Det här området är till stora delar skogbevuxet.

Inom kartområdet finns en liten del av Hunnebergs östra kant där höjden över havet är ca 153 m ö.h. Omgivande peneplan ligger ca 100 m lägre (fig. 2).

I och med att terrängen i undersökningsområdet som helhet lutar mot norr och nordväst så rinner vattendragen i samma riktning. De stora vattendragen är Nossan, Lidan och Flian (fig. 1). Erosion, ravinbildning och skred är vanliga längs kanterna av vattendragen.

Figur 2. Utsikt från Hunneberg mot norr. I bakgrunden Vänern med viken Dättern och bakom syns även Vänersnäs. Foto: Mats Engdahl.
View from the table-mountain Hunneberg towards the north. Lake Vättern in the background.

Berggrund och morfologi

Berggrunden i området domineras av urberg. En mindre del av Hunneberg, vilken är del av Västergötlands platåberg, ingår också i området (fig. 3).

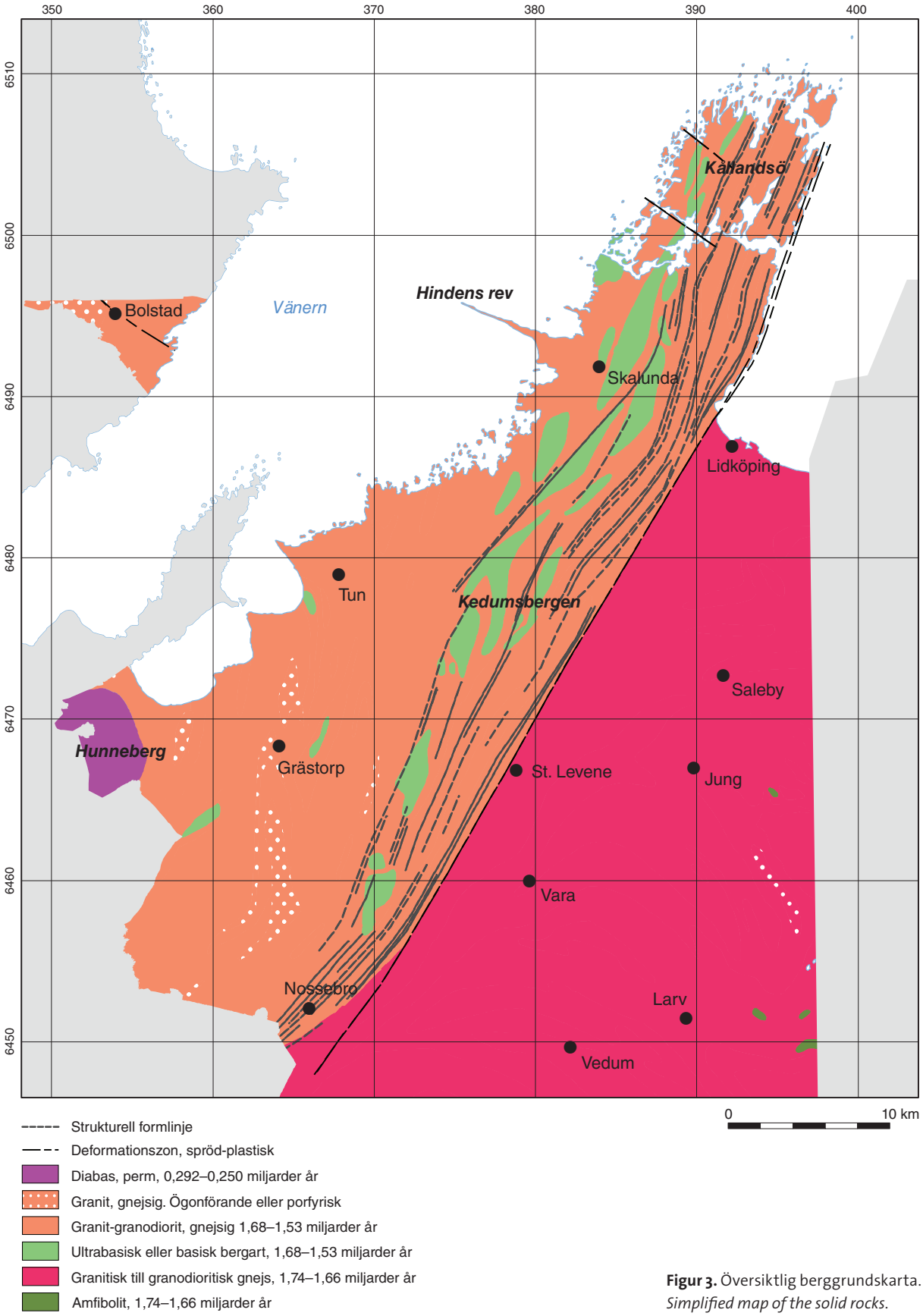
Centralt i området finns den regionala deformationszonen Mylonitzonen som utgörs av ett nord–sydligt, flera kilometer brett bälte bestående av flacka eller branta, mer eller mindre parallella deformationszoner. Denna zon sträcker sig från Varberg-Bua i söder norrut via Vänern, genom Värmland och in i Norge där den täcks av fjällkedjan. Mylonitzonen är uppbyggd av såväl plastiska som spröda deformationszoner och myloniter med mellanliggande partier med lägre deformation. Berggrunden inom detta område är lokalt bandad med decimeterbreda band av skilda sammansättningar. Mylonitzonen anses ha bildats för ca 1,0 miljarder år sedan när berggrunden väster därom (den s.k. Idefjordenterrängen) kolliderade med och sköts upp på berggrunden i öster (det s.k. Östra segmentet). Rörelser har skett i detta bälte vid ett flertal tillfällen. Mylonitzonen är även en gräns som grovt sett delar Sydvästsverige i två skilda berggrundsgeologiska delar (så kallade geologiska terränger).

Väster om Mylonitzonen, i området Kållandsö och västerut dominerar gnejsiga magmatiska bergarter med huvudsakliga bildningsåldrar på ca 1,6 miljarder år. Öster därom dominerar migmatitiska ortognejser med en ålder av ca 1,7 miljarder år. Centralt i området, i de s.k. Kedumsbergen finns även rikligt med basiska till ultrabasiska bergarter.

Hela området är starkt präglat av den Svekonorvegiska bergskedjan som täckte området för ca 1 miljard år sedan. Denna bergskedja var av samma dignitet som Himalaya. Den berggrundsyta som vi ser i markytan idag var då täckt av höga berg och utsatt för höga tryck och temperaturer. Berget var därför mjukt och plastiskt och började smälta. Detta har gett upphov till de kraftigt veckade strukturer och tunna ådror av kvarts och fältspat som är så karaktäristiskt för Sydvästsveriges berggrund.

En sammanfattande bild av berggrundsmorfologin beskrivs av Lidmar-Bergström (2002). Grovt sett kan kartområdet delas in i två delar: Västgötabergens platåberg, här representerade av Hunneberg samt ett utsträckt plant slättområde, det subkambriska peneplanet.

Peneplanet utbildades under en lång period av erosion och vittring för omkring 600 miljoner år sedan. Även erosionsförloppet har beskrivits av Lidmar-Bergström (2004). Utformningen av detta slättområde beror på att de processer som skapat rörelser i jordskorpan varit obetydliga här under mycket lång tid, kanske 100 miljoner år. Under denna period vittrade berget ner till en helt flack, vidsträckt erosionsyta,



Figur 3. Översiktlig berggrundskarta.
Simplified map of the solid rocks.

som återfinns i delar av Skandinavien. I Västergötland är detta peneplan mer eller mindre intakt.

För ca 550 miljoner år sedan svämmades slättområdet över av ett grunt tropiskt hav. De bergarter vi ser i platåbergen idag bildades i detta hav under tidsperioderna kambrium, ordovicium och silur. Platåbergens bildning har beskrivits av Ahlberg m.fl. (2013). De sedimentära avlagringarna avslutas i silur. Orsaken till att dessa mjuka bergarter bevarats i Västergötland är att de har täckts av en kappa av diabas. Denna har sitt ursprung i en magma som trängde upp genom urberget under perm, dvs. för ca 280 miljoner år sedan.

Istiderna och jordarternas bildning

Jordlagren i Sverige har bildats under den yngsta perioden i jordens utvecklingshistoria, kvartärtiden, som började för 2,6 miljoner år sedan. Denna period präglas av kraftiga temperaturförändringar som resulterat i perioder av nedisningar omväxlande med mellanistider (glacialer och interglacialer). Redan under neogenperioden, för 23–2,6 miljoner år sedan, blev jordens klimat successivt kallare och i slutet av perioden försämrades klimatet drastiskt samtidigt som temperatursvängningarna ökade. Detta mönster blev sedan mer uttalat under kvartärtiden. För ca 115 000 år sedan inleddes den senaste istiden, Weichselistiden. Med avbrott för kortare varmare perioder, interstadialer, varade Weichselistiden till för ca 11 600 år sedan.

Den senaste inlandsisen hade sin största utbredning för ca 20 000 år sedan. Isen täckte då hela Skandinavien och de nordliga delarna av europeiska kontinenten. I de centrala delarna var inlandsisen då ett par kilometer mäktig. Det är under denna senaste fas av Weichselistiden och tiden därefter som huvuddelen av kartområdets jordarter bildats.

Inlandsisen har gett upphov till en mycket stor del av de jordarter som täcker berggrunden i Sverige. När inlandsisen var tillräckligt mäktig blev den plastisk och rörde sig från de tjockaste delarna ut mot periferin. I isen togs såväl delar av den uppspruckna berggrunden upp liksom äldre jordarter. Materialet krossades, transporterades och avsattes slutligen som jordarten morän.

För 15 000 år sedan började isen smälta bort från västra Sverige och för ca 14 000 år sedan låg iskanten en bit innanför kusten i Bohuslän (Lundqvist 2002). När inlandsisen smälte bort från Bohuslän var landet nedpressat under isens tyngd och iskanten utgjorde en isbräcka med nord–sydlig utsträckning i Västerhavet. De sediment som avsattes framför isfronten bildades därför på ganska djupt vatten.

Efterhand som isavsmältningen fortsatte förflyttades iskanten från nuvarande kust mot nordöst och samtidigt höjde sig landet. Den högsta nivån i terrängen som varit täckt av havet kallas högsta kustlinjen (HK). Den ligger ca 120 m ö.h. i södra delen av området och ca 130 m ö.h. i den norra delen av det undersökta området.

I samband med att isen smälte frigjordes stora mängder smältvatten, som samlades till isälvar i sprickor och tunnlar på, i och under isen. Smältvattnet drog med sig, sorterade och avrundade det material som fanns i isen. Det grövsta materialet avsattes som isälvssediment bestående av sten, grus och sand i isälvstunnlar och vid isranden. I Västsverige avsattes sedimenten i form av randbildningar och deltan, främst i lågområden och dalgångar. Det finkorniga materialet spolades ut i Västerhavet och avsattes som finkorniga glaciala sediment, dvs. lera och silt.

Utvecklingen efter den senaste istiden

Västsverige präglas av jordarter som avsatts under och strax efter isens avsmältning. Även under den senare postglaciala tiden har en del jordarter avsatts. Den glaciala leran och silten täcks t.ex. delvis av svallsand och svallgrus som bildats genom vågornas och strömmarnas påverkan av tidigare avsatta jordarter i samband med landhöjningen. Det utsvallade materialet avlagrades vid och närmast utanför stränderna i Västerhavet som klapper (rundade stenar), svallgrus och svallsand. I princip hamnade klapper längst upp, grus utanför och sand längst ut från stranden. Idag är landhöjningen i området drygt 2 mm/år.

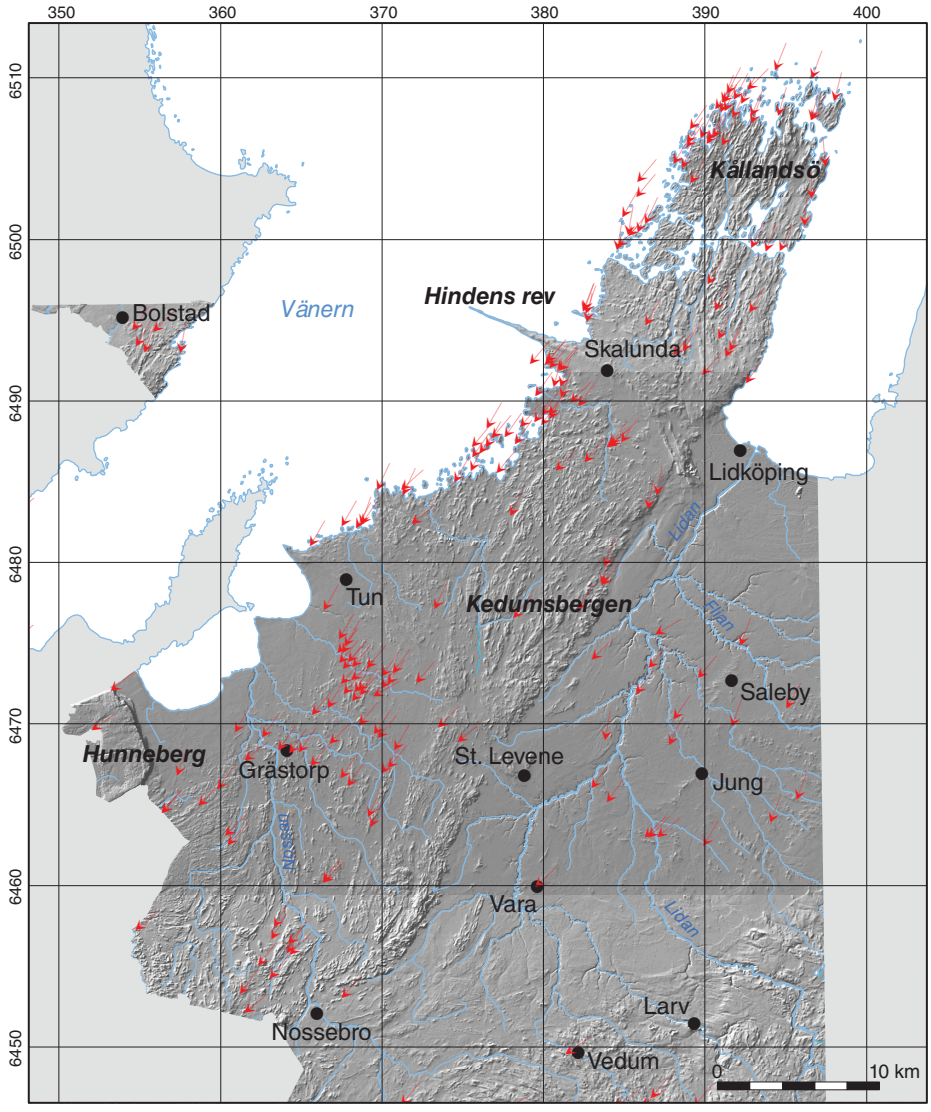
Vid istidens slut förbättrades klimatet avsevärt, dock med återkommande bakslag i temperaturhöjningen. Samtidigt som isen långsamt avsmälte och landet höjdes tack vare det lättande istrycket, kunde växt- och djurliv etablera sig i det frilagda landområdet. Gyttja avsattes på botten av sjöar och grunda havsvikar. Dessa växte så småningom igen till kärr och mossar där torv avsattes. Även människan omformar landskapet genom t.ex. utdikning av sjöar och våtmarker.

BESKRIVNING AV JORDARTERNA I OMRÅDET

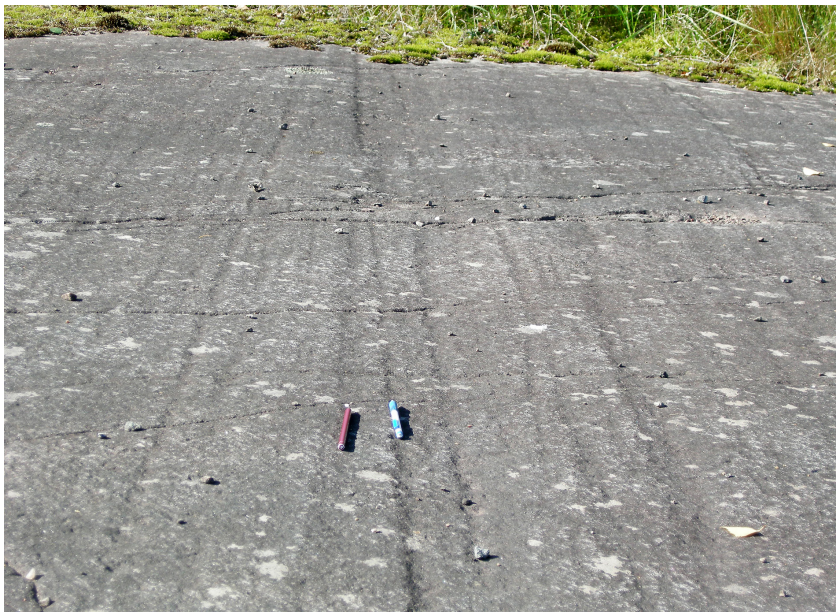
Isräfflor och isrörelser

Moränmaterialet, dvs. bland annat block, sten och grus, i inlandsisens bottenzon, repade och slipade den underliggande berggrundsytan. Reporna, isräfflorna, visar isens rörelseriktning under ett visst skede av nedisningen, vanligen vid isavsmältningen. I databasen och på SGUs kartvisare visas isräfflornas orientering som ett streck med en punkt som markerar observationsplatsen. Räfflornas riktning anges i 5-tal grader.

Inom det karterade området har det påträffats relativt få lokaler med räfflor. De dominerande bergarterna är relativt lättvittrade, vilket medfört att räfflor utplånats. Totalt har det gjorts räffelobservationer på ca 150 hällytor. Isräfflorna är ojämnt spridda över kartområdet (fig. 4). Det finns en övervikt av räfflor



Figur 4. Isräfflor inom kartområdet.
Glacial striae within the area.



