

Beskrivning till geomorfologiska kartan Jämtlands län

Robin Blomdin, Gustaf Peterson Becher,
Colby A. Smith, Carl Regnéll, Christian Öhrling,
Bradley W. Goodfellow & Henrik Mikko



ISSN 1652-8336
ISBN 978-91-89421-12-7

Ändringar genomförda 30 mars 2021

Sidan 5. Summary (English) – fjärde raden
från botten. Ändring av väderstreck:

Ny text: eastward

Ursprunglig text: westward

Sidan 56. Bilaga:

Kartan uppdaterad med synligt ytlager

Omslagsbild: Indalsälvens dalgång, från Åre mot Duved
och Storlien. Bild tagen från Sadelområdet, Björnen.

Fotograf: Gustaf Peterson Becher.

Författare: Robin Blomdin, Gustaf Peterson Becher, Colby A. Smith,
Carl Regnéll, Christian Öhrling, Bradley W. Goodfellow och Henrik Mikko

Granskad av: Anna Hedenström

Ansvarig enhetschef: Anna Hedenström

Redaktör: Johan Sporrang

Utgivningsår: 2021

Sveriges geologiska undersökning

Box 670, 751 28 Uppsala

tel: 018-17 90 00

e-post: sgu@sgu.se

www.sgu.se

INNEHÅLL

Sammanfattning.....	5
Summary (English).....	5
Inledning.....	6
Användningsområden.....	7
Grundvattenresurser.....	9
Markstabilitet.....	9
Markfuktighet.....	10
Jämtlands geologiska utveckling.....	10
Berggrundsgeologi och morfologiska regioner.....	10
Kvartära nedisningar och deglaciationskronologi.....	12
Metodik.....	15
Kartunderlag.....	15
Jordartskarta över Jämtlands län.....	16
Geomorfologiska kartblad.....	16
Glacialmorfologiska kartan, Södra Fjällen.....	16
The glacial geomorphology of central and northern Sweden.....	16
Kartläggningsmetod.....	18
Landformsklassifikation.....	18
Konceptuell modell.....	19
Glaciala landformer.....	21
Glaciärnisch.....	21
Ribbmorän.....	22
Glacial lineation; stor och liten.....	23
Läsidesmorän; stor och liten.....	25
Ändmorän.....	26
De Geer-morän.....	27
Moränplatålandskap.....	28
Glacifluviala landformer.....	30
Lateral smältvattenränna.....	30
Smältvattenränna.....	31
Rullstensås; stor och liten.....	32
Utgrävd rullstensås.....	34
Sandur.....	34
Glacifluvialt delta.....	35
Iskontakt.....	37
Issjöstrandlinje.....	38
Postglaciala eller övriga landformer.....	39
Delta.....	39
Flygsanddyn.....	40
Skredärr.....	41
Ravin.....	43

Issjöar.....	44
Isrörelser	46
Tackord	48
Bilaga.....	48
Referenser.....	48
Bilaga. Geomorfologiska kartan Jämtlands län.....	54

SAMMANFATTNING

Geomorfologiska kartor har flera samhällsviktiga användningsområden och fungerar som underlag för kartläggning av grundvattenresurser, markstabilitet och markfuktighet. Utveckling av geomorfologiska databaser är extra viktigt för samhällsplanering inom regioner som saknar modern jordartsgeologisk information och dessutom har en komplex geologisk historia. Ett exempel på en sådan region är Jämtlands län. ”Geomorfologiska kartan Jämtlands län” har tagits fram av denna anledning och är en digital kartprodukt som bygger på samma symbolspråk och konceptuella modell som tidigare utvecklats på Sveriges geologiska undersökning. Fokus har legat på att, från Lantmäteriets LiDAR-baserade höjdmodell, kartlägga glaciala, glaci-fluviala och postglaciala landformer, som har betydelse för både samhällsutveckling och för att förstå regionens komplexa geologiska historia. Totalt har nästan 90 000 landformer kartlagts, varav de vanligaste formerna är smältvattenrännor, glaciala lineationer, rullstensåsar och issjöstrandlinjer. Fördelningen av landformer har preliminärt analyserats för att rekonstruera issjöutbredning (issjöstrandlinjer) och isrörelseriktningar (läsidesmoräner) under den senaste nedisningen. Analysen visar att: 1) Jämtlands issjöar haft mycket varierande areal, allt från $< 10 \text{ km}^2$ till $> 3\,000 \text{ km}^2$ och att 2) läsidesmoräner inom länet, kan delas in flera landformsystem bildade vid olika tidpunkter under den senaste nedisningen Weichsel. Till exempel visar en analys av överlappande läsidesmoräner att äldre landskap blivit bevarade i Jämtland. Dessa läsidesmoräner bildades av en östligt flödande bergkedjeis från fjällen sett och är på några lokaler överlagrade av yngre läsidesmoräner som uppvisar nordliga isrörelseriktningar. Analysen visar även, en avslutande komplex deglaciation men vi kan urskilja ett tidigt och sent stadium i isrörelseriktningarna. ”Geomorfologiska kartan Jämtlands län” är slutligen unik med avseende på detaljnivå, geometrisk noggrannhet och tillvägagångsätt.

SUMMARY (ENGLISH)

Geomorphology maps have several important societal applications and form a basis for mapping groundwater resources, ground instability and ground moisture. The development of geomorphological data is particularly important for regions missing modern surficial geology maps. One such region is the county of Jämtland in west central Sweden, an area with a complex glacial geological history and with geometrically outdated geology maps. “The geomorphology map of Jämtland county” have been produced to advance our geological understanding and provide a planning basis for societal applications. The map is a digital product, building on a similar design, legend and conceptual model for landscape development, as previously produced geomorphology maps at the Geological Survey of Sweden. Focus have been to use the LiDAR-based elevation model, from the Swedish mapping, cadastral and land registration authority, to map glacial, glaci-fluvial and postglacial landforms, with importance for both societal development and understanding the region’s complex geological history. In total, nearly 90 000 landforms were mapped, the most common being: meltwater channels, glacial lineations, eskers and glacial lake shorelines. We used this unique dataset to preliminary analyse the distribution of landforms and reconstruct glacial lake extent and evolution and to provide a relative ice flow chronology during the last glaciation/deglaciation. Our analysis of glacial lake shorelines indicate that Jämtland was inundated by extensive ice-dammed lakes during the last deglaciation, with individual lakes covering areas from $< 10 \text{ km}^2$ to $> 3\,000 \text{ km}^2$. Further analysis of crag-and-tail cross-cutting relationships allow us to establish 1) a previously unidentified group of landforms, formed by eastward ice flow expansion by a mountain centred ice sheet, and 2) a highly complex deglaciation sequence but with a clear distinction between early and late deglacial ice flow landforms. “The geomorphology map of Jämtland county” is unique, with respect to detail, geometric accuracy, and approach.

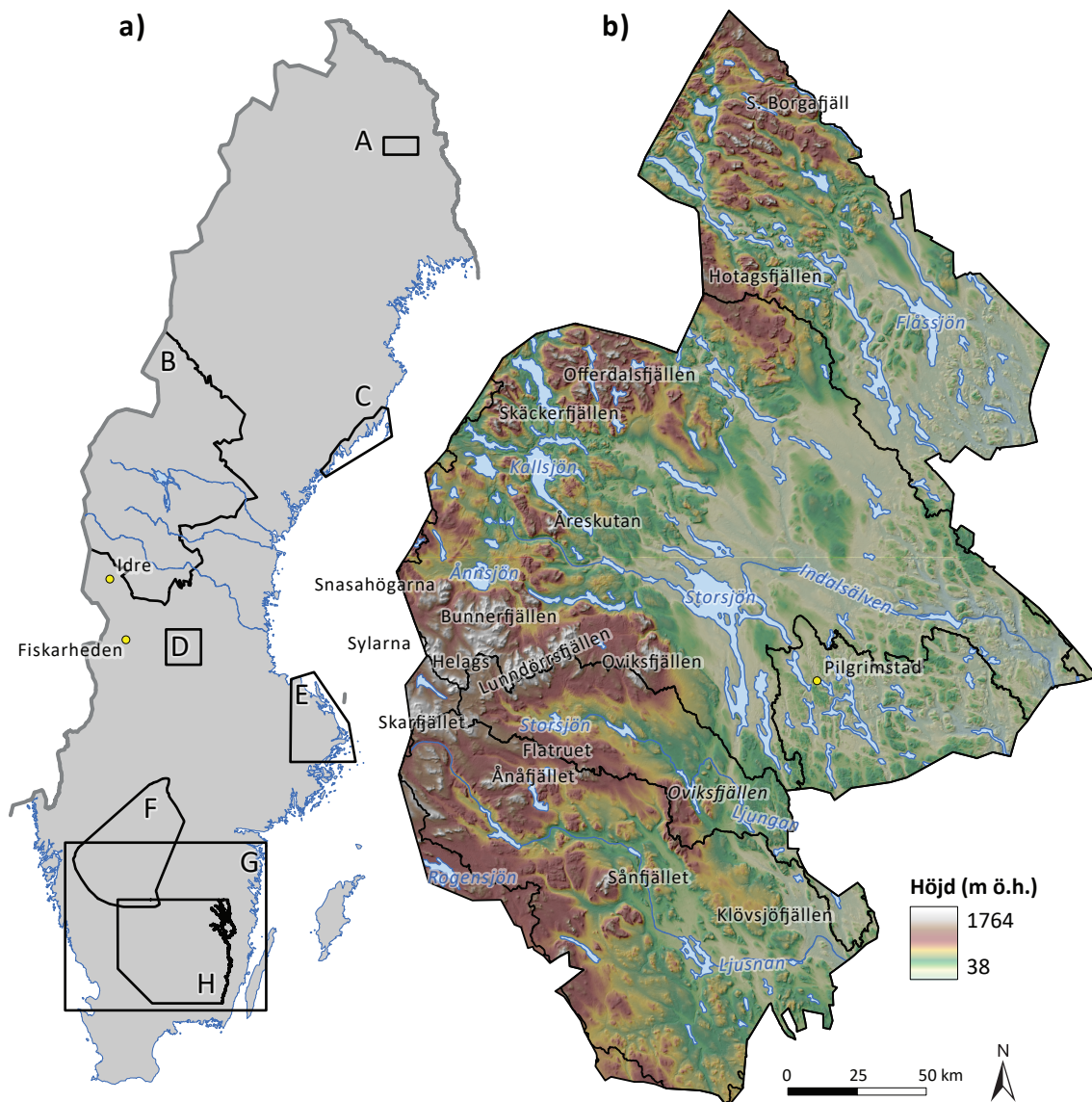
INLEDNING

Geomorfologi är läran om jordytans landformer samt de fysiska och kemiska processer som bildar, bryter ner och omformar dessa. Centralt inom geomorfologin är kartläggning av jordytans form och framställning av geomorfologiska kartor. Dessa tematiska kartor delar in jordytan i distinkta landformer som avgränsats enligt etablerade definitioner och kriterier. Klassifikationen kan belysa olika kartläggningsfokus men koncentrerar ofta på att klargöra landformernas bildningsprocess (morfogenes) eller relativa ålder (morfofokronologi) (Bishop m.fl. 2012, Chandler m.fl. 2018).

Jämtlands län har kartlagts med avseende på geomorfologi flera gånger tidigare från flygbilder; delvis genom regionala studier (Borgström 1989) men också småskaligt och heltäckande (Hätttestrand 1998). Med ökad tillgång till detaljerade digitala höjdmodeller har möjligheterna att kartlägga och studera Sveriges geomorfologi förbättrats. I syfte att tillgängliggöra geomorfologiska kartor för samhällsplanering och forskning har Sveriges geologiska undersökning (SGU) sedan 2010-talets början kartlagt geomorfologi i delområden över Sverige (Peterson & Smith 2013a, b). De områden som SGU kartlagt täcker i nuläget: Siljanområdet (Smith & Peterson 2014), Sydsvenska höglandet (Peterson m.fl. 2017) och området mellan Väneren och Vättern (Öhrling m.fl. 2020) samt ett flertal opublicerade områden (fig. 1a). Arbetet med databasen har skett parallellt med Lantmäteriets utveckling av en ”nationell höjdmodell” (NH) som är framtagen genom laserskanning (LiDAR) av landskapet (Lantmäteriet 2019, 2020). Höjdmodellens höga upplösning, i kombination med att både vegetation och antropogena strukturer filtrerats bort, ger en tidigare oöverträffad detaljbild av markytan (Johnson m.fl. 2015).

LiDAR-baserade höjddata har därför gett helt nya möjligheter och SGU avser att fortsätta att kartlägga geomorfologi inom vårt uppdrag att tillhandahålla geologisk information för samhällets behov (Peterson & Smith 2013a, b). Under de senaste åren har NH blivit tillgängligt för fjällregionen vilket har gett möjligheten att fokusera på områden där endast översiktlig jordartsgeologisk information har funnits. En behovsanalys har visat att Jämtlands län är ett område med stora ytor utan modern (tillräcklig geometrisk noggrannhet) jordartsgeologisk och geomorfologisk information. Det geologiska underlag som finns över Jämtlands län är i nuläget inte alls lämpat för modern samhällsbyggnad med behov av digitaliserade data. Jämtland har dessutom genomgått en komplex geologisk historia, med flertalet exempel på jordlagerföljder som uppvisar ”gömda” lager, avsatta under tidigare nedisningar (Lundqvist 1969). Resultatet är att områden som på ytan ser ut att ha en viss egenskap faktiskt kan ha motsatta egenskaper. Ett vanligt exempel på detta är skredkänsliga jordarter som är täckta med morän (ofta ansedd som en stabil jordart). Ett annat exempel är förekomsten av dolda sand- och grusavlagringar som kan utgöra grundvattenresurser. Med ofullständiga geologiska underlag kan således infrastruktur planeras otillräckligt och underoptimerat.

Denna rapport syftar till att beskriva det senaste tillskottet till den geomorfologiska databasen, geomorfologiska kartan Jämtlands län (hädanefter ”geomorfologiska kartan”) (fig. 1b). Fokus för rapporten är att kortfattat beskriva: 1) kartans användningsområden, 2) Jämtlands geologiska utveckling, 3) metodiken för kartans framställning (kartunderlag, kartläggningsmetoder och landformsklassifikation) och en översiktlig analys av fördelningen av Jämtlands landformer. Utöver detta kommer vi redogöra kort för hur landformerna används för att preliminärt rekonstruera: 4) issjöstadier och 5) isrörelseriktningar under den senaste nedisningen. Geomorfologiska kartan är en digital kartprodukt som bygger på samma symbolspråk och konceptuella modell som tidigare utvecklats på SGU (Peterson & Smith 2013a, b) med modifikationer utförda för att passa Jämtlands unika förhållanden.



Figur 1. Översiktskartor för: **a)** Sverige som visar den geomorfologiska databasens täckningsområden: A = Tärnendö, B = Jämtland, C = Umeå. Publicerade kartor och områden inkluderar: D = Siljanområdet (Smith & Peterson 2014), F = Vänern och Vättern (Öhrling m.fl. 2020), G = Randslågen (Peterson m.fl. 2017, Öhrling m.fl. 2020) och H = Småland (Peterson m.fl. 2017). **b)** Jämtlands län med huvudsakliga avrinningsområden (svarta linjer), fjällmassiv, sjöar och älvar.

ANVÄNDNINGSMRÅDEN

Geomorfologiska kartor i allmänhet har en mängd olika användningsområden. Vilka dessa är beror på vilka landformer som kartlagts och i vilken skala. En geomorfologisk karta beskriver landformerna inom ett område och hur de förhåller sig till varandra. Landformer kan vittna om de processer som varit aktiva när de bildades men också ge ledtrådar om markgenskaper, såsom jordart, markstabilitet och markfuktighet. Exempel på frågor som kan besvaras är: hur och när, eller hur ofta landformerna bildats? Dessa frågor är viktiga för att öka förståelsen om hur jordens ”kritiska zon” är uppbyggd, det vill säga den zon där vi människor lever som sträcker sig mellan trädens kronor och grundvattnets bas (Riebe m.fl. 2017). Geomorfologin är central för att förstå vilka processer, både kortsiktiga och långsiktiga, som hjälper till att

forma jordarter och landformer inom den kritiska zonen. Exempel på konkreta användningsområden för den geomorfologiska kartan inkluderar:

- Som grundinformation vid kartläggning av grundvattenresurser och som ett underlag vid arbete med regionala grundvattenförsörjningsplaner (Blad m.fl. 2009).
- Som underlag både för detaljerade och övergripande analyser om markstabilitet och skredförutsättningar (Abbaszadeh Shahri m.fl. 2019, Hedfors & Rodhe 2018).
- Som underlag vid prospektering efter malmer och mineral, genom att tillhandahålla transportriktning av morän (Klassen 1999, Kelley m.fl. 2019).
- Som ett sätt att illustrera och förklara istidshistorien (Soyez 1971).
- Som underlag för naturvärdesbedömning och geologisk mångfald (Schoning & Lundquist 2020).
- Som ett inledande moment och grund för effektivisering, prioritering och bättre geologisk förståelse vid jordartsgeologiska kartläggningsarbeten.

Utöver detta är användningsområdena för geomorfologiska kartor stora inom forskningen. I glacialmorfologin studeras till exempel landformer som bildats i anslutning till en inlandsis eller glaciär. Glacialmorfologiska kartor utgör därför grunddata inom paleoglaciologin där man studerar den glaciala landskapsutvecklingen (Chandler m.fl. 2018, Kleman m.fl. 1997) för att utvärdera resultat från numeriska is- och klimatmodeller (Patton m.fl. 2016, 2017), eller använder kunskapen om forna inlandsisar som analog till det som händer när dagens inlandsisar smälter på grund av global uppvärmning. Tabell 1 sammanfattar några möjliga användningsområden och de landformer som är primärt intressanta för respektive område.

Geomorfologisk kartläggning i någon form har utförts som en del i den reguljära jordarts-kartläggningen vid SGU sedan de första kartläggningsinsatserna under sent 1800-tal. Trots detta har SGU aldrig tillhandahållit separata geomorfologiska kartor, utan den geomorfologiska informationen har varit en del av jordartskartorna. I Jämtlands län finns ej heltäckande jordartsinformation och därför kan en geomorfologisk karta vara av speciellt intresse då inga andra digitala jordartsdata, kartlagda på modernt underlag, finns tillgängligt. Detta medför att det, förutom ovanstående användningsområden, säkerligen finns flera ej upptäckta sätt att nyttja denna produkt. Vi anser dock att det finns några användningsområden som bör lyftas fram.

Tabell 1. Landformer och dess användningsområden.

Landform	Användningsområde
Rullstensås, Delta och Sandur	Grundvattenresurser
Ravin, Skredärr och Issjöstrandlinje (indirekt)	Markstabilitet
Glacial lineation, Läsidemorän och Rullstensås	Prospektering, isrörelseriktningar
Issjöstrandlinje (indirekt)	Skogsbruk, markfuktighet
Alla	Geologisk mångfald
Alla	Forskning, landskapsutveckling, "kritiska zonen"
Alla	Forskning, utvärdering av inlandsismodeller

Grundvattenresurser

Regionala vattenförsörjningsplaner har syftet att säkerställa tillgången till grundvattenresurser för dricksvattenförsörjningen i ett område på lång sikt, det vill säga i ett flergenerationsperspektiv (Blad m.fl. 2009). Enligt SGUs rapport ”Vattenförsörjningsplan – identifiering av vattenresurser viktiga för dricksvattenförsörjning” (Blad m.fl. 2009), bör en vattenförsörjningsplan innehålla en översikt med beskrivning av potentiellt tillgängliga grundvattenresurser samt en prioritering. För att ta fram en översikt av grundvattenförekomster i jord är SGUs jordartskartor en viktig hjälp i detta arbete. I delar av landet, till exempel i Jämtlands län, finns ej heltäckande jordartskartor och här kan geomorfologiska kartan vara ett alternativ.

Landformer med förutsättning att vara grundvattenresurser i jord är ofta kopplade till stora grusavlagringar, såsom rullstensåsar, deltan och sanduravlagringar. I geomorfologiska kartan finns flera enheter som kan belysa utbredningen av stora grusavlagringar. Storleken av dessa avlagringar, dess läge i terrängen och andra faktorer som kan påverka förutsättningarna för dessa enheter som grundvattenresurser har dock ej bedömts. Trots det anser vi att underlaget i geomorfologiska kartan kan vara till hjälp. Till exempel kartläggs åsryggar av olika storlek (liten och stor), där den mindre storleken (< 25 m bredd) troligtvis inte har storleken som krävs för att vara en betydande grundvattenresurs. De åsryggar som är klassificerade som ”stora” (> 25 m bredd) har, speciellt när de är som allra störst, goda förutsättningar. Detta förutsatt att resterande parametrar såsom topografiskt läge är goda. Också tydliga glacifluviala deltaformer kartläggs, flera av dessa består av tillräckligt grova sediment för att ha goda förutsättningar och detsamma gäller sanduravlagringar. Dessa landformer visar således platser där landformer som indikerar sorterade grövre sediment finns.

Markstabilitet

I finkorniga jordarter hålls partiklarna samman av kohesion, en kraft som verkar mellan ler- och siltkornen, till skillnad från grovkorniga jordarter, vilka hålls samman av friktion mellan sand- och gruspartiklarna. Kohesionens styrka är kopplad till mängden vatten i sedimenten vilket medför att till exempel silt i torrt tillstånd kan bilda stabila branta sluttningar, men i vattenmättat tillstånd i stället kan bli i princip flytande. Dessa jordarter klassas därför som skredkänsliga vilket betyder att de har egenskaper vilka gör att de kan komma i rörelse. Rörelsen av jordmassan påbörjas utmed försvagade lager som verkar som glidytor. Förutom att jordskred ofta förekommer i ler- och siltjordar så kan de även förekomma i siltiga eller leriga moräner om moränen är vattenmättad. En annan sluttningsprocess är slamströmmar som består av vattenmättade jordmassor som strömmar nedför branta sluttningar eller i en redan existerande ravin. Raviner bildas i första hand i områden där det finns gott om grovlera, silt och finsand och därför kan de vara en indikation på förutsättningar för skred.

I Jämtlands län finns finkorniga jordarter först och främst i områden som tidigare täckts av issjöar, vilka dämdes mellan inlandsisens retirerande iskant och fjällsidorna (se avsnitten *Jämtlands geologiska utveckling* och *Issjöar*). De avlagringar som avsattes i issjöarna utgörs dels av långtransporterat material, som tillförts av isälvar och senare vattendrag, dels material som svallats av vågornas aktivitet längs strandkanterna. Denna omlagring av material i landskapet har medfört att finkornigt material koncentrerats i de tidigare issjöbassängerna, ställvis har dessa eroderats bort av vattenströmmar när issjönivåerna sänktes, men ofta har de bevarats. Detta betyder att områden som ligger under issjöstrandlinjer kan innehålla finkorniga jordarter (se avsnittet *Issjöstrandlinjer*). Dessa är potentiellt stora områden då issjöarna som existerat i Jämtland har varit allt från < 10 km² till > 3000 km² stora och delar av landskapet har legat under vatten under relativt lång tid (100-tals år). Till skillnad från direkta observationer av

raviner, skred och slamströmmar är issjöstrandlinjer endast en indikator på skredkänslighet, men i frånvaro av andra underlag är de av speciellt intresse.

Andra jordarter i Jämtland som uppvisar förutsättningar för skredkänslighet är de leriga moräner som ställvis förekommer i regionen samt flertalet lagerföljder som indikerar områden med finkorniga sediment överlagrade av morän. En geomorfologisk kartläggning kan ej svara direkt på vad landformerna består av och än mindre jordarternas egenskaper, till det behövs en jordartskarta och förståelse för geologin på djupet. Dock är det möjligt att göra flertalet antaganden baserat på det geomorfologiska sammanhanget.

Markfuktighet

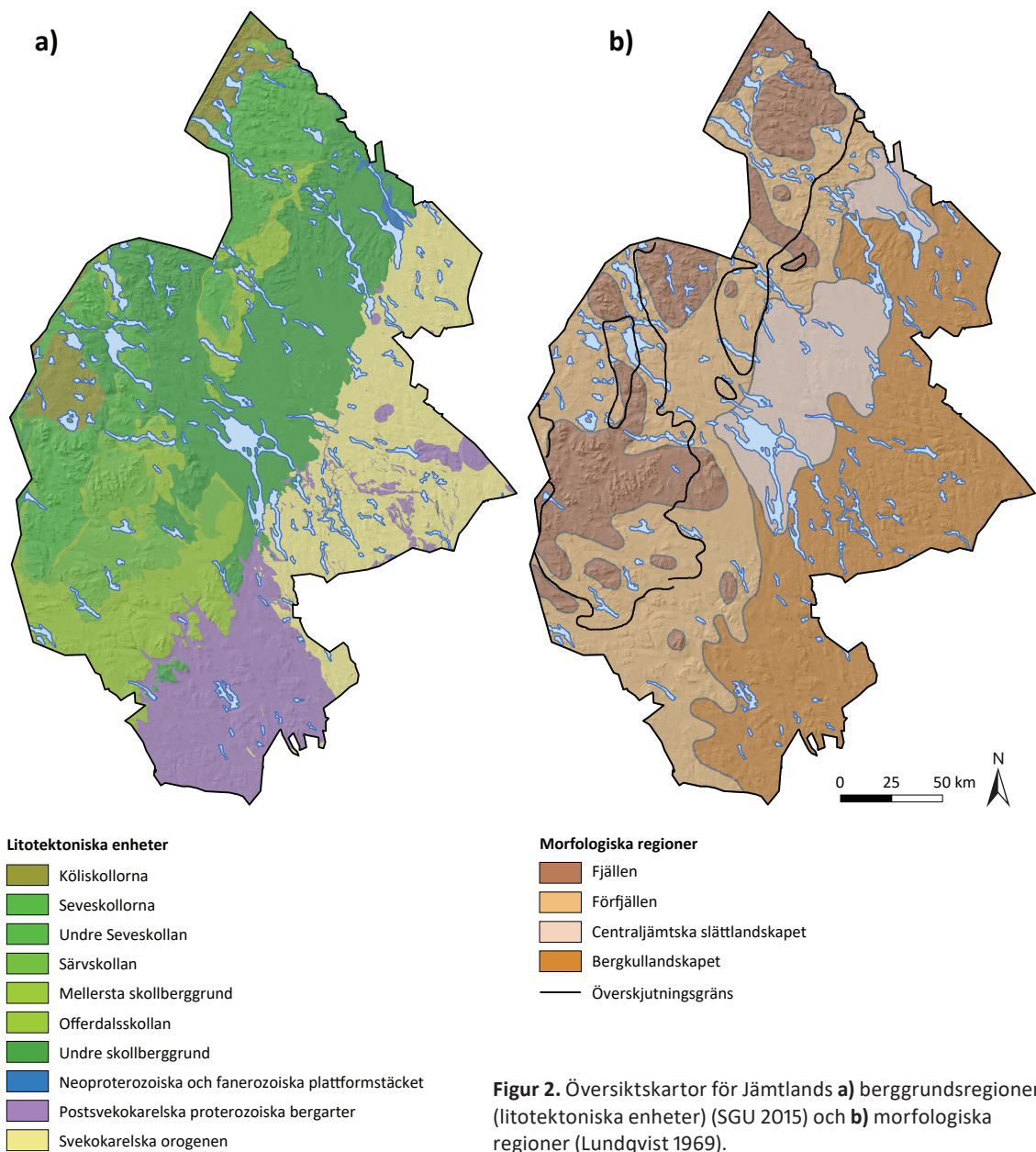
Skogsnäringen är säkerligen också behjälpt av information om issjöarnas utbredning. Traditionellt används högsta kustlinjen (HK, den nivå i Sverige som havet nådde som högst efter den senaste istiden) som en övre gräns med betydelse för skogens bonitet (skogens bördighet). Skogen har en högre bonitet under HK på grund av svallningszoner samt avsättningen av lera och silt (högre markfuktighet). Jämtland ligger dock generellt högre än HK men de stora issjöarna täckte betydande delar av länet och deras ”högsta kustlinje” utgör en liknande jordartsgräns i landskapet, varför utbredningen av issjöarna är viktiga att fastställa. Eftersom lera och silt avsattes på botten av dessa issjöar och dessa sediment har speciellt goda vattenhållande egenskaper blir dessa områden intressanta för skogsnäringen. Till skillnad från direkta observationer av finkorniga jordarter blir issjöstrandlinjer endast en indikator på denna regionala jordartsgräns, men i frånvaro av andra underlag är den av speciellt intresse.

JÄMTLANDS GEOLOGISKA UTVECKLING

Berggrundsgeologi och morfologiska regioner

Landformer som utvecklades under kvartärtidens nedisningar dominerar Jämtlands landskap. Men landskapets karaktär reflekterar också en längre geologisk historia. Berggrunden i östra Jämtland är äldst och består av urberg som bildades under den Svekokarelska bergkedjeveckningen (Gorbatshev m.fl. 1997). I de centrala och västra delarna av Jämtland är berggrunden metasedimentär med Kaledonisk ålder och inkluderar även vulkaniska bergarter (Karis & Strömberg 1998). Berggrundsgeologin och dess tektoniska historia i Jämtland är komplicerad, men i grova drag kan man säga att denna är starkt kopplad till fyra generella morfologiska regioner (fig. 2). Dessa regioner inkluderar fjällen, förfjällen, de centraljämtska slätterna och bergkullandskapet.

De västra fjällen och förfjällens relief är ett resultat av den ursprungliga skandinaviska fjällkedjans tillkomst och sedermera nednötning, som skett under flera 100 miljoner år, från senprekambrium (cirka 800 miljoner år sedan) till devon (cirka 400 miljoner år sedan). Dagens fjäll och förfjällregion tillhör således den Kaledoniska bergkedjeveckningens olika skollkomplex (fig. 2a). Jämtlandsdelen av den skandinaviska fjällkedjan utgörs dock av den lägsta delen. Endast ett fåtal fjällmassiv (till exempel Sylarna och Helags) är högre än 1 700 m ö.h. (meter över havet). Regionen består av både högplatåer och glacialt präglade dalstråk samt passdalar med nordvästlig–sydostlig utsträckning. Höjdskillnaden är därför stor inom fjällregionen och ligger mellan cirka 240 och 1 750 m ö.h. Bergarterna som dominerar inom fjällregionen inkluderar sandsten, kvartsit och ryolit medan de högsta fjällmassiven utgörs av amfibolit och glimmerskiffer (SGU 2017). De stora älvdalarna skär inte igenom fjällregionen utan utgör snarare ”vikar” med väst–östlig utsträckning som grundas av västerut. Dessa vikar tillåter västliga instick i fjällkedjan av förfjällsregionen. De huvudsakliga fjällmassiven sammanfattas i figur 1b.



