Dokumentationsrapport

Observationer i samband med slamströmmen i Mörviksån, Åre, 7–8 augusti 2023

Gustaf Peterson Becher

september 2023

SGU-rapport 2023:11

SGU Sveriges geologiska undersökning

Omslagsbild: Susabäckens övre delar dagen efter de kraftiga vattenflödena 7–8 augusti.

Fotograf: Gustaf Peterson Becher, SGU. Samtliga bilder i rapporten.

Författare: Gustaf Peterson Becher

Granskad av: Colby Smith

Ansvarig enhetschef: Anna Hedenström

Redaktör: Johan Sporrong

Sveriges geologiska undersökning
Box 670, 751 28 Uppsala
tel: 018-17 90 00
e-post: sgu@sgu.se

www.sgu.se

INNEHÅLL

Introduktion 4
Bakgrund 4
Slamströmmar 6
Topografiskt och geologiskt läge 6
Metod 8
Resultat 8
Uppströms Fjällgården 8
Mellan Fjällgården och E14 12
Nedströms E14 15
Åresjön 17
Karta 17
Diskussion 19
Referenser 22

INTRODUKTION

Natten mellan den sjunde och åttonde augusti 2023 präglades stora delar av Sverige av ett kraftigt oväder (Hans) med stora nederbördsmängder. I västra Jämtland, nåddes nu en kulmen efter flera dagars regn. Nederbörden ledde till höga flöden i Mörviksån (Susabäcken) vilket i sin tur ledde till erosion. Vattnet förde sedan med sig material vilket resulterade i avsättning av sediment och översvämning nere i Åre by, en så kallad slamström. Ställvis påverkades samhället i stor utsträckning med bland annat vattenskadade byggnader och stängda vägar som följd. I samband med denna händelse utförde SGU ett kort fältarbete för att kartlägga de spår som bildats av slamströmmen.

Det finns ett stort behov av kunskapsunderlag om de geologiska miljöer och processer som utlöser slamströmmar. Denna rapport bidrar med en beskrivning av ett aktuellt skeende i ett område med stora samhälleliga intressen.