Figur 5. Två olika räffelsystem på berggrundshäll 3 km nordöst om Grästorp (6470916/0366623).
Foto: Mats Engdahl.
Two different systems of striae on a bedrock outcrop.

på klippstränder längs Vänern. De bästa räffellokalerna påträffas på hällar som framträder när Vänerns vattenstånd är lågt. Huvuddelen av de redovisade räfflorna är fina till medelgrova.

Räffelriktningarna har en relativt liten spridning i området. I de norra och västra delarna av kartområdet, dominerar räfflor i riktningen N 20°– 30° O. Samma riktning har rundhällar i det här området. Liknande riktningar har uppmätts i angränsande områden i Vänernområdet (Engdahl 2002), (Påsse & Pile 2016). I samband med äldre kartläggningar har de uppmätta räfflorna också haft liknande riktningar (Karlsson 1870), (Sandegren 1927), (Johansson m.fl. 1943) och (Mohrén & Larsson 1974). Den gemensamma tolkningen från äldre och yngre kartläggningar är att Vänernbäckenet styrt isrörelseriktningen vid deglaciationen.

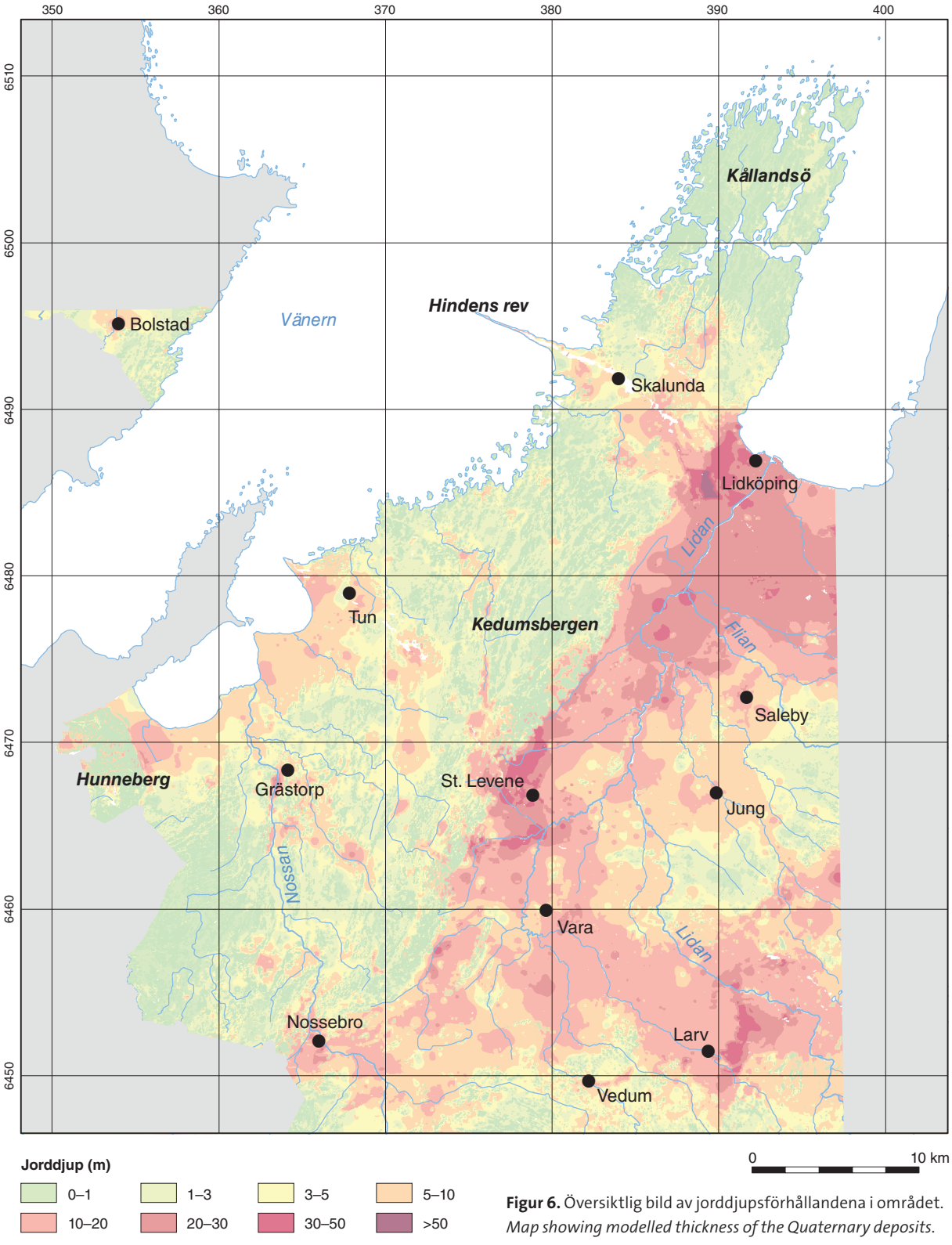
I den södra delen av kartområdet dominerar isräfflor med en riktning från ca N 45° O. Den här riktningen är vanligt förekommande i Västsverige när inte den lokala terrängen påverkat inlandsisens utbredning över ett område.

Ca 3 km nordöst om Grästorp (6470916/0366623) finns en häll som är vackert räfflad av isen från två olika håll (fig. 5). Dominerande riktning är N 30° O (vit penna) men även N 40° O (röd penna) förekommer.

Jorddjup

SGU har utvecklat en karttjänst för att visa jorddjupsförhållanden (Daniels & Thunholm 2014). Jorddjupsuppgifterna kommer huvudsakligen från SGUs brunnsarkiv samt insamling från kommunala och statliga geoarkiv i samband med jordartskartläggningen. Genom att använda de faktiska jorddjupen i kombination med information om berg i dagen, hämtad från jordartskartor, har en jorddjupsmodell tagits fram. Osäkerheten i modellen ökar med ökat avstånd från observationspunkterna.

Inom utredningsområdet finns ett stort antal borruppgifter men de är ojämnt fördelade över området (fig. 6). De flesta borruppgifter kommer från områden där jorddjupen är 0 till 5 m. Uppgifterna är framtagna i samband med brunnsborrningar där önskemålet från fastighetsägaren vid borrningen har varit att jorddjupet inte ska överstiga ca 2 m. Borruppgifter från stora flacka leromården är sparsamma i området. De modellerade värdena är därför något osäkra, men jorddjupsmodellen överdriver sällan djupet. Trots det går det att göra en översiktlig analys av förhållandena i kartområdet. Om borrningar saknas kan man anta att modellen visar för låga värden.



Figur 6. Översiktlig bild av jorddjupsförhållandena i området.
Map showing modelled thickness of the Quaternary deposits.

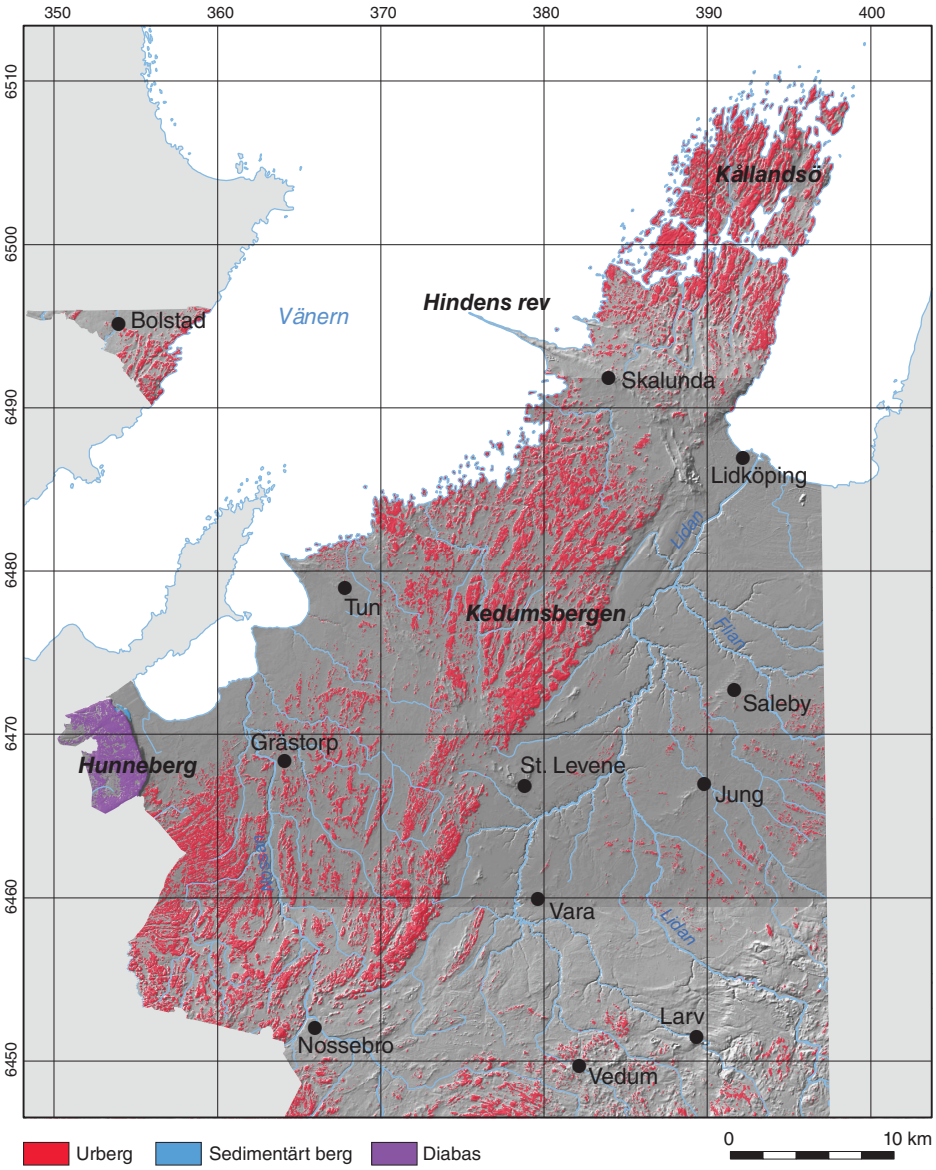
De djupaste jordlagren finns i anslutning till de stora isälvsavlagringarna vid Råda (öster om Lidköping), Järpås (norr om Stora Levene), Stora Levene och Larv. Ca 30 m är normalt, men jorddjup på mer än 50 m förekommer. Varaslätten, mellan Vara och Lidköping, är ett annat område med relativt stora jorddjup. Mäktigheten är normalt 20–30 m, men grundare och djupare delar finns. I omgivande områ-

den till Varaslätten, t.ex. Kedumsbergen, är jordmäktigheten normalt 0–5 m. I flackare områden inom dessa höjdområden kan mäktigheten på leran vara 10–20 m. Moränens mäktighet sydöst om den stora isälvsavlagringen i Larv är 5–10 m.

Urberg

Beteckningen urberg på jordartskartorna innebär att blottat berg dominerar inom den ytan. Flera små näraliggande bergblottningar sammanförs vanligen till en yta. Små bergblottningar, mindre än ca 10 m, redovisas som punktobjekt med ett rött plustecken på kartorna. Långsmala bergblottningar markeras som linjeobjekt.

Generellt sett är utbredningen av blottat berg måttlig (ca 15 %) inom det karterade området, vilket framgår av jordartskartorna och av figur 7. Mest framträdande är berg i dagen i ett flackt bergmassiv som sträcker sig från Främmestad via området Grästorp-Vara och vidare mot Tång, Örslösa, Kållandsö och ut i Vänern. Lurö-arkipelagen är en del av fortsättningen från Kållandsö av detta bergmassiv. Massivet är som mest ca 2 mil brett i den sydvästra delen och kallas för Kedumsbergen. Sydväst om Vedum finns också ett område med relativt mycket berg i dagen. I hela kartområdet finns dock uppstickande hällar även om det är glest mellan dem på Varaslätten.



Figur 7. Förekomst av berg i dagen i området.
Bedrock outcrops in the investigated area.

Tunt eller osammanhängande jordtäcke

Beteckningen tunt eller osammanhängande jordtäcke används i områden där berggrundsytans relief helt präglar morfologin, men där jordtäcket är så pass omfattande att det inte är lämpligt att på kartan markera berg i dagen. Inom området förekommer bergblottningar i varierande grad. Endast stora (med en diameter större än ca 100 m) sammanhängande ytor med kalt berg har markerats inom områden med tunt eller osammanhängande jordtäcke. Ofta är sådana områden, trots det begränsade jordlagret, täckta av högstammig skog, och avgränsningen av tunt eller osammanhängande jordtäcke är i de flesta fall mycket osäker. Jorddjupet mellan hällarna kan vara upp till ett par meter.

Tunt eller osammanhängande jordtäcke förekommer främst i bergmassivet Kedumsbergen där markytan domineras av antingen kalt berg eller berg med begränsad jordmäktighet ovanpå. Det största sammanhängande området av tunt eller osammanhängande jordtäcke ligger sydväst om Grästorp.

Ca 5 % av markytan i området har ett tunt eller osammanhängande jordtäcke på berget. Det kala bergets utbredning är tre gånger större.

Vittringsjord

Vittringsjordar bildas genom kemisk och fysikalisk sönderdelning av berggrunden. I Sverige har denna vittring i regel skett under perioder när klimatet var betydligt varmare än idag, t.ex. under mesozoikum, men även idag sker en vittring av berggrundens ytliga delar och stenar och block i morän eller isälvssediment.

Vittringsjord har inte markerats på jordartskartan men vittringsgrus har påträffats i små moräntäkter på några ställen. Vid maskingrävning i moränackumulationer i sydöstra delen av kartområdet förekommer det att stenar och block av mörka bergarter och grova graniter faller i bitar när man börjar flytta massorna med grävskopan.

Enstaka stora block och jordens blockhalt

Ett fåtal stora block, s.k. flyttblock, har markerats på jordartskartorna. I området har de flesta blocken en volym som understiger 125 m^3, som brukar vara en gräns för att de ska tas med i kartdatabasen. Ett sådant block finns norr om Björsjö (6447510/0394100) i skogsområdet Edsmären (fig. 8). Flyttblocket har en volym av ca 60 m^2 och ligger på toppen av en moränkulle.

Figur 8. Ett flyttblock norr om Björsjö. Foto: Mats Engdahl.
An isolated large boulder north of Björsjö (6447510/0394100)

I samband med klassificeringen av jordarterna i fält görs även en bedömning av jordarternas blockhalt i markytan. Blockhalten i markytan indelas i fyra klasser: blockfattig, normalblockig, blockrik och storblockig. Förhöjd blockhalt i moränen kan ha flera orsaker. Moränen kan vara avsatt primärt med en högre blockhalt eller med stora block. Orsaken kan vara att moränen är korttransporterad och blocken har därmed inte krossats i isen innan avsättning. Den andra orsaken kan vara att blocken har bestått av bergarter som är hårda och motståndskraftiga mot nednötning och krossning. När moränen väl är avsatt så kan sten, grus, sand, silt och ler eroderas bort genom kraftig naturlig spolning av ett område och kvar blir ett område med rikblockig markyta. Ibland kan det vara svårt att avgöra om moränen är avsatt rikblockig eller om moränen genom spolning fått denna markyta.

Morän

Morän är den jordart som täcker större delen (ca 75 %) av Sveriges landyta. Jordarten bildades genom att inlandsisen tog upp material från berggrunden och tidigare avsatta jordarter, transporterade det och krossade det. Materialet avsattes som jordarten morän, både vid botten av en aktiv is och genom framsmältning ur en dynamiskt mer eller mindre död is. Huvuddelen av moräntäcket avsattes under den senaste istidens slutskede. Det kan dock i undantagsfall vara avsatt under tidigare faser av den senaste istiden eller t.o.m. under en tidigare istid.

Markytan i trakten består av endast ca 5 % morän (fig. 9) och den finns framförallt i de sydöstra delarna av det undersökta området.

Morän är vanligen en osorterad jordart uppbyggd av alla kornstorlekar, från block till lerpartiklar, se tabell 1. I morän förekommer dock ofta linser och skikt med sorterat material, vanligen sand och silt. Sand är den dominerande kornfraktionen i en morän som i huvudsak har bildats av urberg. I undersökningsområdet finns dock moräner innehållande gruskorn och stenar från sedimentära bergarter, framförallt sydväst om Kinnekulle och Mösseberg (Gillberg 1955, Engdahl 1997).