Förfjällregionen utgörs i huvudsak av de så kallade Jämtlandsskollorna och har en höjdfördelning mellan 190 och 1 210 m ö.h. Denna region har inte samma dramatiska relief som fjällregionen men karaktäriseras ändå av betydligt större relief än bergkullandskapet, även om gränsen mot denna region är stundtals diffus. Bergarterna inom förfjällregionen domineras av vacka, sandsten och kvartsarenit (SGU 2017). Inom förfjällregionen återfinns även de så kallade överförskjutningsbranterna vilka markerar de olika skollornas skarpa erosionsbrant mot de östliga slätt- och bergkullandskapen (fig. 2b). De centraljämtska slätterna är vidare ett flackt område inom centrala Jämtland som berggrundsgeologiskt hör till Jämtlandsskollorna och är bildade under kambrium-silur. Här dominerar vacka, skiffer, kalksten och slamsten (SGU 2017). Denna region har liten relativ relief (240–680 m) i jämförelse med de andra regionerna och saknar generellt småkupering. De få höjder som finns, som är berggrunds-

betingade, har ett flackt plåtårtat utseende. Inom slättlandskapet finns det också ett flertal bäcken eller överfördjupningar (till exempel Storsjöbäckenet) som troligen har ett glacialt ursprung.

Slutligen, det östra bergkull-landskapet består av en kraftigt bruten relief. Regionen kännetecknas av mjukt rundade kullar med en relief på 40–770 m. Dessa bergkullar är ofta utdragna i inlandsisens isrörelseriktning. Bergkull-landskapet överlappar vidare med den östliga urbergsregionen (Svekokarelska bergkedjevekningen) och anses ursprungligen vara en slätt som sedermera djupvittrat, varav kullarna utgör kvarlämnade restberg som sedan blivit glacialt präglade (till exempel Lidmar-Bergström & Olvmo 2015). Bergarterna i denna region utgörs främst av graniter, gnejser, ryoliter och diabas (SGU 2017).

Kvartära nedisningar och deglaciationskronologi

Sedan kvartärperiodens början för ungefär 2,5 miljoner år sedan har det norra halvklotets övre breddgrader präglats av tiotals nedisningar av olika omfattningar, vilka kan urskiljas genom syreisotopanalyser som görs på sedimentkärnor från djuphavet (till exempel Lisiecki & Raymo 2005) eller iskärnor hämtade från dagen inlandsisar (till exempel Rasmussen m.fl. 2014). I Jämtland pågick den senaste nedisningen Weichsel från ungefär 115 000 år sedan till för ungefär 10 000 år sedan. Jämtlands läge i förhållande till inlandsisens utbredning under Weichsel, har medfört att glaciala landskap och landformer bevarats från olika tidsperioder. Inlandsisars förmåga att bevara äldre landskap beror på om glaciärisens botten befinner sig över eller under trycksmältpunkten. När isens botten har nått trycksmältpunkten kallas den för varmbottnad och kan glida över landskapet och på så sätt deformera sitt underlag. Under en varmbottnad is sker rörelsen antingen genom glidning på grund av variationer i vattentryck mellan is och dess underlag eller genom deformation av de underliggande sedimenten (morän). När isens botten inte har nått trycksmältpunkten kallas den för kallbottnad och är då fastfrusen i underlaget. Isrörelsen sker då endast genom deformation av ismassan och inte genom glidning varpå äldre landformer kan bevaras. Figur 3 visar Jämtlands läge i förhållande till var inlandsisen var kallbottnad och således där äldre landskap kan bevaras.

Bilden av Jämtland under den senaste nedisningen är känd från ett flertal äldre studier (Högbom 1885, 1892, 1909; Andersson 1897; Gavelin & Högbom 1910, Frödin 1913), länskartläggningens fördjupning om isavsmältningens förlopp (Lundqvist 1973), från rekonstruktioner av den skandinaviska inlandsisens utbredning och dynamik (Borgström 1989, Kleman m.fl. 1997, Hughes m.fl. 2016, Stroeven m.fl. 2016), samt även från stratigrafiska studier i Pilgrimstad (Robertson 1988, Alexanderson m.fl. 2010, Wohlfarth m.fl. 2010), Idre och Fiskarheden, i Dalarna län (Möller m.fl. 2012, Flindt m.fl. 2018) (fig. 1). Tack vare detaljerade stratigrafiska studier och en ökad användning av geologiska dateringsmetoder, såsom kol-14-metoder, luminiscensmetoder och exponeringsdatering med kosmogena isotoper, har forskare kunnat tidsbestämma äldre skeenden under Weichsel. Moräntäckta glacifluviala sediment i Jämtland (till exempel isälvsand) har daterats med hjälp av kol-14 och luminiscensmetoder (Lundqvist, 1967, Alexanderson m.fl. 2010, Wohlfarth m.fl. 2010, Flindt m.fl. 2018). Resultat från dessa studier visar att isälvsediment har avsatts under tidig och/eller mellersta Weichsel (fig. 3a och 3b). De glacifluviala sedimenten bildades proglacialt (framför inlandsisen) av isälvar som dränerat en inlandsis som varit centrerade längs fjällkedjans längdaxel (bergkedjeis) och indikerar därav isfria avsättningsförhållanden utanför fjällkedjan. Dessa resultat har även styrkts av exponeringsdateringar av moränblock på moränrygggar vid Idre som bildats under mellersta Weichsel (Kleman m.fl. 2020). Moränryggarna har bildats längs fjällsidorna av utlöparglaciärer och sedermera täckts av den stora skandinaviska inlandsisen som nådde sitt maximum för ungefär

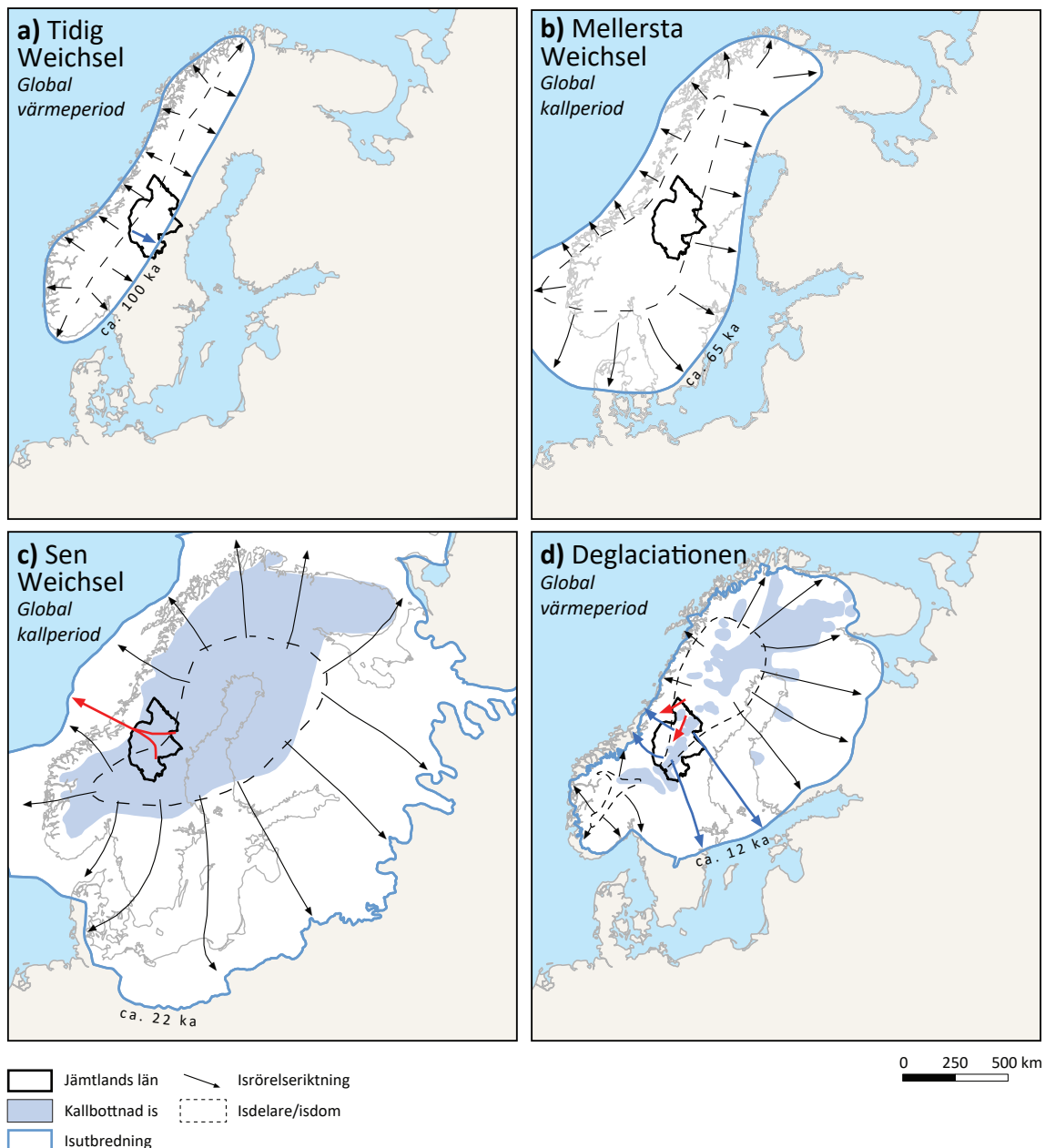
22 000 år sedan (fig. 3c). Ryggarna finns bevarade på grund av den senare isens kallbottnade förhållanden vid dess maxstadium och under deglaciationen (isavsmältningen) (fig. 3c och 3d). Weichsel har således inte bestått av en statisk inlandsis, utan snarare flera dynamiska isar, som under globala värmeperioder haft en begränsad storlek inom fjällkedjan och som sedan vuxit sig större under globala kallperioder (fig. 3).

Det exakta utseendet för bergkedjeisarna är svåra att bestämma med hjälp av endast ett fåtal stratigrafiska studier. Däremot erbjuder landformsarkivet stor hjälp för att rekonstruera isrörelseriktningar från tidigare nedisningar (Kleman m.fl. 1997). Även om israndlägen (till exempel ändmoräner) är sporadiskt bevarade från innan den senaste deglaciationen (Fredin 2004), kan man med hjälp av isrörelseriktningar göra antaganden om var isdelaren och isranden var belägna (Kleman m.fl. 1997). Kleman med fleras rekonstruktion av den skandinaviska inlandsisens evolution under Weichsel (fig. 3) bygger på tidigare kartläggningar av glaciala landformer (Hättestrand 1998) och en klassifikation utav dessa i olika landformssystem. Rekonstruktionen har sedan jämförts med proxydata för global isvolym under Weichsel för att få relativa åldersbestämningar av olika iskonfigurationer (fig. 3). I Jämtland har flertalet äldre skeenden rekonstruerats baserat på isräffelriktningar (Lundqvist 1969) och riktningsbestämda moränstenar (Björnbom 1979). Dessa riktningar visar avvikande isrörelser mot den senaste deglaciationen och påvisar i stället både bergkedjeisar med isdelare längs fjällen och isar med domer över södra Norge (fig. 3a och b). Dessa isar har med hjälp av andra proxydata sedan kopplats till tidig Weichsel (115 000–74 000 år sedan), mellersta och sen Weichsel (74 000–25 000 år sedan) (Kleman m.fl. 1997).

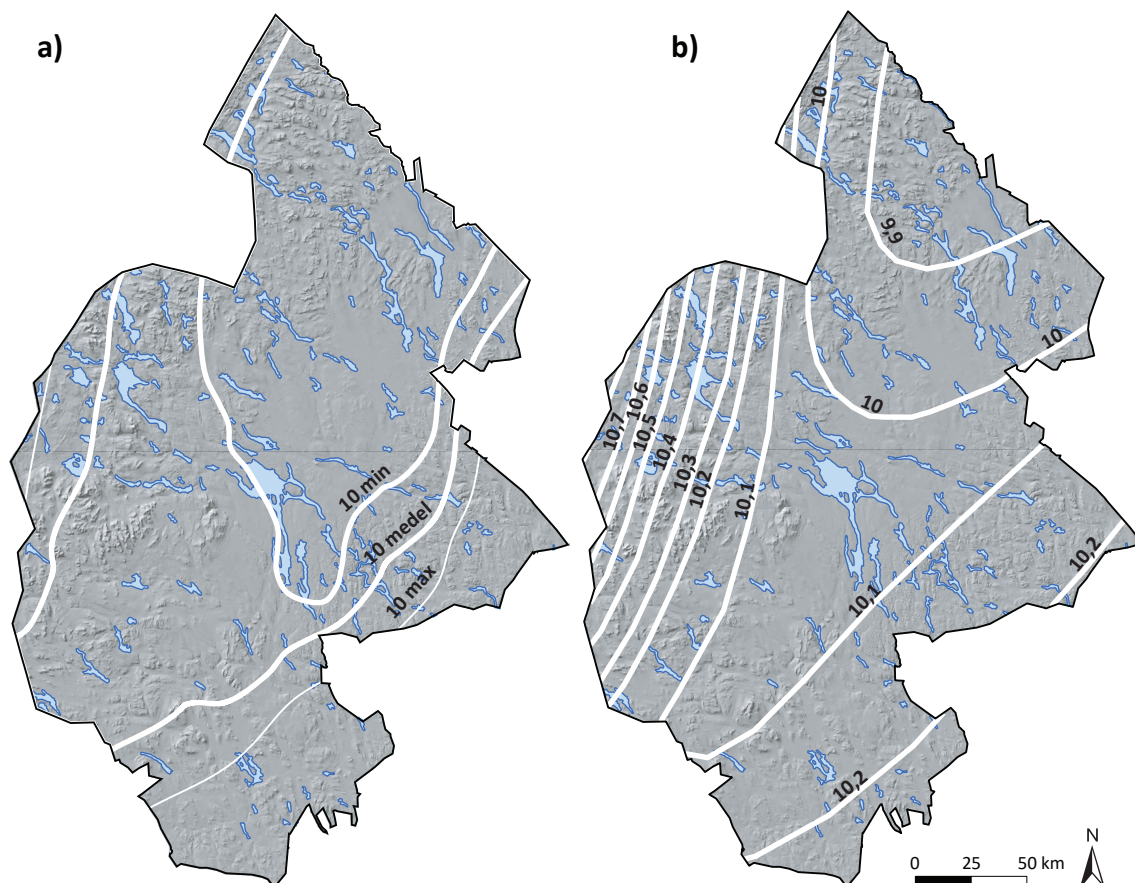
Precis innan inlandsisen påbörjade sin senaste avsmältningsfas hade denna en isdelare som löpte från södra Norges högfjäll, med böjd form, nordost mot Bottenviken i norra Östersjön (fig. 3c). Denna isdelare har i Jämtland tidigare påvisats genom en svärm läsidesmoräner och glaciala lineationer (inga rullstensåsar), belägna sydost om Oviksfjällen (fig. 1b). Dessa landformer visar en isrörelseriktning mot nord–nordväst och kan endast ha bildats av en stor inlandsis med en generell isrörelseriktning mot norska kusten (Borgström 1989, Lundqvist 1969, Kleman m.fl. 1997) (fig. 3c). Under Yngre Dryas förflyttas isdelaren västerut in över centrala Jämtland och is strömmar både mot väst–nordväst och ost–sydost (fig. 3d). För ungefär 10 000 år sedan separeras isen i två delar: en som smälter av mot nordost och en som smälter av mot sydost (Borgström 1989) (fig. 3d). Det exakta förloppet är okänt även om Borgströms (1989) rekonstruktion ger en potentiell bild utav olika reträttstadier, baserad på en enkel modell för att uppskatta isprofilens lutning och förhållande till landskapet.

Även om det senaste deglaciationsförloppet är bättre känt än skeenden i tidig och mellersta Weichsel, så är deglaciationskronologin fortfarande bristfällig. I stort sett hela Jämtland ligger ovan HK och kan således inte dateras med lervarvskronologi. Två studier har under de senaste åren rekonstruerat deglaciationen över Jämtland (fig. 4): Hughes med fleras rekonstruktion av Euroasiatiska nedisningar under Weichsel är främst baserad på en databas med geologiska dateringar (DATED-1) även om tidigare landformsbaserade rekonstruktioner (till exempel Kleman m.fl. 1997) används för att guida deras placering av iskantspositioner (Hughes m.fl. 2016). Stroeven med fleras (2016) rekonstruktion av den skandinaviska inlandsisens deglaciation bygger på liknande metoder som Hughes m.fl. (2016) och använder sig av en databas med geologiska dateringar samt tidigare landformsbaserade rekonstruktioner. Skillnaden mellan metoderna som används i dessa två studier ligger främst i detaljer och insamlade kronologiska data men är också delvis konceptuell med avseende på hur iskantens isokroner ritas. Där Stroeven med flera lägger störst tyngd på landformer och tidigare lervarvskronologier, lägger Hughes med flera större vikt på deras databas med dateringar och har även inkluderat rumsliga osäkerheter i deras rekonstruktion. Figur 4 visar likheter mellan de två

olika deglaciationsrekonstruktionerna och hur inlandsisen smälte bort från Jämtland någon gång för ungefär 10 000 år sedan. Enligt exponeringsdateringar var till exempel Åreskutan isfri för $10\,600 \pm 100$ år sedan (Johnsen 2010). Slutligen, en separation av den sydväst–nordostutsträckta inlandsisen tycks ske mellan 10 000 och 10 100 år sedan i centrala Jämtland (Stroeven m.fl. 2016).



Figur 3. Den skandinaviska inlandsisens utveckling under Weichsel (modifierad efter Kleman m.fl. 1997): **a)** begränsad bergkedjis med isdelare längs fjällen under tidig Weichsel, **b)** större bergkedjis med isdom över södra Norge under mellersta Weichsel, **c)** fullskalig skandinavisk inlandsis med isdelare över Bottenviken under sen Weichsel och **d)** retirande skandinavisk inlandsis med isdelare direkt öster om fjällkedjan under deglaciationen (Yngre Dryas). Ka indikerar kilo anno = 1 000 år sedan. De blåa och röda färgerna på pilarna motsvarar samma isrärelseriktningar i figur 26 och 27.



Figur 4. Deglaciationen i Jämtlands län för 10 000 år sedan enligt två rekonstruktioner: **a)** Hughes med flera (2016) och **b)** Stroeven med flera (2016). Siffrorna indikerar 1 000 år, 10.2 läses därför som 10 200 år sedan. Notera att Hughes med flera inkluderar rumsliga osäkerheter. Notera även att enligt Stroeven med flera (2016) så tycks en separation av den sydväst–nordost utsträckt inlandsisen ske mellan 10 och 10.1 ka i centrala Jämtland.

METODIK

I detta avsnitt sammanfattas metodiken för framtagandet av ”Geomorfologiska kartan Jämtlands län”. Avsnittet börjar med att redovisa tidigare kartunderlag som bedömts innehålla viktig information om landformernas utbredning. Därefter beskrivs kartläggningsmetoden i detalj med avseende på bildmaterial och slutgiltig precision, noggrannhet och harmonisering.

Kartunderlag

Täckningsområden för tidigare jordartsgeologiska och geomorfologiska kartläggningar redovisas i figur 5. Även om Jämtlands län till största delen saknar modern geologisk information har regionen tidigare inkluderats i flertalet satsningar på både geomorfologiska och jordartsgeologiska kartläggningsprojekt. Detta avsnitt beskriver tidigare kartor som har framställts och som ansetts innehålla värdefull information för utvecklandet av den nya geomorfologiska kartan. Kartmaterialet som ursprungligen varit analogt papperskartor har skannats och georefererats i ett geografiskt informationssystem (GIS). Kartorna har kontinuerligt använts för att stötta i kartläggningen samt utvärdera resultatet. En kort sammanfattning av tidigare kartunderlag följer nedan i kronologisk ordning.

Jordartskarta över Jämtlands län

När kartläggningsarbetet för ”Jordartskartan över Jämtlands län” påbörjades i slutet av 1960-talet, täcktes Jämtland endast av en rikstäckande jordartskarta i skala 1:2 miljoner (G. Lundqvist 1959). Även om det tidigare publicerats flertalet kvartärgeologiska och glacialmorfologiska studier i Jämtland (till exempel Gavelin & Högbom 1910, Frödin 1913, Mannerfelt 1945), växte det under 1950-talet fram ett stort behov av en länstäckande jordartskarta som direkt kunde användas för att planera anläggning av vägar, kraftverk och sjösänkningar (Lundqvist 1969). Kartläggningen som leddes av Jan Lundqvist vid SGU utfördes främst genom fältinventeringar längs vägnätet, med generalstabskartan som underlag och med kompletterande flygbildstolkning som fokuserat på landformer, berg i dagen och blockhalt. Den slutliga kartprodukten täcker in Jämtlands län (1965s länsdragning) och presenteras i skala 1:200 000 (fig. 5b) och kartan bör ses som översiktlig. Ur kartläggningsarbetet med ”Jordartskartan över Jämtlands län” följde flertalet länstäckande rapporter om jordarternas utbredning och sammansättning (Lundqvist 1967), samt utbredningen av issjöar (Lundqvist 1969) och inlandsisens avsmältningsförlopp under den senaste deglaciationen (Lundqvist 1973).

Geomorfologiska kartblad

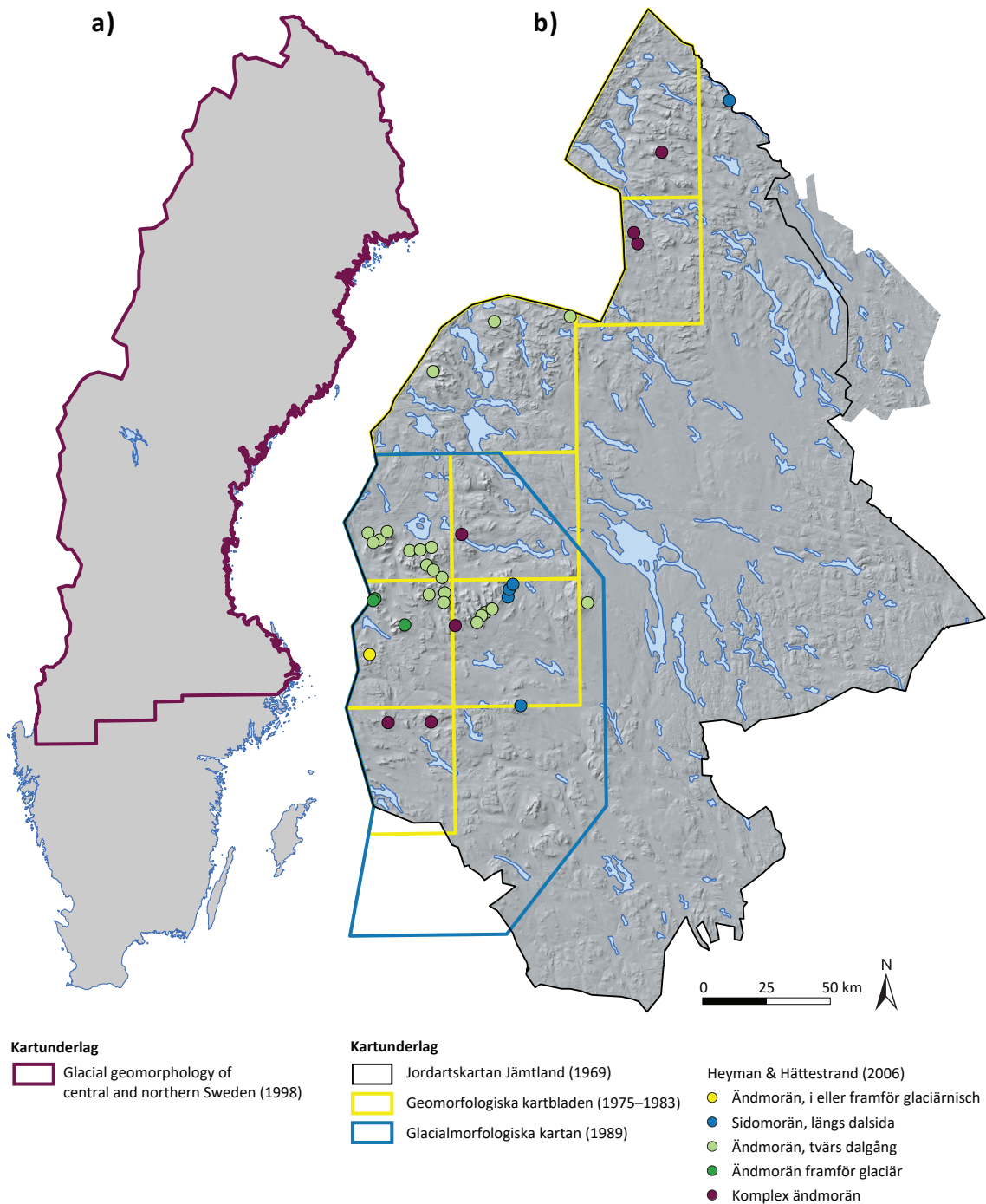
I mitten av 1970-talet ingick projektet ”Geomorfologisk kartering i fjällen” i Naturvårdsverkets fjällutredning. Projektet leddes av Gunnar Hoppe vid Stockholms universitet och hade som övergripande syfte att framställa ”geomorfologiska kartblad” som kunde tjäna som underlag för samhällsplanering i Sveriges fjällregion. Två andra delmål var att identifiera geomorfologiskt värdefulla områden samt att utföra naturvärdesbedömningar av nyckelområden. Kartläggningen utfördes genom analog flygbildstolkning av infraröda flygbilder i skala 1:60 000 och begränsade fältkontroller under perioden 1975–1983. Sammanlagt producerades 24 rapporter och kartblad varav åtta av dessa täcker in Jämtlands fjällregion (fig. 5b). Kartorna producerades i skala 1:250 000 och bör ses som översiktliga (Ulfstedt 1978, 1981; Borgström 1979a, b, 1981a, b, c, 1983).

Glacialmorfologiska kartan, Södra Fjällen

Under 1980-talets senare del slutfördes arbetet med ”Glacialmorfologiska kartan, Södra Fjällen” som ingick i Ingmar Borgströms avhandling om den glaciala utvecklingen i Jämtlands- och Härjedalsfjällen (Borgström 1989). Denna kartprodukt härstammar från inventeringsmaterialet som producerats under Naturvårdsverkets fjällutredning men skiljer sig ur flera aspekter. Flera landformsklasser har tillkommit medan vissa har fått en uppdaterad genetisk tolkning (Borgström 1989). Dessutom har området direkt österut om Rogensjön, mot Klövsjöfjällen, inkluderats samt området kring Idre i Dalarnas län (fig. 1 och 5b). Kartan är producerad i skala 1:250 000 (Borgström 1989).

The glacial geomorphology of central and northern Sweden

Kartunderlaget ”The glacial geomorphology of central and northern Sweden” ingick i Clas Hättestrands avhandling (Hättestrand 1997a) men publicerades även i SGUs Serie Ca med karta och tillhörande rapport (Hättestrand 1998). Syftet med detta arbete var att framställa en enhetlig karta över glaciala landformer i centrala och norra Sverige med avseende på generaliseringsgrad, klassificeringssystem och noggrannhet, som sedan kunde användas i regionala studier av den glaciala utvecklingen i Sverige. Den regionala kartläggningen utfördes genom analog flygbildstolkning av pankromatiska höghöjdsbilder fotograferade i skala 1:150 000 och begränsad fältkontroll. Kartan trycktes i skala 1:1 250 000 och täcker in hela Jämtlands län (fig. 5a) (Hättestrand 1998).



Figur 5. a) Översiktskarta över Sverige och täckningsområde för en tidigare producerad glacialmorfologisk karta: "The glacial geomorphology of central and northern Sweden" (Hättestrand 1998), **b)** Jämtlands län och täckningsområden för tidigare jordartsgeologiska och geomorfologiska kartor: i) "Jordartskarta över Jämtlands län" (Lundqvist 1969), ii) "Geomorfologiska kartbladen" (Ulfstedt 1978, 1981; Borgström 1979a, b, 1981a, b, c, 1983), iii) "Glacialmorfologiska kartan, Södra Fjällen" (Borgström 1989) och iv) fördelning av lokaler där olika typer av ändmoräner har kartlagts (Heyman & Hättestrand 2006).

Kartläggningsmetod

Metoden för framställandet av geomorfologiska kartan har tidigare använts för att kartlägga glaciala och postglaciala landformer (Peterson & Smith 2013, Smith & Peterson 2014, Peterson m.fl. 2017, Öhrling m.fl. 2020). Landformer har kartlagts i ESRI ArcGIS® ArcMap™ 10.7 genom manuell bildtolkning av Lantmäteriets LiDAR-baserade höjddata (NH), samt olika topografiska-derivat: terrängskuggningar med olika instrålningsvinklar (45°, 310° och 270°) samt sluttningskartor. Lantmäteriets höjddata har en 0,25 m vertikal upplösning och en pixelstorlek på 2 m (Lantmäteriet 2019, 2020).

Bildtolkning av landformer har utförts primärt via ett Wacom® CINTIQ® 27" digitalt ritbord med en skärmskala satt till 1:10 000. Kartlagda landformer och deras regionala fördelning beskrivs i avsnittet *Landformsklassifikation*. Kartläggningen har utförts av fem geologer som fokuserat på varsitt avrinningsområde: Ångermanälvens avrinningsområde kartlades av Christian Öhrling, Indalsälvens norra del av Colby Smith och södra av Gustaf Peterson Becher. Ljungans- och Ljusnans avrinningsområden av Bradley Goodfellow (fig. 1b). Martin Lund (tidigare Bernhardson) utförde kartläggningen i delområden i östra Jämtland. Detta resulterade i fem dataset som sedan kombinerats genom att manuellt harmonisera dessa i skala 1:30 000. Harmoniseringssteget utfördes av Robin Blomdin och Carl Regnéll som fokuserade på att fastställa att liknande generaliseringsnivå, densitet och tolkning av landformer utförts under arbetet. Utöver detta har även Henrik Mikko kartlagt jordskred och raviner över hela länet och bedömt kartans kvalitet innan produkten godkänts för publicering. Landformerna som inkluderats i geomorfologiska kartan har inte fältkontrollerats och kartprodukten bör därför ses som en strikt fjärranalysbaserad produkt.