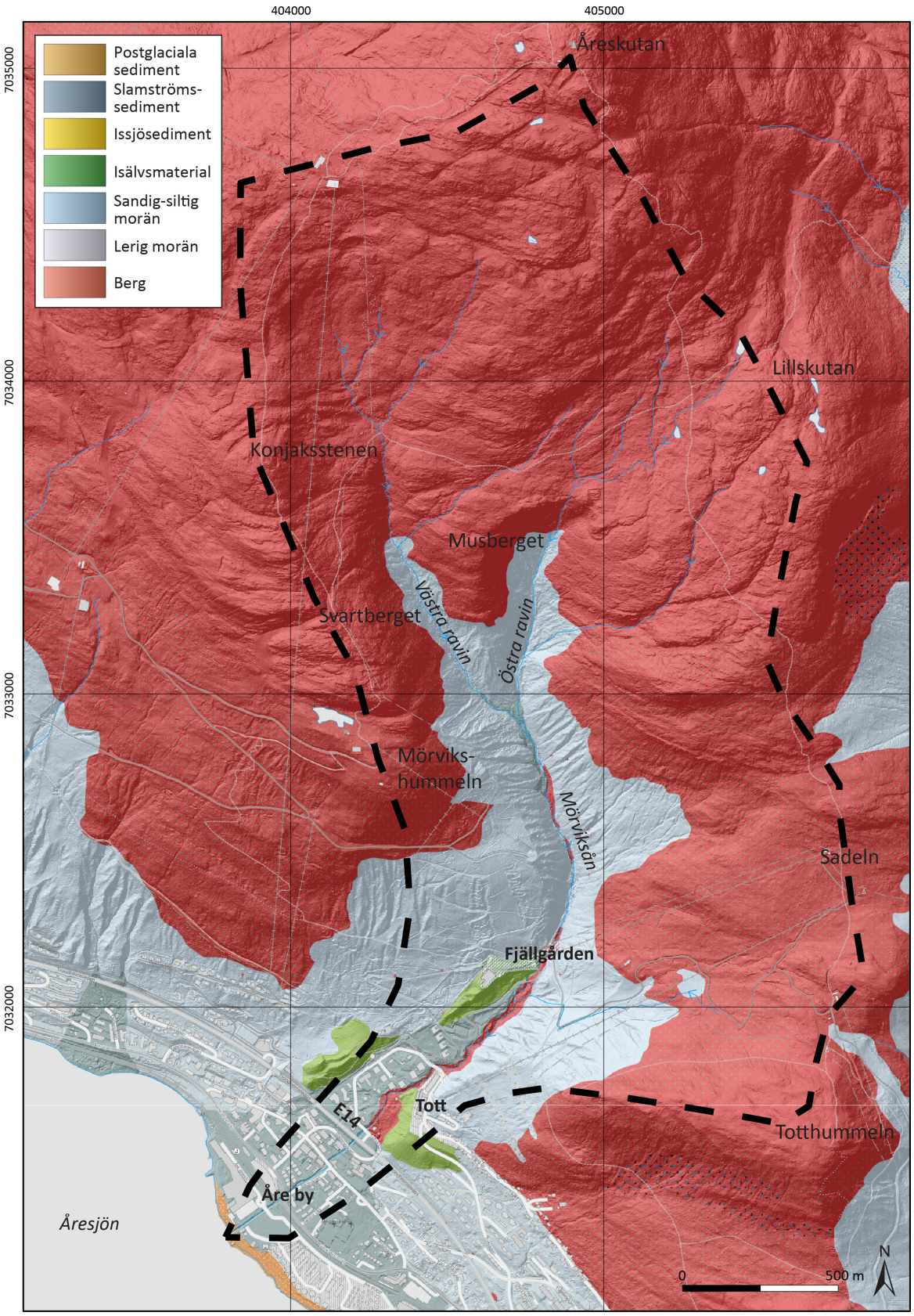
Bakgrund

Under de senaste åren har flertalet händelser med höga flöden i Mörviksån med resulterande slamströmmar och översvämningar rapporterats. Slamströmmar eller skred i och kring Mörviksån har i vart fall skett 1988, 2000, 2003, 2010 och 2014 (SGI 2023, Hedenljung 2023). Flertalet geotekniska studier om ras, skred eller slamströmmar har utförts i och kring Åre (se till exempel Wilén m.fl. 1993, SGI 2002, Rankka & Fallsvik 2003; 2004, Sweco 2013, Andersson & Lundström 2018). Jämtlandsfjällen är också ett av de tio nationella riskområden för ras, skred och erosion som identifierats (SGI & MSB 2021, SGI 2023). För att mildra effekterna av slamströmmar har konstruktioner gjorts i Åre, bland annat för att stoppa transport av sediment såsom sedimentationsdammar och bäckens fåra genom byn har förstärkts. Höga flöden kommer att bli allt vanligare i framtiden (Lind m.fl. 2023) vilket sannolikt kommer att öka frekvensen av slamströmmar i framtiden (Olofsson 2013).

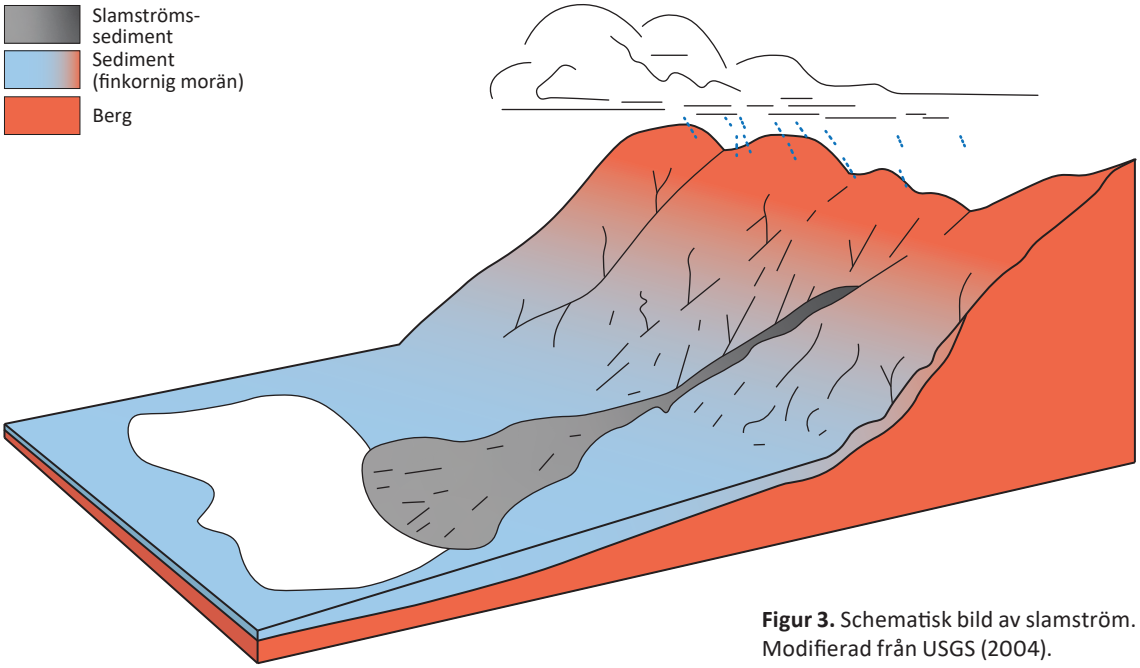
Också under geologisk tid finns tydliga tecken på slamströmmar i Åre, inte minst genom det faktum att Åre by ligger på mark som avsatts av just slamströmmar. Dessa slamströms-sediment utgör alltså den lobformade del av Åre (fig. 1 & 2), rakt nedströms ravinerna, som utgör de övre delarna av Mörviksån (fig. 2).