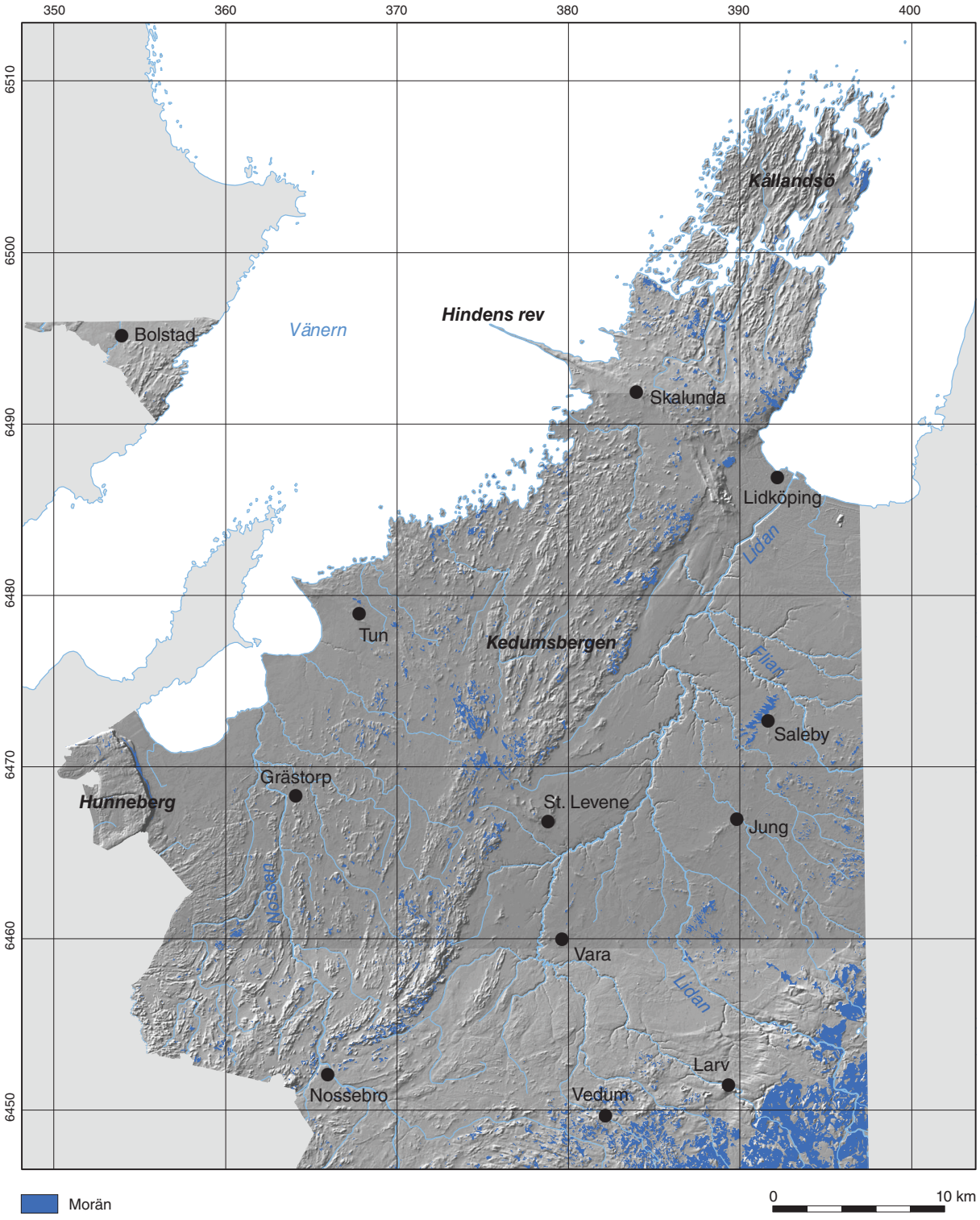
Vanligen ligger moränen direkt på berggrunden, och påträffas normalt även under yngre, sorterade sediment. Det förekommer också att moränen underlagras av äldre sorterade jordarter. Detta är dock ovanligt inom det karterade området.

I områden som ligger under HK har moränens ytligare delar delvis påverkats av vågorna och svallats och omlagrats.

Oftast bildar moränen ett relativt jämnt täcke med några meters mäktighet och följer berggrundformerna (fig. 10). Även om de stora dragen av moränens morfologi följer berggrunden så finns det ett ihållande mönster av låga och långsträckta ryggar, som benämns lineationer i framförallt morän (räfflad morän) i den sydöstra delen av området (fig. 9). Lokalt bildar moränen också andra egenformer vars utbredning och utseende är beroende av de olika processer som påverkat moränbildningen. På jordartskartorna redovisas, förutom den yttäckande och relativt jämna moränen, följande moränformer: kullig morän (moränbacklandskap), moränryggar (transversella mot isrörelseriktningen) samt drumliner eller liknande. Morän är dessutom den dominerande jordarten i områden som betecknats som ”Tunt eller osammanhängande jordtäcke på berg”.

Moränens ytformer

Större delen av området präglas av relativt små moränförekomster i markytan. Det är endast i sydöstra delen av kartområdet som stora moränområden finns i markytan och där är frekvensen av blottat berg ställvis låg. Kärrtorv finns i flacka sänkor i moränen. Grundvattenytan bedöms ligga strax under markytan i sänkorna. Moränen utgör ett 2–10 m tjockt täcke som delvis draperar den flacka bergytan i det här området (fig. 10). I övriga områden styrs terrängens ytformer främst av berggrundens morfologi. I områden med tätt uppstickande berghällar är moränens mäktighet ringa, som t.ex. i Kedumsbergen och öster om Vedum. Lagerföljder från brunnsborrningar visar på mäktigheter på 1–2 m i Kedumsbergen. En fullständig bild av moränens ytformer i området redovisas av Öhrling (2017).



Figur 9. Förekomst av morän i karteringsområdet.
The distribution of till within the mapped area.

Kullig morän

Den kulliga moränen består av mer eller mindre regellöst orienterade och relativt tätt liggande kullar och ryggar. Det är inte ovanligt att den kulliga moränens sammansättning är grövre än den yttäckande jämna moränens. Ofta finner man dessutom en ovanligt stor andel sorterade sediment i denna moräntyp. Anled-

Figur 10. Flack moränyta med enstaka uppstickande hällar 500 m sydöst om Tranekullen (6448750/0389150). Foto: Mats Engdahl.
Flat area of till with a few outcrops of the bedrock.

ningen är att moränen vanligtvis bildats i en miljö med dynamiskt död is, dvs. en del av landisen som inte längre rör sig. I dödisen har det förekommit såväl rinnande vatten som ganska omfattande massrörelser i moränen innan den konsoliderades. På kartorna redovisas den kulliga moränen med överbeteckning.

Kullig morän förekommer sporadiskt och främst i anslutning till de moränryggar som finns i sydöstra delen av kartområdet.

Kullarna är i regel rätt små; 2–5 m höga och 20–50 m i diameter. Kullarna ligger i regel tätt ihop. I kullområdena kan det också finnas oregelbundet orienterade moränryggar och ryggar som består av flera kullar i rad.

Moränen i kullarna varierar mellan sandig och grusig. Grusig morän är vanligare i kullarna än i den omgivande moränen med flack yta. Stenar och block i moränen är i regeI kantiga. Inslag av sorterad sand och grus är vanligt förekommande. Markytan kan vara normalblockig, blockrik eller storblockig.

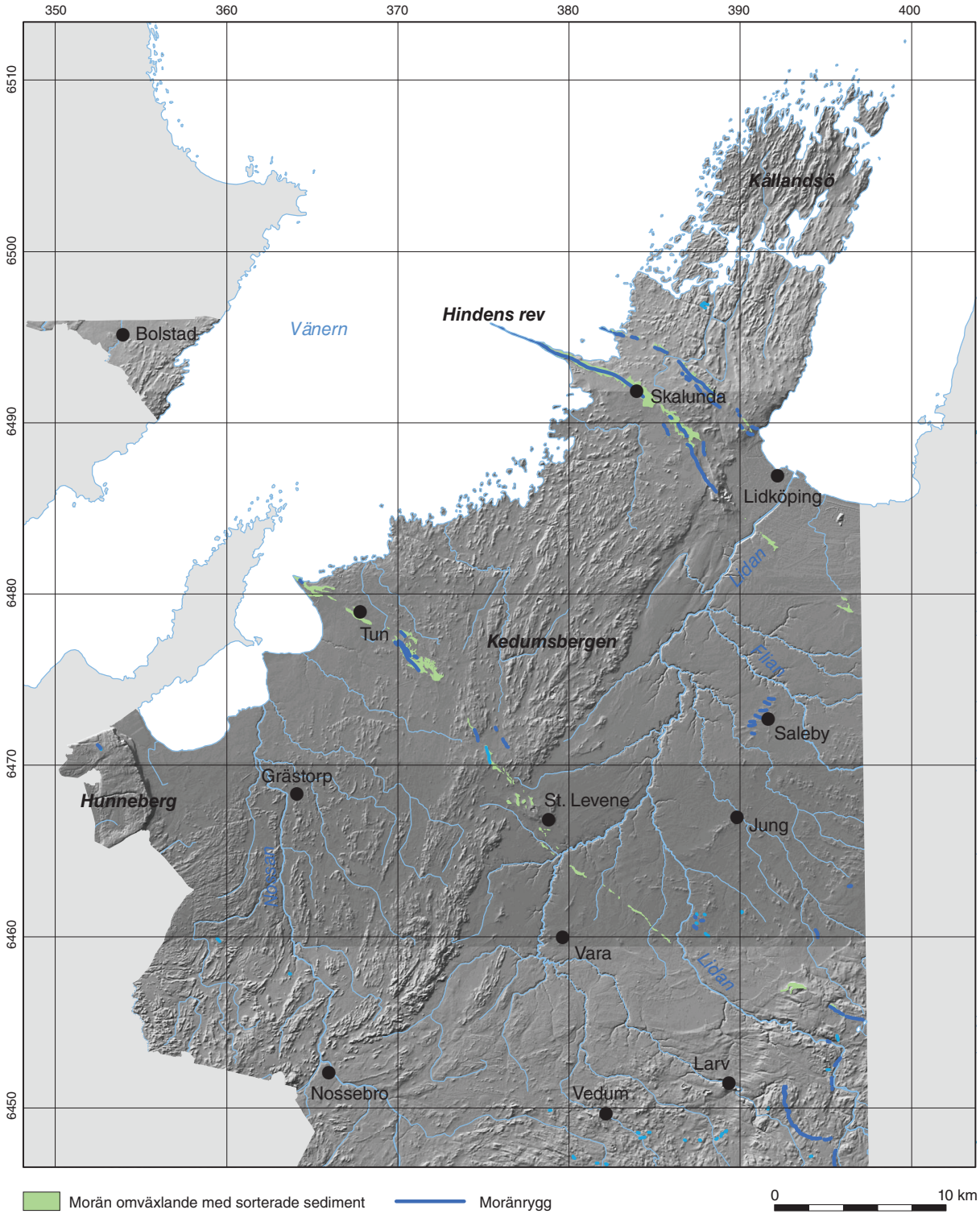
Den kulliga moränen i området antas ha bildats där partier av smältande dödis legat kvar efter att den aktiva isfronten dragit sig mot nordöst.

Moränryggar

Moränryggarna i området har på kartan markerats som ”moränrygg, transversell mot isrörelsen”. Dessa är ofta ansamlade i grupper. Det är vanligt att moränen i ryggarna har en relativt grov sammansättning och att blockhalten är relativt hög. De transversella moränryggarna förekommer i randlägena och i den sydöstra delen av kartområdet samt på några få platser i övrigt inom kartområdet. Ryggarna har en utsträckning i ungefär sydöst–nordväst. Ryggarnas utsträckning är ungefär vinkelrätt mot den dominerande isrörelseriktningen.

Moränryggarna är upp till flera kilometer långa, men ryggar kortare än ca 100 m har inte markerats på kartan. Bredden kan vara upp till ca 100 m och höjden över omgivande terräng 2–10 m. De flesta ryggarna är dock bara 2–4 m höga. Bägge typerna kan ha en ganska jämn form eller bestå av ett antal kullar i rad. Vissa, oftast de som är smala, har ett smalt, markerat krön medan de andra, som är breda, har ett avrundat krön. Ytan är vanligen normalblockig, dvs. samma blockfrekvens som omgivande morän.

Enstaka skärningar i ryggarna uppvisar sandig eller grusig morän. De flesta av ryggarna har bildats vid isfronten under isavsmältningen och antas vara randbildningar. De har beteckningen ”morän omväxlande med sorterade sediment” på jordartskartan. Små moränryggar, s.k. ändmoräner förekommer sporadiskt inom kartområdet. Väster om samhället Saleby finns dock en ansamling av ändmoräner (fig. 11). Ändmoräner har bildats innanför iskanten, men i sprickor parallella med denna, och är vanli-



Figur 11. Förekomst av morän omväxlande med sorterade sediment, dvs. randmoräner, och övriga moränryggar inom kartområdet.
The distribution of terminal moraines and end moraines in the mapped area.

gen 10–20 m breda och några meter höga. Svärmar av ändmoräner finns i angränsande kartområden i Mariestadsområdet (Engdahl 2002, Påsse & Pile 2016). En stor och mäktig moränrygg finns vid Kringlemossen (6448810/0393230) i skogsområdet Edsmären (fig. 12). Ryggen är ca 5 km lång, och bildad som en lobformad ändmorän (Öhrling 2017). Moränryggar finns även i angränsande område söderut där jordartsgeologin är liknande (Fredén 1990).

Figur 12. Ändmoränrygg i skogsområdet Edsmären (6448810/0393230). Foto: Mats Engdahl.
An end moraine in the woodland Edsmären.

Övriga moränryggar, som är oregelbundet orienterade eller har en utsträckning nästan parallell med isrörelseriktningen, har inte markerats på kartan. Dessa senare bildar ett mönster, s.k. lineationer, i terrängen och syns tydligt i höjddata (Öhrling 2017). En annan typ av moränryggar är ellipsformade och utsträckta i isrörelseriktningen. Dessa moränackumulationer är ofta flera hundra meter breda och kan vara flera kilometer långa (beskrivs i avsnittet Drumliner).

Randbildningar

I karteringsområdet finns två tydliga randlägen: Levenemoränen och mellansvenska israndzonen (fig. 11). Levenemoränen sträcker sig genom samhället St Levene vidare mot Tun och ut i Vänern (fig. 13) och avlagringarna i mellansvenska randzonen bildar bl.a. Hindens rev. Randbildningarna representerar framryckningar av iskanten och har skapats av sediment som tidigare fanns på platsen. Jordarterna i randbildningarna är därför varierande. Morän är vanligast men partier med isälvssediment och lera är relativt vanliga. Ca 2,5 km nordöst om Saleby finns en grustäkt (6473950/0394000) där veckade lager av lera och silt överlagrar gruset (fig. 14). Leran och silten, som tidigare avsatts i ett hav, är veckad genom en lokal framryckning av isen mellan de två stora randlägena i området.

På kartan betecknas stora randbildningar som morän omväxlande med sorterade sediment. Både i Levenemoränen och mellansvenska randzonen finns områden med mäktiga isälvsavlagringar t.ex. ”Rådaåsen” eller homogen morän. Dessa områden har på kartan markerats som isälvssediment respektive sandig morän. Ryggarna som består av sandig morän är ställvis svallade och grus och sand påträffas i markytan. Svallsedimentens mäktighet är vanligen några meter. Hindens rev är ett sådant område. Den totala mäktigheten av jordlagren i randbildningen vid Hindens rev är 10–15 m.

De Mellansvenska randmoränerna har bildats mellan 12 500 och 11 500 år före nutid. Den här perioden, som kallas Yngre Dryas-perioden var en extremt kall fas med nästan rent arktiska förhållanden. Isfria områden var under denna tid ständigt tjälade (permafrost). Inom kartområdet var området sydväst om randbildningen till stora delar isfritt, men permafrost rådde.

Drumliner

Drumliner är ellipsformade ryggar av jord utsträckta i isrörelseriktningen. De flesta drumlinerna i Sydsverige har en kärna av berg (Dowling 2016). Drumliner är långsträckta och ofta spolformiga moränryg-

Figur 13. Levenmoränen nordväst om Tun. I bakgrunden Vänersnäs med en vik av Vänern emellan. Mäktigheten av moränen i området är bara några meter på berget. Foto: Mats Engdahl.
The terminal moraine Levenemoränen

Figur 14. Veckade finkorninga sediment nordöst om Saleby (6473950, 0394000).
Foto: Tore Påsse.
Deformed fine grained sediments northeast Saleby village.

gar, vilka bildats subglacialt under aktiv is eller i kanten av isen. Beteckningen ”drumliner eller liknande” omfattar drumliner samt läsides- och stötsidesmoräner. De två senare typerna byggs upp kring en bergkärna. Det är vanligt att drumliner innehåller en hårt packad morän, men de kan också byggas upp av en stor andel sorterade sediment. Stora drumliner saknas i området.

Moränens mäktighet och sammansättning

Även ovanför HK varierar moränens utbredning; i mer kuperade områden finns mer blottat berg än i flacka områden, där moränen draperar berggrunden. Borruppgifter från SGUs brunnsarkiv innehåller information om moränens mäktighet och visar att moräntäcket är 1–3 m tjockt i större delen av området. Undantagsvis har 5–10 m mäktig morän påträffats, t.ex. i kartområdets sydöstra del.

Moränens sammansättning har, förutom i samband med den ytliga jordartsbedömningen, kunnat bestämmas i husbehovstäkter, små schakter vid husbyggnationer och i nygrävda diken.

Inom området dominerar sandig morän, typisk för urbergsområden i sydvästra Sverige. Några små områden med grusig morän har markerats på kartan. Den grusiga moränen är troligen underrepresenterad i kartbilden. Två moränprover har analyserats med avseende på kornstorlekssammansättning (fig. 33, tabell 2). Bägge utgjordes av sandig morän och bägge var tagna i den sydöstra delen av området. Metallhalterna i moränen är sedan tidigare undersökta (Andersson 2006).

De två moräntyperna sandig morän respektive grusig morän är inte två enhetliga grupper med avseende på kornstorlekssammansättning utan sammansättningen varierar relativt mycket mellan proverna. Variationerna i moränsammansättning beror dels på vilka processer som varit aktiva när moränen avsattes, dels på vilka bergarter som ingår i moränen (Engdahl 1997). Moränens lerhalt är låg, 1–3 %.

Kalkhalten har bestämts på två moränprov, och de innehöll bägge 0,4 % $CaCO_3$, se tabell 2. En undersökning av grusfraktionen i moränproverna från kartområdet visade dock så gott som enbart fragment av kristallint berg. Endast enstaka kalkstenar har påträffats i grusfraktionen.