Kartans noggrannhet bestäms av de individuella landformernas: 1) position (skillnaden mellan den sanna och kartlagda landformens position), 2) geometri (skillnaden mellan den sanna och kartlagda landformens form) och 3) klassifikation (avvikelsen mellan den sanna och kartlagda landformens klass), medan kartans precision bestäms av dess reproducerbarhet (Chandler m.fl. 2018). Kartläggningsskalan, alltså den skala som kartläggningen på bildskärmen utförs i, kan ge en indikation om produktens kvalitet och sattes till 1:10 000. Trots att vi inkluderat ett harmoniseringssteg kan vissa regionala skillnader i kartans noggrannhet förekomma på grund av skillnader i de kartläggande geologernas bakgrund, filosofi och erfarenhet. Det är dock svårt att direkt kvantifiera kartors noggrannhet i de fall de bygger på bildtolkning, eftersom det förekommer ett visst mått av subjektivitet. För att minimera skillnader i noggrannhet har kontroll av bildtolkningen kontinuerligt utförts gentemot tidigare kartunderlag (jämför Lundqvist 1969, Ulfstedt 1978, 1981; Borgström 1979a, b, 1981a, b, c, 1983; Borgström 1989; Hättestrand 1998). Vidare har intern granskning och harmonisering regelbundet utförts inom gruppen för att säkerställa liknande generaliseringsnivå, densitet och tolkning. ”Geomorfologiska kartan Jämtlands län” är därför unik med avseende på detaljnivå (kartläggningsskala), geometrisk noggrannhet (anpassad till SWEREF 99 TM) och tillvägagångssätt (bildtolkning av LiDAR-baserade höjddata).

LANDFORMSKLASSIFIKATION

Detta avsnitt sammanfattar först den konceptuella modell som ligger till grund för landskapsutvecklingen i Jämtland. Därefter följer en redovisning om hur landformer har identifierats och klassificerats i bildmaterialet samt hur deras fördelning ser ut regionalt inom länet. Vikt kommer även läggas på beskrivning av osäkerheter och potentiella felklassningar. Landformsstatistik beskrivs i tabell 2.

Tabell 2. Kartlagda landformer och statistik.

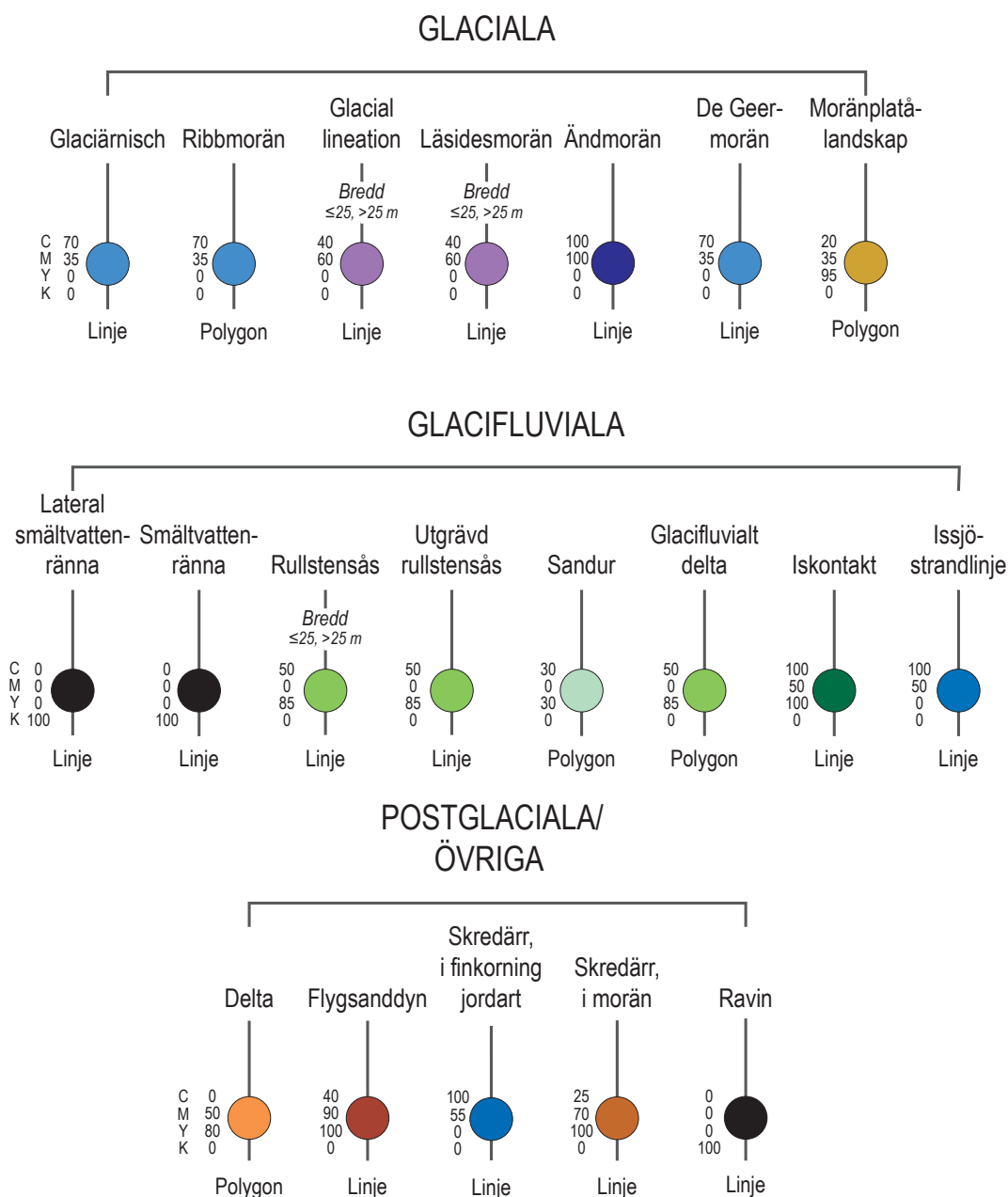
Landform	Antal (n)	Yta (km ²)	Minimi-längd (m)	Medel-längd (m)	Median-längd (m)	Max-längd (m)
Glaciala landformer						
Glaciärnisch	45	–	500	2 576	2 316	7 292
Ribbmorän	279	3 721	–	–	–	–
Glacial lineation; stor	6 667	–	34	296	197	10 400
Glacial lineation; liten	21 926	–	13	160	127	2 208
Läsidesmorän; stor	3 785	–	28	328	235	5 012
Läsidesmorän; liten	5 066	–	23	151	114	1 186
Ändmorän	1 058	–	18	302	210	3 937
De Geer-morän	2 748	–	8	145	109	1 764
Moränplatålandskap	10	8	–	–	–	–
Glacifluviala landformer						
Lateral smältvattenränna	17 711	–	10	269	186	14 152
Smältvattenränna	2 800	–	53	1 066	749	18 500
Rullstensås; stor	2 439	–	11	390	255	4 880
Rullstensås; liten	11 380	–	11	186	125	7 844
Utgrävd rullstensås	98	–	49	319	244	1 200
Sandur	577	147	–	–	–	–
Glacifluvialt delta	720	52	–	–	–	–
Iskontakt	30	–	33	437	282	1 752
Issjöstrandlinje	12 104	–	10	540	371	7 746
Postglaciala och övriga landformer						
Delta	98	18	–	–	–	–
Flygsanddyn	132	–	51	236	192	1 024
Skredärr, i finkornig jordart*	20	–	41	232	175	707
Skredärr, i morän*	112	–	93	483	350	2 307
Ravin*	1 935	–	26	192	128	2 282
Total	89 666	3 946	–	–	–	–

* Landform inkluderad i SGUs databas "Jordskred och raviner" (SGU 2019).

Konceptuell modell

Geomorfologiska kartan fokuserar på landformer bildade under eller i anslutning till den senaste kvartära nedisningen Weichsel och tiden strax därefter. Anledningen till att kartan fått detta fokus beror på att det jämtländska landskapet i stor utsträckning präglats av inlandsisen. Landformer bildade av glaciala processer är de mest talrika och dominerar landskapet till stor del. En konceptuell modell som beskriver landskapets utveckling och landformernas relation till varandra bör således fokusera på landformer med glacial och glacifluvial morfogenes (Peterson & Smith 2013a, b). Den modell som presenteras för Jämtland bygger på tidigare arbeten med SGUs geomorfologiska databas men skiljer sig något i omfång och terminologi (fig. 6). Vi delar in landformerna i glaciala, glacifluviala och postglaciala eller övriga landformer. Det bör dock noteras att vår kartläggning av de postglaciala landformerna inte är komplett. Till exempel har landformer med periglacial morfogenes (till exempel strukturmark, solifluk-tionslober, termokarst) som ursprung inte kartlagts. Skredärr och raviner ingår i SGUs databas

”Jordskred och raviner” (SGU 2019) vilken har tagits fram med liknande metoder som geomorfologiska kartan och är därför inkluderade i denna rapport. En indelning i storleksklasser har även gjorts för vissa ryggformer (glaciala lineationer, läsidemoräner, rullstensåsar). Storleksindelningen av ryggformerna baseras på bredden av deras krön (stora = bredare än 25 m, små = 25 m och mindre breda). Värdena kan ses som godtyckliga men har under kartläggningens gång bedömts vara en viktig gräns för att särskilja mellan olika typer av glaciala lineationer, läsidemoräner, rullstensåsar. Detta diskuteras vidare under de enskilda landformsavsnitten. Den konceptuella modellen har slutligen överförs till en tematisk teckenförklaring där linjesymboler är vanligast. Figur 6 redovisar de kartlagda landformernas indelning efter morfogenes och deras symbolspråk. följer en beskrivning av landformsklassifikationen.



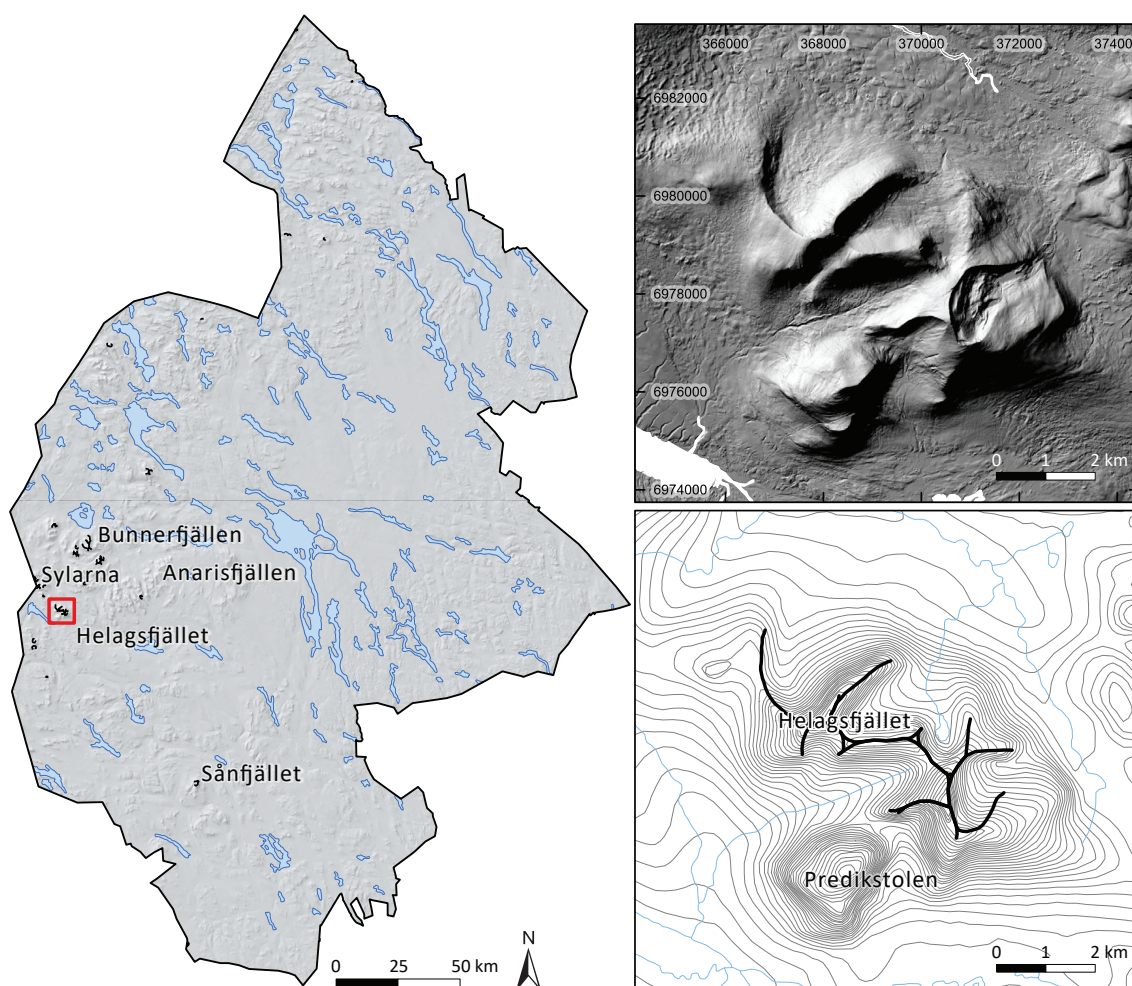
Figur 6. Konceptuell modell över kartlagda landformer för ”Geomorfologiska kartan Jämtlands län” (efter Peterson & Smith 2013a, b). Den övre delen visar morfogenes och den nedre delen presenterar landformsklasser, färgkoder (CMYK) och geometrityper för att förstå den glaciala landskapsutvecklingen. Se tabell 1 för en redogörelse för landformernas användningsområden.

Glaciala landformer

Glaciärnisch

Glaciärnischer (eng. *glacial cirque*) är en glacialt eroderad urgröpnung på en fjällsida eller högt upp vid ett dalhuvud. Glaciärnischer känns igen i terrängdata på att de i kartplanet har ett bågformat krön och att de i tvärsnitt visar bevis för en tydlig överfördjupning (fig. 7). Med detta menas att de har en dominerande konkav höjdprofil som mot dalen avslutas av en konvex förändring i sluttningen. Glaciärnischers tvärprofiler kan dock ofta förändras genom sluttningprocesser och bergras. Endast distinkta nischer har kartlagts, vilket betyder att glacialt präglade fjällsidor, U-dalar och andra glaciala erosionsformer inte ingår i denna landformsklass. Glaciärnischer har digitaliserats som linjesymboler genom att tolka deras övre krön i skala 1:10 000. Då glaciärnischer ofta inhyser snölegor och inte glaciärer, dokumenterar de således fördelningen av forna nischglaciärer vilka ofta anses vara embryon till tidigare större dalgliaciärer. Där glaciärnischer är välutvecklade blir de viktiga lokaler för geodiversitet och geoturism.

Fördelningen av glaciärnischer i Jämtlands län visas i figur 7. Dessa erosionsformer förekommer främst inom fjäll- och förfjällsregionen med vissa undantag längre österut där



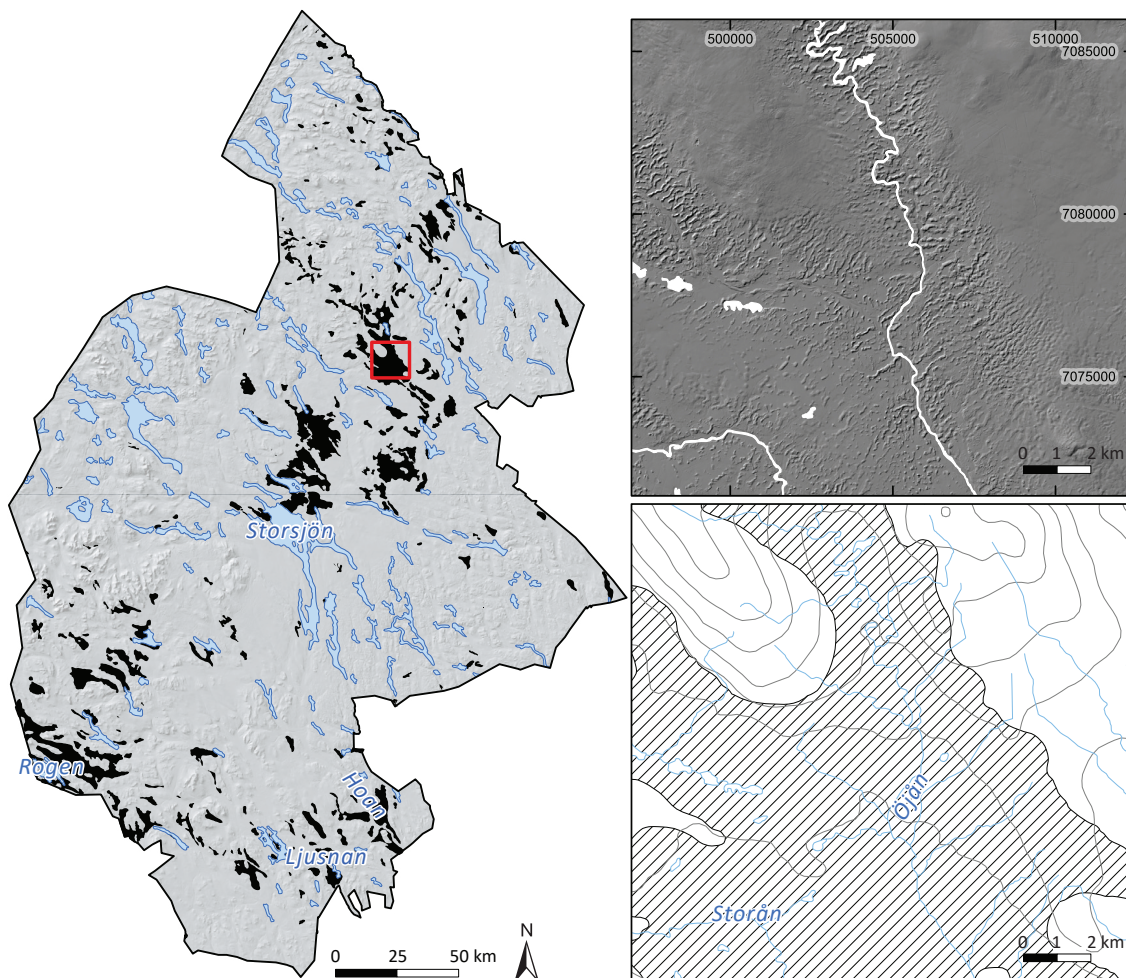
Figur 7. Den vänstra kartan visar fördelningen av glaciärnischer i Jämtlands län. Svarta linjer är glaciärnischer och den röda rutnan visar de högra kartornas täckning. De högra kartorna visar exempel på kartlagda glaciärnischer i Helagsfjällen. Den översta kartan visar hur landformen ser ut i terrängdata (Höjddata, grid 2m), med terrängskuggning modellerad efter en instrålning från nordväst. Den nedre kartan visar hur glaciärnischen kartlagts.

ensamma fjällmassiv är tillräckligt höga (till exempel Sånfjället). Totalt har 45 glaciärnischer kartlagts (tabell 2) och den främsta koncentrationen återfinns i det band av fjäll som sträcker sig från Sylarna västerut till Anarisfjällen österut. Vissa glaciärnischer är utbildade i fjäll med klassisk alpin karaktär med skarpa toppar och smala frostsprängda ryggar (till exempel Sylarna och Helagsfjällen). Sylarna och Helagsfjällen är för övrigt de enda lokalerna där små glaciärer återfinns i nischerna. Den mer vanliga typen av glaciärnischer som består av utjämnade krön, förekommer generellt i lägre massiv (till exempel Bunnerfjällen). Osäkerheter kring identifiering av glaciärnischer handlar främst om lokaler där nischkrönen inte varit skarpa. I dessa fall finns en viss osäkerhet mellan den sanna och kartlagda landformens (glaciärnischens krön) utbredning.

Ribbmorän

Ribbmorän (eng. *ribbed moraine*) är ett subglacialt landskap bestående av ryggar huvudsakligen transversella i förhållande till isrörelseriktningen. Ryggarna består främst av morän och är igenkännbara i terrängdata som större former, placerade tätt med jämna avstånd mellan varandra (fig. 8). Den bäst utvecklade ribbmoränen består, i kartplanet, av bågformade ribbor som omges av vattenfyllda depressioner. Att ribbmorän är en subglacial bildning råder de konsensus om men det finns flera teorier beträffande dess exakta bildning. Teorierna åberopar både enklare så kallade monogenetiska bildningssätt och mer komplexa polygenetiska bildningar. Monogenetiska bildningsteorier inkluderar: 1) sprickbildning i en bottenfrusen moränbädd som sedan slits isär av isens rörelse (till exempel Hättstrand 1997b, Hättstrand & Kleman 1999) och 2) ryggbildning genom naturligt orsakad instabilitet i övergången mellan glaciärisen och bottenmoränen (Dunlop m.fl. 2008). Polygenetiska bildningsteorier inkluderar: 1) skjuvning och sedan kompression av morän nära isfronten (till exempel Lindén m.fl. 2008), 2) glacial omformning av existerande (äldre) ryggformer (Lundqvist 1989, Sutinen m.fl. 2010) och 3) passiv botten-utsmältning av morän som sedan staplats tvärs över isrörelseriktningen (Möller 1987, Möller 2010). Vi har inte gjort några försök att dela in denna landskapstyp i några underklasser rörande dess utvecklingsgrad och vi använder oss av den mer generella termen ribbmorän i stället för mer specifika eller lokala termer som rogen-, niemisel- eller åsnen-morän. Ribbmorän har digitaliserats som ytsymboler genom att tolka landskapets gräns mot sin omgivning i skala 1:30 000. Individuella ryggar har således inte kartlagts. Ribbmorän uppvisar stor variation i morfologi med mer eller mindre tydliga ryggformer (Dunlop & Clark 2006). Då ribbmoränens ryggar är tydligt transversella kan de ge direkt information om inlandsisens forna isrörelseriktning.

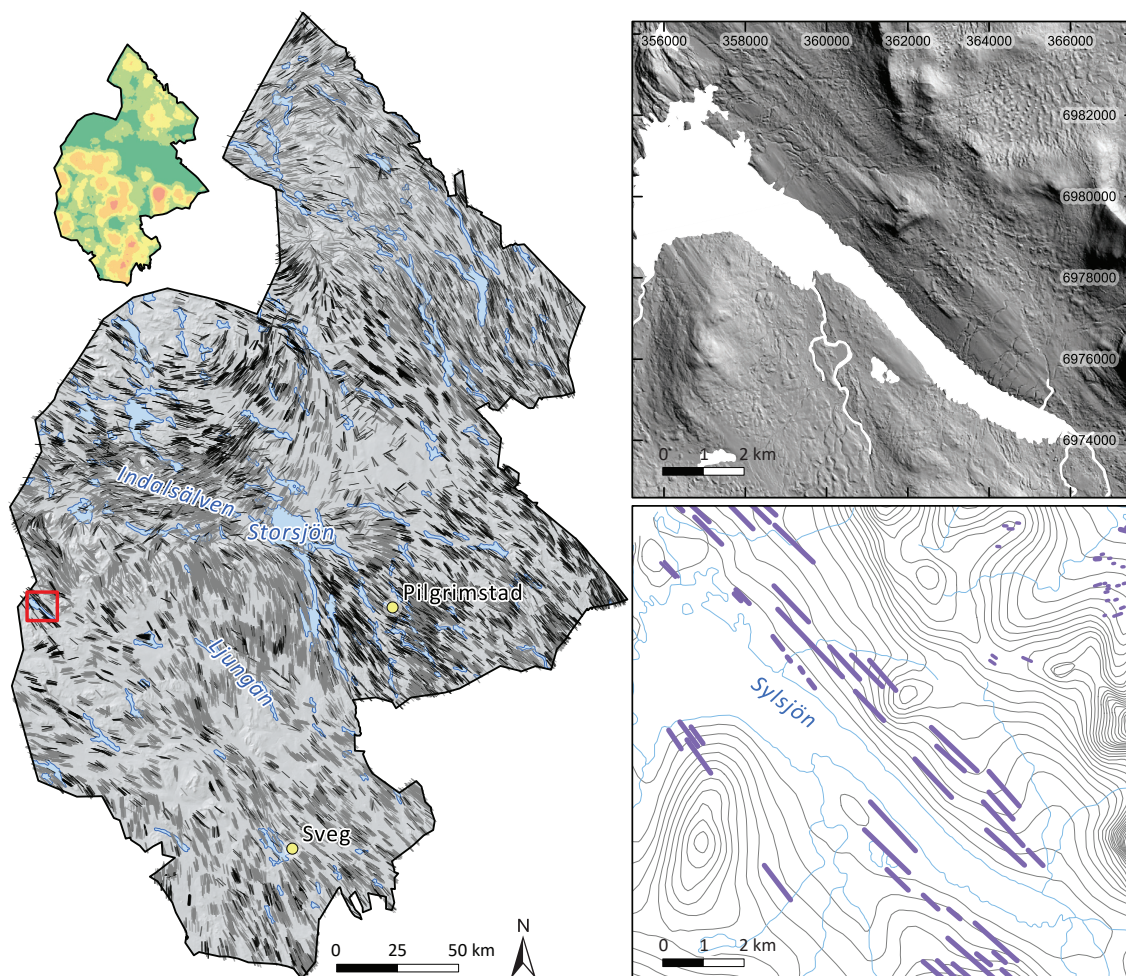
Fördelningen av ribbmorän i Jämtlands län visas i figur 8. Totalt har 279 ytor med ribbmorän kartlagts och de täcker en sammanlagd yta på cirka 3 721 km² (7 % av Jämtlands yta) (tabell 2). Inom länets nordliga halva (norr om Storsjön) är denna typ av landskap främst koncentrerad österut om fjäll- och förfjällsregionen, inom de områden som benämns de centraljämtska slätterna. Terrängen här är relativt flack, till synes glacialt strömlinjeformad, med liten reliefskillnad (cirka 100 m), även om denna lokalt stiger där älvarna skurit sig ner i landskapet. Inom länets sydliga halva förekommer ribbmorän främst inom två regioner: 1) i den östliga bergkullterrängen, inom Hoans och Ljusnans älvdalar samt 2) på flackare områden i de västra förfjällen. Ribbmorän finns även sporadiskt inom hela fjällregionen, där det förekommer på fjällslätter och platåer och längs pass- och älvdalarnas dalbottnar (till exempel vid sjön Rogen, en internationellt känd typlokal). Osäkerheter kring identifiering av ribbmorän handlar främst om övergångslandskap där ribbmorän förekommer i anslutning till moränbacklandskap, drumliniserad terräng eller där moränribborna är svagt utvecklade. I dessa fall har en avgränsning gjorts där ryggarna övergår i kullar eller mer diffus form.



Figur 8. Den vänstra kartan visar fördelningen av ribbmorän i Jämtlands län. Svarta ytor är ribbmorän och den röda rutan visar de högra kartornas täckning. De högra kartorna visar exempel på kartlagt ribbmoränlandskap vid Öjan, i norra Jämtland. Den översta kartan visar hur landformerna ser ut i terrängdata (Höjddata, grid 2m), med terrängskuggning modellerad efter en instrålning från nordväst. Den nedre kartan visar hur ribbmoränlandskapet kartlagts.

Glacial lineation; stor och liten

En glacial lineation (eng. *glacial lineation; large and small*) är en strömlinjeformad subglacial landform som bildats längs med isrörelseriktningen. Glaciala lineationer består i huvudsak av morän men kan även bestå av omarbetat material eller berg. Glaciala lineationer är igenkännbara i terrängdata som långsträckta och/eller strömlinjeformade ryggar som ofta förekommer i svärmar där det finns ett tjockt jordtäckte (fig. 9). Denna landformsklass inkluderar således drumliner (eng. *drumlins*; spolformade moränryggar), strängar (eng. *flutes*; meterhöga, utsträckta och förekommer framför moderna glaciärer) och även lidmoräner (eng. *megaflutes*; kilometerbredda krön och kilometer långa) (Clark 1993, Clark m.fl. 2009). Drumliner och lidmoräner representeras bäst av de stora formerna med krön bredare än 25 m, medan strängar representeras bäst av de små formerna med krönbredd på 25 m och mindre. Glaciala lineationer har digitaliserats som linjesymboler genom att tolka ryggformernas krön i skala 1:10 000. Då glaciala lineationer bildats längs med isrörelseriktningen kan de ge indikation på inlandsisens isrörelse (dock inte dess absoluta isrörelseriktning, se avsnittet *Läsidesmorän; stor och liten*).