I samband med geologiska undersökningar av SGU under 2020 och 2021 har ytterligare tecken på slamströmmar kartlagts i de branta sluttningarna ned mot Åresjön. Utöver området kring Åre by förekommer liknande avsättningar på flertalet fjällsluttningar och är del av en helt naturlig process (se till exempel Borgström 1979, 1981).

Figur 1. Vy från Mörviks-hummeln ned mot Åre by, notera den lobformade stranden vilken utgörs av sediment avsatt av slam-strömmar. Se figur 20 för bildens läge.



Figur 2. Karta över Mörviksån och Åre by. Jordartskartan visar utbredningen av jordarter i området (SGU 2023). Avrinningsområdet för Susabäcken är markerat med en streckad svart linje.



Figur 3. Schematisk bild av slamström. Modifierad från USGS (2004).

Slamströmmar

Slamströmmar brukar definieras som en blandning av vatten, sediment och organiskt material som mobiliseras och rinner nedför en sluttning (Hungr 2005). Orsaken är ofta kraftig nederbörd som ökar vattenflödet på markytan och börjar erodera i sedimenten (Wieczorek & Glade 2005). Vatten blandat med sediment ökar sedan slamströmmens förmåga att erodera ytterligare och den växer sig kraftigare. Sediment med kornstorlekar från lera till block följer med och organiskt material, såsom träd och grenar, dras med och slamströmmen stannar först när markytan flackar ut nedströms (fig. 3). En slamström kan i princip delas in i tre processer: en eroderande del uppströms, en transporterande del och en deponerande del nedströms. Trots den förödelse som denna naturliga process kan orsaka samhället är de fortfarande förhållandevis understuderade i Sverige.

Topografiskt och geologiskt läge

Mörviksån, eller Susabäcken, har sitt ursprung i den ravin, ofta indelad i Västra- och Östra ravin, som sträcker sig upp till drygt 1 000 m ö.h. Mörviksån flödar sedan ut i Åresjön med en vattenyta på ungefär 370 m ö.h., alltså en vertikal skillnad på 630 höjdmeter på 3 200 m i längsled vilket ger en genomsnittlig lutning på 11 grader (20 %). Avrinningsområdet för Mörviksån är ungefär 4,5 km^2 stort och sträcker sig från Åreskutans topp (1 420 m ö.h.) längs Konjaksstenen, Svartberget och Mörvikshummeln i väst och Lillskutan, Sadeln och Tottthummeln i öst; ned till Åresjön (fig. 2).

Ett vanligt sätt att beräkna huruvida ett område har förutsättningar för slamströmmar är det så kallade Melton-ratiot (höjdskillnaden i avrinningsområdet delat med roten ur avrinningsområdets area, alltså

$$(1420-370) / \sqrt{4500000}$$

vilket ger ett värde på ungefär 0,5, ett värde större än 0,3 anses ha förutsättningar för slamströmmar (Melton 1957, Jackson m.fl. 1987).

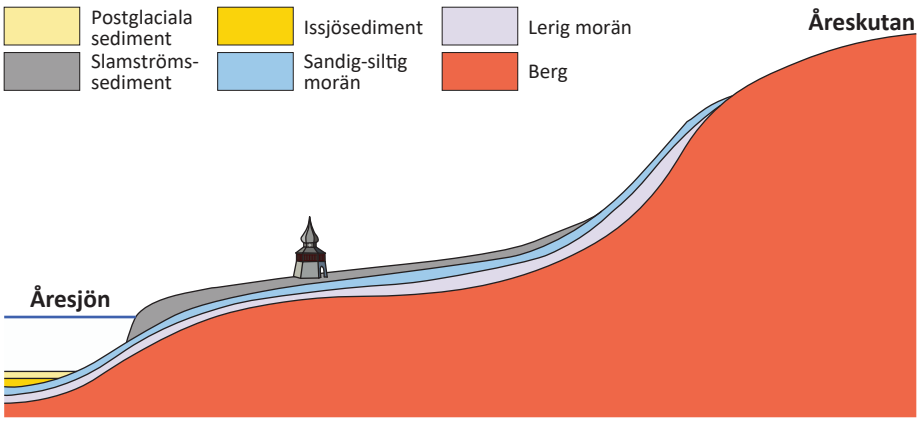
De övre delarna av avrinningsområdet består mestadels av berg eller tunt täcke av morän eller vittringsjord (fig. 2). Lägre delar av avrinningsområdet, men ovan Fjällgården, utgörs av

själva ravinen vilken bildats i siltig morän som ställvis har skurit ned till berg. Moränen i Åre varierar från mycket lerig till siltig och har därför egenskaper som är mer erosionskänsliga än ”vanliga” sandiga moräner. Detta beror på bergets beskaffenhet som i fjällkedjan består av olika metamorfoserade sedimentära bergarter, den så kallade Seveskollan (Strömberg m.fl. 1984).