Svallad morän

Morän med svallat ytskikt förekommer fläckvis i hela kartområdet under HK, dvs. under nivån ca 120 m ö.h. Morän med svallat ytskikt är inte tillgängligt i den information som visas i SGUs externa kartdatabas men finns inlagrat.

Den svallade moränen har ett tunt ytlager av svallsand eller svallgrus ovanpå den opåverkade moränen. Gruset och sanden kan också bilda låga strandvallar. Med hjälp av den nationella höjdmodellen kan små strandvallar urskiljas i moränterrängen under HK på många ställen.

Svallningen kan också visa sig genom att moränens ytlager utgörs av ett mer eller mindre heltäckande lager av stenar och block, där moränens ursprungliga finmaterial spolats bort. Markytans frekvens av sten och block är ofta mycket hög i sådana områden.

Moränens blockhalt

I samband med jordartsbedömningen i fält görs en bedömning av blockfrekvensen i moränens yta. Moränytorna delas normalt in i fyra klasser, från blockfattiga till storblockiga. Inom det karterade området är den absolut största delen av moränen normalblockig. Inom moränytor som bedömts som normalblockiga är variationen stor, från spridda till relativt tätt liggande block i olika storlekar.

Små ytor med blockfattig morän har påträffats på kartan. Dessa områden är dock så små så de har fått ingå in den normalblickiga ytan. Blockrik och storblockig morän har påträffats på några ställen. Den blockrika moränen förekommer i två olika terränglägen och har bildats på två olika sätt. Den finns dels ovanför HK och där ofta i anslutning till moränkullar och isälvsavlagringar. I dessa lägen är det landisens smältvatten som spolat bort moränens finare fraktioner och lämnat kvar en blockrik yta. Blockrik morän är dessutom vanlig under HK och där är det havets vågor eller strömmande vatten som spolat bort finmaterialet. Storblockig morän finns i några små begränsade områden.

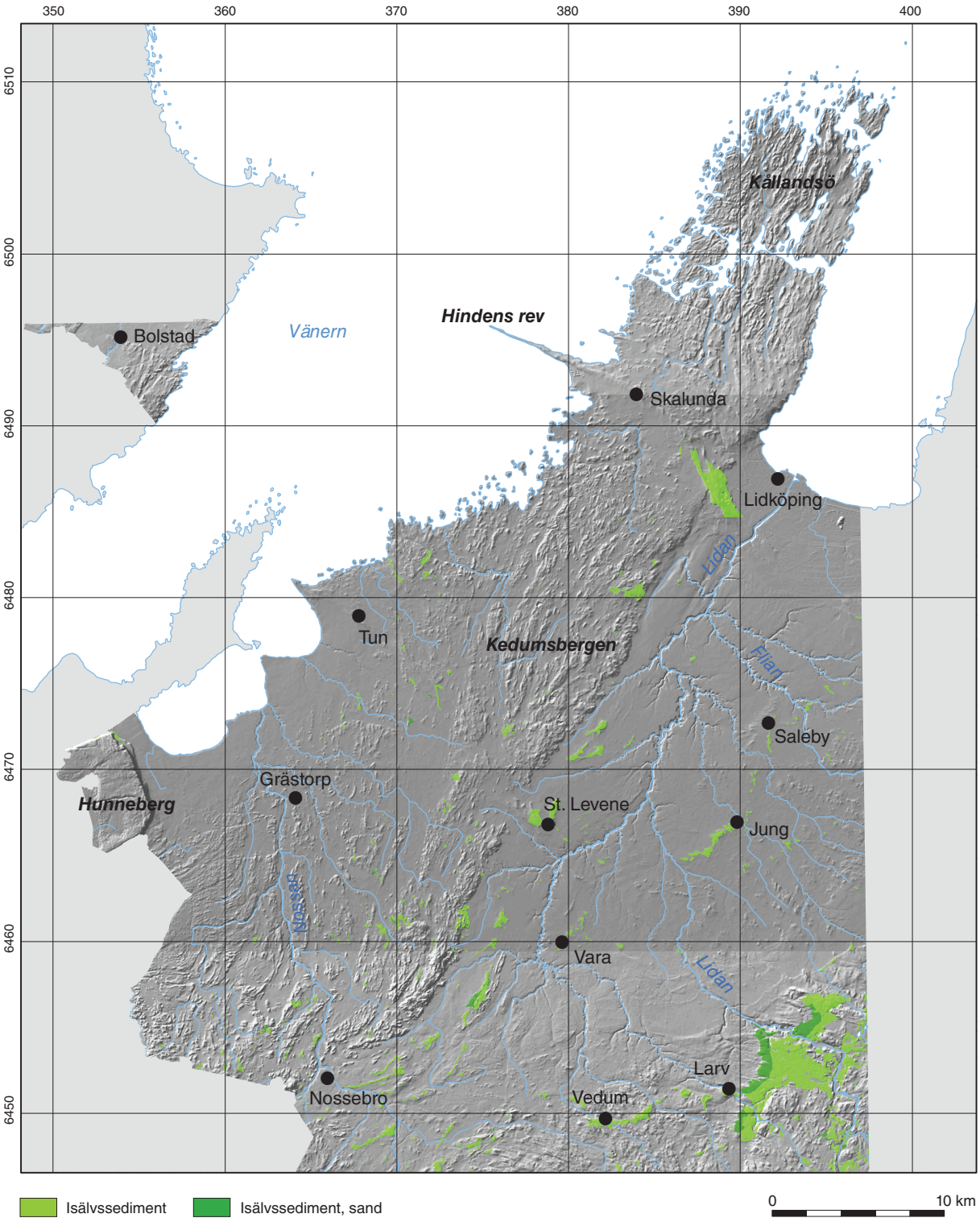
Isälvssediment

Isälvssediment består av block, sten, grus och sand som transporterats, sorterats och avsatts av smältvatten från inlandsisen. Sedimenten avsattes i tunnlar och sprickor i isens randzon samt framför isfronten. Sedimenten kännetecknas av att materialet är sorterat efter kornstorlek i olika skikt och lager samt att partiklarna är avrundade (jfr ”rullstensgrus”). Övergångsformer till morän förekommer.

Vid israndens successiva avsmältning bildades mer eller mindre sammanhängande isälvsavlagringar bestående av sorterade sediment med växlande sammansättning. I isälvstunnlar bildades ryggformade isälvsavlagringar, s.k. rullstensåsar. Framför isfronten avsattes avlagringar med plana ytor såsom deltan och sandurfält. Deltan är uppbyggda till vattenytan vid en isälvsmynning i sjö eller hav. Sandurfält är

flacka sand- och grusavlagringar avsatta framför isfronten över havs- eller sjöytan. Lateralterrasser bildas i en isälv eller sjö uppdämd av is mot en sluttning.

Isälvssediment förekommer i kartområdet i form av flacka ryggar (åsar), kullar, randbildningar, deltan, sandurfält och terrasser (fig. 15). Den totala ytan av isälvssedimenten utgör endast ca 3 % av det undersökta området. Isälvsavlagringarna tycks vid en första anblick vara oregelbundet spridda i kartområdet.



Figur 15. Förekomst av isälvsavlagringar i området.
Glaciofluvial deposits within the mapped area.

Figur 16. Isälvsdelta vid Stora Levene (6467500/0378000).
Foto: Mats Engdahl.
Glaciofluvial delta at Stora Levene.

Men vid en närmare studie så visar det sig att flera system framträder. På Varaslätten mellan Kedumsbergen och höjdområdet i sydöst finns flera olika system med åsar. Åsarna i området följer i stora drag isens avsmältningsriktning, vilken var mot nordöst. De är utsvallade och bildar flacka former. En del små avlagringar är emellertid svåra att följa och inordna i åsstråken, bl.a. de som ligger i Kedumsbergen.

Avlagringen väster om Lidköping ligger i en randbildning och det finns fler grusförekomster i andra randbildningar i området t.ex. i Stora Levene. Grusavlagringen ligger i randbildningen Levenemoränen, men är bildad som ett delta (fig. 16). Ca 2 m svallgrus ligger överst och därunder sand och grus i växellagring.

Den största sammanhängande grusförekomsten finns i sydöstra hörnet, öster om Larv. I det här området förekommer terrasser, sandurfält och deltan. Under isavsmältningen har isälvarna fört med sig block, sten, grus, sand, silt och ler från höjdområdet sydöst om området och avsatt det i Lidans dalgång och i kanten mellan höjdområdet och det låglänta området (fig. 15). De distala delarna av grusavlagringen vid Larv (nordvästra delarna) är avsatt som delta, ca 120 m ö.h., och domineras av glacial sand, som ställvis underlagras av lera. På kartan är dessa områden markerade som isälvssediment, sand. Deltaavlagringarna övergår i sandurfält österut. I ytan är dessa fält grusiga och steniga.

Avlagringen väster om Lidköping, Rådaåsen är imponerande i storlek. Nästan 5 km lång, ca 1 km bred och som mäktigast ca 50 m. Grundvattnet i Rådaåsen bildar ett grundvattenmagasin (Persson 2015). Grusavlagringen ligger i mellansvenska randzonen och är den enda grusavlagringen inom kartområdet i denna randbildning, som i övrigt mestadels består av morän eller en komplex jordart. Den komplexa jordarten kan vara morän, lera eller grus och sand, ofta i olika lager och skikt mot djupet.

Några isälvsavlagringar kan följas nästan utan avbrott i flera kilometer, medan andra är mer oregelbundna till formen och ”försvinner” ner i lermark. I stora lågområden under HK kan isälvsavlagringar döljas helt under vattenavsatta sediment som lera, silt, sand eller grus. Dessa dolda och djupt liggande grusförekomster har inte kunnat avgränsas på jordartskartorna. Detta gäller isälvsavlagringar i randstråken men även de som bildar mer eller mindre sammanhängande åsar.

I området Vara–Nossebro finns flera små isälvsavlagringar, som sedan fortsätter söderut och in i kartområdet Borås NV (Fredén 1997). Avlagringarna är ganska flacka och grundvattenytan bedöms ligga några meter ner. Tidigare täktverksamhet har förekommit. Idag finns flera kommunala grundvattentäkter i dessa isälvsavlagringar.

I området mellan Larv och Vedum i kartområdets sydöstra del finns flera kullar och ryggar som näst intill bildar en sammanhållen rygg. Ryggen är i stort sett västlig–östlig i sin sträckning och har nästan karaktären av en randbildning (fig. 15). Flera grustäkter har förekommit i dessa kullar och ryggar.

Isälvssediment på nivåer under HK, ca 120 m ö.h., har omlagrats i växlande grad genom svallning. Det omlagrade materialet, svallsedimenten, förekommer nu överlagrande för såväl isälvssediment som finkorniga sediment i anslutning till isälvsavlagringarna. Det kan vara mycket vanskligt att avgränsa isälvssediment mot omgivande svallsediment. Vanligen görs det med hjälp av morfologin och information från olika slags borrningar. Naturgrusförekomsterna inom området har inventerats av Ahlin (1982).

Finkorniga havs- och sjösediment

Beteckningen finkorniga havs- och sjösediment innefattar jordarterna silt och lera, av såväl glacialt som postglacialt ursprung. Även gyttjelera och gyttja innefattas under denna rubrik.

De glaciala sedimenten bildades genom att de finkornigaste partiklarna transporterades ut i öppet vatten av smältvattnet från isen. Där kunde de avsättas på havs- eller sjöbottnen och bilda en jordart som vanligen kännetecknas av en växellagring av finsand, silt och lera. Växellagringen, varvigheten, i bottenlagren av en glacial lera är normalt betingad av årstidsvariationerna i isens avsmältning och därmed vattenföringen i isälvarna. Varvigheten förekommer på västkusten endast i botten av en lerlagerföljd. Mot ytan minskar varvigheten och upphör oftast en bra bit under markytan. Detta är orsakat av att saltvatten strömmade in från Västerhavet vid sedimentationen av lerorna och blandades med det söta vattnet från Baltiska issjön (Fredén 1988). I sådan miljö håller sig de finaste lerpartiklarna ”svävande” och först när de fäster vid varandra (flockulerar) och blir tillräckligt tunga sedimenterar de till botten (Rosenqvist 1977). De glaciala finkorniga sedimenten har i kartområdet påträffats på nivåer upp till ca 115 m ö.h. Leran är normalkonsoliderad till svagt överkonsoliderad.

Även under postglacial tid har finkorniga sediment avsatts i hav och sjöar. De postglaciala finkorniga havs- och sjösedimenten utgörs till stor del av omlagrade glaciala finkorniga sediment. De postglaciala finkorniga sedimenten saknar i tydlig varvighet och kan innehålla organiskt material.

Vid Spiken (6506980/0395690) på Kållandsö har en detaljerad stratigrafisk undersökning av en lerlagerföljd gjorts (Dennegård 1984). Vid lokalen som ligger ca 50 m ö.h., dvs. ca 5 m över Vänerns medelvattennivå, har leran, även ytlagren, bildats i marin miljö. I Mariestadsområdet hittades postglacial lera upp till ca 3 m över Vänerns medelvattennivå (Engdahl 2002).

Postglacial lera finns endast i begränsad omfattning inom kartområdet och har därför inte separerats från den glaciala leran. Sedimenten förekommer i lågt liggande sänkor närmast Vänern. Huvuddelen av dessa sediment har avsatts efter det att Vänern isolerades från havet och blev en insjö (Engdahl 2002). Vid isoleringen, som är orsakad av landhöjningen, bildades en pasströskel ca 44 m ö.h., vid den södra delen av Vänern (von Post 1929). Detta hände för ca 11 000 år sedan (Dennegård 1984, Fredén 1988).

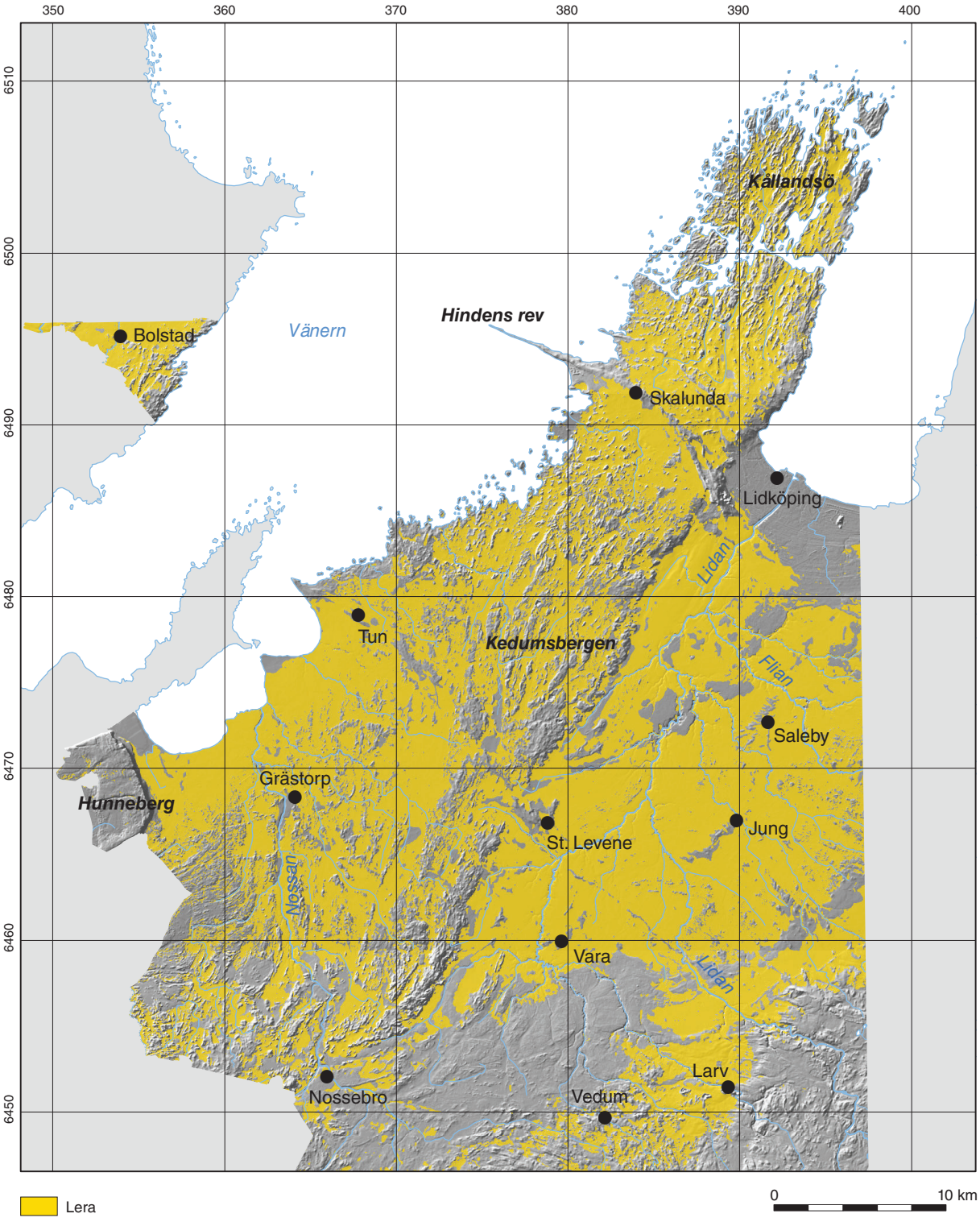
Gyttja, lergyttja och gyttjelera förekommer oftast i de lägsta partierna i området, i kustnära vikar, närmast Vänern. Lergyttja och gyttjelera har i sådana lägen påträffats i samband med fältarbetet. Ytligt liggande gyttjelera och lergyttja har ganska liten utbredning inom det karterade området. Fyra prover från dessa jordarter har analyserats avseende organisk halt, vilken varierade mellan 2,3 % och 12,5 %. Definitionsmässigt ska den organiska halten vara över 20 % för att jordarten ska kallas gyttja, mellan 6 och 20 % för att jordarten ska vara en lergyttja och mellan 2 och 6 % för att den ska heta gyttjelera. Tre av analyserna visade på gyttjelera och en lergyttja. Totalt analyserades 19 lerprover med avseende på organisk halt och de flesta låg under 2 %.