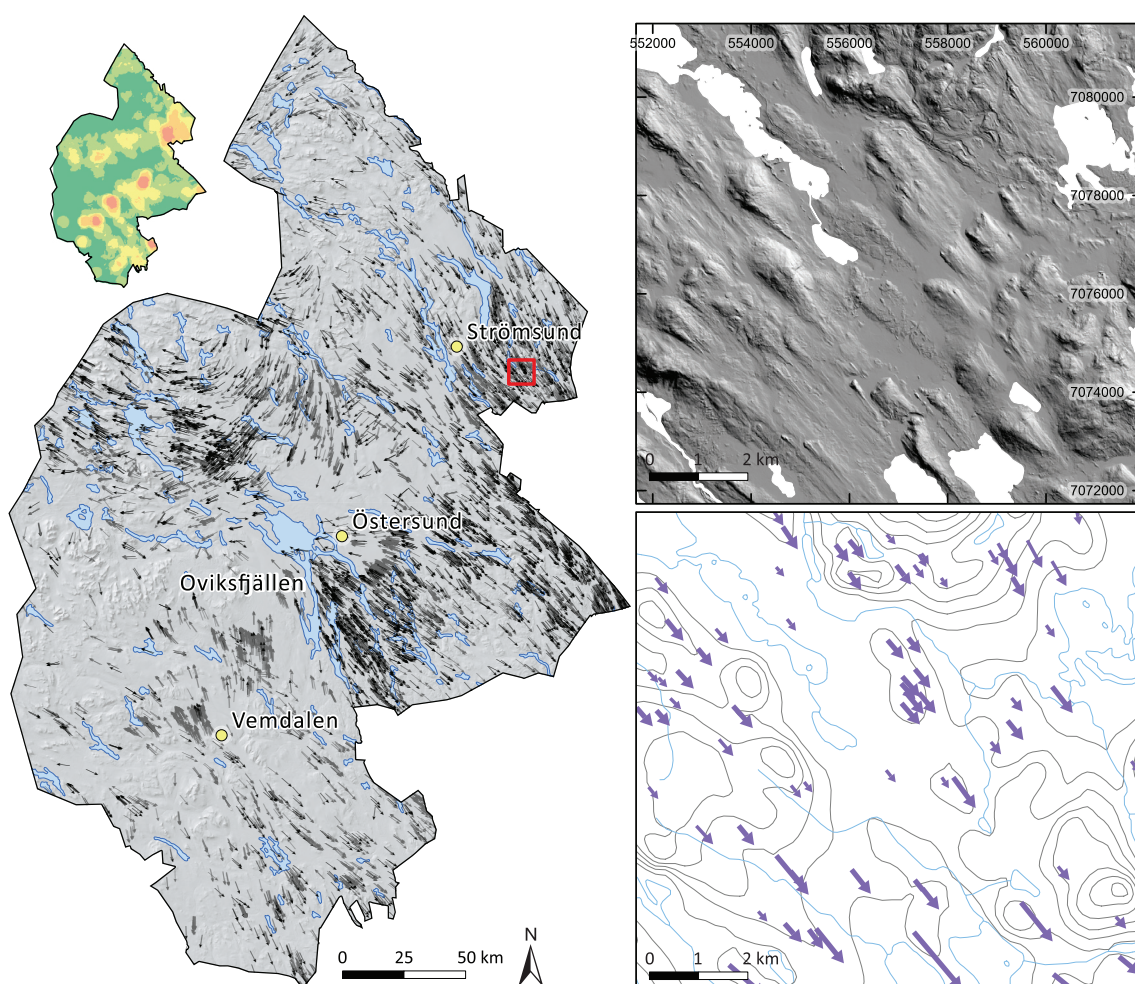


Figur 9. Den vänstra kartan visar fördelningen av glaciala lineationer i Jämtlands län. Svarta linjer är stora glaciala lineationer, gråa linjer är små glaciala lineationer och den röda rutan visar de högra kartornas täckning. Den lilla kartan, högst upp till vänster, visar landformsdensiteten (röd = hög densitet, grön = låg densitet). De högra kartorna visar exempel på kartlagda glaciala lineationer vid Sylsjön. Den översta kartan visar hur landformerna ser ut i terrängdata (Höjddata, grid 2m), modellerad efter en instrålning från nordost. Den nedre kartan visar hur glaciala lineationer kartlagts.

Fördelningen av glaciala lineationer i Jämtlands län visas i figur 9. Totalt har 6 667 stora och 21 926 små lineationer kartlagts (tabell 2). De stora lineationerna har en medellängd på cirka 300 m men det förekommer lidmoräner som är flera kilometer långa. Vidare har de små lineationerna en medellängd på cirka 160 m, varav de kortaste formerna som kartlagts är cirka 10 m långa. Glaciala lineationer förekommer över hela Jämtlands län. Det finns i ett initialt analysstadium inga tydliga rumsliga kopplingar mellan lineationer, jordartsfördelning och berggrundsgeologi även om vi förväntar oss att det större formerna förmodligen är kopplade till områden med större moränmäktighet. Flera tydliga landformssystem med tusentals individuella former, orienterade i samma riktning, har identifierats och dessa sammanfattas i avsnittet *Isrörelser*. Särskilt höga koncentrationer av glaciala lineationer förekommer i de östra bergkullområdena vid till exempel Sveg och Pilgrimstad samt inne i fjäll- och förfjällsregionen, väster om Storsjön; längs Indalsälvens och Ljungans älddalar. Osäkerheter kring identifiering av glaciala lineationer berör i huvudsak, felklassning av berggrundsribbor som inte är glacialt präglade. För att begränsa felklassning har en viss försiktighet utövats i fjällterräng med tunt jordtäckte och tydliga berggrundsstrukturer.

Läsidesmorän; stor och liten

En läsidesmorän (eng. *crag and tail; large and small*) är en strömlinjeformad subglaciellt avsatt ackumulation av huvudsakligen morän på läsidan av en bergkärna. Läsidesmoräner kan identifieras i terrängdata som tydliga svansar med material som avsatts i inlandsisens rörelseriktning bakom ett hinder (fig. 10). Även för denna landform har en storleksbedömning gjorts av varje rygg då stora läsidesmoräner avser ryggar med krön bredare än 25 m medan små läsidesmoräner avser ryggar med krön mindre breda än 25 m. Svansen av material (oftast morän) kan till exempel ha avsatts bakom bergformationer, block, kluster av stenar eller i vissa fall även löst material med högre densitet än det material som utgör svansen. Läsidesmoräner har digitaliserats som linjesymboler genom att tolka ryggformernas krön i skala 1:10 000. Dessa landformer har tilldelats en pil-linjesymbol som pekar i isens rörelseriktning. Då läsidesmoränens svans bildats i lä av ett hinder som isen rört sig över kan den ge direkt information om inlandsisens forna isrörelseriktning.



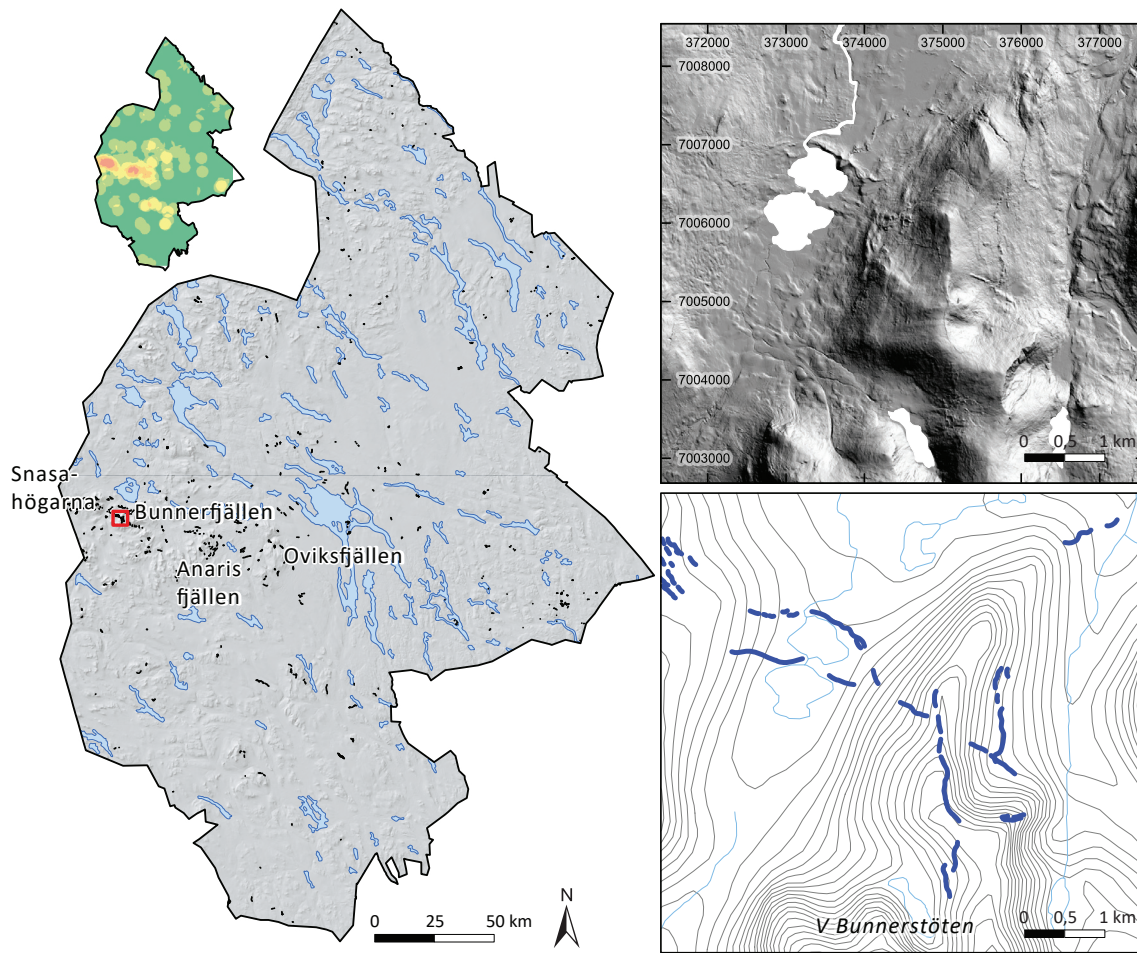
Figur 10. Den vänstra kartan visar fördelningen av läsidesmorän i Jämtlands län. Svarta pilar är stora läsidesmoräner, gråa pilar är små läsidesmoräner och den röda rutan visar de högra kartornas täckning. Den lilla kartan, högst upp till vänster, visar landformsdensiteten (röd = hög densitet, grön = låg densitet). De högra kartorna visar exempel på kartlagda läsidesmoräner i bergkullterräng, sydost om Strömsund. Den översta kartan visar hur landformerna ser ut i terrängdata (Höjddata, grid 2m), med terrängskuggning modellerad efter en instrålning från nordost. Den nedre kartan visar hur läsidesmoräner kartlagts.

Fördelningen av läsidesmoräner i Jämtlands län visas i figur 10. Totalt har 3 785 stora och 5 066 små läsidesmoräner kartlagts, varav de stora har en medellängd på cirka 325 m och de små en medellängd på cirka 150 m (tabell 2). De längsta läsidesmoränerna är likt de glaciala lineationerna flera kilometer långa, medan de kortaste är endast ett tiotal meter långa. Läsidemoräner förekommer ofta tillsammans med glaciala lineationer över hela Jämtlands Län. Som nämnts för lineationerna har vi inte funnit någon koppling mellan förekomst av läsidesmoräner, jordartsfördelning och berggrundsgeologi. Det bör dock noteras att läsidesmoräner i hög grad är färre i de västra fjäll- och förfjällsområdena. Detta skulle kunna betyda att de fjällbergarterna inte är gynnsamma för utvecklingen av ”hårda” hinder i terrängen, där moränmaterial sedan kan ackumuleras i lå. Vi har dock identifierat flertalet landformssystem, vilka sammanfattas i avsnittet *Isrörelser*. Höga koncentrationer av läsidesmoräner återfinns i områden där flera landformssystem överlappar, till exempel söder om Oviksfjällen och vid Vemdalen. Hög förekomst av läsidesmoräner finns också i de östra bergkullområdena vid till exempel Östersund och Strömsund. Osäkerheter kring identifiering av läsidesmoräner är mindre än för glaciala lineationer men i regel berör det en felklassning av berggrundsribbor som inte är glacialt präglade.

Ändmorän

En ändmorän (eng. *ice marginal moraine*) är en moränrygg som avsatts vid isranden, under ett stillestånd eller framstöt av en glaciär eller inlandsis. Ändmoräner bildas huvudsakligen genom att morän antingen 1) skjuts (eng. *push moraine*) eller pressas (eng. *squeeze moraine*) fram underifrån isen vid fronten, 2) faller ned från isytan och dumpas vid isfronten (eng. *dump moraine*) eller 3) smälter fram, då stora mängder supraglacialt material påskyndat isfrontens avsnörning från resterande is (eng. *ablation moraine*) (Benn & Evans 2010). Ändmoräner kan förekomma som både ensamma ryggar och system av ryggar. Denna landformsklass inkluderar samtliga typer av moränryggar som bildas vid isranden och vi gör därför ingen skillnad på om ändmoränerna blivit avsatta av dalglaciärer eller inlandsisar eller om det har bildats längs dalsidor eller tvärs dalgångar. Ändmoränerna har varierat utseende i terrängdata, men är i huvudsak större ryggformer med typiskt asymmetriska tvärprofiler. Ryggarna har vanligtvis brantare sluttning distalt från iskantspositionen och en mer flack sluttning proximalt (fig. 11). Ändmoräner har digitaliserats som linjesymboler genom att tolka ryggformernas krön i skala 1:10 000. Då ändmoräner bildats längs isranden kan de användas till att rekonstruera iskantens geometri.

Fördelningen av ändmoräner i Jämtlands län visas i figur 11. Totalt har 1 058 former kartlagts och deras medellängd är cirka 300 m (tabell 2). Ändmoräner förekommer över hela Jämtlands län men vi har inte kartlagt några kontinuerliga israndlägen som kan knytas till inlandsisens regionala avsmältning eller tidigare nedisningsskeden. De ändmoräner som finns inom Jämtlands län uppträder fragmentariskt men kan i flera fall härledas till mer eller mindre lokala israndlägen (till exempel topografiskt-styrda istungor). Där moränformerna uppträder ensamma blir de svårare att kopplas till nedisningsskedet utan geologiska dateringar. Den största koncentrationen ändmoräner finns inom en väst–östlig zon som inkluderar Snasahögarna-Bunnerfjällen, Annarisfjällen och Oviksfjällen. Denna zon av ändmoräner inkluderar en serie ryggar, som oberoende av topografin, sträcker sig i en generell väst–östlig riktning genom Snasahögarna-Bunnerfjällen och sedan följer en sydväst–nordostlig riktning längs Annarisfjällens östsluttningar. Osäkerheter kring identifiering av ändmoräner är stora då de kartlagts som ensamma ryggar (eftersom landformerna inte har fältkontrollerats). Säkrare blir tolkningen då formerna förekommer tillsammans med andra former som bildats vid iskanten.

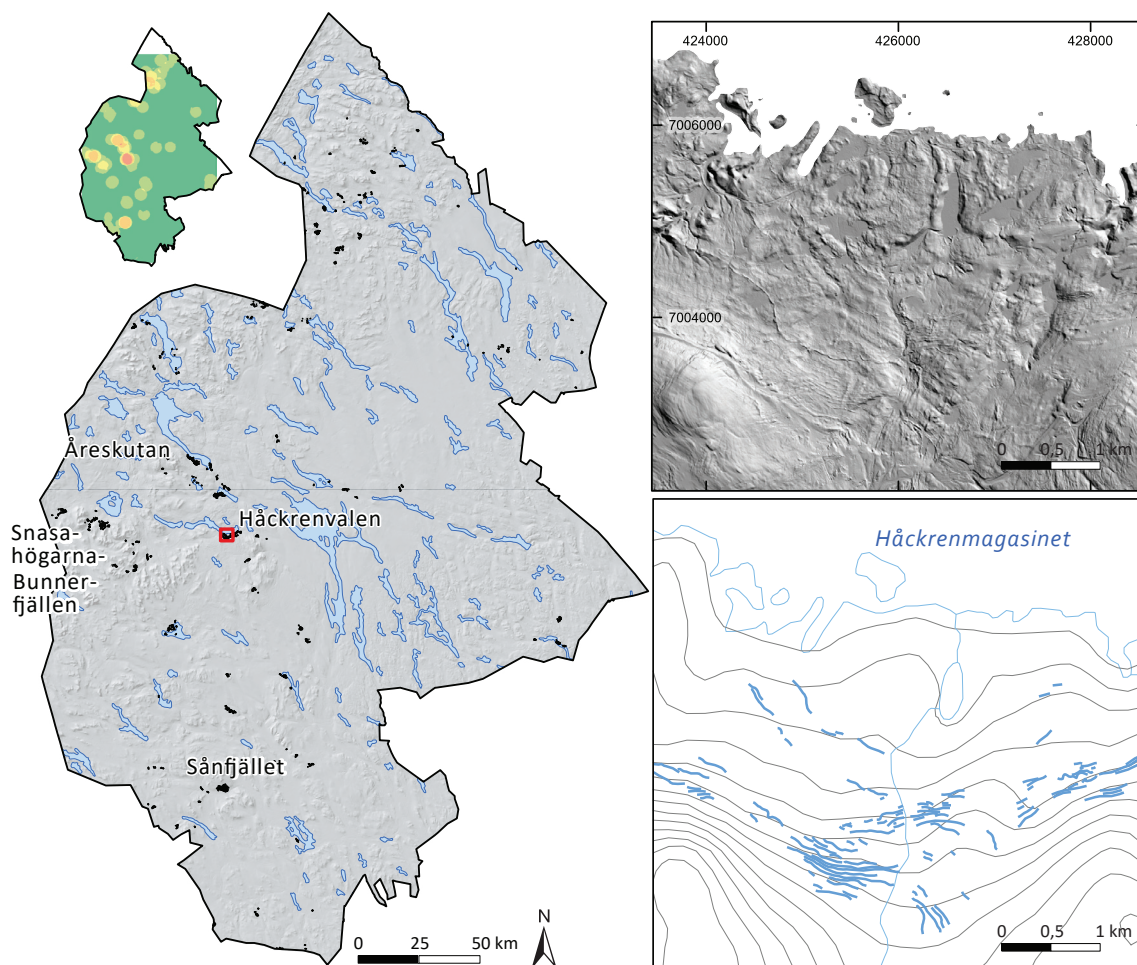


Figur 11. Den vänstra kartan visar fördelningen av ändmoräner i Jämtlands län. Svarta linjer är ändmoräner och den röda rutan visar de högra kartornas täckning. Den lilla kartan, högst upp till vänster, visar landformsdensiteten (röd = hög densitet, grön = låg densitet). De högra kartorna visar exempel på kartlagda ändmoräner vid Bunnerstöt, Bunnerfjällen. Den översta kartan visar hur landformerna ser ut i terrängdata (Höjddata, grid 2m), med terrängskuggning modellerad efter en instrålning från nordost. Den nedre kartan visar hur ändmoräner kartlagts.

De Geer-morän

En De Geer-morän (eng. *De Geer-type moraine*) är en moränform bestående av korta och låga ändmoränryggar bildade vid subakvatisk avsmältning av inlandsisen. De Geer-moräner förekommer således ofta i täta, parallella sekvenser av ryggar och de är lätt igenkännbara i terrängdata i de fall de uppträtt i tydliga sekvenser, vilket har varit ett kriterium för kartläggning (fig. 12). De Geer-moräner har digitaliserats som linjesymboler genom att tolka ryggformernas krön i skala 1:10 000. De Geer-moräner tros vara bildade vid en kalvande glaciärfront och därför kan dessa landformer användas till att rekonstruera utbredningen av issjöar eller HK (De Geer 1889, Hoppe 1959). De Geer-moräner kan även användas till att rekonstruera inlandsisens reträtthastighet eftersom de i vissa fall tros vara bildade årligen under vinterexpansion av isfronten (Bouvier m.fl. 2015).

Fördelningen av De Geer-moräner i Jämtlands län visas i figur 12. Totalt har 2748 former kartlagts och deras medellängd är 145 m (tabell 2). De Geer-moräners förekomst är begränsat till de delar av Jämtland som tidigare varit täckta av issjöar. Större koncentrationer av dessa former är vidare begränsade till dalgångar inom de västra fjäll- och förfjällsområdena. Tre exempel på lokaler med tydliga serier av De Geer-moräner är: 1) Sånfjällets sydsluttningar, 2) Häckrenvalens nordsluttningar och 3) Åreskutans östsluttningar. I samtliga exempel är

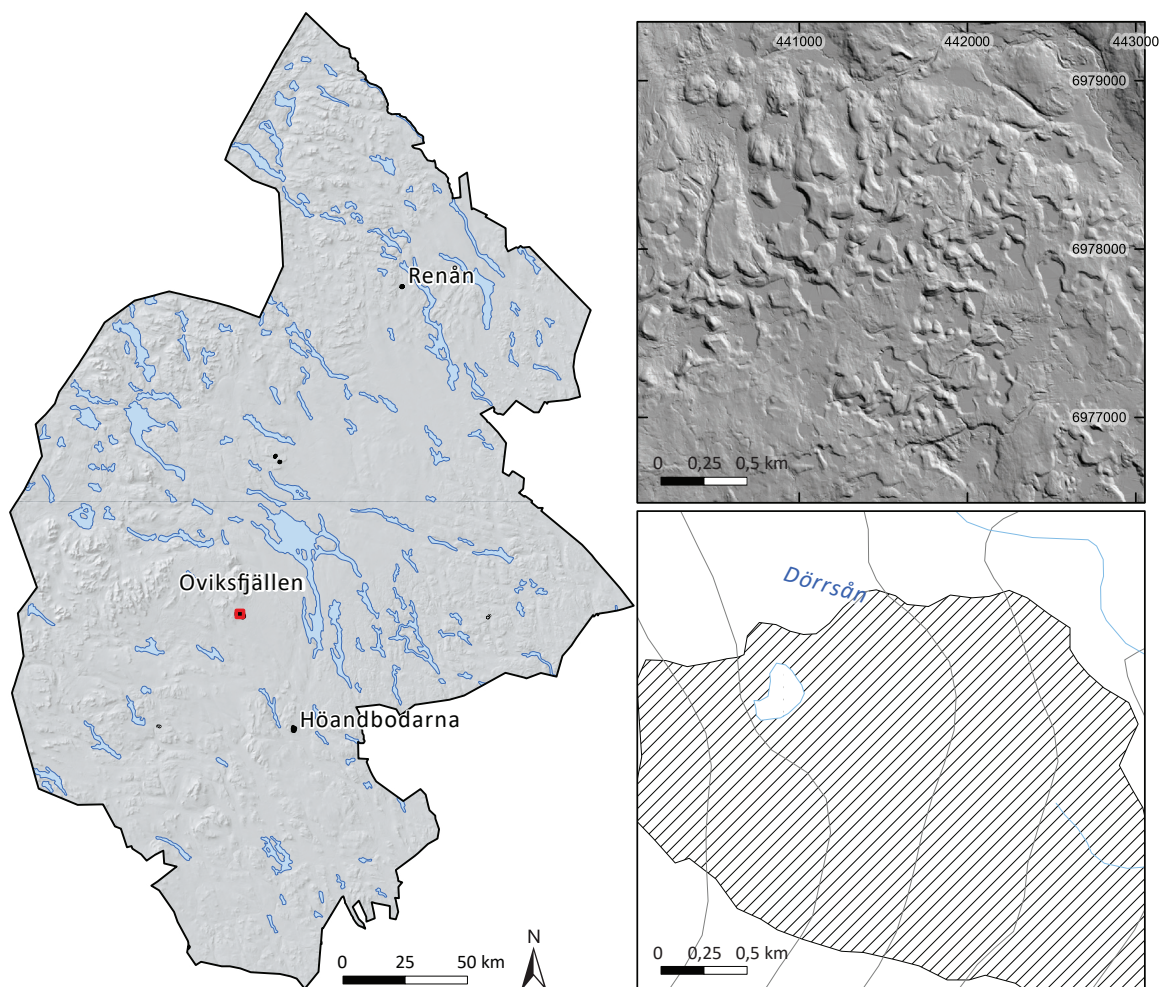


Figur 12. Den vänstra kartan visar fördelningen av De Geer-moräner i Jämtlands län. Svarta linjer är De Geer-moräner och den röda rutnan visar de högra kartornas täckning. Den lilla kartan, högst upp till vänster, visar landformsdensiteten (röd = hög densitet, grön = låg densitet). De högra kartorna visar exempel på kartlagda De Geer-moräner vid Håckrenmagasinet. Den översta kartan visar hur landformerna ser ut i terrängdata (Höjddata, grid 2m), med terrängskuggning modellerad efter en instrålning från nordost. Den nedre kartan visar hur De Geer-moräner kartlagts.

De Geer-moränerna orienterade längs slutningarna, snarare än tvärs dalgångarna. Andra exempel där De Geer-moräner förekommer är i Snasahögarna-Bunnerfjällen. I dessa områden är dock formerna avsatta tvärs de nord-syd orienterade dalgångar som skär igenom fjällmassiven. Osäkerheter kring identifiering av De Geer-moräner har begränsats genom att enbart klassificera ryggar som är tydligt avsatta i serier på jämna avstånd mellan varandra.

Moränplatålandskap

Moränplatålandskap (eng. *ice-walled lake plains*) är ett supraglacialt landskap som kännetecknas av kantryggar med mellanliggande, mer eller mindre flacka platåartade ytor. Denna typ av landskap känns igen i terrängdata på att de består av större och mindre platåformer vilka i sin tur rymmer väldefinierade skålförmer med distinkta kanter (fig. 13). Det är också vanligt att moränplatålandskap avgränsas isdistalt av ändmoräner och att de förekommer i anslutning till sänkor i jämna och flacka moränrytor. Denna typ av landskap tros vara bildat i supraglaciala sjöar ovanpå en inaktiv och avsmältande isfront (Lagerbäck 1988). Kantryggarna består vanligtvis av morän medan platåerna ofta består av sorterade fina sediment och torv. Det finns vidare många lokala namn och varianter på denna typ av landskap. I norra Sverige går den under benämningen Veiki-morän (Hoppe 1952), i Skåne kallas de för platåleror



Figur 13. Den vänstra kartan visar fördelningen av moränplatålandskap i Jämtlands län. Svarta ytor är moränplatålandskap och den röda rutan visar de högra kartornas täckning. De högra kartorna visar exempel på ett moränplatålandskap vid Dörrsån, Oviksfjällen. Den översta kartan visar hur landskapet ser ut i terrängdata (Höjddata, grid 2m), med terrängskuggning modellerad efter en instrålning från nordost. Den nedre kartan visar hur moränplatålandskapet har kartlagts.

(Westergård 1906) och i Nordamerika för ”Ice walled lake plains” (Clayton m.fl. 2008). Moränplatålandskap har digitaliserats som ytsymboler genom att tolka landskapets gräns mot sin omgivning, oftast tydlig i form utav platåernas brytning mot omgivningen, i skala 1:10 000. Moränplatålandskap funna i norra Sverige tros vara bildade under en tidigare nedisning och har sedan bevarats av en icke erosiv is och kan dessutom fungera som klimatarkiv (Lagerbäck 1988, Hättestrand 2007). Dock krävs det detaljerade undersökningar för att bestämma om moränplatåer är lämpliga klimatarkiv och huruvida de är bildade under flera nedisningar, något som inte har utförts inom geomorfologiska kartans kartläggning.

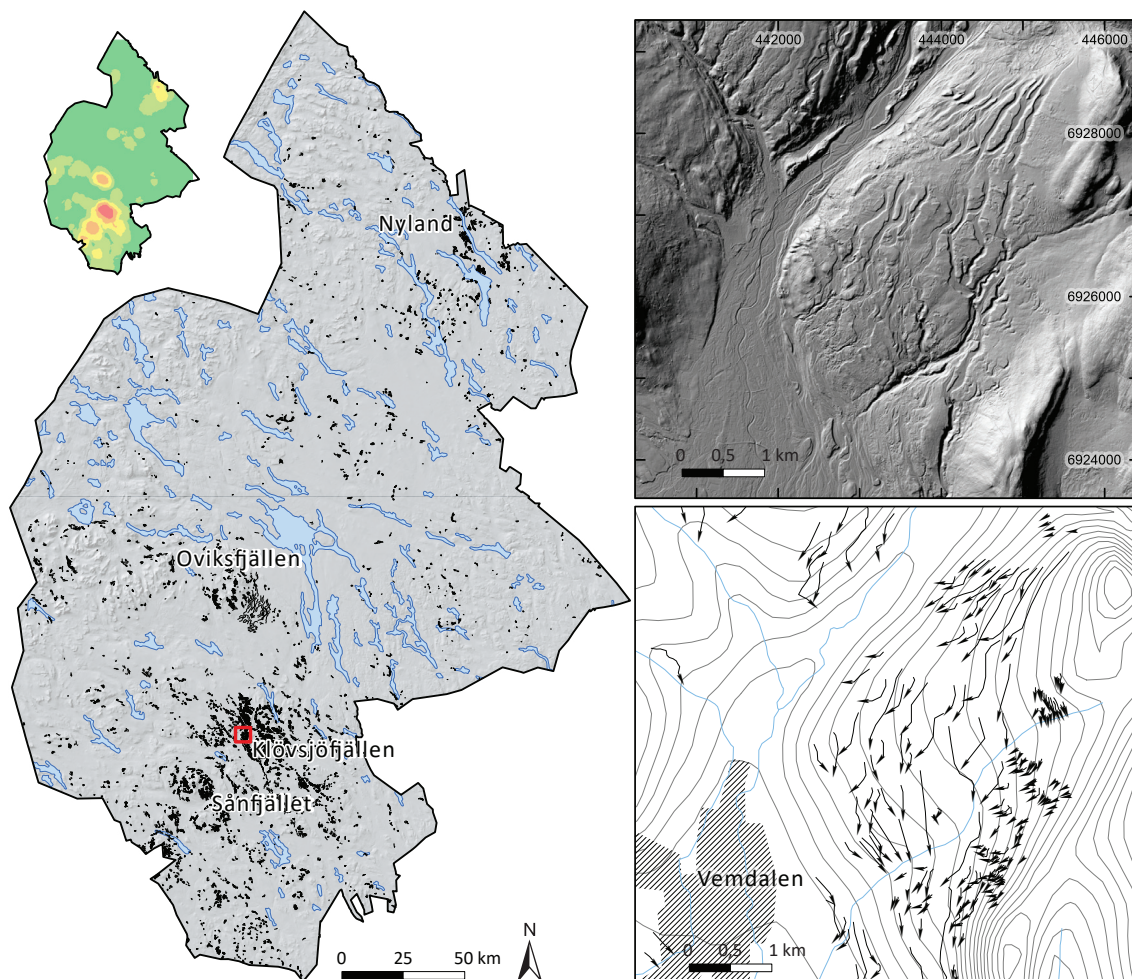
Fördelningen av moränplatålandskap i Jämtlands län visas i figur 13. Totalt har endast 10 områden med platålandskap kartlagts och de täcker en sammanlagd yta på cirka 8 km² (0,01 % av Jämtlands yta) (tabell 2). Platålandskapen är huvudsakligen fördelade på tre lokaler: 1) Höandbodarna, 2) Oviksfjällen och 3) Renån. Moränplatålandskapet har stor utbredning i Norrbotten men verkar således inte vara en vanlig landform i Jämtlands län. Osäkerheter kring identifiering av moränplatålandskap har minimerats genom att endast kartlägga ytor där flera platåer är synliga med tydliga kantryggar.

Glacifluviala landformer

Lateral smältvattenränna

En lateral smältvattenränna (eng. *lateral meltwater channel*) är en ränna utskuren mellan en glaciär och en sluttning av rinnande vatten längs iskanten och löper därför antingen parallellt eller subparallellt med sluttningens höjdkonturer. I terrängdata känns dessa erosionsformer igen när de uppträder i serier eller nätverk längs sluttningen och dessutom är torrlagda (fig. 14). Det är dock inte ovanligt att denna typ av rännor avslutas drastiskt genom att byta dräneringsriktning tvärs sluttningens höjdkonturer. Lateral smältvattenrännor har digitaliserats som linjesymboler genom att tolka rännornas botten i skala 1:10 000. Rännorna symboliseras av en pil i vattnets flödesriktning. Eftersom de laterala smältvattenrännornas lutning återspeglar den forna isytans lutning kan serier av rännor användas för att rekonstruera en glaciär eller inlandsisens avsmältning.