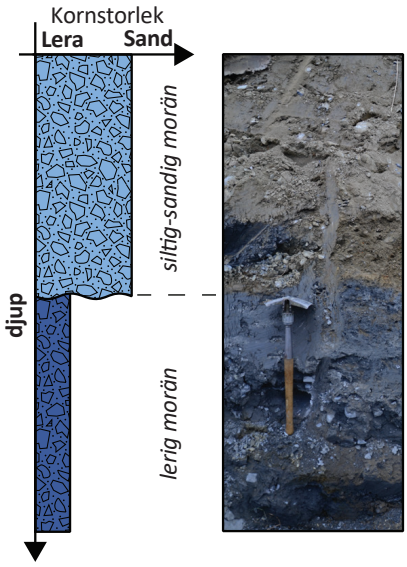
Vanligt förekommande i Åredalen är också att moränens sammansättning och egenskaper varierar på djupet. I ytan är en siltig morän vanligast och på djupet förekommer ofta en undre kompakt lerig morän (lokalt kallad ”blåhalla”) (fig. 2 & 5). Dessa moräntyper ger förutsättningar för bildandet av raviner, vilket annars är vanligast i finkorniga sorterade jordarter, såsom lera och silt.

Det område som nu utgörs av ravinen var när inlandsisen för ungefär 10 200 år sedan (Regnell m.fl. 2023) drog sig tillbaka fyllt med morän. Denna morän har sedan, under årtusendena, eroderats ned till den ravin vi ser idag. Nedströms ravinen, där Åre by nu ligger, har dessa eroderade sediment avsatts och utgör den lobformade markyta, en så kallad alluvialkon, som utgör stora delar av Åre by (fig. 1 & 4). Alluvialkonen består alltså av avlagringar från ravinbildningen och upprepade slamströmmar genom ravinen och ned mot Åresjön. Materialet är växelvis lagrad silt, sand och grus och på SGU:s kartor kartlagt som slamströmssediment (fig. 2).

När inlandsisen drog sig tillbaka i Åredalen bildades stora issjöar, dämda mellan inlandsisen och fjällkedjan (Regnell m.fl. 2023). Den högsta av dessa issjöar nådde högt upp på sluttningarna och de tydligaste spåren i landskapet syns vid vägarna Tottens by och Slalomsvängen som vilar på gamla strandlinjer. I dessa issjöar avsattes silt och lera, ställvis av varvig typ. Issjösedimenten överlagrar den siltiga moränen med tunna eller osammanhängande skikt (fig. 2).



Figur 4. Generaliserad bild av Åre bys jordartsfördelning på djupet.



Figur 5. Exempel på typisk variation i morän i Åredalen. En undre mörkblå mycket kompakt lerig morän överlagrad av en grå sandig siltig morän.

METOD

Fältarbetet utfördes under den åttonde och tionde augusti 2023 med syfte att dokumentera de delar av Mörviksån som påverkats av slamströmmen. Utbredningen av erosion och deposition kartlades längs Mörviksåns sträckning, från järnvägen upp till Västra- och Östra ravin. Kartläggningen har inte varit lika detaljerad i hela området men förväntas ändå ge en bild av de geologiska processer som har varit aktiva under slamströmmen.

Bilder togs för dokumentation och jämfördes mot flygbilder när osäkerhet om erosionens ålder uppkommit. Genom tolkning av observationer på plats samt nytagna fotografier har en karta tagits fram som visar områden med övervägande erosion, transport och deposition samt tydliga erosionstecken kopplade till tidigare händelser.

RESULTAT

Nedan beskrivs resultaten från fältarbetet med hjälp av nytagna fotografier och en tolkad karta över de aktiva geologiska processerna. Beskrivningen har delats in i tre delar: en längst upp i avrinningsområdet, uppströms Fjällgården, en mellan E14 och Fjällgården samt en nedströms E14 (fig. 2).

Uppströms Fjällgården

I den översta delen av avrinningsområdet som ligger uppströms Fjällgården är Mörviksån inte fullt så tillgänglig som delarna nedströms vilket påverkat mängden observationer.

Direkt uppströms Fjällgården rinner Mörviksån i den nedre delen av ravinen. Kanterna ned mot Mörviksån visar spår av erosion, både äldre och yngre och som ännu inte hunnit täckas av vegetation (fig. 6). Nere vid bäckfåran i denna del av ravinen syns tydliga spår av slamströmmens framfart, erosion förekommer ställvis men i synnerhet finns tecken på transport av sediment längs bäcken (fig. 7).