Glacial lera

Glacial lera är avsatt i Västerhavet i samband med isavsmältningen och påträffas till en nivå av ca 115 m ö. h. inom kartområdet. I markytan är den glaciala silten ovanlig men förekommer på djupet i områden med glacial lera. I gränsområdet mellan glacial lera och morän kan glacial silt påträffas som en smal bård

mellan dessa två jordarter. Glacial lera har större utbredning än vad kartorna visar (fig. 17). Dessa jordarter täcks ställvis av ett ytligt lager av sand. Sådana områden finns i Lidköpingsområdet och söder om Vara. Ca 55 % av markytan i hela området består av lera. Lera är den klart dominerande jordarten i markytan.

I samband med en grävning för ett husbygge i Vara samhälle påträffades en svagt varvig lera ca 3 m under markytan (fig. 18).



Figur 17. Lerans utbredning i ytan i det undersökta området.
Clay within the mapped area.

Figur 18. Svagt varvig lera i Vara samhälle. Foto: Mats Engdahl.
Clay with diffuse varves in the Vara village.

Den glaciala leran är i allmänhet en finlera, dvs. lerhalten överstiger 25 %. Lerhalten varierar mellan 26–74 % i de ca 30 prover som analyserats (fig. 33, tabell 2). En lerhalt på 74 % är ovanligt i svenska lerjordar i Västsverige där de vanligen hamnar mellan 40 och 60 %. Lerhalten på t.ex. Varaslätten, mellan Vara och Lidköping, är vanligen i den storleksordningen. Dessutom har också fem grovleror analyserats. Lerhalten i dessa leror är ca 20 %. Metallhalterna i leran är sedan tidigare undersökta (Andersson 2006). Provtypen i den rapporten kallas sediment och är i de flesta fall lera. Jordmånens lerhalt, som vanligen är beroende av ursprungsjordarten, är tillgänglig på Sveriges Lantbruks Universitets webbplats www.slu.se, sökord Kartvisare. En beskrivning av metodiken finns i en artikel av Söderström m.fl. (2016).

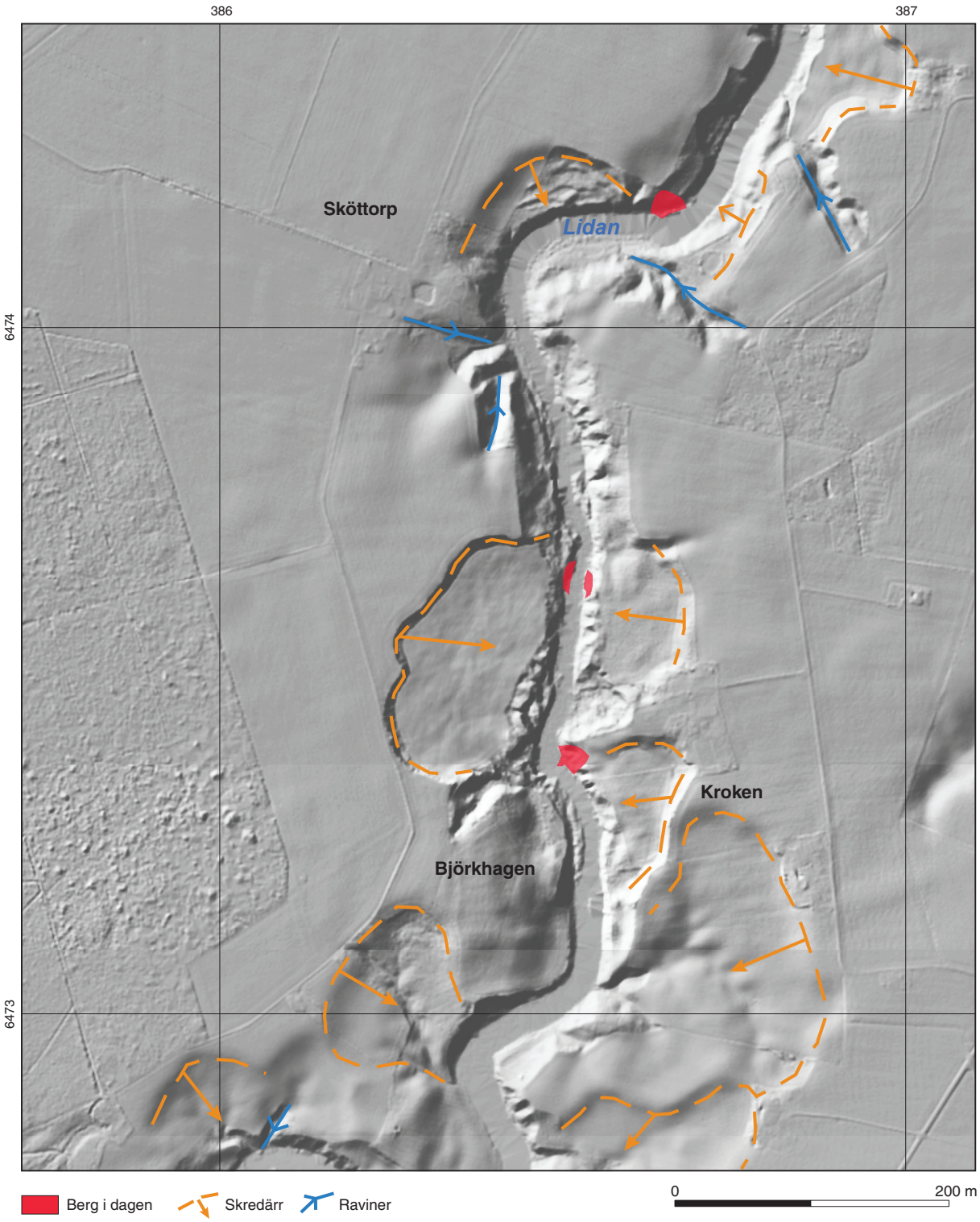
Den glaciala lerans mäktighet är vanligen 10–20 m men är på sina ställen betydligt mäktigare.

Raviner och skredärr

Vid flera av de i lera, silt och sand nedskurna dalgångarna finns mer eller mindre välutvecklade erosionsdalar och ravinsystem. I bottnen på dessa kan det finnas berg, morän, lera, sand eller svämsediment. Sannolikt förekommer också en hel del flytjord i och längs kanterna av ravinerna. Är jordarten i botten av ravinen lera eller sand så är säkerligen ravinen aktiv och erosionen pågår då tills den nått fastare mark som t.ex. berg eller morän. Mest tydlig är ravinbildningen längs Lidans dalgång och sidodalgångar till denna (fig. 4). Vissa raviner är ca 15 m djupa (fig. 19). I den övre delen av vattendraget Lidan från strax norr om Vara och upp till Larv finns flera pasströsklar i berg. Omgivande jordart är vanligen lera i det här området.

I området längs Lidan finns också flera skredärr. Det största skredärret är från ett skred som inträffade 1946 i Sköttorp, som ligger ca 14 km sydsydväst om Lidköping (fig. 19). Vid skredet så förflyttades ca 1,5 miljoner kubikmeter lera och täppte till Lidan (Odenstad 1948, Mohrén & Larsson 1974). Vattenytan i Lidan, uppströms skredet, steg ca 12 m och det tog ca 1,5 år innan lermassorna var borteroderade. Mänsklig handkraft började gräva ett dike igenom skredmassorna, som täppte till Lidan på en sträcka av ca 800 m, direkt efter att skredet inträffat för att förhindra en flodvåg nedströms. Den naturliga erosionen tog över när man fått ett dike genom hela vallen. Strax innan skredet inträffade hade man sprängt i berget i Lidans botten för att få ett jämnare vattenflöde. Detta kan vara orsaken till att skredet inträffade just då. Orsaken till skredets stora utbredning bedömdes vara att man hittade kvicklera när man undersökte marken.

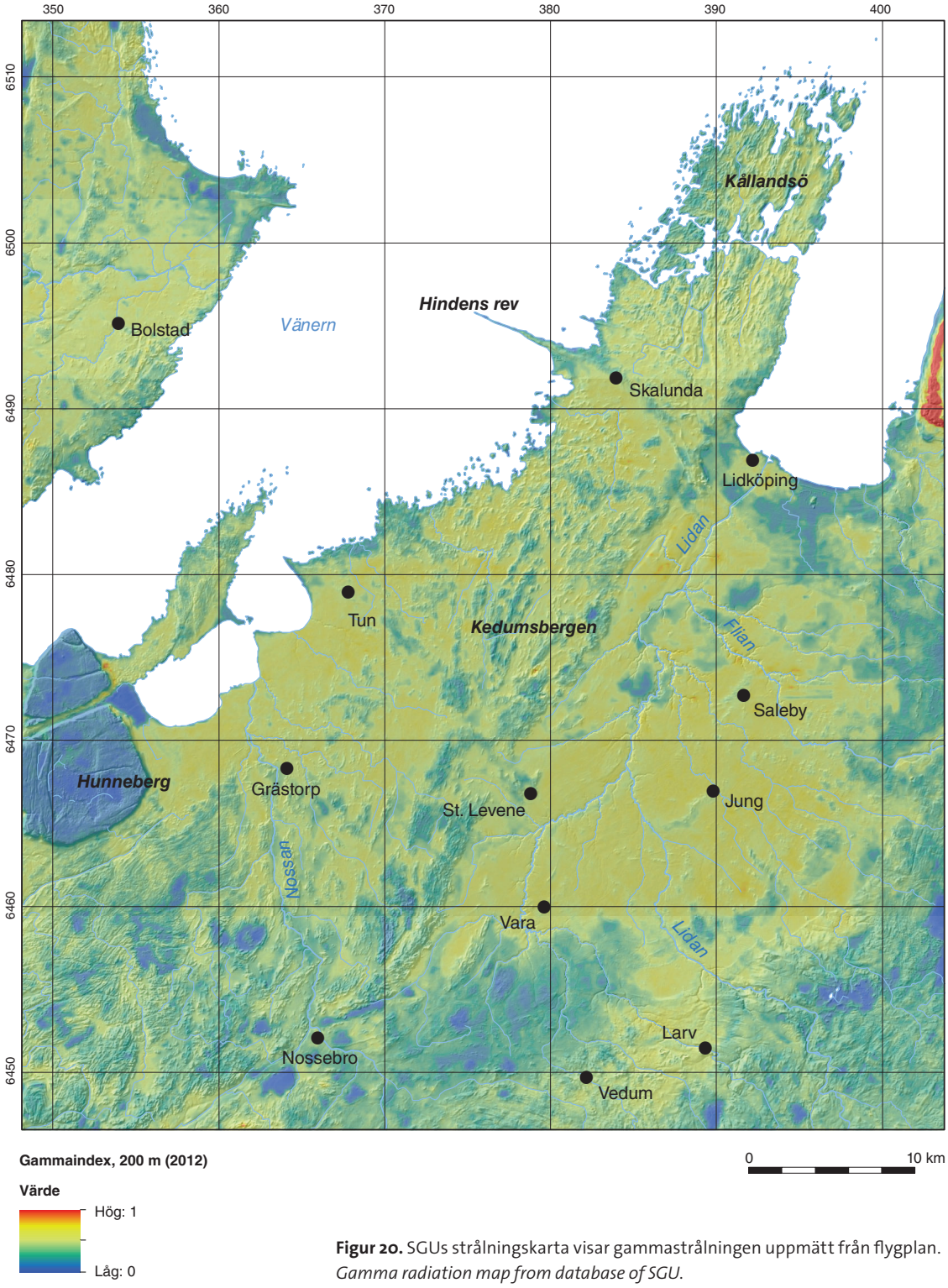
Ett annat stort skredärr finns vid Råda, ca 5 km västsydväst om Lidköping (Smith m.fl. 2014, Smith m.fl. 2017 och Smith & Mikko 2017). Skredärret är ca 2 km långt och ca 500 m brett. Skredet inträffade för ca 10 800 år sedan när de övre delarna av skredområdet var land och de nedre delarna var täckta av havet. För information om raviner och skred i kartområdet hänvisas till SGUs webbplats www.sgu.se och kartvisaren ”Jordskred och raviner”.



Figur 19. Jordskredsärr och raviner i Lidans dalgång vid Sköttorp (6473200/0386500).
Landslide scar and gullies in the Lidan valley.

Gammastrålning från marken

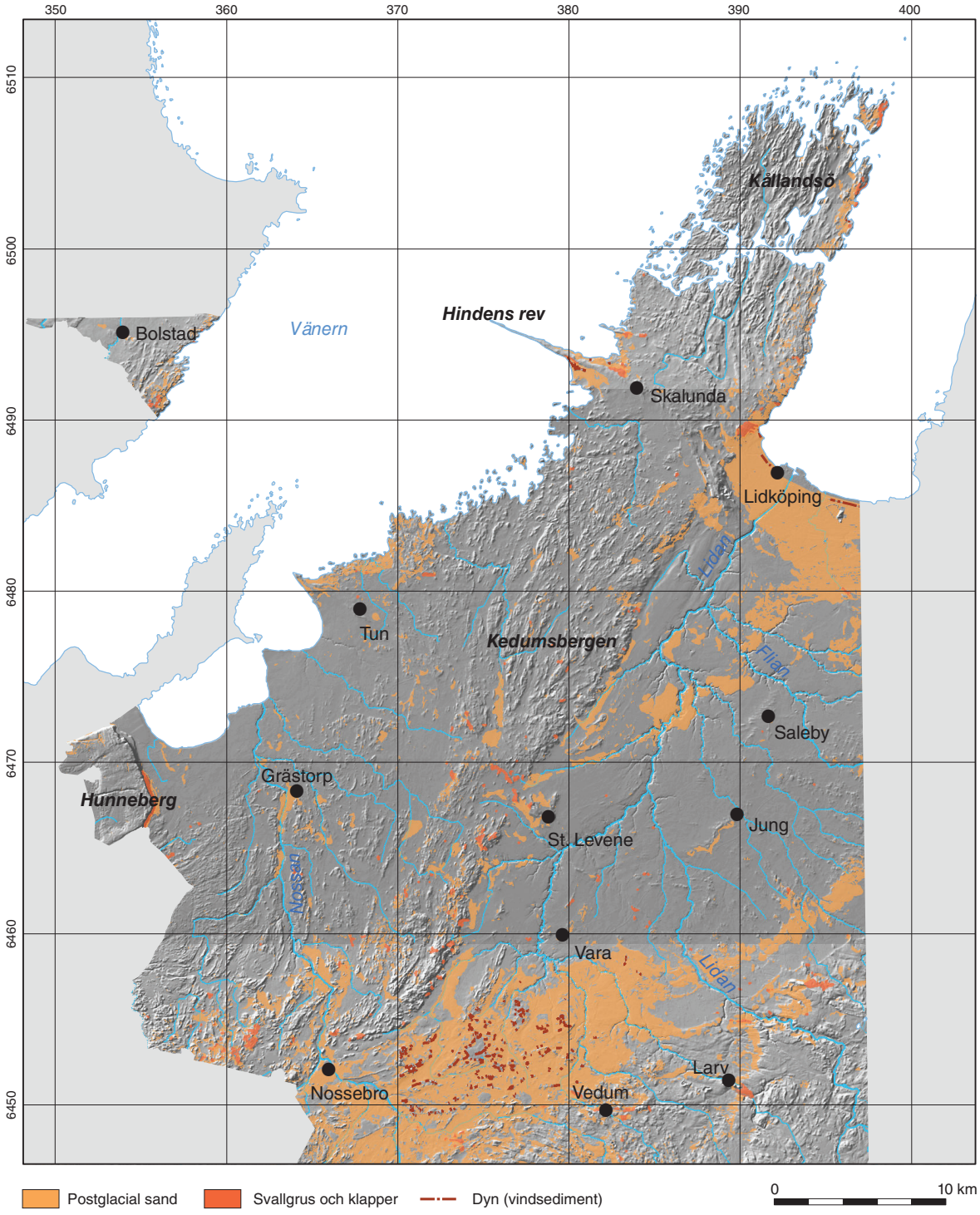
Strålningen från marken är generellt låg–medel i området (fig. 20). Strax nordöst om det här undersökta området finns alunskiffer på Kinnekulle, vilken innehåller det radioaktiva ämnet uran. Strålningen är hög från alunskiffern. Diabaser på Hunneberg och andra basiska bergarter som t.ex. amfibolit innehåller små halter av radioaktiva mineral och därför är strålningen låg i dessa områden. Torvmarker, sandområden och vissa isälvsavlagringar har också lågt innehåll av radioaktiva mineral medan lerorna har normala halter.



Figur 20. SGUs strålningskarta visar gammastrålningen uppmätt från flygplan. *Gamma radiation map from database of SGU.*

Grovkorniga havs- och sjösediment

De grovkorniga havs- och sjösedimenten utgörs främst av svallsediment. I samband med landhöjningen utsattes tidigare avsatta jordlager för vågornas och havsströmmarnas påverkan. Det medförde att jordarna omlagrades och förflyttades successivt mot lägre liggande terräng. Svallsedimentens sammansättning och mäktighet varierar starkt beroende på läge i terrängen och ursprungsjordart (fig. 21). Mäktigheten är dock vanligen 0,5–3 m.



Figur 21. Utbredningen av postglacial sand, svallgrus, klapper och flygsanddyner i området.
Postglacial sand, gravel, shingle and aeolian sand with dunes.