Fördelningen av laterala smältvattenrännor i Jämtlands län visas i figur 14. Totalt har 17 711 former kartlagts med en medellängd på cirka 270 m (tabell 2). Dock så förekommer det



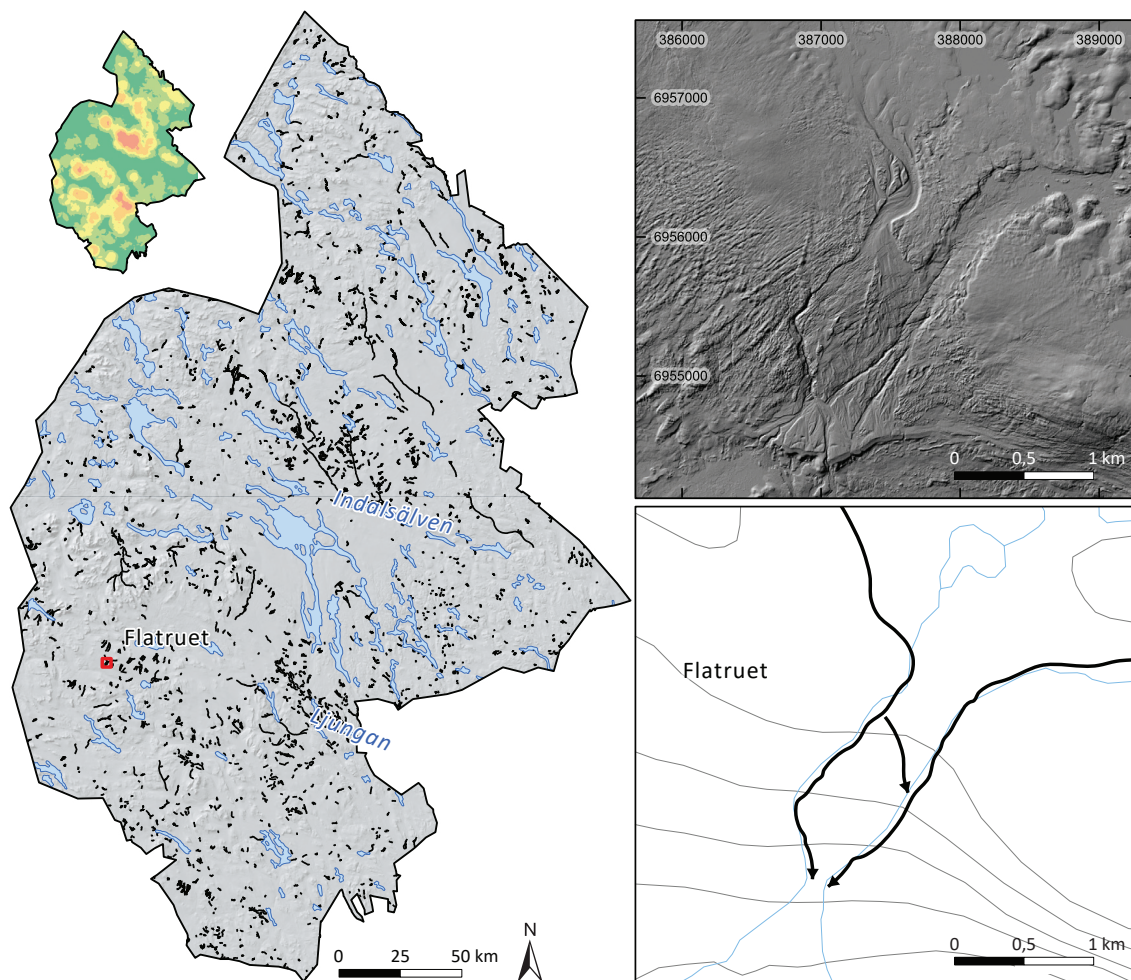
Figur 14. Den vänstra kartan visar fördelningen av laterala smältvattenrännor i Jämtlands län. Svarta linjer är rännor och den röda rutan visar de högra kartornas täckning. Den lilla kartan, högst upp till vänster, visar landformsdensiteten (röd = hög densitet, grön = låg densitet). De högra kartorna visar exempel på en serie laterala smältvattenrännor vid Vemdalen. Den översta kartan visar hur landformerna ser ut i terrängdata (Höjddata, grid 2m), med terrängskuggning modellerad efter en instrålning från nordväst. Den nedre kartan visar hur rännorna har kartlagts.

mer än tusen rännor som är betydligt längre, mellan 1 och 14 km långa. Laterala smältvattenrännor förekommer i hela Jämtlands län men de är främst koncentrerade inom Ljusnans avrinningsområde, i länets södra delar. Rännorna vittnar i denna del av Jämtland om extrema mängder smältvatten som dränerat inlandsisen under deglaciationen. De förekommer alltid på fjäll, lågfjäll eller bergkullssluttningar. Laterala smältvattenrännor uppträder i serier längs Klövsjöfjällens och Sånfjällets sluttningar, där de lutar mot syd eller mot sydost och på så sätt visar inlandsisens avslutande isrörelse då den är topografiskt styrd av dalgångarna. Ett annat exempel där laterala rännor förekommer är Oviksfjällen, där rännor med stora dimensioner (> 200 m breda) visar hur issjöar successivt dränerats och hur dess vatten styrts mot iskanten. Ett annat område där hög koncentration av laterala rännor förekommer är vid Nyland, i den norra delen av Jämtlands län. Här förekommer rännorna på lägre nivåer längs älvdalarnas sluttningar. Osäkerheter kring identifiering av laterala rännor berör främst klassningsfel. I flera fall kan det svårt att avgöra om en smältvattenränna bildats lateralt, subglacialt eller proglacialt.

Smältvattenränna

En smältvattenränna (eng. *meltwater channel*) är en ränna bildad av isälvar. I denna klass räknas också smältvattenrännor som bildats genom erosion från jökellop (tappning av issjöar) och dränering från issjöavlopp (såvida det dränerande vattnet inte haft iskontakt, se avsnittet *Lateral smältvattenränna*). I terrängdata känns dessa erosionsformer igen som ensamma rännor som rinner rakt nedåt (fig. 15). I de fall man kan se en tydlig relation mellan smältvattenrännor, deltaavlagringar och issjöstrandlinjer, kan rännorna användas för att rekonstruera issjöutbredningar, tappningar och avlopp. Inom Jämtlands län är detta viktigt för att förstå hur issjöar successivt dränerats när inlandsisen allt eftersom smält bort.

Fördelningen av smältvattenrännor i Jämtlands län visas i figur 15. Totalt har 2800 former kartlagts och de har en medellängd på cirka 1 066 m (tabell 2). Smältvattenrännor förekommer i hela Jämtlands län men de är koncentrerade till i huvudsak två regioner: 1) Den östligaste delen av Ljungans avrinningsområde och 2) området norr om Indalsälven. Smältvattenrännor förekommer oftast längs dalbottnar, korsandes vattendelare, eller tvärs sluttningars höjdkonturer. Längs Ljungan förekommer det flera proglaciala smältvattenrännor i samband med sanduravlagringar och vidare utmed Indalsälvens nordvästliga biflöden skär proglaciala rännor genom lidmoräner, och ribbmoränlandskap. Vid Flatruet finns exempel på proglaciala rännor som bildats genom ett issjöavlopp tvärs vattendelaren som separerar Ljungan och Ljusnans avrinningsområden. Osäkerheter kring identifiering av ospecifika rännor berör också klassningsfel. Det kan vara så att vissa rännor i själva verket är bildade av preglaciala älvar eller att de är Holocena älvfåror som övergivits. När de kartlagda rännorna inte är torrlagda försvåras tolkningen.



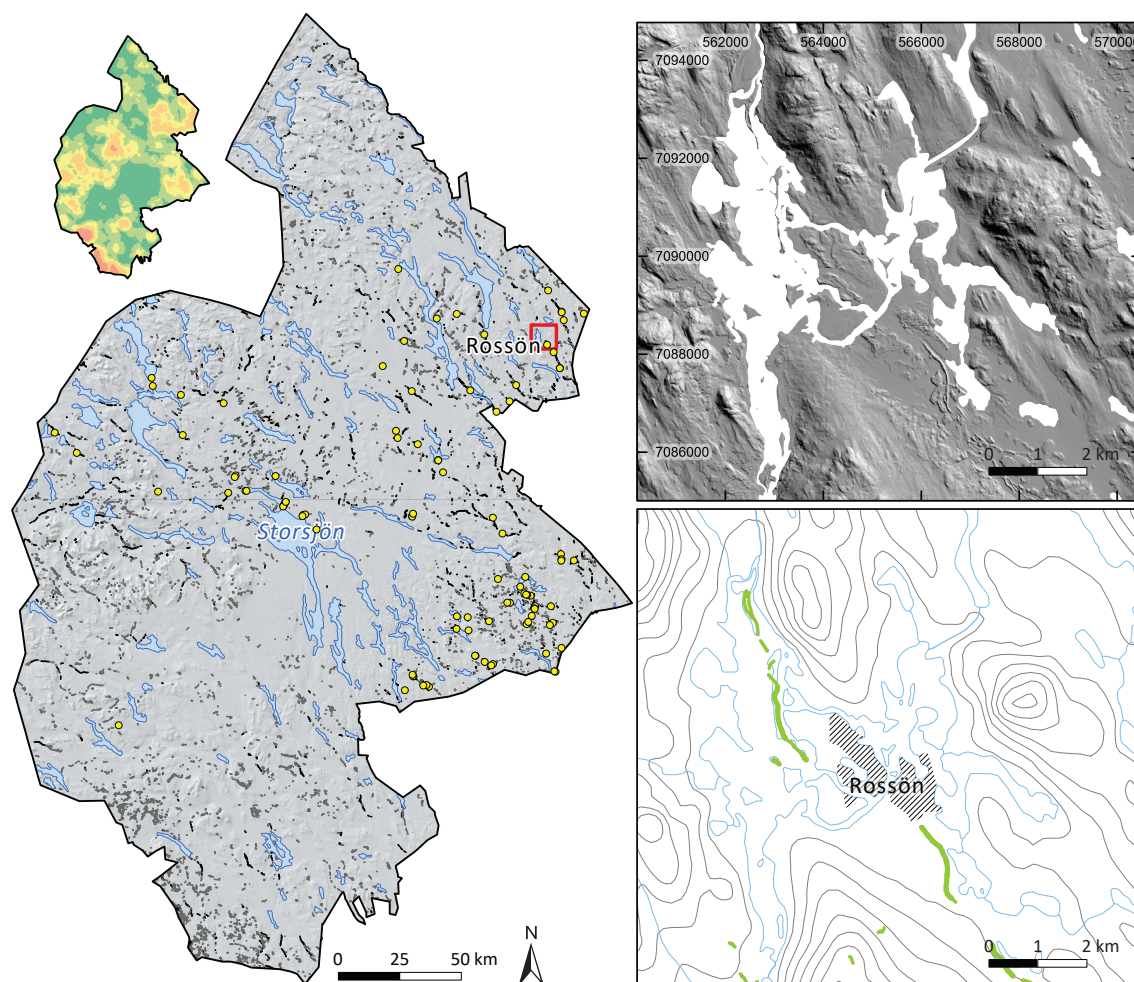
Figur 15. Den vänstra kartan visar fördelningen av smältvattenrännor i Jämtlands län. Svarta linjer är rännor och den röda rutan visar de högra kartornas täckning. Den lilla kartan, högst upp till vänster, visar landformsdensiteten (röd = hög densitet, grön = låg densitet). De högra kartorna visar exempel på smältvattenrännor vid Flatruet, som bildats genom dränering av en issjö över vattendelaren. Den översta kartan visar hur landformerna ser ut i terrängdata (Höjddata, grid 2m), med terrängskuggning modellerad efter en instrålning från nordväst. Den nedre kartan visar hur rännorna har kartlagts.

Rullstensås; stor och liten

En rullstensås (eng. *esker*; *large and small*) är en ryggformad isälvsavlagring, avsatt av rinnande smältvatten, i en tunnel längs isens botten eller precis vid tunnelns mynning ("jökelport"). Denna typ av isälvsavlagring består i huvudsak av sand och grus med en grövre kärna (Strandmark 1889, De Geer 1897). Rullstensåsar känns igen i terrängdata på deras långsträckta och slingrande utseende men de kan variera i storlek (fig. 16). Åsar kan vara upp till flera 100 km långa och tiotals meter höga och är i dessa fall ofta bildade lågt i terrängen, längs dalbottnar. I andra fall är rullstensåsarna betydligt kortare (cirka 10 till 100 m långa), låga ryggar som löper längs eller tvärs fjällsluttningarna. Former som också är inkluderade i denna landformsklass är slukåsar, som ofta löper längs fjällsluttningar (eng. *subglacially engorged eskers*). Slukåsar anses ha bildats när material avlagrats av lateralt smältvatten som först runnit längs iskanten och som sedan sökt sig ner i sprickor, tunnlar och hålrum under isen (Mannerfelt 1945). Rullstensåsar har digitaliserats som linjesymboler genom att tolka ryggformernas krön och de har delats in i två storleksklasser: krön bredare än 25 m (stor) och krön 25 m och smalare (liten). Slukåsar

hör ofta till de små formerna med smalare krön. Eftersom rullstensåsar bildas subglacialt i istunnlar, som bildas vinkelrät mot iskanten, ger både små och större åsars sammanhängande mönster och utbredning en indikation på isens generella isrörelseriktning. Eftersom slukåsar har ett annorlunda bildningssätt, ger dessa inte samma typ av information om isrörelseriktning. Rullstensåsar är också betydande sand- och grusresurser och därför potentiellt viktiga grundvattenmagasin.

Fördelningen av rullstensåsar i Jämtlands län visas i figur 16. Totalt har 2439 stora och 11 380 små åsar kartlagts (tabell 2). De stora åsarna har en medellängd på cirka 390 m men det förekommer individuella åsar som sträcker sig flera kilometer. De små åsarna har en medellängd på cirka 185 m. Rullstensåsar förekommer i stort sett i hela Jämtlands län. De mest framträdande åsnäten förekommer i Jämtlands östra och södra bergkullsterräng där de är orienterade i samma riktning som läsidesmoräner och glaciala lineationer (till exempel vid Rossön i nordöstra Jämtland). Åsarna är ofta belägna på dalbottnar och följer de huvudsak-



Figur 16. Den vänstra kartan visar fördelningen av intakta och utgrävda rullstensåsar i Jämtlands län. Svarta linjer är stora åsar, gråa linjer är små åsar och den röda rutan visar de högra kartornas täckning. Den lilla kartan visar landformsdensiteten (röd = hög densitet, grön = låg densitet). Gula punkter är utbredningen av utgrävda rullstensåsar. De högra kartorna visar ett exempel av kartlagd rullstensås vid Rossön. Den översta kartan visar hur landformerna ser ut i terrängdata (Höjddata, grid 2m), med terrängskuggning modellerad efter en instrålning från nordost. Den nedre kartan visar hur rullstensåsar kartlagts.

liga dalstråken. Flera tydliga landformssystem med tusentals individuella åsar, orienterade i samma riktning, har identifierats och dessa sammanfattas i avsnittet *Isrörelser*. Rullstensåsar förekommer även inom Jämtlands fjäll- och förfjällsregion. Då dessa inte följer de större dalgångarna är de ibland bildade på fjällplatåer samt på fjällsluttningarna. I stort visar de större åsarna ett radiellt utbredningsmönster, som demonstrerar hur inlandsisen successivt smält bort från landskapet. Osäkerheter kring identifiering av rullstensåsar är små vad gäller de större formerna. Osäkerheten kring felklassning av åsar, speciellt inom fjällregionen är större då dessa i flera fall skulle kunna vara moränryggar.

Utgrävd rullstensås

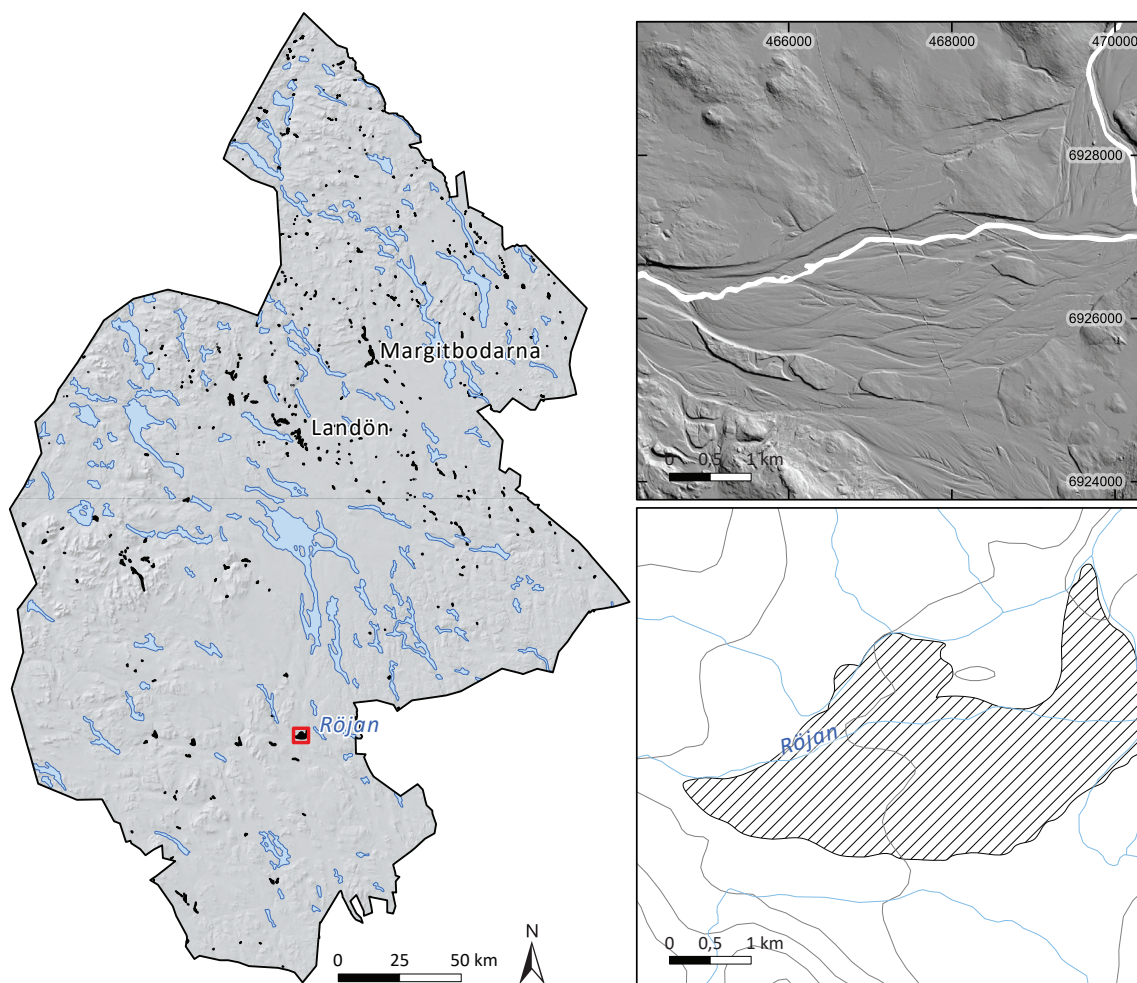
En utgrävd rullstensås (eng. *excavated esker*) är rullstensåsar vars isälvsediment grävts ut för att täcka samhällets behov. Kvar blir ärr i landskapet som visar spår efter var den tidigare rullstensåsen varit avsatt. Utgrävda rullstensåsar känns således igen i terrängdata på förekomsten av långsträckta och slingrande täkter. En rullstensås som sedermera övergår i att vara utgrävd får ofta ett inverterat uttryck i höjddatat. Utgrävda rullstensåsar har digitaliserats som linjesymboler genom att tolka den forna åsryggens krön i skala 1:10 000. Dessa landformer har tilldelats en streckad linjesymbol för att symbolisera att det tidigare funnits en rullstensås på lokalen.

Fördelningen av utgrävda åsar är indikerade i figur 16 som punktsymboler. Totalt har 98 utgrävda rullstensåsar kartlagts (tabell 2), vilket visar fördelningen av större täktverksamhet inom Jämtlands län. Täktverksamheten har främst förekommit i östra och norra delen av Jämtland i närhet till större tätorter. Osäkerheter i identifiering av utgrävda täkter är små. Dock bör inte fördelningen av utgrävda åsar ses som ett komplett inventarium av täktverksamhet då små täkter inte är representerade.

Sandur

Ett sandur (eng. *outwash plain*) är ett lågt och flackt landskap med glacifluviala sediment som avlagrats av isälvar framför iskanten. Ett sandur består av sorterat sand, grus och sten som avsatts av isälvar med flätade dräneringsmönster. Spåren efter detta dräneringsmönster syns tydligt i terrängdata (fig. 17). Isälvarnas dräneringsmönster blir flätat främst på grund av den säsongberoende och sedimentfyllda vattenföringen från den närliggande iskanten som kontinuerligt omlagrar och eroderar nya rännor i det tidigare avlagrade materialet. När vattenföringen är mindre kanaliserad verkar den dessutom för att ”jämna ut” avlagringen. Sandur är ofta kartlagda i association med smältvattenrännor och inom Jämtlands län är de flesta inaktiva och består av torrlagda rännor. Sandur har digitaliserats som ytsymboler genom att tolka landskapets gräns mot sin omgivning i skala 1:10 000. Eftersom ett sandur bildas framför iskanten under deglaciationen ger fördelningen av denna landskapstyp en idé om de huvudsakliga dräneringsvägarna vattnet tagit i landskapet. Sandur är även viktiga sand- och grusresurser samt viktiga grundvattenmagasin.

Fördelningen av sandur i Jämtlands län visas i figur 17. Totalt har 577 ytor med sandur kartlagts och de täcker en sammanlagd yta på cirka 147 km² (0,3 % av Jämtlands yta) (tabell 2). Sandur förekommer i hela Jämtlands län, ofta inom bredare dalstråk där större mängder vatten dränerat en tidigare närliggande iskant. Inom det centraljämtska slättlandskapet, längs Indalsälvens nordvästliga biflöden vid Landön och Margitbodarna, finner vi den största koncentrationen av sandurlandskap. Här förekommer de ofta i association med större proglaciala rännor som först kanaliserat smältvattnet i brantare terräng och sedan övergår till flätade dräneringsmönster när lutningen på landskapet blir flackare. Sandur förekommer även ofta längs dalbottnar där dagens älvar avvattnar landskapet. Ett exempel på en stor sanduravlagring

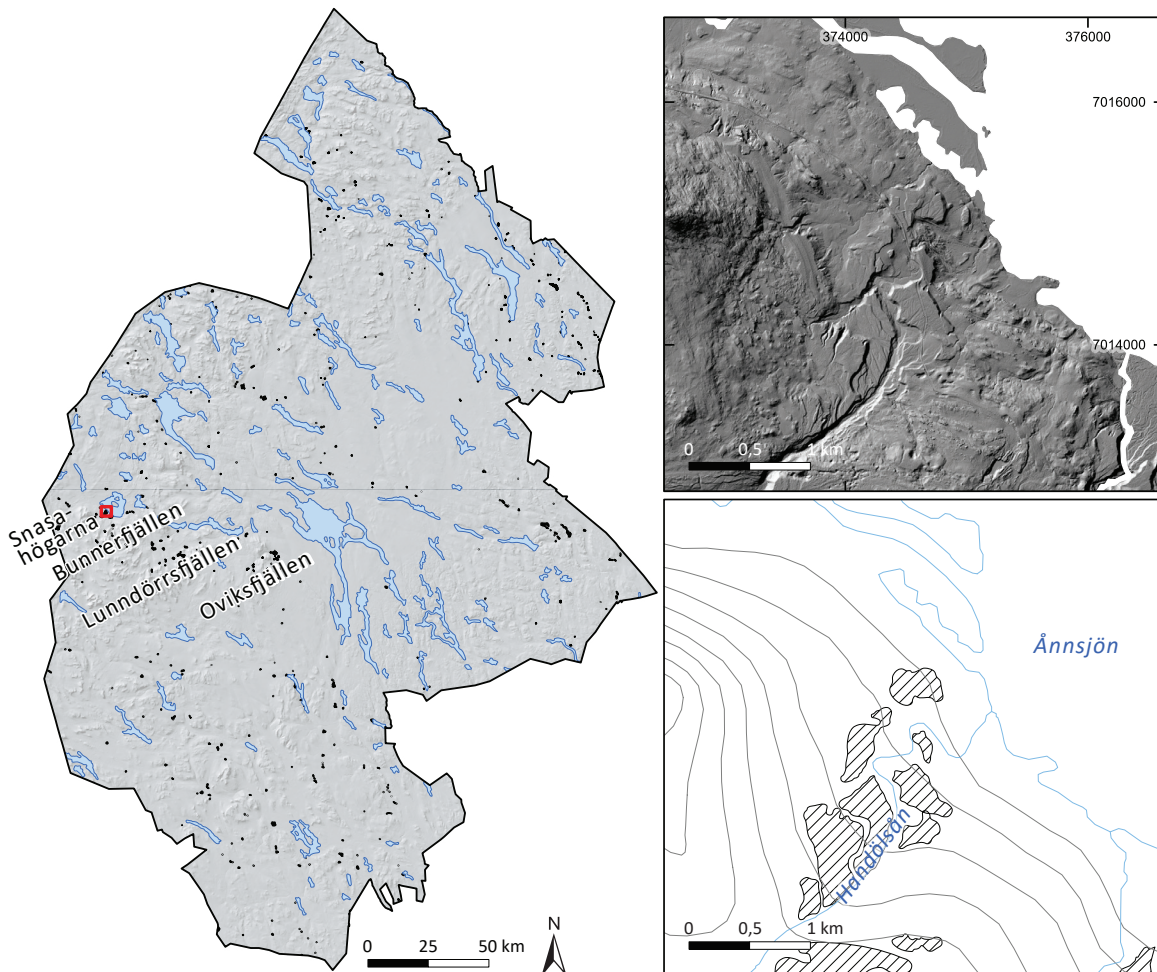


Figur 17. Den vänstra kartan visar fördelningen av sandurlandskap i Jämtlands län. Svarta ytor är sandurlandskap och den röda rutnan visar de högra kartornas täckning. De högra kartorna visar exempel på ett sandur längs älven Röjan. Den översta kartan visar hur landskapet ser ut i terrängdata (Höjddata, grid 2m), med terrängskuggning modellerad efter en instrålning från nordost. Den nedre kartan visar hur sandurlandskapet har kartlagts.

är den längs älven Röjan, inom Ljungans avrinningsområde. Osäkerheter kring identifiering av sandur berör främst felklassning av andra typer av landskap som överspolats, eroderats och omarbetats av smältvatten från inlandsisar eller glaciärer. Dessa paraglaciale processer kan orsakas av instabila förhållanden i sediment och landformer efter deglaciationen. Felklassning av yngre fluviala landskap med torrlagda älvfåror är troligen mindre sannolik. För att förhindra felklassning har vi använt kriteriet att landskapets dräneringsmönster ska vara flätat.

Glacifluvialt delta

Ett glacifluvialt delta (eng. *glaciofluvial delta*) är en flack avlagring av glacifluviala sediment med branta sluttningar som bildats vid en isälvsmyning i stillastående vatten. Glacifluviala deltan består av en gradering av sorterade sediment med de allra finaste avsatta distalt och de grövsta proximalt. Efter deglaciationen har landformen vidare separerats från det vatten den ursprungligen bildades i, genom landhöjning eller sänkning av issjötor och upplevs därför som att den är upphöjd på sluttningen i terrängdata (eng. *perched delta*) (fig. 18). Glacifluviala deltans överytor kan ha olika former i kartplanet (till exempel bågformad, uddformad och fågelfotsformad) och de kan bildas med iskontakt (eng. *ice-contact delta*; se avsnittet *Iskontakt*) och



Figur 18. Den vänstra kartan visar fördelningen av glacifluviala deltan i Jämtlands län. Svarta ytor är deltan och den röda rutan visar de högra kartornas täckning. De högra kartorna visar exempel på en serie glacifluviala deltan vid Handölsån, Ånnsjön. Den översta kartan visar hur landskapet ser ut i terrängdata (Höjddata, grid 2m), med terrängskuggning modellerad efter en instrålning från nordväst. Den nedre kartan visar hur deltaserien har kartlagts.