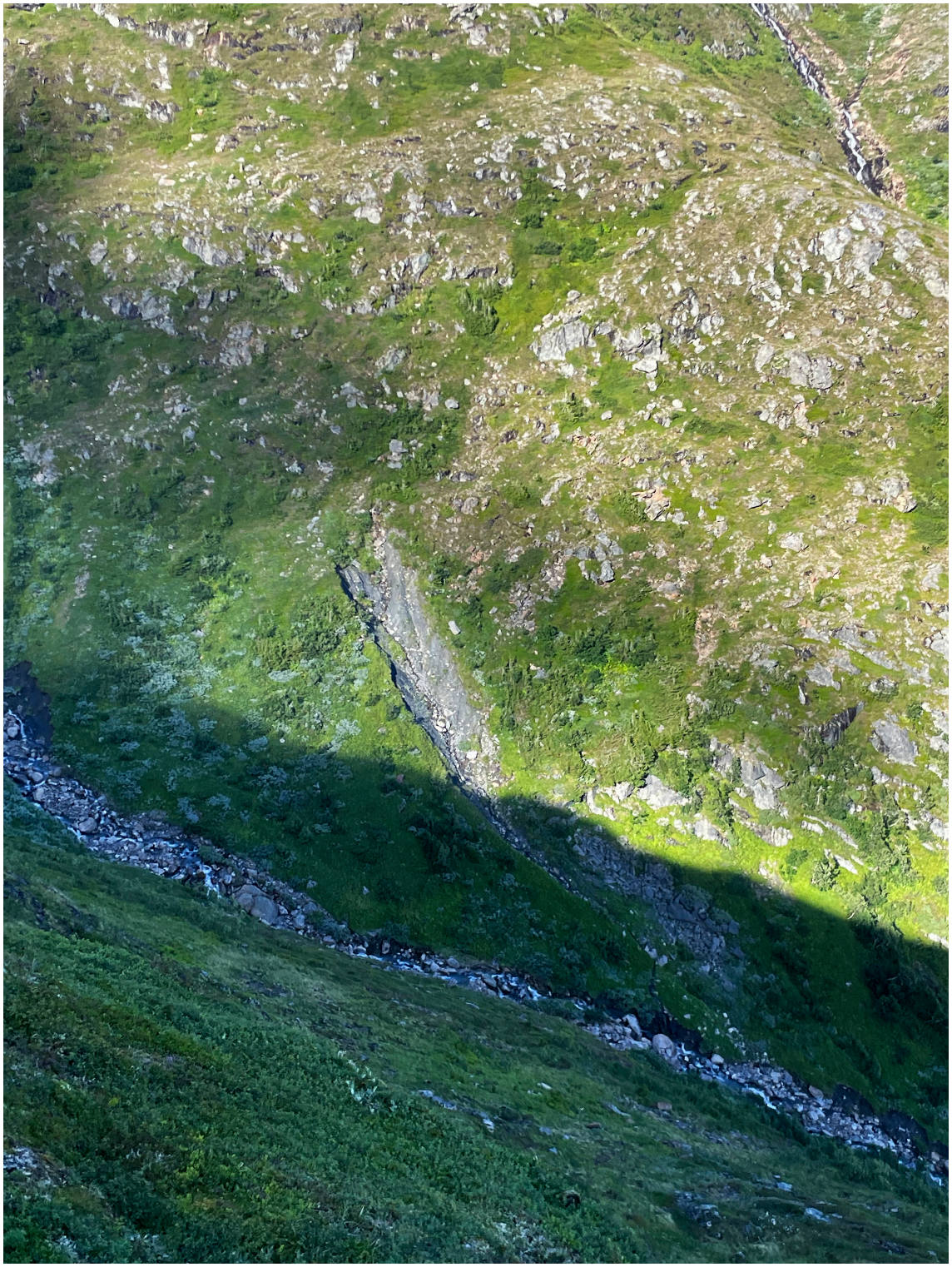
Ytterligare längre uppströms syns tydliga spår av äldre erosion, såsom mindre raviner och skredärr (fig. 8). Studier av olika generationer av flygbilder visat att dessa har skett under de senaste tio åren men inte i samband med slamströmmen i augusti 2023.

Ställvis syns dock tydliga tecken på betydande erosion som tolkas som färska längs Mörviksåns sträckning, ofta förekommande i områden med mindre vegetation (fig. 9).

I de övre delarna av Västra- och Östra ravin syns ofta den dominerande jordarten, en siltig och lerig morän (fig. 10). Avrinningsområdet ned mot ravinerna präglas i stället av berg i dagen eller ett eventuellt mycket tunt moräntäcke eller organiska jordar, såsom torv (fig. 11).

Figur 6. Mörviksåns fåra uppströms Fjällgården och nedströms delningen till Västra- och Östra ravin. Observera spåren av äldre erosion på sluttningarna ned mot Mörviksån. Bilden tagen från Musberget. Se figur 20 för bildens läge.