HK ligger på ca 122 m ö.h. i de södra delarna av kartområdet och ca 128 m ö.h. i de norra delarna. HK utbildades i Västerhavet i samband med den senaste isavsmältningen för ca 10 000 kalenderår sedan (Björck & Digerfeldt 1984, 1986; Björck 1995; Lundqvist & Wohlfarth 2001; Påsse & Pile 2016). Under nivån för HK påträffas svallsediment, främst kring isälvsavlagringarna men också i och nedanför en del moränsluttningar. Generellt kan sägas att svallsedimenten inte är så mäktiga eller utbredda, vilket tyder på att svallningen inte varit särskilt intensiv.

I databasen har de grovkorniga havs- och sjösedimenten delats in i klapper, grus, mellansand–grovsand samt finsand. Dessutom förekommer morän med svallat ytskikt, vilken beskrivs ovan, under avsnittet *Morän*.

Klapper

Den grövsta formen av svallsediment utgörs av sten som ofta anhopats till klapperstensvallar. Klapper påträffas främst runt Hunneberg (fig. 22).

Svallgrus och svallsand

Svallgrus och svallsand påträffas nedanför HK, främst i anslutning till isälvsavlagringarna men också nedanför sluttande häll- och moränytor. Svallsedimenten förekommer i form av flacka fält eller vallar.

Svallsedimenten består av grus eller sand som sköljts ut ur morän eller isälvsavlagringar och de överlagrar därför ofta äldre jordlager, såsom glacial lera, isälvssediment eller morän (fig. 23).

Många strandvallar är flacka och knappt urskiljbara i terrängen. Mer markerade strandvallar har markerats på jordartskartan. Vid Hindens udde (649400/038000) finns det tydligaste området med svallsediment i form av svallgrus och svallsand (fig. 21). Den totala utbredningen av svallsediment i kartområdet är ca 13 % av markytan.

Den postglaciala sanden har vid karteringen delats in i finsand respektive mellansand-grovsand. Den senare beteckningen omfattar i princip svallsand i egentlig mening, medan finsanden ofta är avsatt på djupare vatten och kan vara svår att skilja från glacial finsand. Den postglaciala finsanden är primärt avsatt som distala svallsediment, men genom havsströmmars inverkan i de dåvarande fjordarna har den transporterats längs botten och avsatts på djupare vatten. Den här typen av sand är i regel ganska tunn, och mäktigheter över 3 m torde vara ovanligt. De största sammanhängande områdena finns runt Lidköping och i området Vara–Nossebro (fig. 21).

Figur 22. Klapperfält nedanför Hunnebergs östra brant (6497004/0355317). Foto: Mats Engdahl.
Area with shingle beneath the east side of the table mountain Hunneberg.

Figur 23. Postglacial sand (ca 0,5 m) på glacial lera strax norr om Nossebro samhälle (6452479/0366353). Foto: Mats Engdahl.
Postglacial sand (0.5 m) in the surface and glacial clay below.

Figur 24. Husbehovstäkt i flygsand vid Horsberga (6452275/0380728). Foto: Mats Engdahl.
A local pit in aeolian sand.

Vindsediment

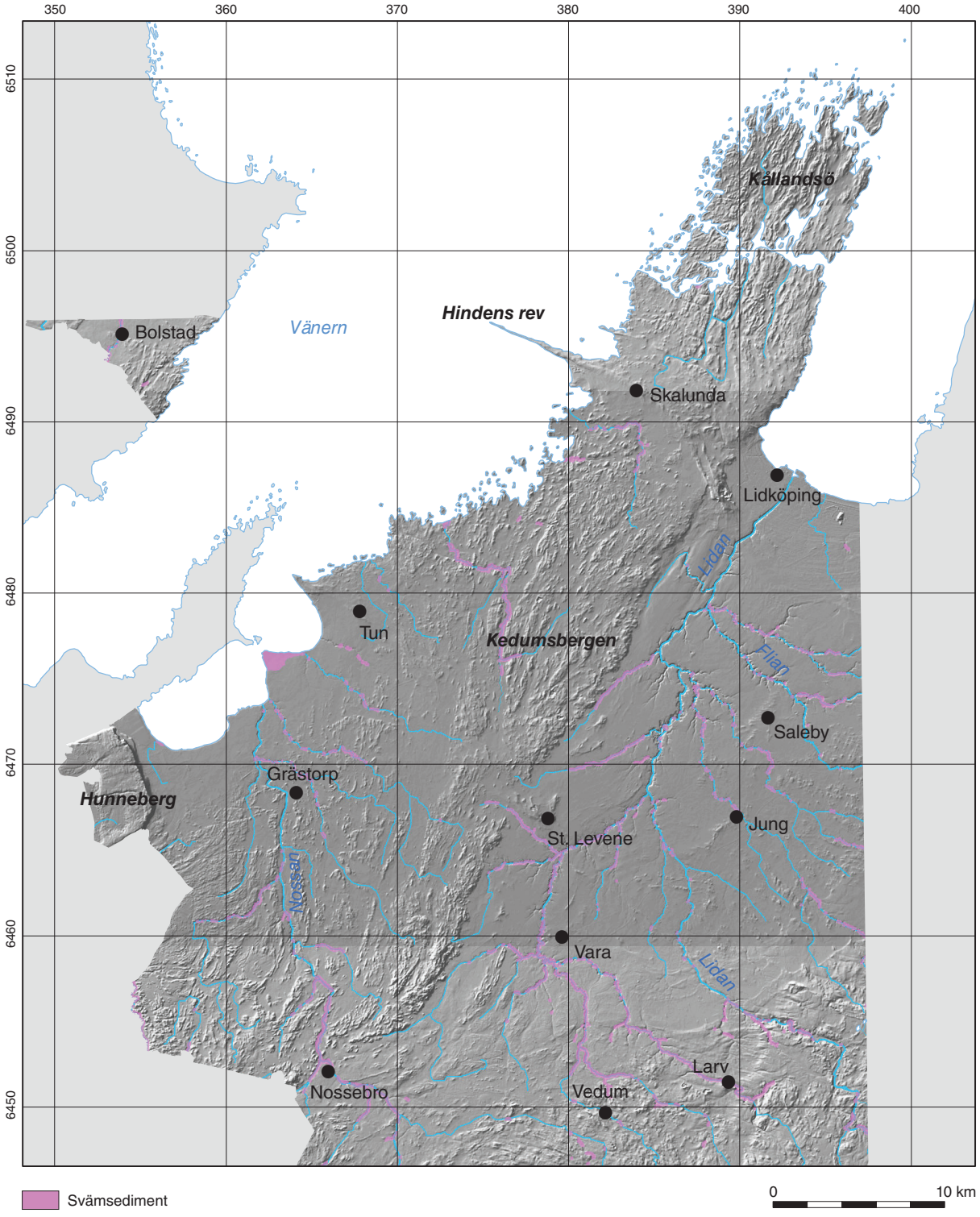
Vindsediment består vanligen av flygsand som är en välsorterad jordart. Dominerande fraktion är finsand men även grovsilt och mellansand kan förekomma i dessa jordarter. Flygsanden kan avsättas som kullar och ryggar. Det är bara flygsand med sådana egenformer som markerats på jordartskartorna. Bildning av flygsand är delvis en pågående process. Under torra vårar och innan vegetationen har bundit sanden, kan en viss erosion och avsättning förekomma vid kraftiga vindar.

Flygsanddyner finns framför allt inom tre områden: söder om Vara, öster om Lidköping och vid de inre delarna av Hindens rev. Söder om Vara finns både kullar och ryggar (fig. 24) och det är vanligt att man här i mars/april vid torr väderlek har flygsand i luften vid kraftiga vindar. Området öster om Lidköping bildar en ca 3 km lång rygg längs Vänern. På vissa ställen är den dubbel. Det tredje stället är vid de inre delarna av Hindens rev. Flygsanden bildar ett svagt böljande landskap på sydsluttningen av randbildningen.

Svämsediment

Denna typ av sediment har bildats och bildas än idag utmed vattendrag (fig. 25). Den totala utbredningen är ca 1 % av områdets totala yta. Svämsediment avsätts utmed vattendragen i samband med översvämningar eller vid intensiva vattenflöden. Därvid bildas det plana fält eller bankar med svagt böljande mark (s.k. levéer) utmed vattendragen. Äldre, torrlagda strömfåror finns ofta bevarade i svämsedimenten. Svämsedimentens sammansättning växlar starkt i både vertikal- och horisontalled och sorteringen är vanligen ofullständig. Ibland kan också svämsediment avsättas vid sjöar. Svämsedimenten består huvudsakligen av sand och silt och innehåller en växlande halt organiskt material, främst växtrester. Det är inte alltid som det avsatts svämsediment utmed de mindre vattendragen; ibland har det bara skett erosion av underlaget.

I små avsnörda sträckor av vattendraget, s.k. ”korvsjöar”, där meandring förekommit, kan halten organiskt material vara så hög att svämsedimentet närmast är att betrakta som torv och det innehåller ibland växtrester. Svämsediment har avsatts längs flera vattendrag i kartområdet. Störst utbredning har svämsedimenten längs små vattendrag och i ett område vid Vänern (fig. 25). Området ligger vid gården Sjöryd och marken har bildats genom upprepade översvämningar av Vänern.



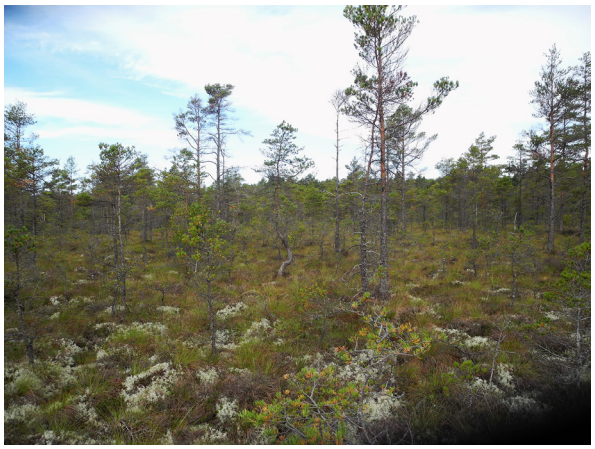
Figur 25. Utbredningen av svämsediment i det undersökta området.
Fluvial sediments in the mapped area.

Torv

Torvmarkerna har indelats i mossar och kärr efter ytvegetationens sammansättning. Vegetationen speglar torvslaget i de flesta fallen. Tunt torvtäcke (<0,5 m) på annan jordart förekommer också. Den totala utbredningen av mossetorv och kärrtorv är ca 3 % av områdets yta. Fältsonderingar av torvens mäktighet har inte gjorts inom det här arbetet. En allmän bedömning av mäktigheten på torven är 1–5 m med ett normalvärde på ca 3 m.

Det är en stor skillnad på utbredningen av torvmarker mellan slättområdet i norr, bl.a. Varaslätten, som är uppodlat och det skogtäckta området i sydväst och söder (fig. 26). I de skogstäckta områdena är utbred-

Figur 26. Utbredning av torv i det karterade området.
Peat in the mapped area.



Figur 27. Mossetorv på Finna mosse (6447819/0389682). Foto: Mats Engdahl.
The Finna bog.

Figur 28. Kärrtorv längs surdrag på Finna mosse ((6447608/0389645). Foto: Mats Engdahl.
Fen areas att the Finna bog.

ningen måttlig medan på slätten är den ytterst begränsad. Den största mossen i kartområdet är Tore mosse, som ligger strax nordöst om Hunneberg, alldeles intill Dättern, en vik av Vänern. Mossen är välundersökt (Mohrén & Larsson 1974) och pollendiagram finns. Mäktigheten på torven är ca 5 m och därunder finns ca 3 m med gyttja och lergyttja. I en annan mosse, Stammosssen (6461000/0357500), som ligger sydväst om Grästorp är torvmäktigheten ca 3 m och torven underlagras av lera. Här finns också pollendiagram redovisade (Mohrén & Larsson 1974). I Kedumsbergen finns Bryne mosse (6477500/0382400) som också är undersökt av samma författare. Torvmäktighen är ca 2 m, och torven underlagras av ca 0,5 m gyttja.

Ca 4,5 km söder om Larv finns en relativt stor mosse, Finna mosse. Mossen har ett högmosseplan med vitmossetorv (fig. 27). Mossen är inte helt igenväxt där kärrtorv och öppet vatten finns (fig. 28).

För mer information om torvmarkerna i området hänvisas till torvmarksinventeringen (SGU 1922).

Källor

I samband med fältarbetet till jordartskartorna har ett antal källor dokumenterats och lagrats in i SGUs databas Jorddagboken. Förutsättningarna för att en källa skall markeras är att källan är orörd eller har ett bräddavlopp om den är exploaterad, samt att avrinningen överstiger ca 0,5 l/s. I SGUs källarkiv finns åtta källor registrerade inom det karterade området. Fyra av dessa ligger i kanten av grusavlagringen Rådaåsen. En speciell källa är Skofteby källa där ett mineralrikt vatten togs upp i början av 1900-talet. Källan ligger i Flians dalgång och är väl värt ett besök (se avsnittet Geologiska sevärdheter inom området).

Grundvattenförhållandena inom kartområdet finns redovisade i två hydrogeologiska länskartor, f.d. Älvsborgs län (Engqvist 1998) och f.d. Skaraborgs län (Wikner m.fl. 1991). Mer information om källor i området finns i dessa beskrivningar.

Högsta kustlinjen och strandförskjutningen

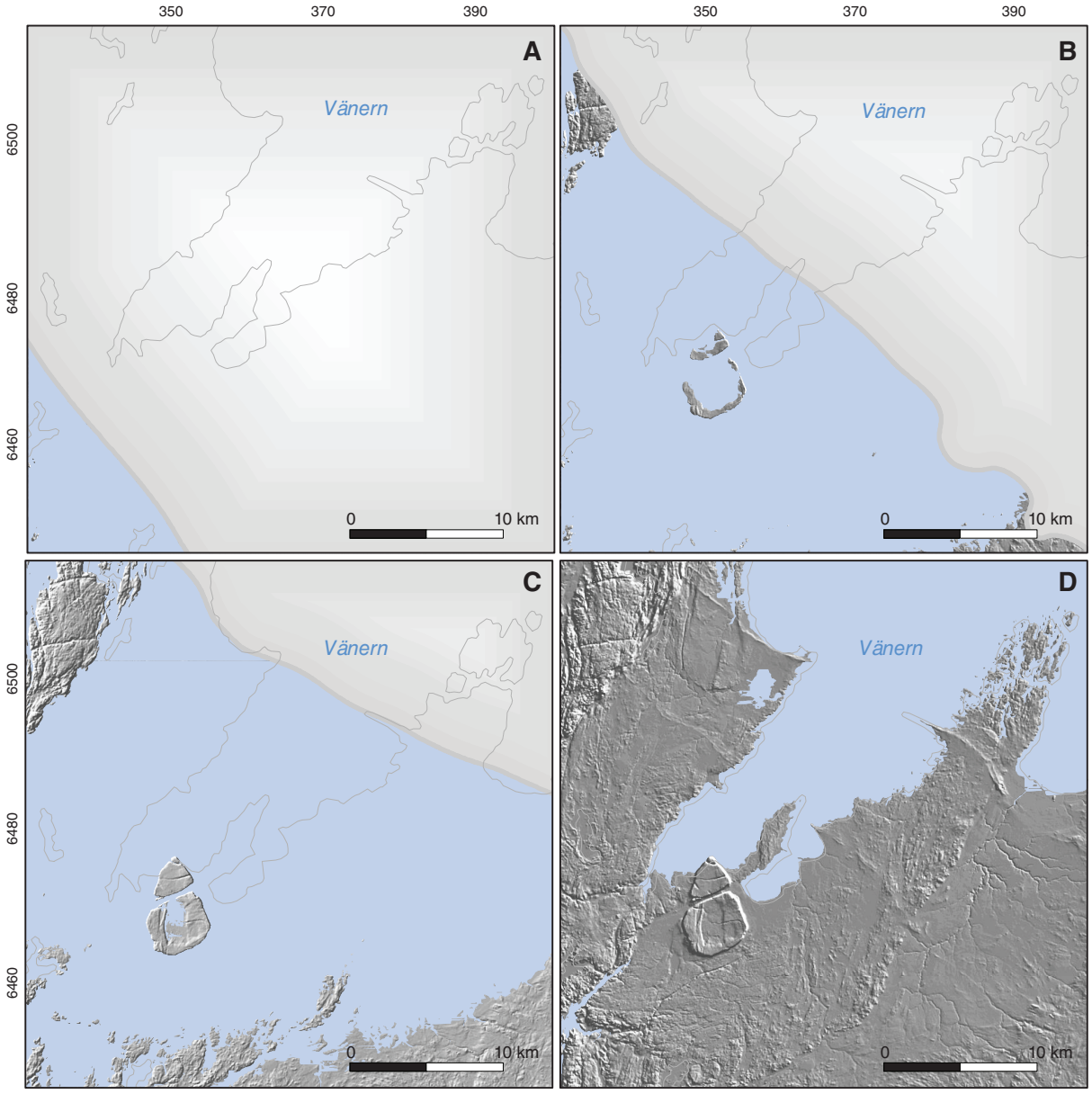
Kartområdet blev isfritt för ca 13 000 år sedan. Hela området förutom Hunneberg, delar av de södra Kedumsbergen och det sydöstra hörnet av kartområdet, har legat under ishavets yta. HK är i regel inte särskilt väl utbildad i karteringsområdet. De högsta nivåerna för svallsediment är strax under 120 m ö.h. Norr om kartområdet finns flera kända HK-lokaler på Kinnekulle och Lugnåsberget, som ligger 127–128 m ö.h. HK bör därför ligga på ca 120 m ö.h. i södra delen av kartområdet och ca 125 m ö.h. i den norra delen.