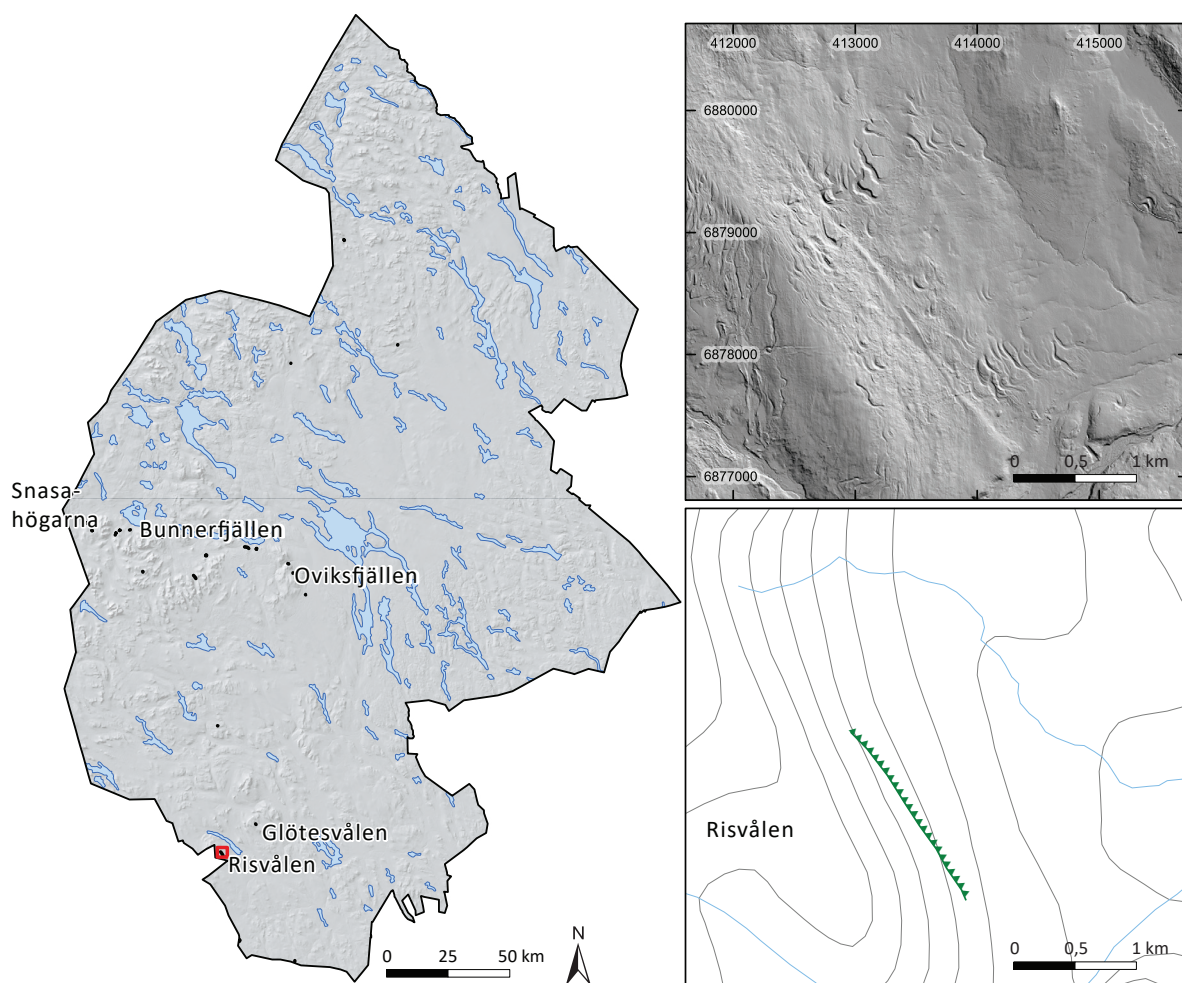
byggas ut från iskanten i vattenmassan. I dessa fall kan deltat oftast kopplas till rullstensåsar och subglaciala smältvattenrännor. Men vi räknar även in andra deltatyper i denna klass: 1) deltan som bildats på längre avstånd från den retirerande iskanten genom proglacial dränering och avsättning framför isen och 2) strikta issjödeltan (glacialakustrina deltan). Glacifluviala deltan är ofta kartlagda på samma höjdnivåer som issjöstrandlinjer och smältvattenrännor och de kan dessutom visa spår av strandhak på sina sluttningar. Glacifluviala deltan är per definition relikta (för aktiva deltabildningar, se avsnittet *Delta*) och de har digitaliserats som ytsymboler genom att tolka deras översta terrasnivå i skala 1:10 000. Där flera nivåer kan identifieras har även dessa ritats in. Notera dock att deltats omgivande sluttningar inte har kartlagts. Eftersom glacifluviala deltan bildas vid tidigare issjönivåer (se avsnittet *Issjöstrandlinje*), kan dessa användas till att rekonstruera forna issjöars utbredning. Glacifluviala deltan kan vara betydande sand- och grusresurser och potentiellt viktiga grundvattenmagasin.

Fördelningen av glacifluviala deltan i Jämtlands län visas i figur 18. Totalt har 720 ytor med deltan kartlagts och de täcker en sammanlagd yta på cirka 52 km² (0,1 % av Jämtlands yta) (tabell 2). Glacifluviala deltan förekommer i hela Jämtlands län men är begränsade inom de delar av länet som tidigare varit täckta av issjöar (se avsnittet *Issjöar*). Deltan förekommer ofta högre upp på dalsluttningar på samma nivåer som issjöstrandlinjer. Stora koncentrationer

av glacifluviala deltan finns till exempel längs nordsluttningarna av Snasahögarna-Bunnerfjällen-Lunndörrsfjällen-Oviksfjällen, eftersom det här dämms smältvatten mellan den östligt retirerande iskanten och den västliga låglänta terrängen. Ett exempel på en sådan deltaserie finns söder om Ånnsjön vid Handölån. Osäkerheter kring identifiering av glacifluviala deltan skulle kunna vara en felklassning av glacifluviala terrasser som antingen uppstått genom glacifluvial avsättning mellan sluttning och iskant (till exempel kamterrass) eller genom glacifluvial erosion snarare än avsättning. För att minimera detta klassningsfel har kartläggning av deltan därför delvis baserats på förekomst av närliggande issjöstrandlinjer, som ger ytterligare indikation på att formerna har bildats i en öppen vattenmassa.

Iskontakt

En iskontakt (eng. *ice-contact slope*) är en brant sluttning av glacialt sediment som avsatts mot en iskant. Iskontakter bildas då inlandsisen drog sig tillbaka och lämnade en brant sluttning på proximalsidan hos till exempel ett glacifluvialt delta som byggts ut från iskanten. Dessa branta sluttningar kan identifieras i terrängdata och ofta kopplas till deltaformationer eller andra landformer som bildas vid iskanten (fig. 19). Iskontakter har digitaliserats genom att tolka



Figur 19. Den vänstra kartan visar fördelningen av iskontakter i Jämtlands län. Svarta linjer är iskontakter och den röda rutan visar de högra kartornas täckning. De högra kartorna visar exempel på en sluttning som bildats med iskontakt vid Risvålen, Ånnsjön. Den översta kartan visar hur landskapet ser ut i terrängdata (Höjddata, grid 2m), med terrängskuggning modellerad efter en instrålning från nordost. Den nedre kartan visar hur iskontakten kartlagts.

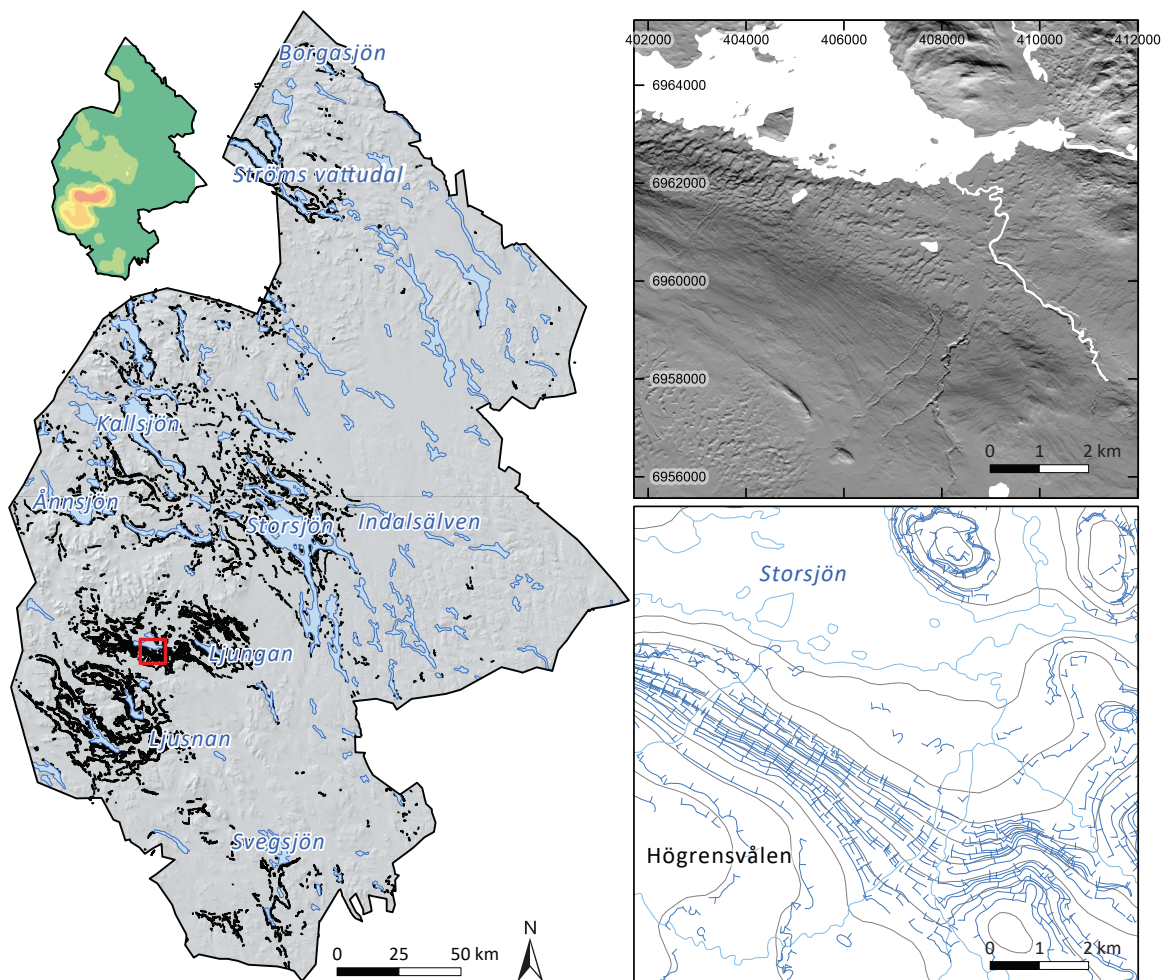
sluttningsens krön som linjesymbol och symboliseras med pilar som indikerar sluttningsens lutningsriktning. Denna typ av landform ger information om en tillfälligt stillastående iskant. Kunskapen om iskontakter är viktiga i första hand vid rekonstruktion av isavsmältningen.

Fördelningen av iskontakter i Jämtlands län visas i figur 19. Totalt har 30 former kartlagts och deras medellängd är cirka 440 m (tabell 2). Iskontakter förekommer begränsat i Jämtlands län och har främst kartlagts inom fjällregionen där tydliga randlägen identifierats, tillsammans med andra landformer som bildas nära iskanten (till exempel ändmoräner, De Geer-moräner). Den största koncentrationen iskontakter sammanfaller med den zon av ändmoräner som tidigare beskrivits. Denna zon av iskontakter och ändmoräner sträcker sig alltså i en generell väst-östlig riktning genom Snasahögarna-Bunnerfjällen. Tydliga exempel på iskontakter förekommer även på Oviksfjällens nordsluttningar, och i södra Jämtland på både Risvålens och Glötesvålens nordöstra sluttningar. Osäkerheter kring identifiering av iskontakter handlar främst om lokaler med komplexa landformssamlingar, där både issjöstrandlinjer, ändmoräner och iskontakter förekommer. I dessa fall kan det vara svårt att avgöra vilka former som är bildade mot en iskant och vilka som har byggts ut i en vattenmassa.

Issjöstrandlinje

En issjöstrandlinje (eng. *glacial lake shoreline*) är det morfologiska uttrycket av en tidigare issjönivå. En issjö är en sjö som tidigare dämtes av en iskant. Eftersom det är svårt att utröna exakt vad ett specifikt issjöstadiums medelstrandlinje var, har fokus legat på att kartlägga tydliga strandmärken som troligtvis bildats ovan medelstrandlinjen vid mindre frekventa väderhändelser och högvatten. Issjöstrandlinjer kan identifieras i terrängdata som: 1) strandhak (eng. *wave-cut bluff*), erosionsformer som skurits in vid högvattenytan genom vågverkan; eller som 2) strandvallar (eng. *beach ridge*), depositionsformer avsatta vid högvatten (fig. 20). Strandhak kan vara eroderade i morän (svallad morän), isälvsmaterial eller berg medan strandvallar vanligtvis består av svallgrus, svallsand eller klapper. Issjöstrandlinjer har digitaliserats som linjesymboler genom att tolka strandhakens inre brytlinje. I de fall endast strandvallar har identifierats har vallens nedre brytlinje på sjösidan av vallen digitaliserats. Linjesymbolen symboliseras med pilar som indikerar sluttningsens lutningsriktning. Denna typ av landform ger information om forna issjöars utbredning.

Fördelningen av issjöstrandlinjer i Jämtlands län visas i figur 20. Totalt har 12 104 landformer kartlagts och de har en medellängd på 540 m (tabell 2). De längsta kartlagda strandlinjerna kan dock vara flera kilometer långa. Issjöstrandlinjer förekommer främst i Jämtlands västra och södra delar, inom fjäll och förfjällregionen. Högst koncentration av issjöstrandlinjer finns i Ljungans avrinningsområde, tätt följt av Ljusnans avrinningsområde. I avrinningsområdenas övre bäcken verkar issjöar lämna spår efter flera sjöstadier, då täta serier av strandlinjer finns på samtliga sluttningar som utgjort forna sjöbottnar. I kontrast till Ljungan och Ljusnans övre bäcken minskar koncentrationen issjöstrandlinjer drastiskt inom södra Jämtland, samt även inom Indalsälvens och Ångermanälvens avrinningsområden. Här verkar således issjöar funnits som endast ett fåtal stadier. Den stora skillnaden i koncentration av issjöstrandlinjer inom olika avrinningsområden beror delvis på olikheter i topografiska förhållanden, delvis på skillnader i issjöarnas varaktighet och den retirerande iskantens dynamik. Osäkerheter kring identifiering av issjöstrandlinjer är små men skulle kunna vara felklassning av berggrundsstrukturer eller glacifluviala avlagringar som är avsatta med iskontakt på sluttningar. I de fall strandlinjer går att följa flera kilometer längs en sluttning, samt då de återfinns på intilliggande sluttningar, är deras säkerhet större. Minst säkerhet gäller korta strandformer som endast förekommer på enstaka lokaler och höjdnivåer.



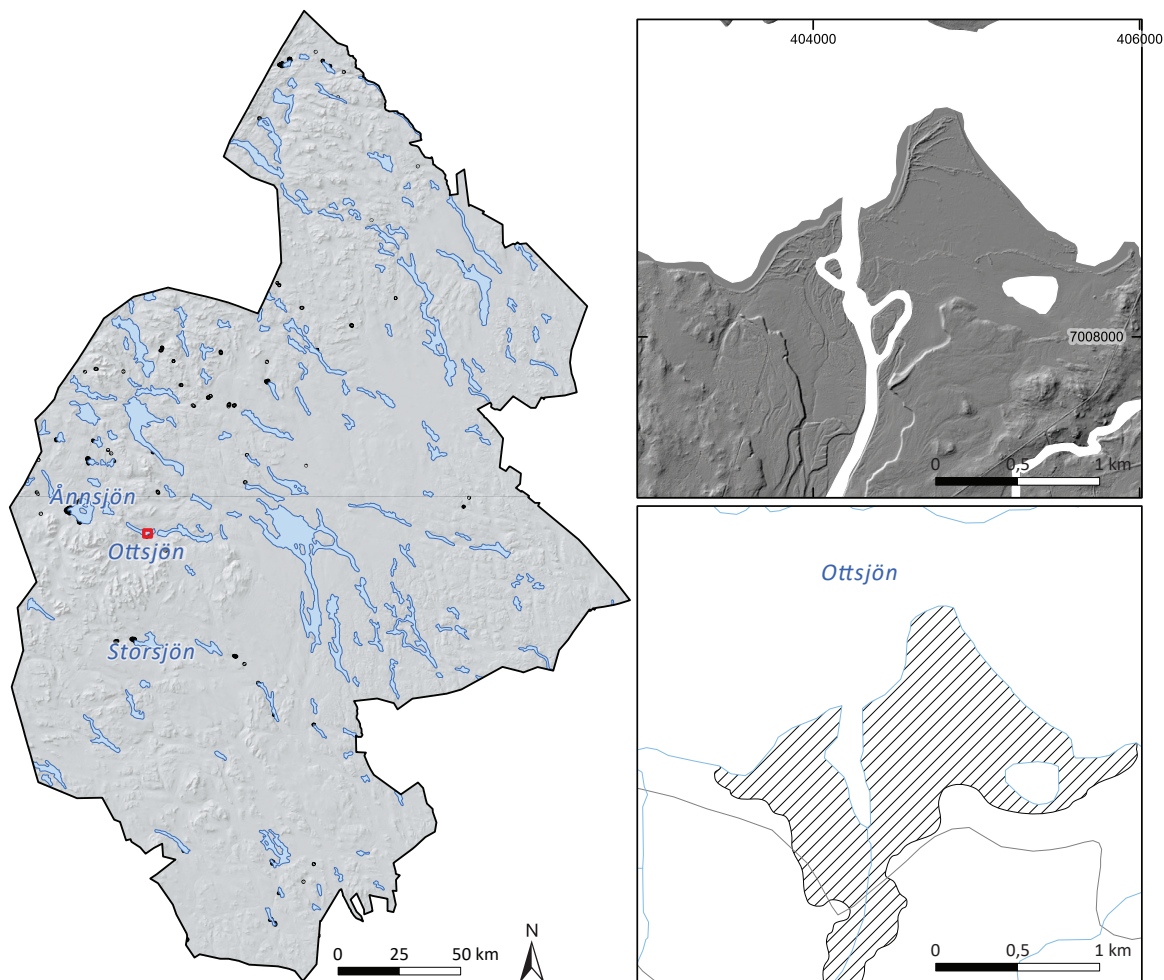
Figur 20. Den vänstra kartan visar fördelningen av issjöstrandlinjer i Jämtlands län. Svarta linjer är strandlinjer och den röda rutan visar de högra kartornas täckning. Den lilla kartan visar landformsdensiteten (röd = hög densitet, grön = låg densitet). De högra kartorna visar exempel på strandlinjer på Högrensvålen's nordsluttningar. Notera att Storsjön inte är den samma Storsjön som är belägen i centrala Jämtland. Den översta kartan visar hur landformerna ser ut i terrängdata (Höjddata, grid 2m), med terrängskuggning modellerad efter en instrålning från syd. Den nedre kartan visar hur strandlinjerna har kartlagts.

Postglaciala eller övriga landformer

Delta

Ett delta (eng. *modern delta*) är en låg och flack avlagring av fluviala sediment vid åars eller älvars mynningar i stillastående vatten. Deltan ligger delvis över vatten, delvis under och deras bildning är en aktiv och pågående process. De har vanligen uppbyggts och vidareutvecklats genom sedimentation i flera flodarmar. I terrängdata kan deltan identifieras där älvar och floder mynnar i större sjöar (fig. 21). Deltaplan kan ha olika former i kartplanet (till exempel bågformad, uddformad och fågelfotsformad) och består ofta av övergivna meanderbågar och översvämningslevéer. Endast morfologiskt tydliga deltan har digitaliserats som ytor i skala 1:10 000 genom att avgränsa deras utbredning mot vattnet och mot äldre avlagringar uppströms.

Fördelningen av deltaformationer i Jämtlands län visas i figur 21, totalt har 98 former kartlagts med en total yta på 18 km² (0,03 % av Jämtlands yta) (tabell 2). Deltaavlagringar förekommer över hela Jämtland men i synnerhet där större vattendrag mynnar vid sjöar. Exempel på lokaler med stora deltaformationer finns vid Ånnsjön, Ottsjön och Storsjön. Osäkerheter



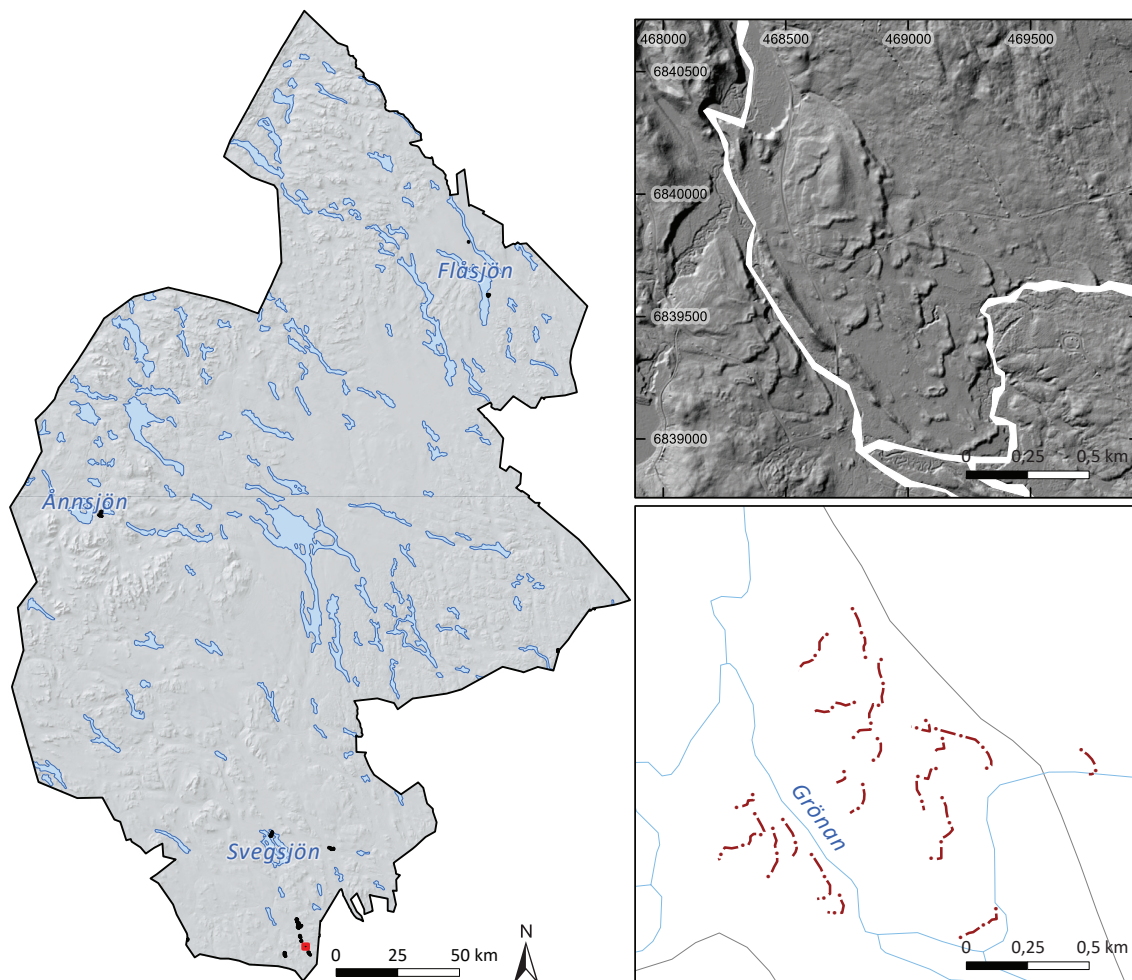
Figur 21. Den vänstra kartan visar fördelningen av postglaciala deltabildningar i Jämtlands län. Svarta ytor är deltabildningar och den röda rutan visar de högra kartornas täckning. De högra kartorna visar exempel på ett delta vid Ottsjön. Borgafjäll. Den översta kartan visar hur landformerna ser ut i terrängdata (Höjddata, grid 2m), med terrängskuggning modellerad efter en instrålning från nordväst. Den nedre kartan visar hur deltat har kartlagts.

kring identifiering av deltaavlagringar är dock små då deras morfologi är typiska. Dock förekommer ibland deltaavlagringar i association med glacialfluviala deltan och terrasser som är bildade på högre nivåer, upp på dalsidorna. I dessa fall har vi varit noggranna att särskilja dessa former åt.

Flygsanddyn

En flygsanddyn (eng. *sand dune*) är en ackumulation av flygsand (välsorterad finsand) som transporterats och avsatts av vinden i dynformationer, innan vegetationen fått fäste. I terrängdata kan sanddyner identifieras som smala rygghöjder med tydlig asymmetrisk tvärprofil som ofta uppträder i sammankopplade svärmar (fig. 22). Vi har inte gjort en noggrannare indelning och skilt på olika typer av dynmorfologier, såsom transversa eller paraboliska sanddyner. De flesta sanddyner som identifierats i Sveriges inland tros vara bildade nära efter deglaciationen, då stora områden blottades när inlandsisen retirerade (Bernhardson & Alexanderson 2018). Flygsanddyner har digitaliserats som linjesymboler genom att tolka deras krön. Flygsanddyner kan således ge information om den rådande vindriktningen strax efter deglaciationen.

Fördelningen av flygsanddyner i Jämtlands län visas i figur 22. Totalt har 132 landformer kartlagts och de har en medellängd på cirka 235 m (tabell 2). Sanddyner förekommer på endast

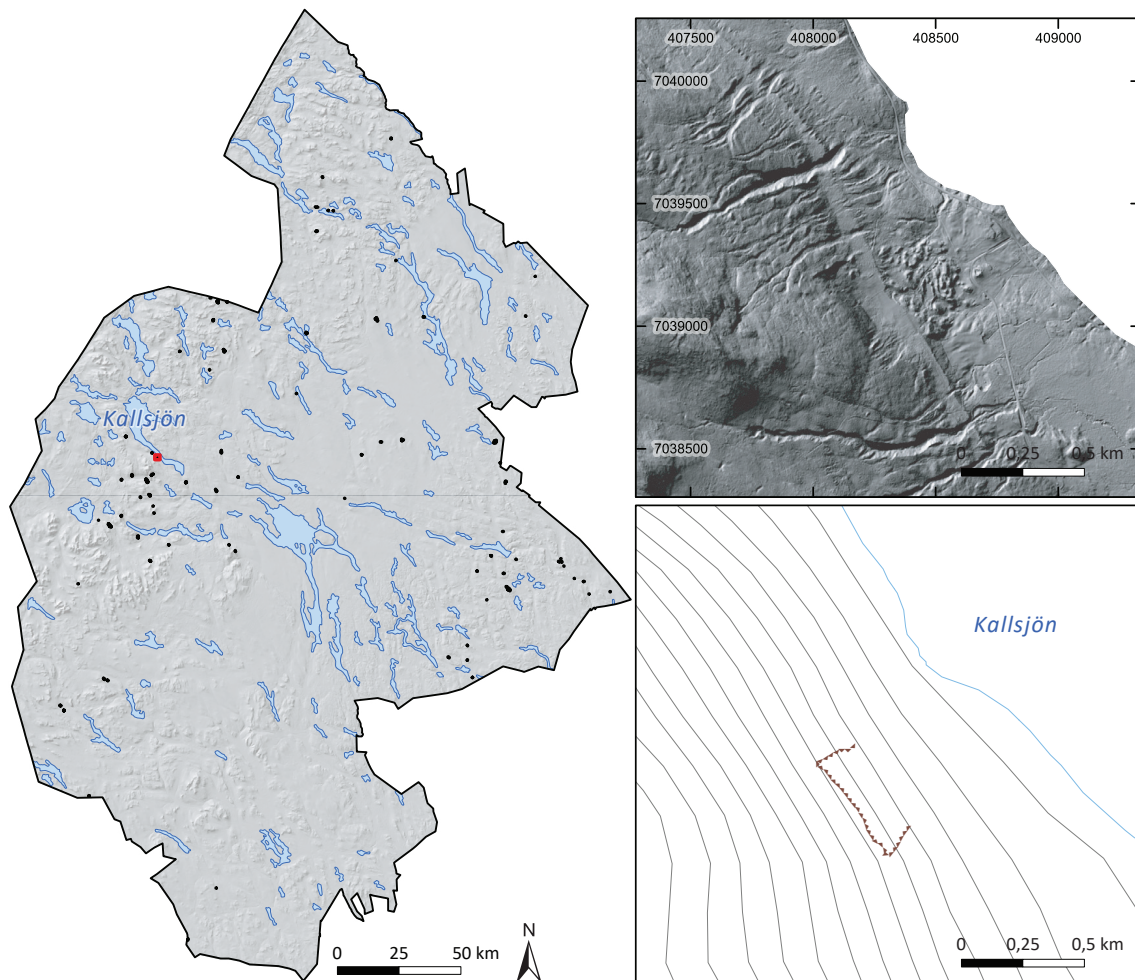


Figur 22. Den vänstra kartan visar fördelningen av flygsanddyner i Jämtlands län. Svarta linjer är sanddyner och den röda rutan visar de högra kartornas täckning. De högra kartorna visar exempel på sanddyner vid älven Grönan, sydost om Svegsjön. Den översta kartan visar hur landformen ser ut i terrängdata (Höjddata, grid 2m), med terrängskuggning modellerad efter en instrålning från nordväst. Den nedre kartan visar hur sanddynerna har kartlagts.

få lokaler i Jämtlands län. Ofta förekommer de längs breda dalbottnar eller på slätterna kring större sjöar, till exempel vid Ånnsjön, Flåsjön och Svegsjön. Högst förekomst finns i ett stråk längs Grönans älvdal, söder om Svegsjön. Här är sanddynerna avsatta tvärs dalgångens riktning. Osäkerheter kring identifiering av flygsanddyner gäller främst klassningsfel av andra ryggsformer. Vi har dock endast kartlagt de allra tydligaste exemplen på dyner.

Skredärr

Ett jordskred (eng. *landslide*) är en sammanhängande jordmassa som kommer i rörelse. Spåret som uppstår i landskapet efter att ett jordskred har skett benämns skredärr (eng. *landslide scar*). Skredärr kan kännas igen i terrängdata som en skarp brant, där jord har lossnat och sedermera ansamlats längre ner på slänten (fig. 23). De flesta skred har skett i lerjord, men spår av skred kan även finnas i sandjordar och i moränjordar. I de fallen skred har inträffat i sandjord finns ofta silt- eller lerlager under ett ytligt sandlager. Skred kan även inträffa i siltiga eller leriga moräner om moränen är vattenmättad. Skredärr har digitaliserats som linjesymboler genom att tolka krönet på den brant som uppstår efter att skredet har gått. Skredärr ingår i SGUs databas ”Jordskred och raviner” men har inkluderats i geomorfologiska kartan eftersom dessa



Figur 23. Den vänstra kartan visar fördelningen av skredärr i Jämtlands län. Svarta linjer är skredärr och den röda rutan visar de högra kartornas täckning. De högra kartorna visar exempel på ett skredärr vid Kallsjön. Den översta kartan visar hur landformerna ser ut i terrängdata (Höjddata, grid 2m), med terrängskuggning modellerad efter en instrålning från nordväst. Den nedre kartan visar hur skredärr har kartlagts.