Figur 7. Mörviksån präglad av erosion och transport av sediment nedströms. Bilden är tagen längs vattnets flödesriktning nedanför Hummelliftens dalstation. Se figur 20 för bildens läge.



Figur 8. Ravin bildad i Västra ravins östra sluttning. Ravinen har bildats vid en tidigare händelse. Se figur 20 för bildens läge.

Figur 9. Färsk erosion som antas ha skett under natten mellan sjunde och åttonde augusti. Bilden är tagen från Mörvikshummelns östra sida ned mot Västra ravin. Se figur 20 för bildens läge.

Figur 10. Exempel på den jordart, en lerig eller siltig kompakt morän, som ravinen är bildad i. Exemplet utgör en liten del av ett område med färsk erosion. Se figur 20 för bildens läge.

Figur 11. Exempel på landskapet högre upp i avrinningsområdet. Bilden är tagen från Åreskutans topp mot sydost. Lillskutan och Totthummeln syns tydligt i förlängningen av fjället. Se figur 20 för bildens läge.

Mellan Fjällgården och E14

Uppströms E14 och till sedimentations-dammen vid Tott finns det inga betydande områden med kraftig erosion längs Mörviksån (fig. 12). Det går dock att se hur högt flödet har varit då gräs och grenar närmast ”kammats” av flödet. Vid sedimentationsdammen vid Tott går det tydligt att se hur den fyllts till brädden vilket resulterat i ett nytt flöde på Mörviksåns västra sida (fig. 13).

Längre uppströms, längs den östra sidan av Fjällgårdsvägen, norr om vägbron vid Tott syns tecken på erosion och ett betydande flöde där till exempel mycket organiskt material har dragits med (fig. 14). Vid bron över Mörviksån strax nedanför Fjällgården syns tydlig erosion i bäckens ytterkant, på Mörviksåns östra sida (fig. 15).

Skidbron mellan Sadelområdet och Fjällgården har påverkats av betydande erosion och likaså den mindre skidvägen mellan Fjällgården och Tott.

Figur 12. Mörviksån nedströms gångbron mellan Tott och Hummelvägen. Bilden är tagen längs vattnets flödesriktning. Se figur 20 för bildens läge.

Figur 13. Sedimentationsdammen vid Tott har fyllts och erosion har skapat en ny fåra som följd. Se figur 20 för bildens läge.

Figur 14. Effekterna av det kraftiga flödet är tydligt vilket syns bland annat genom avsaknaden av organiskt material i direkt anslutning till Mörviksån. Bilden är tagen längs vattnets flödesriktning där Fjällgårdsvägen korsar ån strax nedanför Fjällgården. Se figur 20 för bildens läge.

Figur 15. Erosion längs en ytterkant av Mörviksån. Bilden är tagen längs vattnets flödesriktning där Fjällgårdsvägen korsar ån strax nedanför Fjällgården. Se figur 20 för bildens läge.

Nedströms E14

Området nedströms E14, där Åre by ligger, präglas av mycket deposition av sediment med partikelstorlek mellan lera och block (fig. 16). Att depositionen skedde här beror till stor del på att vattnet inte följde Mörviksåns förstärkta kanal efter att vägtrumman/bron vid Årevägen satts igen. Detta ledde till en kraftig erosion på Mörviksåns östra sida (fig. 17 & 18). Innan bron vid Årevägen sattes igen, då vattnet följde den hårdgjorda kanalen, förekom endast viss erosion (fig. 18).

Figur 16. Området uppströms järnvägen på Mörviksåns östra sida. Bilden är tagen längs vattnets flödesriktning. Mycket material består av moränstenar men med en hel del träd och byggmaterial uppblandat. Se figur 20 för bildens läge.

Figur 17. Erosion längs Bäckvägen. Bilden är tagen mot vattnets flödesriktning, strax norr om figur 16. Se figur 20 för bildens läge.

Figur 18. Erosion längs Mörviksåns östra kant. Se figur 20 för bildens läge.

Åresjön

Slamströmmen för med sig stora mängder sediment, från lera till block. De finkornigare jordarterna suspenderas i en eventuell sjö som slamströmmen rinner ut i. Detta syntes tydligt i Åresjön då den snabbt färgades brungrå av sedimentpartiklar. Gränsen mellan vattnet som fortfarande var opåverkat, och det med suspenderade sediment var knivskarp cirka 2,5 km från mynningen (fig. 19).