För ca 11 000 år sedan blev Vänern en insjö, även kallad Fornvänern, från att tidigare varit en havsvik i det senglaciala havet. Vid den tidpunkten var Fornvänern betydligt större än idag. Sjön hade i söder sitt

utlopp vid Vänersborg som ligger på nivån ca 45 m ö.h. Under en tid så fanns det också ett utlopp sydöst om Hunneberg och vidare mot sydväst via Slumpåns dalgång och sedan ut i Göta älv.

Att strandförskjutningsförloppet är komplicerat beror på samspelet mellan två olika företeelser. Dels har mängden vatten i världshaven varierat; efterhand som inlandsisarna smälte i slutet av Weichselistiden ökade vattenmängden i havet och havsytan steg. Dels var landet nerpressat under inlandsisens tyngd och höjde sig under och efter isens avsmältningsskede. Landhöjningen pågår än idag och är ca 2 mm per år i området.

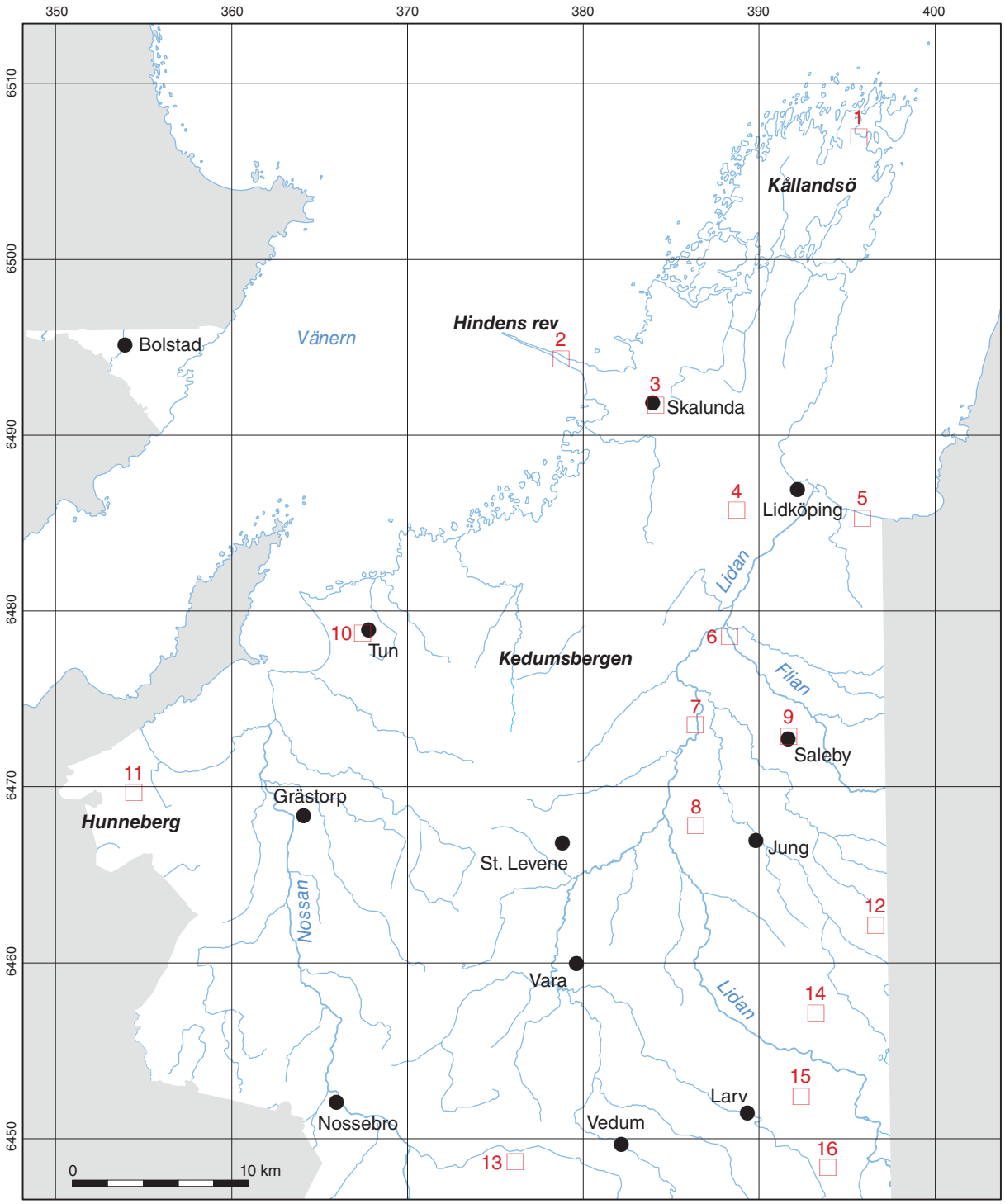
Strandnivåkartor, även benämnda paleogeografiska kartor, har framställts med en metod utvecklad av Påsse & Daniels (2015). Strandnivåkartorna (fig. 29) visar havets och inlandsisens forna utbredning men också hur sjöar och vattendrag har förändrats med tiden.



Figur 29. Områdets paleogeografiska utveckling. **A.** För 13 300 år sedan. **B.** För 12 800 år sedan. **C.** För 11 900 år sedan. **D.** För 7 000 år sedan.
The paleogeographical evolution of the area.

GEOLOGISKA SEVÄRDHETER INOM OMRÅDET

De nedan beskrivna lokalerna med geologiska sevärdheter utgör ett litet axplock av alla de geologiska objekt som är värda att besöka för den intresserade. Lokalernas läge framgår av figur 30.



Figur 30. Ett urval geologiskt intressanta besöksmål inom det karterade området.
Some geologically interesting sites within the mapped area.

1. **Norra delen av Kedumsbergen och Kållandsö (6506980/0395690)**
   På vägen norrut från Lidköping mot Läckö slott och Spikens hamn så kör man på ett svagt böljande uppodlat landskap med uppstickande hällar och lera däremellan. På Kållandsö är berggrunden deformerad och bildar sydväst–nordöstliga bergribbor (fig. 3). Dessa bergarter är 1,6–1,7 miljarder år gamla. Mellan bergribborna finns det lera i svackorna. Det här karakteristiska berget fortsätter ut i Vänern och bildar ögruppen Lurö, ca 1,5 mil mot nordöst. På hällarna närmast Vänern finns det gott om isräfflor (fig. 4). Det är bara en bråkdel av räfflorna som redovisas på kartan.

2. **Hindens rev (6494328/0378751)**
   Revet är den yttersta spetsen på mellansvenska randzonen i Västergötland. På andra sidan Vänern i lanskapet Dalsland finns Hjortens udde, som är fortsättningen på randzonen. Från parkeringsplatsen längst ut på revet är det en knapp timmas promenad ut till yttersta spetsen. Under promenaden går man på krönet av randbilningen, jordmäktigheten är 5–10 m till berget. Jordarten är mestadels svallad morän men partier med sand, grus och klapper finns också. Efter promenaden kan man ta bilen till tillbaka till badplatsen som ligger längre in, i delen som kallas Hindens udde. Vid badplatsen finns sommartid en öppen kiosk och stranden, som lutar mot söder, består av len sand. Längre in från stranden finns flygsand i dyner. På dynerna växer blåbär och lingon.

3. **Mellansvenska randzonen vid Skallunda (6491682/0384135)**
   Vägen från Lidköping och Råda går i princip på krönet av randbildningen. Vid Skallunda kyrka finns en parkeringsplats. Randbildningen höjer sig ca 10 m över omgivande uppodlade lermark. Gårdarna ligger oftast på krönet av randbildningen som här mestadels består av morän. I ytan är moränen svallad. Ca 200 m nordväst om kyrkan finns Skalunda hög, som är ca 30 m i diameter och 3 m hög. Stora delar av högen består antagligen av grus, stenar och block från randbildningen.

4. **Rådaåsen (6485748/0388737)**
   Vid utsiktspunkten finns flera informationstavlor om Rådaåsen och dess bildning. Information om berggrunden i området finns också. Utsikten mot Lidköping, Vänern och Kinnekulle i bakgrunden är magnifik. På platsen befinner man sig ca 50 m över Vänerns yta. Randbildningen består i denna del av nästan enbart isälvssediment. Sand är dominerande fraktion, men även grus, sten och block förekommer (fig. 31).

Figur 31. Isälvssedimenten i grustäkten vid Råda. Notera blocken i förgrunden. Foto: Mats Engdahl.
Glaciofluvial deposit at Råda. Note the boulders in the foreground.

Figur 32. Två parallella ryggar med flygsand ca 50 m från Vänerns strand. Foto: Mats Engdahl.
Two parallel sand dunes close to Lake Vänern.

5. **Flygsand vid Kartåsen** (6485244/0395866)
   Strax innanför Vänerns strand finns flygsand som bildar två parallella ryggar. Vid rastplatsen mot Filsbäck finns parkeringsplatser (fig. 32.).

6. **Skofteby mineralkälla** (6478568/0388338)
   Redan i slutet av 1800-talet upptäcktes den här källan i brinken till vattendraget Flian. Under en tid producerade företaget Secularis ett mineralvatten, som också användes för lemonad och andra läskedrycker. Till och med Svenska Amerikalinjens båtar hade Skoftebyvatten. Rester av källan och byggnader finns kvar. Parkeringsplats finns vid ladugårdsplanen på gården norr om källan. Prata gärna med markägaren innan du går ut över hagarna till källan.

7. **Skredet vid Sköttorp** (6473510/0386370)
   1948 inträffade ett stort skred längs Lidan vid gården Sköttorp, som fick dramatiska konsekvenser på omgivningarna. Den stora flodvågen som hade varit farlig för området nedströms, inklusive Lidköping, uteblev dock som tur var. Mer information om händelsen finns under avsnittet Raviner och skredärr.

8. **Varaslätten** (6467800/0386400)
   Den flacka Varaslätten består mestadels av glacial lera. Marken blev först riktigt användbar och bördig efter utdikningar (täckdikningar) under 1900-talets början. Lerdjupet är 10–15 m mäktig. Lidan och dess biflöden har eroderat ner i leran och ibland ända ner till berget, som t.ex. vid Uvered. Marken på Varaslätten är en av de mest bördiga i Sverige och vårbruket brukar komma igång tidigt.

9. **Ås och ändmoränryggar i Saleby** (6472853/0391697)
   Väster om Saleby samhälle finns ca 10 ändmoränryggar. Ändmoräner har bildats innanför iskanten men i sprickor parallella med denna och är vanligen 10–20 m breda och några meter höga. Det är också vanligt att man hittar en ås i anslutning till ändmoränryggar, som i det här fallet. Saleby samhälle ligger på en slingrande ås, öster om ryggarna.

10. **Levenemoränen vid Tun (6478730/0367464)**
Randbildningen bildades för ca 12 000 år sedan när inlandsisens avsmältning temporärt stannade upp. Mot sydväst fanns Västerhavet och vattenytan låg vid den tiden ca 80 m över Vänerns nuvarande yta. Högsta punkten på randbildningen vid Tun består av ett stort stenröse. Stenarna och blocken kommer med största sannolikhet från de närmaste omgivningarna. Högen är Västsveriges största, ca 65 m i diameter och 7 m hög.

11. **Hunneberg (6469684/0354477)**
Platåbergen Hunneberg och Halleberg består av sedimentära bergarter som är ca 500 miljoner år gamla. Ovanpå dessa bergarter finns en kappa av diabas som är ca 280 miljoner år gammal. Utsikten från bergen över Vänern och det omgivande subkambriska peneplanet är magnifik (fig. 2).

12. **Valen vid Vånga (6461000/0398000)**
Vid en brunnsgrävning i lera på 1700-talet hittades benrester, från vad man först trodde var en jätte. Vid närmare undersökning av Emanuel Swedenborg vid Uppsala Universitet så konstaterades det vara benrester från en val och fick namnet ”Balena swenborgii”. Benen finns fortfarande på Uppsala Universitet. Än idag vet man inte om Swedenborgvalen är en egen art eller om man förväxlat benen med en annan val. Vid Vånga syns inget idag efter den intressanta upptäckten. Den exakta platsen är heller inte känd.

13. **Jättegrytan vid Härene (6448699/0376154)**
Jättegrytan ligger på sidan av berget mot söder. Grytans diameter är ca 4 m. Djupet av den hela delen är ca 3,2 m. Den halva delen mot bergväggen är ca 6 m. Flera löparstenar ligger upplockade bredvid grytan. Det största blocket finns kvar nere i jättegrytan.

14. **Levenemoränen vid Edsvära (6457136/0393234)**
Strax sydöst om Edsvära upphör den tydliga randform som Levenemoränen haft mellan Tun och Edsvära. Vid Edsvära kyrka finns en markerad rygg som höjer sig ca 30 m över omgivningen. Svallgrus och sand omgärdar randbildningen som i det här området bedöms ha komplex sammansättning (både morän och lera ingår). Information från borrningar och täkter saknas.

15. **Isälvsavlagringarna vid Larv (6452400/0392400)**
I och runt samhället i Larv finns flera isälvsavlagringar. Den mest iögonfallande är kullen som kyrkan i Larv ligger på, och som är ca 30 m hög över omgivningen. Den sammanlagda ytan av isälvsavlagringarna i det här området är bland de större i Västsverige. Flera av kullarna har arkeologiska rösen och även andra fornminnen. Sluttningarna som vetter mot söder har också en intressant flora.

16. **Ändmorän i skogsområdet Edsmären (6448347/0393926)**
Ändmoränen är minst 5 km lång och är vackert lobformad. Höjden över omgivande terräng är upp till 10 m. Skogsområdet har ett rikt djurliv och det finns gott om bär och svamp. Stigar genomkorsar marken.

ANALYSMETODER

I samband med kartläggningen har jordprover tagits och analyserats (fig. 33 och tabell 2).

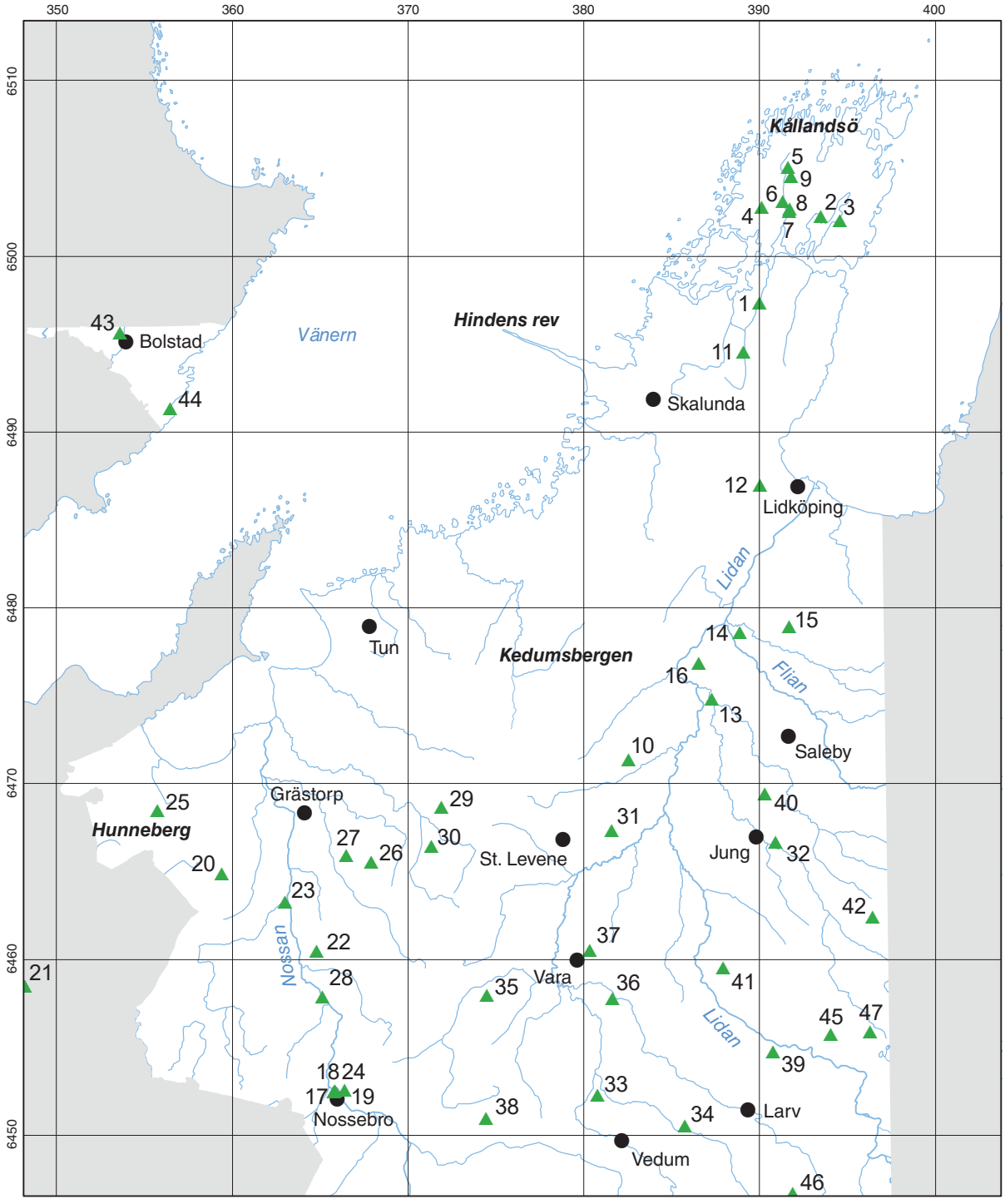
Kornstorleksfördelningen i ett prov bestäms genom sikt- och sedimentationsanalys.

Klassifikation av gyttja och lergyttja grundar sig på halten organiskt material. Halten organiskt kol bestäms på material <2 mm genom förbränning.