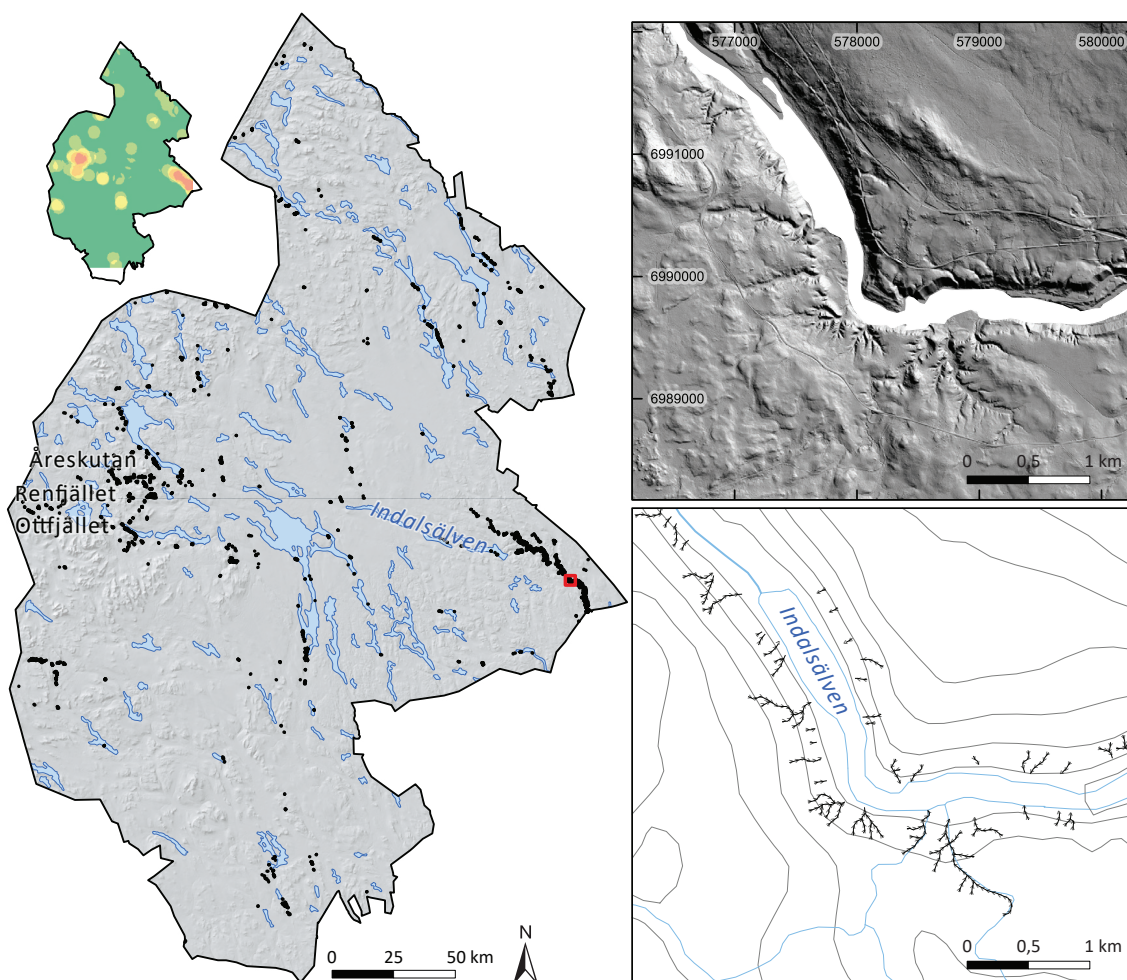
landformer kartlagts med liknande metod (SGU 2019). I den tidigare kartläggningen har vi skiljt på om skredärr uppstått i morän eller finkornig jordart och vi har även kartlagt hur skredet har rört sig (skredväg). Skredärr indikerar områden med förutsättning för olika typer av markrörelser som kan ske med olika hastighet och frekvens. Tillsammans med jordartskartor och höjddata kan informationen användas för en översiktlig bedömning av skredkänslighet och markstabilitet.

Fördelningen av skredärr i Jämtlands län visas i figur 23. Totalt har 132 skredärr kartlagts (tabell 2). Fördelningen av skredärr i Jämtlands är främst koncentrerad till områden med finkorniga jordarter och terräng med viss lutning. Skredärr förekommer således främst inom fjäll- och förfjällsregionen men också inom östra Jämtlands bergkullsterräng. Ett exempel på en intressant skredlokal, är det skredärr och skredmassor i morän som finns på Åreskutans nordostliga sluttningar vid Kallsjön. En issjöstrandlinje i form utav ett strandhak är eroderat i moränen och skredmassorna. Skredet skedde således innan strandlinjen bildats. Vad gäller kartläggningens noggrannhet har en generalisering gjorts i ”Jordskred och raviner”-databasen då skredärr med en linjelängd under 30–50 m normalt ej har kartlagts. Dessutom har spår efter jordskred inte kartlagts, i de fall de varit otydliga genom schaktning och utfyllnader.

Ravin

En ravin (eng. *ravine*) är en smal dalbildning med branta sidor uteroderad genom vattenerosion i lösa jordlager, företrädesvis i silt-finsand (SGU 2019). Ravinbildning kan dock även ske i morän med en stor del fina kornstorlekar. Tillkomsten av raviner är en långsammare process än skred och ras. I terrängdata känns raviner igen på att de är 10–20 m djupa, V-formade och har branta sidor (fig. 24). Ravinerna grenar vanligen ut sig och har skarpa knyckar. Raviner ingår i SGUs databas ”Jordskred och raviner” men har inkluderats i ”Geomorfologiska kartan Jämtlands län” eftersom dessa landformer kartlagts med liknande metod (SGU 2019). Raviner likt skredärr, indikerar områden med förutsättning för markrörelser och kan på så sätt användas för att göra en översiktlig bedömning av skredkänslighet och markstabilitet.

Fördelningen av raviner i Jämtlands län visas i figur 24. Totalt har 1 935 raviner kartlagts med en medellängd på cirka 190 m men de allra längsta kan vara upp till 2 km långa (tabell 2). Ravinbildning i Jämtlands län är koncentrerad till älvdalarna inom både fjällregionen, slättterna och bergkullterrängen. Speciellt höga koncentrationer av raviner finns framför allt inom det band av fjäll som inkluderar Åreskutan, Renfjället och Öttfjället. Ravinerna förekommer här lågt på sluttningarna. Höga koncentrationer av raviner förekommer även längs den del av Indalsälven som är belägen under HK.



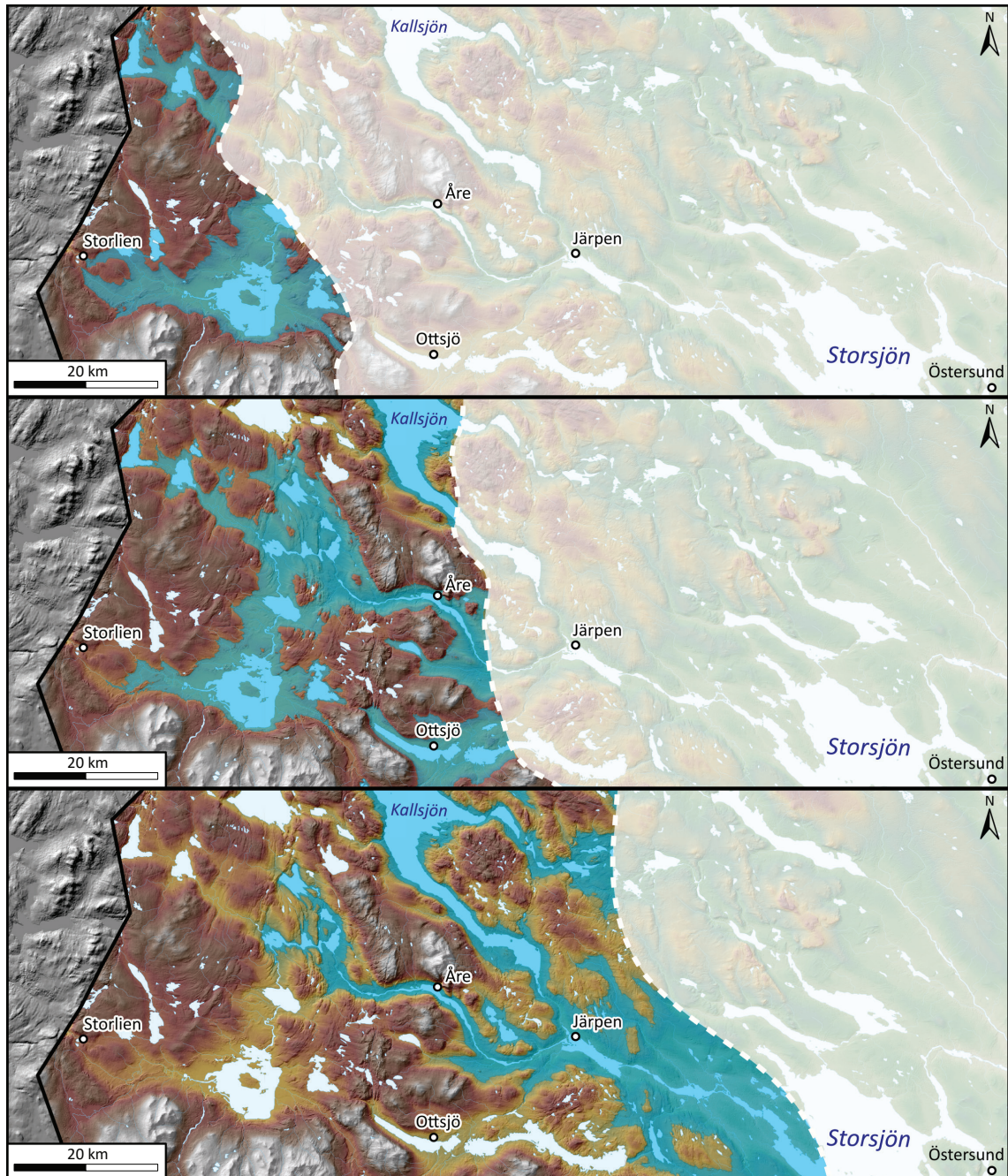
Figur 24. Den vänstra kartan visar fördelningen av raviner i Jämtlands län. Svarta linjer är raviner och den röda rutan visar de högra kartornas täckning. Den lilla kartan visar landformsdensiteten (röd = hög densitet, grön = låg densitet). De högra kartorna visar exempel på raviner längs Indalsälvens sluttningar. Den översta kartan visar hur landformerna ser ut i terrängdata (Höjddata, grid 2m), med terrängskuggning modellerad efter en instrålning från nordost. Den nedre kartan visar hur raviner har kartlagts.

ISSJÖAR

Den rika förekomsten av glacialfluviala deltan (fig. 18) samt issjöstrandlinjer (fig. 20) högt ovan dagens sjöar och dalbottnar i Jämtlands län, tillsammans med tappnings- och dräneringssår (fig. 15) vittnar om de många issjöstadier vilka utvecklades under den senaste nedisningens slutskede. Dessa issjöar uppkom där iskanten retirerade från högre till lägre terräng och på så sätt dämde upp smältvatten framför sig. I takt med inlandsisens tillbakadragande kom issjöarnas nivå och utbredning att förändras allteftersom smältvattnets dräneringsvägar anpassade sig till det framsmältande landskapet och den föränderliga iskanten.

Från kartläggningen av issjöstrandlinjernas utbredning och fördelningen i Jämtlands län (fig. 20) framgår att det inte bara förekommit många issjöar inom länet men även att de hade mycket varierande areal, allt från <math>< 10 \text{ km}^2</math> till > 3 000 km². Det faller sig därför naturligt att Jämtlands län historiskt varit det klassiska området för svensk issjöforskning (till exempel Högbom 1885, 1892, 1909; Andersson 1897; Gavelin & Högbom 1910; Frödin 1913; J. Lundqvist 1959, 1969, 1972, 1973; Borgström 1989). Tolkningen av issjöarnas utbredning och beskaffenhet har även ändrats under årens lopp och för en mer utförlig genomgång av den tidiga issjöforskningen se exempelvis Lundqvist (1961) och Lundqvist (1969). Medan den äldre litteraturen (till exempel Högbom 1892, 1895; Andersson 1897; Gavelin & Högbom 1910) generellt antog att öppna issjöar dämades under deglaciationen, skedde det senare ett skifte mot en mer begränsad tolkning av issjöarnas utbredning. Lundqvist (1942), samt senare Holdar (1957), var först att ifrågasätta omfattningen av issjöarna i landet. Denna mer begränsade tolkning följdes upp i Jämtland av Lundqvist (1969, 1972, 1973) som drog slutsatsen att stora arealer av det som tidigare tolkats som öppna issjöar (främst kring Storsjön) egentligen mestadels var uppfyllt av inlandsisens kvarlämnade stagnanta isrester, så kallad dödis. Baserat på vår nya kartläggning, och den mångfald av landformer som nu med hjälp av NH har kartlagts, är vår rådande tolkning, i motsats till den i Lundqvist (1969, 1972, 1973), att även issjöarna kring Storsjön var öppna issjöar. Vi baserar vår tolkning på den stora och sammanhängande utbredningen av issjöstrandlinjer i Storsjöbäckenet samt den rika förekomsten av konsistenta glaciala lineationer och läsidesmoräner (fig. 9 och 10) som visar på en aktivt flödande ismassa, i kontrast till en stagnant dödiskropp (se avsnittet *Isrörelser*).

Även om vår tolkning av issjöarnas beskaffenhet regionalt kan skilja sig från Lundqvists (1969, 1972, 1973) så visar utbredningen av issjöstrandlinjerna (fig. 20) på en issjöutbredning som i stort överensstämmer med den som presenterats i länskartläggningen (Lundqvist 1969). Majoriteten, samt de största, av issjöarna utvecklades i västra delen av Jämtland. De issjöstadier som täckte störst areal fanns i Ljungans och Ljusnans avrinningsområden samt längs dalgångarna mellan Ånnsjön, Kallsjön och Storsjön (fig. 23). Stora issjöar utvecklades även kring Ströms Vattudal-Borgasjön i norr och i området kring Svegsjön i söder (fig. 20). Då issjöarna var uppdämda av den retirerande iskanten, kan dess utbredning användas för att rekonstruera inlandsisens tillbakasmältning. Generellt dämades den stora majoriteten av issjöarna, från Ljusnan i söder till Borgasjön i norr, av en östligt retirerande iskant (fig. 20). I kontrast dämades issjöarna kring Svegsjön norrifrån och de fåtal issjöar som utvecklades i östra Jämtland dämades från väst och nordväst. Således återspeglar issjöutbredningen i stort de isrörelseriktningar som kan utläsas från glaciala lineationer och läsidesmoräner (fig. 9 och 10). I de regioner där det förekommit flera issjöstadier är det även möjligt att mer i detalj rekonstruera avsmältningens förlopp baserat på strandlinjernas utbredning (fig. 25). De individuella issjöarnas mer precisa utbredning i Jämtland, samt den detaljerade isavsmältningens historien, är i skrivande stund föremål för vidare arbete och behandlas därför inte närmare i denna rapport.



Figur 25. Preliminär rekonstruktion av issjötubredning, baserat på kartlagda issjöstrandlinjer, och därav tolkad isavsmältning mellan Storlien och Östersund i västra Jämtland.

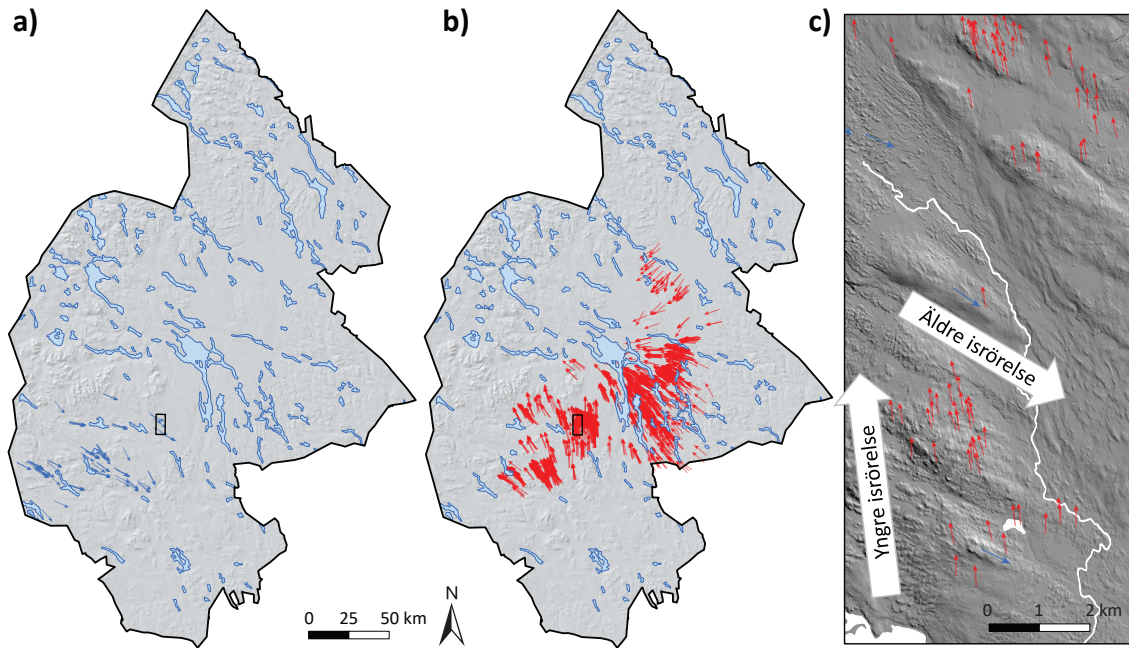
ISRÖRELSER

Landformer som bildats subglacialt (under inlandsisen) och har en koppling till isrörelseriktningen; såsom rullstensåsar, läsidesmoräner och glaciala lineationer, kan analyseras rumsligt för att bättre förstå inlandsisens rörelsemönster under den senaste istiden. För att få en komplett bild av hur inlandsisen har utvecklats under Weichsel, behöver dock även landformer som bildats vid iskanten (till exempel ändmoräner och laterala smältvattenkanaler) analyseras. Detta avsnitt fokuserar dock på en preliminär tolkning av Jämtlands subglaciala landformer. Indelningen har primärt utgått från läsidesmoränernas riktningar även om en jämförelse gjorts med de övriga glaciala lineationerna och de större rullstensåsarna. De två figurer som hör till detta avsnitt visar dock enbart fördelningen av läsidesmoräner (fig. 26 och 27). Läsidemoränerna har grupperats i de fall de kunnat klassificeras som konsekventa system som dessutom uppvisar ”glaciologisk rimlighet” (Kleman m.fl. 1997, Kleman m.fl. 2006). Översiktligt kan Jämtlands subglaciala landformer delas in i fyra landformssystem som motsvarar isrörelser: 1) när bergkedjeisar rör sig ost–sydost från fjällen (fig. 3a), 2) när en större inlandsis rört sig nord–nordväst över landskapet (fig. 3c) och 3) under ett tidigt och 4) sent stadium av den senaste deglaciationen (fig. 3d). De tre yngsta landformssystemen har identifierats av tidigare landformsstudier (Borgström 1989, Kleman m.fl. 1997) medan de äldsta isrörelserna tidigare enbart identifierats med isräffelriktningar och moränstratigrafier (Lundqvist 1969, Björnbom 1979, Kleman m.fl. 1997).

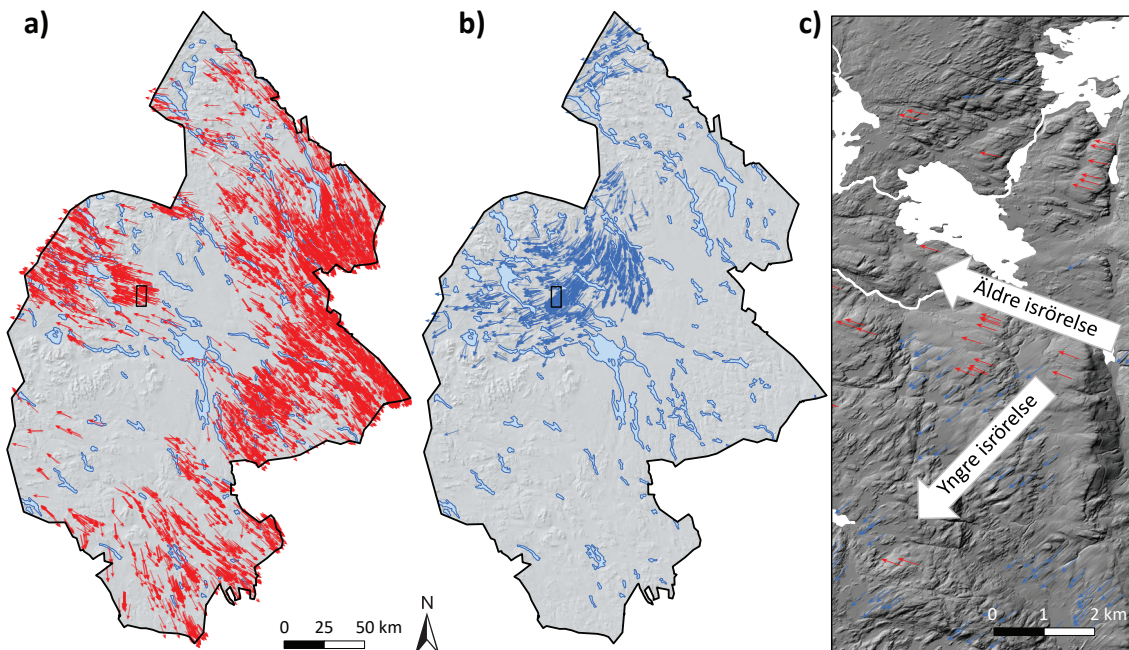
De äldsta isrörelseriktningarna i Jämtland är östliga till sydöstliga från en västlig isdelare, placerad över den norska delen av fjällkedjan (fig. 3a och 26a). Dessa riktningar är bestämda från stora läsidesmoräner inom Ljungans och Ljusnans avrinningsområdets västra delar (fig. 26a). Landformernas riktningar avviker starkt mot det generella deglaciationsmönstret och en jämförelse med Kleman med flera (1997) visar att dessa överensstämmer med östliga isrörelser från äldre isräffelriktningar (Lundqvist 1969) bevarade från tidig eller mellersta Weichsel (fig. 3a). Söder om Oviksfjällen finns det flera lokaler med överlappande yngre isrörelsespår (fig. 26c). Dessa spår syns framför allt i en svärm av läsidesmoräner med nordlig–nordvästlig riktning som är långa och utdragna i moräntäcket och saknar helt rullstensåsar med liknande riktningar (fig. 26b och 26c). Landformerna har tidigare tolkats ha bildats när den skandinaviska inlandsisen var som störst och hade en isdelare som sträckte sig västerut in mot norska fjällen (Kleman m.fl. 1997) (fig. 3c). Avsaknad av smältvattenlandformer är bevis för att dessa former är bildade långt innanför iskanten.

Den senaste deglaciationen har översiktligt delats in i två grupper av landformer baserade på deras isrörelseriktningar och förmodad kronologiska ordning. Båda grupperna kan även jämföras med rullstensåsar för att fastställa att de är bildade under deglaciationen, troligtvis nära iskanten. Landformsgrupperna kan därför ses som ”tidstransgressiva”, det vill säga att de blir successivt yngre i och med att de bildas allt eftersom inlandsisen avsmälter. Det tidigaste deglaciationsstadiet visar isrörelseriktningar mot nordväst och sydost på endera sida om den förmodade isdelaren, vilken måste ha haft en nordöstlig–sydvästlig uträkning genom hela Jämtland (fig. 3d och 27a). Därefter följer troligen ett komplicerat avsmältningförlopp, då isen vid något tillfälle delats upp i minst två retirerande lober (Borgström 1989). Vid detta preliminära analysstadium kan vi inte i detalj utröna hela avsmältningförloppet men vi kan urskilja att det senare deglaciationsstadiet visar hur isens rörelseriktning successivt förändras från västliga till sydvästliga–sydsydvästliga, fastställt vid lokaler med överlappande landformer (fig. 27b och 27c).

Som nämnts tidigare är den detaljerade isavsmältningshistorien föremål för vidare arbete och behandlas därför inte närmare i denna rapport. Kunskaper om isrörelseriktningar är viktiga för att bestämma transportriktning av morän, vilket är underlag för prospektering efter malmer och mineral (Klassen 1999, Kelley m.fl. 2019).



Figur 26. Landformssystem med läsidesmoräner som visar liknande isrörelseriktningar: **a)** östliga till sydöstliga isrörelser från en västlig isdelare, placerad över den norska delen av fjällkedjan (se fig. 3a); **b)** nordliga till nordvästliga isrörelser från en sydlig isdelare (se fig. 3c); **c)** områden med överlappande läsidesmoräner som visar att de östliga till sydöstliga isrörelserna är äldre än de nordliga till nordvästliga isrörelserna. Terrängskuggningen är modellerad efter en instrålning från nordost. Den svarta boxen i a och b motsvarar utbredning av c.



Figur 27. Landformssystem med läsidesmoräner som visar liknande isrörelseriktningar från den senaste deglaciationen: **a)** nordvästliga och sydöstliga isrörelseriktningar på endera sida om den förmodade isdelaren, under ett tidigt stadium av deglaciationen (se fig. 3d); **b)** sydvästliga–sydsydvästliga isrörelseriktningar, under ett senare stadium av deglaciationen (se fig. 3d); **c)** områden med överlappande läsidesmoräner som visar att de nordvästliga–västliga isrörelseriktningarna är äldre än de sydvästliga isrörelseriktningarna. Terrängskuggningen är modellerad efter en instrålning från nordväst. Den svarta boxen i a och b motsvarar utbredning av c.

TACKORD

Vi vill rikta ett stort tack till Anna Hedenström som har granskat samt läst och kommenterat på rapporten. Vi vill även tacka Ingmar Borgström som genom givande diskussioner om Jämtlands glacialmorfologi bidragit till att förbättra innehållet i rapporten.

BILAGA

”Geomorfologiska kartan Jämtlands län” som fristående karta.

REFERENSER

- Abbaszadeh Shahria, A., Spross, J., Johansson, F. & Larsson, S., 2019: Landslide susceptibility hazard map in southwest Sweden using artificial neural network. *Catena* 183, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104225>
- Alexanderson, H., Johnsen, T. & Murray, A.S., 2010: Re-dating the Pilgrimstad Interstadial with OSL: a warmer climate and a smaller ice sheet during the Swedish Middle Weichselian (MIS 3). *Boreas* 39, 367–376. <https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.2009.00130.x>
- Andersson, G., 1897: Den centraljämtska issjön. *Sveriges geologiska undersökning Ca 166*, 76 s.
- Benn, D. & Evans, D.J.A., 2010: *Glaciers and Glaciation*. Routledge, London, 816 s. <http://doi.org/10.4324/9780203785010>
- Bernhardson, M. & Alexanderson, H., 2018: Early Holocene NW-W winds reconstructed from small dune fields, central Sweden. *Boreas* 47, 869–883. <http://doi.org/10.1111/bor.12307>
- Bishop, M.P., James, L.A., Shroder, J.F. & Walsh, S.J., 2012: Geospatial technologies and digital geomorphological mapping: Concepts, issues and research. *Geomorphology* 137(1), 5–26. <https://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.06.027>
- Björnbom, S., 1979: Clayey basal till in central and northern Sweden. A deposit from an old phase of the Wurm glaciation. *Sveriges geologiska undersökning C 753*, 61 s. ISBN: 91-7158-158-8
- Blad, L., Maxe, L. & Källgården, J., 2009: Vattenförsörjningsplan – Identifiering av vattenresurser viktiga för dricksvattenförsörjning. *SGU-rapport 2009:24*. Sveriges geologiska undersökning, 28 s.
- Borgström, I., 1979a: Geomorfologiska kartbladet 19C STORLIEN – Beskrivning och naturvärdesbedömning. *Naturvårdsverket Rapport SNVPM1144*, 58 s. ISBN: 0000-SNVPM1144
- Borgström, I., 1979b: Geomorfologiska kartbladet 18C SYLARNA – Beskrivning och naturvärdesbedömning. *Naturvårdsverket Rapport SNVPM1233*, 53 s. ISBN: 0000-SNVPM1233
- Borgström, I., 1981a: Geomorfologiska kartbladet 18D STORSJÖ – Beskrivning och naturvärdesbedömning. *Naturvårdsverket Rapport SNVPM1333*, 59 s. ISBN: 0000-SNVPM1333
- Borgström, I., 1981b: Geomorfologiska kartbladet 20C SKALSTUGAN 20D KOLÅSEN 21D JÄVSJÖHATTEN – Beskrivning och naturvärdesbedömning. *Naturvårdsverket Rapport SNVPM1580*, 51 s. ISBN:0000-SNVPM1580
- Borgström, I., 1981c: Geomorfologiska kartbladen 19D ÅRE – Beskrivning och naturvärdesbedömning. *Naturvårdsverket Rapport SNVPM1334*, 58 s. ISBN: 0000-SNVPM1334
- Borgström, I., 1983: Geomorfologiska kartbladet 17C FUNÄSDALEN – Beskrivning och naturvärdesbedömning. *Naturvårdsverket Rapport SNVPM1709*, 55 s. ISBN: 0000-91-620-1709

- Borgström, I., 1989: Terrängformerna och den glaciala utvecklingen i södra fjällen. *Meddelanden från Naturgeografiska Institutionen vid Stockholms universitet Nr A 234*, 133 s. ISBN: 91-7146-742-4
- Bouvier, V., Johnson, M.D. & Pâsse, T., 2015: Distribution, genesis and annual origin of De Geer moraines in Sweden: insight revealed by LiDAR. *GFF* 137, 319–333. <http://dx.doi.org/10.1080/11035897.2015.1089933>
- Chandler, M.P., Lovell, H., Boston, C.M., Lukas, S., Barr, I.D., Benediktsson, Í.Ö., Benn, D.I., Clark, C.D., Darvill, C.M., Evans, D.J.A., Ewertowski, M.W., Loibl, D., Margold, M., Otto, J.-C., Roberts, D.H., Stokes, C.R., Storrar, R.D. & Stroeven, A.P., 2018: Glacial geomorphological mapping: A review of approaches and frameworks for best practice. *Earth-Science Reviews* 185, 806–846. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.07.015>
- Clark, C.D., 1993: Mega-scale glacial lineations and cross-cutting ice-flow landforms. *Earth surface processes and landforms* 18, 1–29. <https://doi.org/10.1002/esp.3290180102>
- Clark, C.D., Hughes, A.L.C., Greenwood, S.L., Spagnolo, M. & Ng, F.L.S., 2009: Size and shape characteristics of drumlins, derived from a large sample, and associated scaling laws. *Quaternary Science Reviews* 28(7–8), 677–692. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2008.08.035>
- Clayton, L., Attig, J.W., Ham, N.R., Johnsen, M.D., Jennings, C.E. & Syverston, K.M., 2008: Ice-walled lake plains: Implications for the origin of hummocky glacial topography in middle North America. *Geomorphology* 97, 237–248. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.02.045>
- De Geer, G., 1889: Ändmoräner i trakten mellan Spånga och Sundbyberg. *Geologiska Föreningen i Stockholms Förhandlingar* 11, 395–397.
- De Geer, G., 1897: Om rullstensåsarnas bildningssätt. *Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar*, 19(5), 366–388. <https://doi.org/10.1080/11035899709448614>
- Dunlop, P. & Clark, C.D., 2006: The morphological characteristics of ribbed moraine. *Quaternary Science Reviews* 25, 1668–1691. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2006.01.002>
- Dunlop, P., Clark, C.D. & Hindmarsh, R., 2008: Bed Ripping Instability Explanation: Testing a numerical model of ribbed moraine formation arising from a coupled flow of ice and subglacial sediment. *Journal of Geophysical Research* 113, 1–15. <http://doi.org/10.1029/2007JF000954>
- Flindt, A.-C., Benediktsson, I.Ö., Alexanderson, H. & Möller, P., 2018: A pre-LGM sandur at Fiskarheden in NW Dalarna, central Sweden – sedimentology and glaciotectonic deformation. *Boreas* 47, 711–737. <https://doi.org/10.1111/bor.12301>
- Fredin, O., 2004: Mountain Centered Icefields in Northern Scandinavia. Institutionen för naturgeografi och kvartärgeologi, Stockholms universitet, 77 s. diva2:1102894
- Frödin, G., 1913: Bidrag till västra Jämtlands sen-glaciala geologi. *Sveriges geologiska undersökning* 246, 240 s.
- Gavelin, A. & Högbom, A.G., 1910: Norra Sveriges issjöar. En sammanställning af hittills gjorda undersökningar. *Sveriges geologiska undersökning Ca* 7, 45 s.
- Gorbatshev, R., Kornfält, K.-A. & Lundegårdh, P.-H., 1997: Beskrivning till berggrundskartan över Jämtlands län Del 1: Urberget. *Sveriges geologiska undersökning Ca* 53:1, 250 s. ISBN: 91-7158-605-9
- Hedfors, J. & Rodhe, L., 2018:Handledning till kartan Förutsättningar till skred i finkornig jordart. *SGU-rapport 2018:17*. Sveriges geologiska undersökning, 21 s.