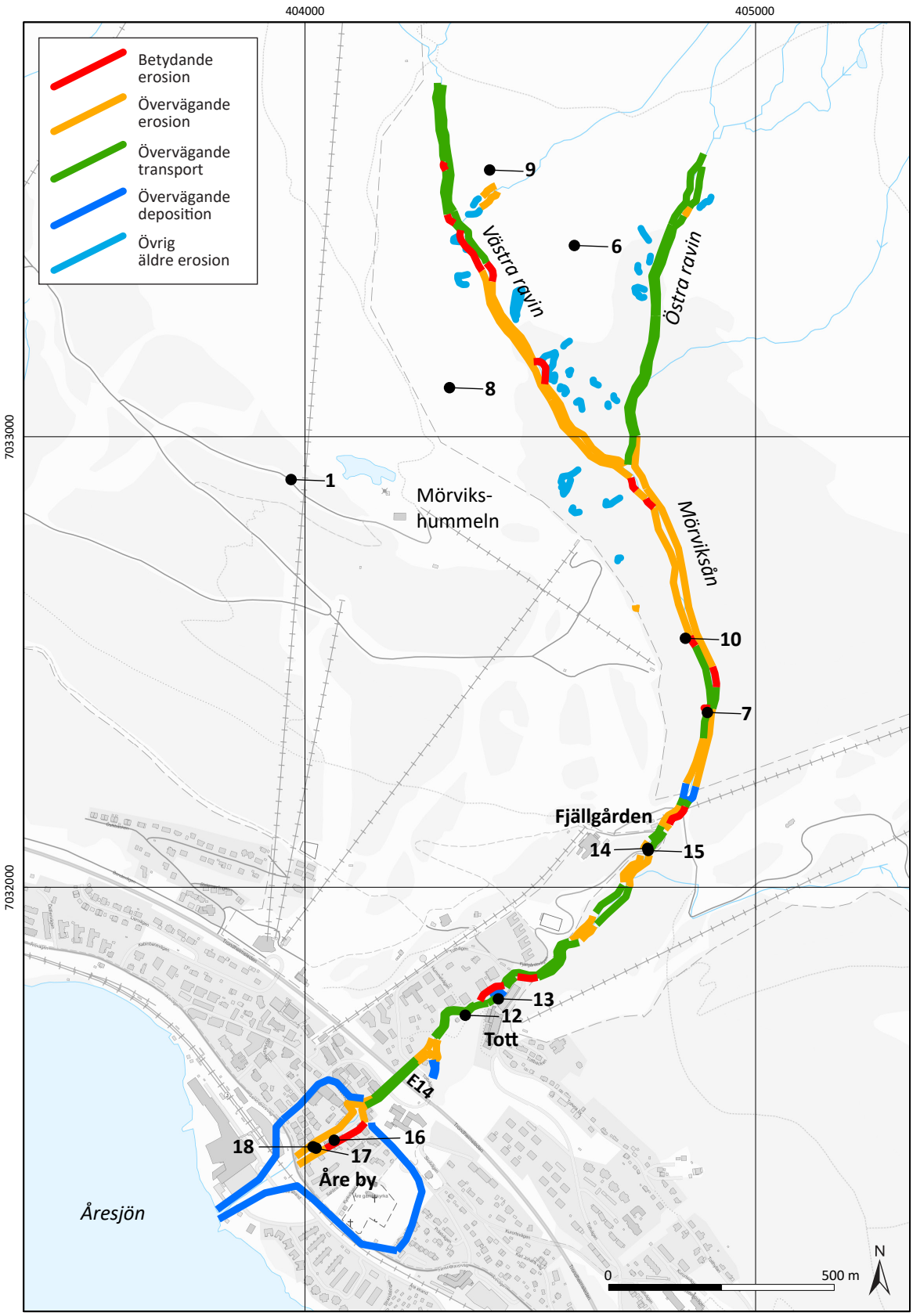
Figur 19. Skiftningar i Åresjöns vatten kopplat till mängden suspenderat sediment. Bilden är tagen från Fröåvägen mot den rullstensås som utgör Långnäset.

Karta

Resultaten av observationerna som kortfattat beskrivits ovan har använts som grund för en karta som visar hur Mörviksån påverkats av slamströmmen (fig. 20).

Mörviksåns kanter klassificerades i fem kategorier baserat på observationer som gjorts:

1) områden med *Betydande erosion* i sediment
2) områden med *Övervägande erosion* i sediment
3) områden med *Övervägande transport* av sediment
4) områden med *Övervägande deposition* av sediment
5) områden med erosion som tolkats som anses äldre, *Övrig äldre erosion*.



Figur 20. Karta som visar tolkning av de geologiska processer som varit aktiva i samband med slamströmmen utifrån de observationer som gjorts i fält och flygbilder. Blå = övervägande deposition, Grön = övervägande transport, Orange = övervägande erosion, Rött = betydande erosion och Ljusblått = äldre spår av erosion. Bilderna i rapporten anges i svarta siffror.