Kalkhalten ($CaCo_3$) bestäms på material <0,06 mm genom behandling av 10-procentig saltsyra och mätning av den utvecklade mängden CO_2.

Bestämning av pH-värdet utförs på material <2 mm genom uppslamning i destillerat vatten (viktförhållande jord: vatten = 1 : 2,5). Mätning sker med pH-meter.

Ytterligare information om analyserna kan fås genom SGUs kundtjänst.



Figur 33. Insamlingsplatser för jordproverna i tabell 2.
Collecting spots for the analysed samples in Table 2.

Tabell 2. Kornstorleksanalys, pH, kalkhalt och organisk halt.
Grain size analysis, pH, $CaCo_3$ and organic content

Prov-nr	Jorddagbok	Analysnr	Koordinater X	Koordinater Y	Jordart	Provtagnings-djup i meter under mark-ytan	Mellan-grus	Fingrus	Grov-sand	Mellan-sand	Finsand	Grovsilt	Mellan-silt	Finsilt	Ler	$CaCo_3$ i %	pH	Organisk halt
1	OFL095002	28421	6497332	389991	Styv lera	0,3					1	7	19	19	54			0
2	OFL095003	28422	6502246	393475	Styv lera	0,7					1	4	8	13	74			0
3	OFL095024	28427	6502038	394570	Siltig lera	0,6				1	10	32	15	16	26	0,2		0,3
4	OFL095025	28428	6503150	391302	Styv lera	0,7						16	20	15	49	0,9		0,2
5	OFL095026	28429	6504516	391780	Styv lera	0,7					3	23	16	14	44	0,8		0,3
6	OFL095027	28430	6502778	390123	Gyttjelera	0,5					5	35	17	12	31	2,4		2,4
7	OFL095028	28431	6502563	391672	Gyttjelera	0,5					1	21	17	14	47	2,1		2,3
8	OFL095029	28432	6502683	391729	Styv lera	0,7					1	12	15	14	58	0,3		0,2
9	GFP095001	28433	6505059	391625	Styv lera	0,7					1	19	12	14	54	0,3		0
10	OFL105001	28442	6471367	382552	Styv lera	0,5				1	4	12	17	15	51	0,3	6,9	0
11	SES105001	28443	6494576	389081	Lergyttja	0,7					2	21	23	20	34	0,2	5,7	12,5
12	SES105002	28444	6487002	390038	Siltig sand	0,5				5	56	31	5	1	2	0,1	6,2	
13	TPE105001	28445	6474821	387270	Styv lera	1,5					3	13	13	13	58	0,2	7,4	
14	MED105020	28449	6478626	388859	Mellanlera	1					3	23	21	16	37	0,4	6,2	
15	MED105040	28450	6478967	391688	Grovlera	0,8				1	23	34	14	9	19	0,3	6,3	
16	MED105041	28451	6476858	386539	Styv lera	1,2				1	5	7	6	14	67	0,4	6,2	
17	MED115005	28489	6452582	366382	Styv lera	1,5				1	6	26	14	13	40	0,5	6,8	
18	MED115006	28490	6452495	365851	Grovlera	1,2	2	1	2	6	23	32	8	7	22	0,2	6,9	
19	MED115007	28491	6452464	365782	Lerig siltig sand	1,1			1	15	56	18	3	1	6	0,2	6,8	
20	MED115009	28492	6464877	359427	Styv lera	0,8					3	15	14,5	13,3	54,2	0,4	7,4	
21	MED115012	28495	6458486	348200	Sandigt grus	0,6	33	14	12	14	18	6	1	1	1	0,2	5,1	
22	OFL115001	28496	6460456	364811	Grovlera	0,5				1	5	57	11	6	20	0,3	6,7	
23	OFL115002	28497	6463274	363015	Lerig silt	0,5				1	9	62	13	4	11	0,3	6,2	
24	MED115020	28498	6452500	365860	Mellanlera	0,8			1	2	9	26	14	9	39	0,3	6,6	
25	MED115040	28508	6468464	355749	Styv lera	1,4				2	8	6	15	17	52	0,2	6,8	0
26	MED115042	28509	6465540	367898	Styv lera	0,7				1	7	17	13	14	48	0,1	7	0
27	MED115043	28510	6465931	366498	Styv lera	0,7				1	4	12	17	14	52	0,1	6,7	0
28	MED115046	28511	6457869	365124	Gyttjelera	0,8			2	5	26	23	15	9	20	0,3	5,9	2,5
29	MED115010	28493	6468650	371910	Styv lera	1				3	12	16	16	13	40	0,4	7,6	
30	MED115011	28494	6466417	371340	Lerig sandig silt	0,6				2	32	41	9	2	14	0,3	6,3	
31	MED125004	28581	6467335	381584	Mellanlera	0,7					4	28	17	14	37	0,3	6,4	
32	MED125009	28584	6466671	390920	Styv lera	1,5					2	21	19	17	41	0,3	7,4	
33	MED125010	28585	6452265	380764	Sand	0,7			4	44	45	7			0	0,4	5,5	
34	MED125025	28599	6450549	385758	Styv lera	0,5					2	14	13	18	53	0,1		0
35	MED125026	28600	6457980	374496	Styv lera	0,5				1	4	8	15	16	56	0,4		0
36	MED125028	28602	6457776	381630	Sand	0,6			1	32	60	2	1	1	3			0

Tabell 2, *forts.*

Prov-nr	Jorddagbok	Analysnr	Koordinater X	Koordinater Y	Jordart	Provtagnings-djup i meter under mark-ytan	Mellan-grus	Fingrus	Grov-sand	Mellan-sand	Finsand	Grovsilt	Mellan-silt	Finsilt	Ler	$CaCo_3$ i %	pH	Organisk halt
37	MED125029	28603	6460551	380348	Mellanlera	0,7		1	2	2	32	21	9	7	27	0,3		0,2
38	SES125002	28580	6450970	374455	Sand	1			2	37	56	5						
39	CKN135001	28615	6454730	390782	Grovlera med siltskikt	0,7				1	14	36	12	13	24	0,5	6,6	
40	MED135005	28616	6469444	390285	Styv lera	0,6					1	14	13	18	54	0,3	6,9	
41	MED135007	28617	6459556	387925	Styv lera	0,5					3	14	15	19	49	0,3	6,9	
42	SES135001	28618	6462387	396420	Sand	1			2	74	14	5	2	2	1	0,3	5,6	
43	SES135010	28621	6495653	353621	Styv lera	1					1	16	16	16	51	0,6	7	
44	SES135011	28622	6491343	356468	Sand	0,7	1	1	1	45	45	3	1	1	1	0,3	5	
45	MED135019	28623	6455738	394068	Grovlera	2,8				2	22	38	12	8	18	0,3	6,4	
46	MED135020	28624	6446700	391874	Sandig morän	0,7	13	13	14	18	19	18	3	1	1	0,4	5,2	
47	MED135021	28625	6455890	396303	Sandig morän	0,6	16	11	14	16	19	19	3	1	1	0,4	5,4	

SUMMARY

Localities referred to in the text can be found with the aid of the coordinates reference, marked in the margin of the maps.

Bedrock and its morphology. The bedrock in the area is largely composed of Precambrian rocks (Fig. 7). On the surface of these old basement rocks the sub-Cambrian peneplain was formed. The table mountain Hunneberg in the south western part of the area consists of younger sedimentary rocks. The distribution of rock types is shown in the bedrock map (Fig. 3).

Glacial striae and ice flow directions. Most of the observed striations in the northern part of the area are from the N 20°–30° E (Fig. 4). The same directions are found for roches moutonnées in this area. The Vänern basin has influenced the flow direction of the melting ice. In the southern part of the investigated area the observed striations are mainly from N 45°. This is the predominant direction in south-western Sweden.

Thickness of the Quaternary deposits. Information on the thickness of the Quaternary deposits is compiled in Figure 6. The map is based on data from well borings, bedrock outcrops, soil type and fissure valleys. The till cover is generally thin; about 1–5 m. In fissure valleys, the soil thickness (mainly glaciomarine and glaciofluvial sediments) can be more than 30 m, in some places c. 50 m. In the south-eastern part of the investigated area the thickness of the till is about 5 m.

Till. The distribution of till deposits is shown in Figure 9. The till cover in the area is generally thin, 1–5 m, and discontinuous. However, in the south-eastern part of the area it drapes the bedrock and lacks pronounced till morphology. In this area there are a lot of fluted moraine and some end moraines.

Two terminal moraines occur in the area (Fig. 11). They are named the Levene terminal moraine and the Younger Dryas terminal moraine. The moraines are oriented approximately in northwest- southeast, which is transverse to the last ice flow from the northeast.

The predominant till type is a sandy till with medium boulder frequency. Gravelly till occurs in small areas.

Till with a wave-washed surface layer is found below the highest coastline, which is located about 120 m a.s.l. This till type often has a thin and discontinuous cover of littoral sand in the surface.

Glaciofluvial deposits. The distribution of glaciofluvial deposits is shown in Figure 15. The most common types are eskers, glaciofluvial deltas and sandurs. Glaciofluvial sediments also occur within the terminal moraines. The general trend of the direction of the eskers is southwest–northeast.

The largest area with glaciofluvial deposits is in the southeast. In this area there are lateral terraces, deltas and sandurs. There are a lot of gravel pits in this area. The sediments are dominated by gravel and sand.

The largest existing gravel pit is in Rådaåsen, 5 km west of Lidköping. The gravel pit is almost 30 m deep. Mainly sand is produced here for special products, such as filter- and foundsand.

Glacial clay and silt. Glacial clay and silt were deposited in the sea during the deglaciation (Fig. 17). Glacial clay is the predominant sediment type in the area. The clay is typically 10–30 m thick, in some places c. 50 m.

Postglacial clay and gyttja. Postglacial silt is found in low-lying plains around Lake Vänern. It was deposited when the area was covered by the Littorina Sea. The postglacial clay is generally a thin bed overlying glacial clay. The organic content is about 1%.

Gyttja is found mainly in low areas close to Lake Vänern.

Postglacial sand and gravel: The sediments are found in areas below the highest coastline (c. 120 m a.s.l.). The sediments occur mainly around glaciofluvial deposits and large areas with till. They cover older sediments such as till, glaciofluvial deposits or glacial clay. The wave-washing occurred during the recession of the Sea. In some flat areas around Lidköping and south of Vara there are some big areas with postglacial, mostly fine sand (Fig. 21).

Eolian sedimens are found southeast of Lidköping and southwest of Vara (Fig. 21).

Peat. The mires are classified as fens or bogs. Most of them are overgrown former lakes. Fens are more common and occur scattered over the map area (Fig. 26). Bogs are found in the southern part of the area.

REFERENSER

Ahlberg, P., Calner, M., Lehnert, O. & Wickström, L., 2013: Regional geology of the Västergötland province, Sweden. I M. Calner, P. Ahlberg, O. Lehnert & M. Erlström (red.): THE LOWER Palezoic of southern Sweden and Oslo region, Norway. *Rapporter och meddelanden 133.* Sveriges geologiska undersökning, 37–58.

Ahlin, S., 1982: Grusinventering i Skaraborgs län. *Meddelande 6/82.* Länsstyrelsen i Skaraborgs län, planeringsavdelningen, 690 s.

Andersson, M., 2006: Geokemiska kartan Markgeokemi. Metaller i morän och andra sediment från Varberg till Lidköping. *Sveriges geologiska undersökning K45,* 168 s.

Björck, S. & Digerfeldt, G., 1984: Climate changes at Pleistocene/Holocene boundary in the Middle Swedish end-moraine zone mainly inferred from stratigraphic indications. *In N.-A. Mörner & Karlén, W., (red.): Climatic changes on yearly to millenial basis. Redidel, Dodrecht,* 37–56.

Björck, S. & Digerfeldt, G., 1986: Late Weichselian – Early Holocene shore displacement west of Mt. Billingen, within the Middle Swedish end-moraine zone. *Boreas 15,* 1–18.

Björck, S., 1995: A review of the history of the Baltic Sea, 13.0- 8.0 ka BP. *Quaternary International 27,* 19–40.

Daniels, J. & Thunholm, B., 2014: Rikstäckande jorddjupsmodell. *SGU-rapport 2014:14.* Sveriges geologiska undersökning, 14 s.

Dennegård, B., 1984: Late Weichselian and Early Holocene stratigraphy in southwestern Sweden with emphasis on Lake Vänerna area. *Publ. A 48.* Chalmers Tekniska Högskola/Göteborgs universitet, 187 s.

Dowling, T., 2016: The drumlin problem. Streamlined subglacial bedforms in southern Sweden. *Doctoral dissertation Lundqua Thesis 80.* Lunds universitet, 31 s.

Engdahl, M., 1997: Clast lithology, provenance and weathering of Quaternary deposits in Västergötland, Sweden. *Göteborgs universitet Aa 16,* 90 s.

Engdahl, M., 2002: Beskrivning till jordartskartan 9D Mariestad SO. *Sveriges geologiska undersökning Ae 139,* 71 s.

Engqvist, P., 1998: Beskrivning till kartan över grundvattnet i Västra Götalands län, mellersta delen, f.d. Älvsborgs län. *Sveriges geologiska undersökning Ah 13,* 55 s.

Fredén, C., 1988: Marine life and deglaciation chronology of the Vänern basin southwestern Sweden. *Sveriges geologiska undersökning Ca 71,* 80 s.

Fredén, C., 1990: Beskrivning till Jordartskartan Borås NO. *Sveriges geologiska undersökning Ae 107,* 90 s.

Fredén, C., 1997: Beskrivning till Jordartskartan Borås NV. *Sveriges geologiska undersökning Ae 114,* 66 s.

Gillberg, G., 1955: Den glaciala utvecklingen inom sydsvenska höglandets randzon. 1. Glacialerosion och moränackumulation. *Geologiska Föreningens Förhandlingar 77,* 43 s.

Johansson, S., Sundius, N. & Westergård, A.H., 1943: Beskrivning till kartbladet Lidköping. *Sveriges geologiska undersökning Aa 182,* 197 s.

Karlsson, V., 1870: Några ord till upplysning om bladet Degerberg. *Sveriges geologiska undersökning Aa 38,* 19 s.

Lidmar-Bergström, K., 2002: Berggrundens ytformer. I C. Fredén (red.): *Berg och jord, Sveriges Nationalatlas.* Tredje upplagan, 44–54.

Lidmar-Bergström, K., 2004: Berggrundens ytformer. *Geologiskt forum 43,* 18–21.

Lundqvist, L. & Wohlfarth, B., 2001: Timing and east-west correlation of south Swedish ice marginal lines during the Late Weichselian. *Quaternary Science Reviews 20,* 1127–1148.

Lundqvist, J., 2002: Weichselistidens huvudfas. I Fredén, C. (red.): *Berg och jord, Sveriges Nationalatlas.* Tredje upplagan, 124–135.

Mohrén, E. & Larsson, W., 1974: Beskrivning till kartbladet Levene. *Sveriges geologiska undersökning Aa 201,* 156 s.

Munthe, H., 1903: Beskrivning till kartbladet Skara. *Sveriges geologiska undersökning Aa 116,* 65 s.

Munthe, H., 1906: Beskrivning till kartbladet Falköping. *Sveriges geologiska undersökning Aa 120,* 114 s.
Odenstad, S., 1948: Skredet vid Lidan. *Geologiska Föreningens Förhandlingar 70,* 254–263.
Von Post, L., 1929: Vänerbassängens strandlinjer. *Geologiska Föreningens I Stockholms Förhandlingar 51,* 36 s.
Persson, T., 2015: Grundvattenmagasinet Råda ås. *Sveriges geologiska undersökning K 492,* 11 s.
Påsse, T. & Daniels, J., 2015: Past shore-level and sea displacement. *Rapporter och meddelanden 137.* Sveriges geologiska undersökning, 33 s.
Påsse, T. & Pile, O., 2016: Beskrivning till jordartskartorna 8D Skara NV, NO, SV och SO och Mariestad SV. *Sveriges geologiska undersökning K 534–538,* 132 s.
Rosenqvist, I.T., 1977: A general theory for a quick clay properties. Proceedings. The third European Clay Conference, Oslo 2–5 juni, 1977, 215-228.
Sandegren, R., 1927: Beskrivning till kartbladet Lurö. *Sveriges geologiska undersökning Aa 166,* 43 s.
Sveriges geologiska undersökning, 1922: Torvmarkskartor med beskrivningar. Kartbladet Vänersborg. *SGU D42.*
Smith, C.A., Engdahl, M. & Persson, T., 2014: Geomorphic and stratigraphic criteria used to date the Råda Landslide, Västra Götaland, Sweden. *Geologiska Föreningens Förhandlingar 136:3,* 507–511.
Smith, C.A., Larsson, O. & Engdahl, M., 2017a: Early Holocene coastal landslides linked to land uplift in western Sweden. *Geografiska Annaler Series A. Physical Geography 99:3,* 288–311.
Smith, C.A, & Mikko, H., 2017b: Coastal landslides associated with confined aquifers and land uplift in Sweden. *SGU-rapport 2017:06.* Sveriges geologiska undersökning, 19 s.
Söderström, M., Sohlenius, G., Rodhe, L. & Piiki, K., 2016: Adaptation of regional digital soil mapping for precision agriculture. *Precision Agriculture, volume 16, issue 5.* Sveriges Lantbruksuniversitet, Sveriges geologiska undersökning, 588−607.
Wikner, T., Fogdestam, B., Carlstedt, A. & Engqvist, P., 1991: Beskrivning till kartan över grundvattnet i Skaraborgs län. *Sveriges geologiska undersökning Ah 9,* 83 s.
Öhrling, C., 2017: Late glacial – early Holocen geomorphology between Lake Vänern and Lake Vättern, southern Sweden. *University of Gothenburg B995, degree of Master Science (120 credits),* 38 s.