- Heyman, J. & Hättestrand, C., 2006: Morphology, distribution and formation of relict marginal moraines in the Swedish Mountains. *Geografiska Annaler Series A Physical Geography* 88(4), 253–265. <https://doi.org/10.1111/j.0435-3676.2006.00299.x>
- Holdar, C-G., 1957: Deglaciationsförloppet i Torneträsk-området efter den senaste nedisningsperioden, med vissa tillbakablickar och regionala jämförelser. *Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar* 79(3), 291–528. <http://doi.org/10.1080/11035895709447187>
- Hoppe, G., 1952: Hummocky moraine regions with special reference to the interior of Norrbotten. *Geografiska Annaler* 34, 1–72. <https://doi.org/10.1080/20014422.1952.11904365>
- Hoppe, G., 1959: Glacial Morphology and Inland Recession in Northern Sweden. *Geografiska Annaler* 41(4), 193–212. <https://doi.org/10.1080/20014422.1959.11907951>
- Hughes, A.L.C., Gyllencreutz, R., Lohne, Ø.S., Mangerud, J. & Svendsen, J.I., 2016: The last Eurasian ice sheets – a chronological database and time-slice reconstruction, DATED-1. *Boreas* 45(1), 1–45. <http://doi.org/10.1111/bor.12142>
- Hättestrand, C. & Kleman, J., 1999: Ribbed moraine formation. *Quaternary Science Reviews* 18(1), 43–61. [https://doi.org/10.1016/S0277-3791\(97\)00094-2](https://doi.org/10.1016/S0277-3791(97)00094-2)
- Hättestrand, C., 1997a: Ribbed moraines and Fennoscandian palaeoglaciology. *Avhandlingsserie från Naturgeografiska institutionen vid Stockholms universitet* 9, 6 s. ISBN: 91-7153-657-4
- Hättestrand, C., 1997b: Ribbed moraines in Sweden – distribution pattern and palaeoglaciological implications. *Sedimentary Geology* 111(1–4), 41–56. [https://doi.org/10.1016/S0037-0738\(97\)00005-5](https://doi.org/10.1016/S0037-0738(97)00005-5)
- Hättestrand, C., 1998: The glacial geomorphology of central and northern Sweden. *Sveriges geologiska undersökning Ca* 35, 47 s. ISBN: 91-7158-551-6
- Hättestrand, M., 2007: Weichselian interstadial pollen stratigraphy from a Veiki plateau at Rissejauratj in Norrbotten, northern Sweden. *GFF* 129(4), 287–294. <https://doi.org/10.1080/11035890701294287>
- Högbom, A.G., 1885: Glaciala och petrografiska iakttagelser i Jemtlands län. *Sveriges geologiska undersökning C* 70, 42 s. ISSN: 0082-0024
- Högbom, A.G., 1892: Om märken efter isdämda sjöar i Jemtlands fjelltrakter. *Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar* 14(7), 561–582. <https://doi.org/10.1080/11035899209445449>
- Högbom, A. G., 1909: Quartärgeologische Studien im mittleren Norrland. *Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar*, 31(7), 557–628. <https://doi.org/10.1080/11035890909444806>
- Johnsen, T.F., 2010: Late Quaternary ice sheet history and dynamics in central and southern Scandinavia. *Dissertations from the Department of Physical Geography and Quaternary Geology No* 22. Stockholms universitet, 110 s.
- Johnson, M.D., Fredin, O., Ojala, A.E.K. & Peterson, G., 2015: Unraveling Scandinavian geomorphology: the LiDAR revolution. *GFF* 137(4), 245–251. <http://dx.doi.org/10.1080/11035897.2015.1111410>
- Karis, L. & Strömberg, A.G.B., 1998: Beskrivning till berggrundskartan över Jämtlands län Del 2: Fjälldelen. *Sveriges geologiska undersökning Ca* 53:2, 363 s. ISBN: 91-7158-605-9
- Kelley, S.E., Ross, M., Elliot, B. & Normendeau, P.X., 2019: Effect of shifting ice flow and basal topography in shaping three-dimensional dispersal patterns, Lac de Gras region, Northwest Territories, Canada. *Journal of Geochemical Exploration* 199, 105–127. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2019.01.012>

- Klassen, R. A., 1999: The application of glacial dispersal models to the interpretation of till geochemistry in Labrador, Canada, *Journal of Geochemical Exploration* 67, 245–269. [https://doi.org/10.1016/S0375-6742\(99\)00080-1](https://doi.org/10.1016/S0375-6742(99)00080-1)
- Kleman, J., Hättstrand, C., Borgström, I. & Stroeven, A., 1997: Fennoscandian palaeoglaciology reconstructed using a glacial geological inversion model. *Journal of Glaciology* 43(144), 283–299. <https://doi.org/10.3189/S0022143000003233>
- Kleman, J., Hättstrand, C., Stroeven, A.P., Jansson, K.N., De Angelis, H. & Borgström, I., 2006: Reconstruction of palaeo-ice sheets – inversion of their glacial geomorphological record. P. Knight (red.): *Glacier Science and Environmental Change*. Blackwell Science Ltd, 192–198. <https://doi.org/10.1002/9780470750636.ch38>
- Kleman, J., Hättstrand, M., Borgström, I., Preusser, F. & Fabel, D., 2020: The Idre marginal moraine – An anchorpoint for Middle and Late Weichselian ice sheet chronology. *Quaternary Science Advances* 2, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.qsa.2020.100010>
- Lagerbäck, R., 1988: The Veiki moraine in northern Sweden – widespread evidence of an Early Weichselian deglaciation. *Boreas* 17, 469–486. <https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.1988.tb00562.x>
- Lantmäteriet, 2019: Kvalitetsbeskrivning. Nationell höjddata. Dokumentversion 1.4. <https://www.lantmateriet.se/globalassets/kartor-och-geografisk-information/hojddata/kvalitetsbeskrivning_nh_v1.4.pdf> åtkommen 20210224
- Lantmäteriet, 2020: Produktbeskrivning. GSD-höjddata, grid 2+. Dokumentversion 2.8. <https://www.lantmateriet.se/globalassets/kartor-och-geografisk-information/hojddata/hojd2_plus_2.8.pdf> åtkommen 20210224
- Lidmar-Bergström, K. & Olvmo, M., 2015: Plains, steps, hilly relief, and valleys in northern Sweden – review, interpretations, and implications for conclusions on Phanerozoic tectonics. *Sveriges geologiska undersökning C 838*, 42 s.
- Lindén, M., Möller, P. & Adrielsson, L., 2008: Ribbed moraine formed by subglacial folding, thrust stacking and lee-side cavity fill. *Boreas* 37(1), 102–131. <https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.2007.00002.x>
- Lisiecki, L.E. & Raymo, M.E., 2005: A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic D18O records. *Paleoceanography* 20, 1–17. <http://doi.org/10.1029/2004PA001071>
- Lundqvist, G., 1942: Var äro issjöarnas sediment? *Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar* 64(2), 160–162. <https://doi.org/10.1080/11035894209445093>
- Lundqvist, G., 1959: Beskrivning till karta över Sveriges jordarter. *Sveriges geologiska undersökning BA 17*, 179 s.
- Lundqvist, G., 1961: Beskrivning till karta över landisens avsmältning och högsta kustlinjen i Sverige. *Sveriges geologiska undersökning Ba 18*, 150 s.
- Lundqvist, J., 1959: Issjöar och isavsmältning i östra Jämtland. *Sveriges geologiska undersökning C 573*, 29 s. ISBN: 91-7158-021-2
- Lundqvist, J., 1967: Submoräna sediment i Jämtlands Län. *Sveriges geologiska undersökning C 618*, 267 s.
- Lundqvist, J., 1969: Beskrivning till Jordartskarta över Jämtlands Län. *Sveriges geologiska undersökning Ca 45*, 418 s.
- Lundqvist, J., 1972: Ice-lake types and deglaciation pattern along the Scandinavian mountain range. *Boreas* 1, 27–54. <https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.1972.tb00142.x>

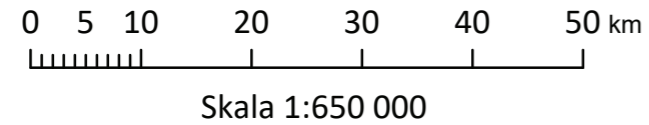
- Lundqvist, J., 1973: Isavsmältningens förlopp i Jämtlands Län. *Sveriges geologiska undersökning C 681*, 187 s. ISBN: 91-7158-021-2
- Lundqvist, J., 1989: Rogen (ribbed) moraine – identification and possible origin. *Sedimentary Geology* 62, 281–292. [https://doi.org/10.1016/0037-0738\(89\)90119-X](https://doi.org/10.1016/0037-0738(89)90119-X)
- Mannerfelt, C.M., 1945: Några glacialmorfologiska formelement och deras vittnesbörd om inlandsisens avsmältningmekanik i Svensk och Norsk fjällterräng. *Geografiska Annaler* 27, 3–239. <https://doi.org/10.1080/20014422.1945.11880732>
- Möller, P., 1987: Moraine morphology, till genesis, and deglaciation pattern in the Åsnen area, south-western Småland, Sweden. *LUNDQUA Avhandling 20*. Institutionen för Geologi, Lunds universitet, 146 s.
- Möller, P., 2010: Melt-out till and ribbed moraine formation, a case study from south Sweden. *Sedimentary Geology* 232, 161–180. <http://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2009.11.003>
- Möller, P., Anjar, A. & Murray, A.S., 2012: An OSL-dated sediment sequence at Idre, west-central Sweden, indicates ice-free conditions in MIS 3. *Boreas* 42, 5–40. <http://doi.org/10.1111/j.1502-3885.2012.00284.x>
- Patton, H., Hubbard, A., Andreasson, K., Auriac, A., Whitehouse, P.L. & Stroeven, A.P., 2016: The build-up, configuration, and dynamical sensitivity of the Eurasian ice-sheet complex to Late Weichselian climatic and oceanic forcing. *Quaternary Science Reviews* 153, 97–121. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quascirev.2016.10.009>
- Patton, H., Hubbard, A., Andreasson, K., Auriac, A., Whitehouse, P.L., Stroeven, A.P., Shackleton, C., Winsborrow, M., Heyman, J. & Hall, A.M., 2017: Deglaciation of the Eurasian ice sheet complex. *Quaternary Science Reviews* 169, 148–172. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quascirev.2017.05.019>
- Peterson, G. & Smith, C.A., 2013a: Beskrivning av enheter i den geomorfologiska databasen över Sverige. *SGU-rapport 2013:3*. Sveriges geologiska undersökning, 18 s.
- Peterson, G. & Smith, C.A., 2013b: Description of units in the geomorphic database of Sweden. *SGU-rapport 2013:4*. Sveriges geologiska undersökning, 18 s.
- Peterson, G., Johnsen, M.D. & Smith, C.A., 2017: Glacial geomorphology of the south Swedish uplands – focus on the spatial distribution of hummock tracts. *Journal of Maps* 13(2), 534–544. <https://doi.org/10.1080/17445647.2017.1336121>
- Rasmussen, S.O., Bigler, M., Blockley, S.P., Blunier, T., Buchardt, S.L., Clausen, H.B., Cvijanovic, I., Dahl-Jensen, D., Johnsen, S.J., Fischer, H., Gkinis, V., Guillevic, M., Hoek, W.Z., Lowe, J.L., Pedro, J.B., Popp, T., Seierstad, I.K., Steffensen, J.P., Svensson, A.M., Vallelonga, P., Vinther, B.M., Walker, M.J.C., Wheatley, J.J. & Winstrup, M., 2014: A stratigraphic framework for abrupt climatic changes during the Last Glacial period based on three synchronized Greenland ice-core records: refining and extending the INTIMATE event stratigraphy. *Quaternary Science Reviews* 106, 14–28. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quascirev.2014.09.007>
- Riebe, C.S., Hahm, J.W. & Brantley, S.L., 2017: Controls on deep critical zone architecture: a historical review and four testable hypotheses. *Earth Surfaces Processes and Landforms* 42, 128–156. <http://doi.org/10.1002/esp.4052>
- Robertsson, A-M., 1988: Biostratigraphical studies of interglacial and insterstadial deposits in Sweden – Reinvestigations of the stratigraphy at Pilgrimstad, Öje and Boliden, and studies of the new sites Margreteberg and Seitevare. *Report 10*. Kvartärgeologiska institutionen, Stockholms universitet, 19 s.

- Schoning, K. & Lundqvist, L., 2020: Förvaltning och klassificering av geologiska naturvärden i världsarvsområdet Höga Kusten. *SGU-rapport 2020:39*. Sveriges geologiska undersökning, 30 s.
- SGU, 2017: Produktbeskrivning: Berggrund 1:50 000-1:250 000. <<https://resource.sgu.se/dokument/produkter/berggrund-50-250000-beskrivning.pdf>> åtkommen 20210224
- SGU, 2019: Produktbeskrivning: Jordskred och Raviner. <<http://resource.sgu.se/dokument/produkter/jordskred-raviner-beskrivning.pdf>> åtkommen 20210224
- Smith, C.A. & Peterson, G., 2014: Glacial geomorphology of the Siljan area, central Sweden. *Journal of Maps* 10(4), 521–528. <https://doi.org/10.1080/17445647.2014.890958>
- Soyez, D., 1971: Geomorfologisk kartering av nordvästra Dalarna för naturvårdssyften, *Forskningsrapport Naturgeografiska institutionen, Stockholms universitet* 11, 260 s.
- Strandmark, P. W., 1889: Om jökelelfvar och rullstensåsar. *Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar* 11(2), 93–111. <https://doi.org/10.1080/11035898909444239>
- Stroeven, A.P., Hättestrand, C., Kleman, J., Heyman, J., Fabel, D., Fredin, O., Goodfellow, B., Harbor, J.M., Jansen, J.D., Olsen, L., Caffee, M.W., Fink, D., Lundqvist, J., Rosqvist, G.C., Strömberg, B. & Jansson, K.N., 2016: Deglaciation of Fennoscandia. *Quaternary Science Reviews* 147, 91–121. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.09.016>
- Sutinen, R., Jakonen, M., Piekkari, M., Haavikko, P., Närhi, P. & Middleton, M., 2010: Electrical-sedimentary anisotropy of Rogen moraine, Lake Rogen area, Sweden. *Sedimentary Geology* 232, 181–189. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2010.07.007>
- Ulfstedt, A.-C., 1978: Geomorfologiska kartbladen 22E FROSTVIKEN och 23 E SIPMEKE – Beskrivning och naturvärdesbedömning. *Naturvårdsverket Rapport SNV PM 1088*, 50 s. ISBN: 0000-SNVPM1088
- Ulfstedt, A.-C., 1981: Geomorfologiska kartbladet 21E HÅKAFOT – Beskrivning och naturvärdesbedömning. *Naturvårdsverket Rapport SNVPM1332*, 40 s. ISBN: 0000-SNVPM1332
- Westergård, A.H., 1906: Platålera, en supramarin hvarfvig lera från Skåne. *Geologiska Föreningen i Stockholms Förhandlingar* 28(5), 408–414. <https://doi.org/10.1080/11035890609445527>
- Wohlfarth., Alexanderson, H., Ampel, L., Bennike, O., Engels, S., Johnsen, T., Lundqvist, J. & Reimer, P., 2010: Pilgrimstad revisited – a multi-proxy reconstruction of Early/Middle Weichselian climate and environment at a key site in central Sweden. *Boreas* 40, 211–230. <http://doi.org/10.1111/j.1502-3885.2010.00192.x>
- Öhrling, C., Peterson, G. & Johnsen, M.D., 2020: Glacial geomorphology between Lake Vänern and Lake Vättern, southern Sweden. *Journal of Maps* 16(2), 776–789. <https://doi.org/10.1080/17445647.2020.1820386>

BILAGA

Geomorfologiska kartan Jämtlands län

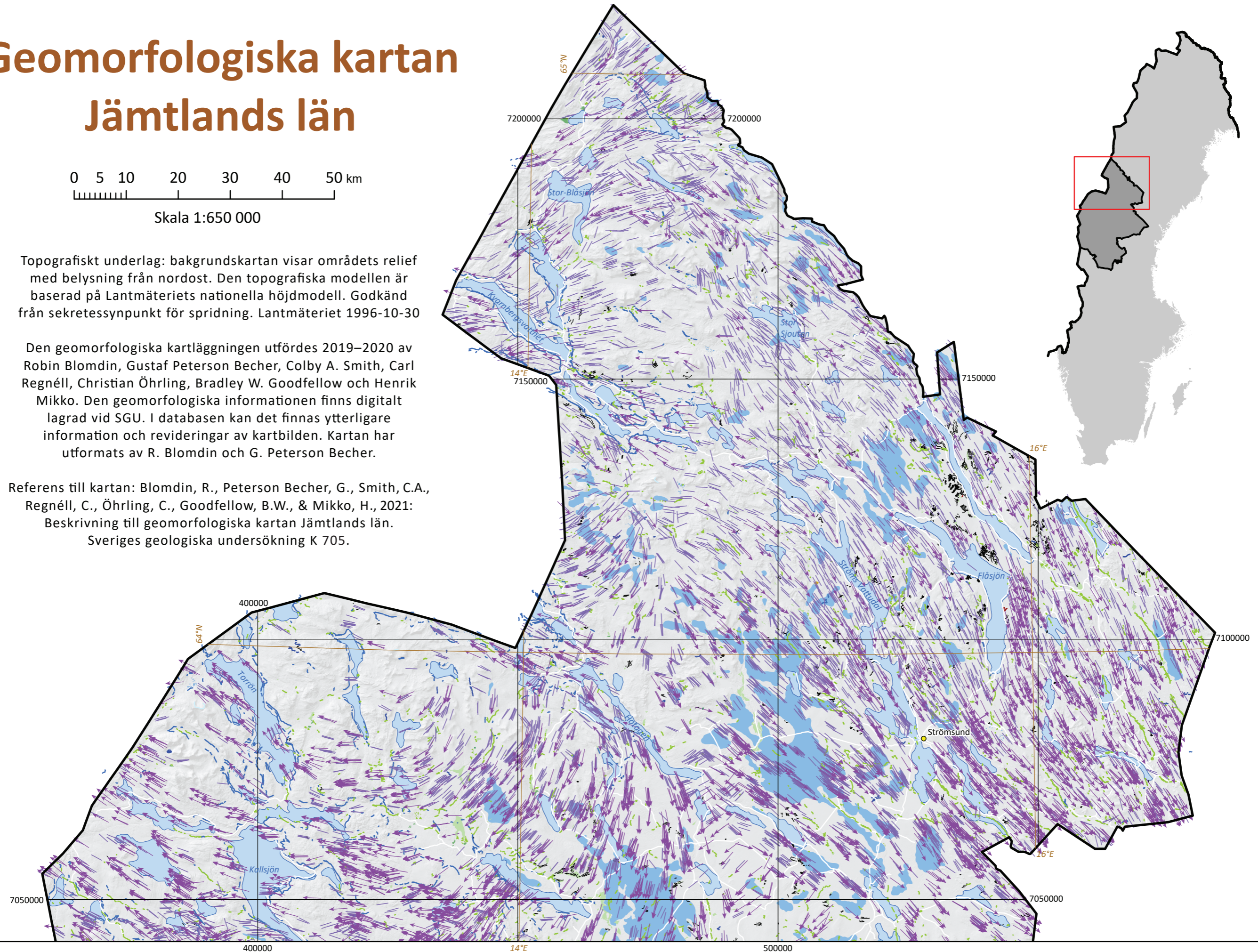
Geomorfologiska kartan Jämtlands län

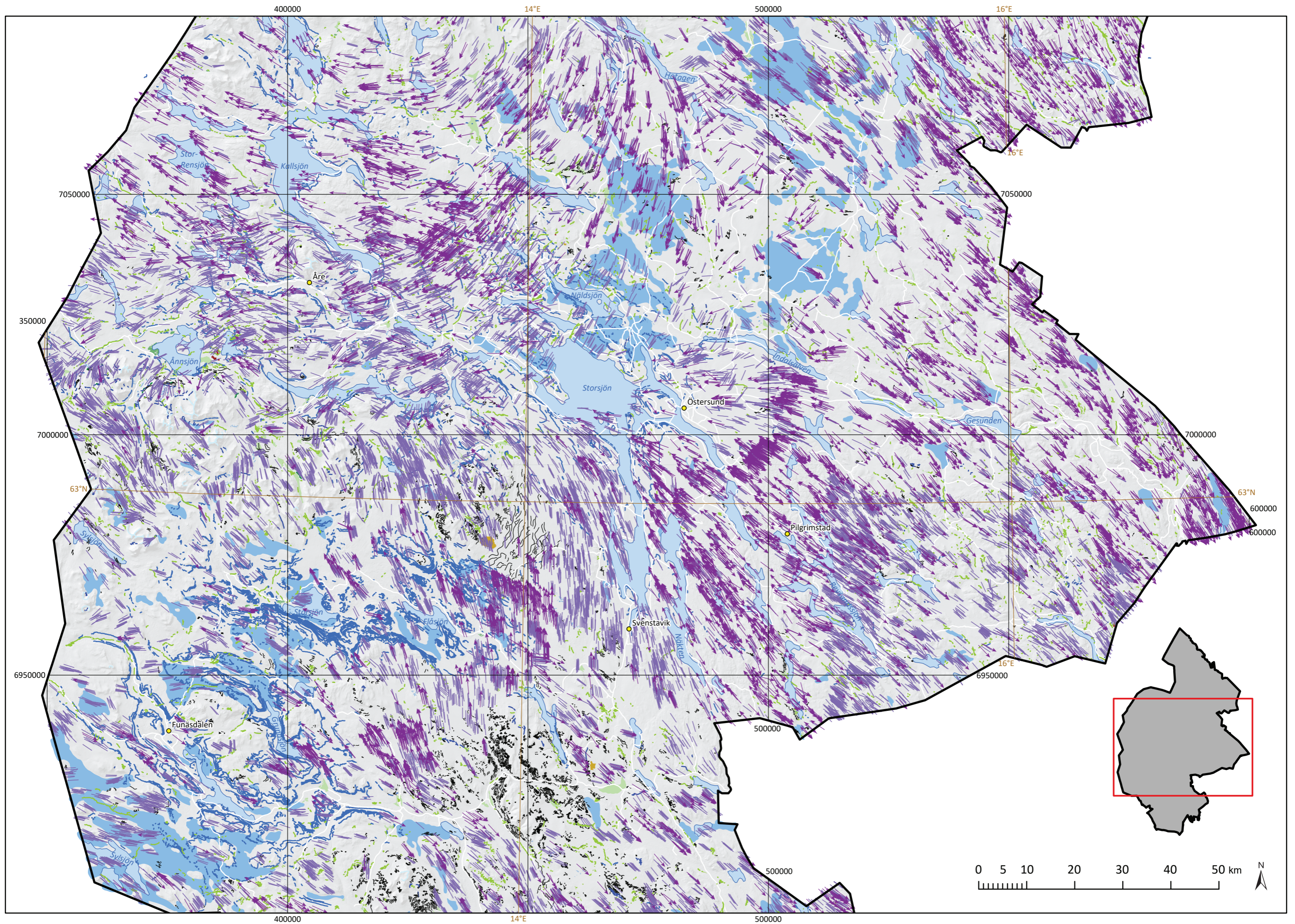


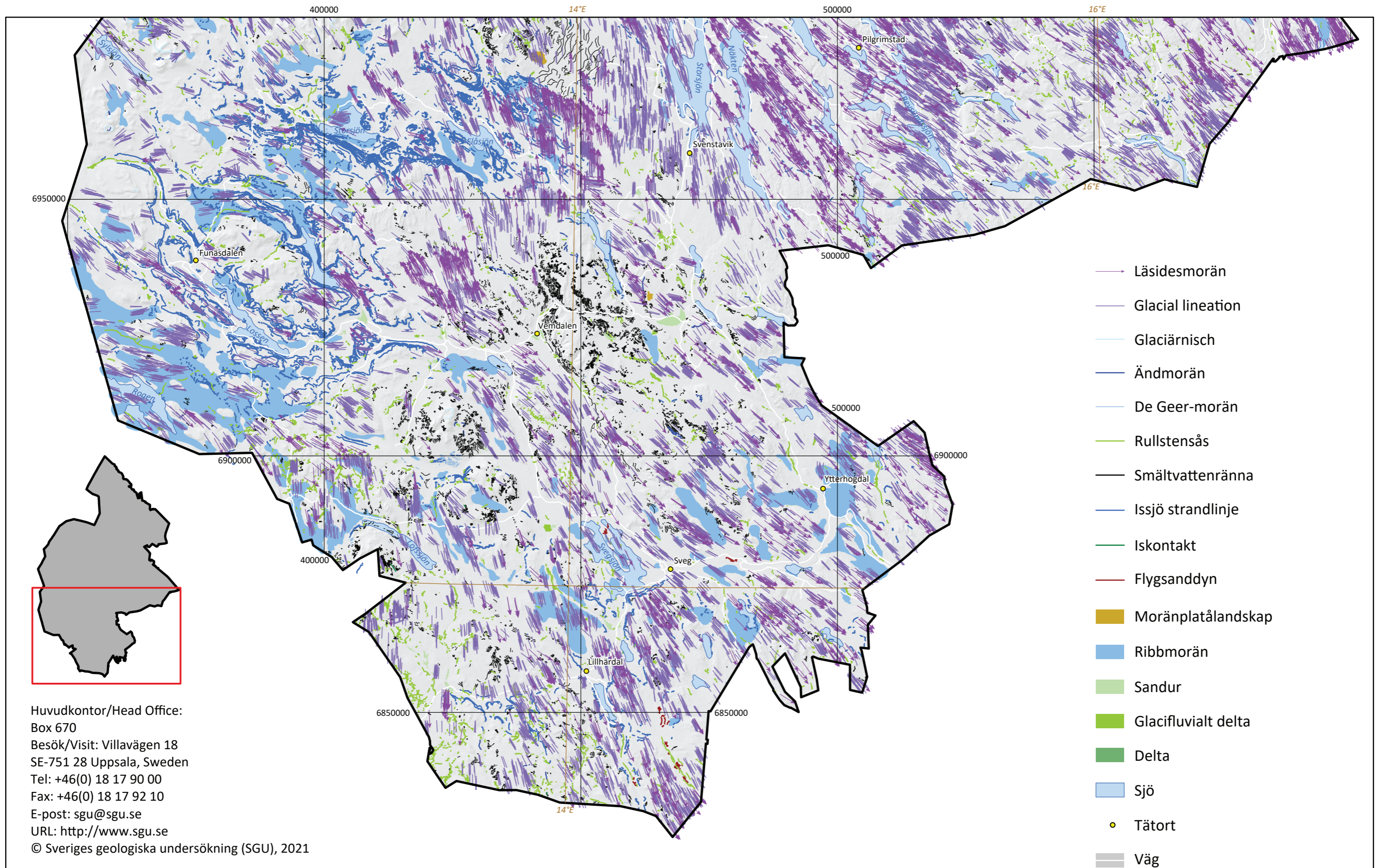
Topografiskt underlag: bakgrundskartan visar områdets relief med belysning från nordost. Den topografiska modellen är baserad på Lantmäteriets nationella höjdmodell. Godkänd från sekretessynpunkt för spridning. Lantmäteriet 1996-10-30

Den geomorfologiska kartläggningen utfördes 2019–2020 av Robin Blomdin, Gustaf Peterson Becher, Colby A. Smith, Carl Regnéll, Christian Öhrling, Bradley W. Goodfellow och Henrik Mikko. Den geomorfologiska informationen finns digitalt lagrad vid SGU. I databasen kan det finnas ytterligare information och revideringar av kartbilden. Kartan har utformats av R. Blomdin och G. Peterson Becher.

Referens till kartan: Blomdin, R., Peterson Becher, G., Smith, C.A., Regnéll, C., Öhrling, C., Goodfellow, B.W., & Mikko, H., 2021: Beskrivning till geomorfologiska kartan Jämtlands län. Sveriges geologiska undersökning K 705.







Huvudkontor/Head Office:
 Box 670
 Besök/Visit: Villavägen 18
 SE-751 28 Uppsala, Sweden
 Tel: +46(0) 18 17 90 00
 Fax: +46(0) 18 17 92 10
 E-post: sgu@sgu.se
 URL: <http://www.sgu.se>
 © Sveriges geologiska undersökning (SGU), 2021

Medgivande behövs från SGU för varje form av mångfaldigande eller återgivande av denna karta. Detta innefattar inte bara kopiering utan även digitalisering eller överföring till annat medium.