DISKUSSION

För att förutsättningar för slamströmmar ska existera krävs i vart fall tre kriterier:

1) Först och främst krävs en erosionskänslig jordart, såsom silt, lera eller en siltig eller lerig morän (Savage & Baum 2005).
2) Utöver det behövs en topografi med branta sluttningar och ovanliggande avrinningsområden med potential att samla mycket regnvatten (Savage & Baum 2005).
3) Utöver detta krävs också perioder med stor nederbörd (Wieczorek & Glade 2005).

Dessa kriterier är förhållandevis vanliga i fjällkedjan och således är bildande av slamströmmar en fullt naturlig process. En parameter som i stället minskar förutsättningar för slamströmmar är vegetation, speciellt i form av skog vilken effektivt binder jorden med sina rötter (se till exempel. Gray & Sotir 1996). De övre delarna av avrinningsområdet för Mörviksån består av kalfjäll med berg i dagen och ställvis tunna eller osammanhängande jordlager (fig. 11). Detta medför att nederbörden som faller i de högre delarna direkt förs ned mot Västra- och Östra ravin. I Åre by med omnejd är en hel del av fjällsidan avskogad i samband med att samhället breder ut sig och utvecklingen av liftsystemet. När det gäller just avrinningsområdet som föder Mörviksån, räknat från sedimentationsdammen vid Fjällgården, är stora delar ej påverkat av avskogning i stor utsträckning.

Ytterligare mänsklig påverkan, såsom diken, vägar och andra hårdgjorda ytor, kan öka förutsättningarna för slamströmmar genom att samla upp och kanalisera vatten, vilket i sin tur ökar erosionen (Pacheco Quevedo m.fl. 2023).

I och med det faktum att Åre by ligger vid Åreskutans fot, precis nedströms Västra- och Östra ravin, så behöver samhället förhålla sig till dessa naturliga företeelser. Detta har gjorts genom uppförande av sedimentationsdammar och förstärkning av bäckfåran genom Åre by. Trots dessa konstruktioner drabbas ändå samhället och det kan vara värt att fundera på vilka skador som hade kunnat uppstå om det inte funnits några sedimentationsdammar. Under natten mellan sjunde och åttonde augusti fylldes sedimentationsdammarna och vid Tott var det tydligt att dammen fyllts till brädden och Mörviksån valde en ny fåra (fig. 13). Betydande mängder sediment bromsades upp innan de nådde E14, Åre by och järnvägen. Hade dessa fortsatt nedströms hade erosionen varit starkare och således gjort slamströmmen större.

Den kartläggning som beskrivs ovan kan ge en indikation på hur händelseförloppet för slamströmmen den sjunde till åttonde augusti 2023 var (fig. 20). Tolkningen visar hur erosionen varit som mest aktiv i de övre delarna (rött och orange i figur 20) för att sedan transportera sediment nedströms (orange och grönt i figur 20). Sedimenten har sedan avsatts i första hand i sedimentationsdammarna såsom block och sten, och i Åre by oftare som silt, sand och grus (blått i figur 20).

Efter en period av regn och en redan vattenmättad mark ökade nederbördsmängden markant under kvällen den sjunde augusti för att nå kulmen under natten. I och med storleken på avrinningsområdet, speciellt över trädgränsen, samlades vatten mycket snabbt ned mot Västra- och Östra ravin. Kraftiga flöden skapar erosion längs vattendraget, detta leder till att sediment mobiliseras av det strida flödet. Sediment, såsom grus och sten, ökar erosionskapaciteten med ytterligare erosion som följd vilket leder till bildandet av slamströmmen. Vattnet har runnit med stor kraft över berghällarna i den övre delen av Västra ravin, när sediment börjar förekomma (siltig morän) eroderas den och här syns tydliga tecken på erosion (fig. 9). I Östra ravin verkar erosionen inte ha varit lika stark, men när de både flödena möts ökar erosionen något igen. Nedströms mot Fjällgården fortsätter erosion att vara den primära processen även om det

inte kartlagts några stora och tydliga erosionsspår. Vid Fjällgårdens sedimentationsdamm har sediment och övrigt material, såsom träd, avsatts. När dammen fyllts, eller i vart fall stoppat de största blocken, stenarna och stockarna, har vattnet flödat vidare. Flödet har fortfarande varit så pass kraftigt att erosion av skidvägen från Sadeln och skidbron till Tott varit betydande. Således har slamströmmen fortfarande växt sig kraftigare vilket lett till ställvis erosion strax nedströms Fjällgården (fig. 14 & 15). Mörviksån rinner sedan på berg vilket medför mestadels transport av sediment för att sedan erodera i sedimenten vid bilbron uppströms Tott.

Slamströmmen har fortsatt ned mot sedimentationsdammen vid Tott som också den fylldes till brädden vilket ledde till att Mörviksån valde en ny fåra, strax väster om den gamla (fig. 13). När sedimentationsdammen fyllts har fortfarande slamströmmen haft så mycket sediment med sig att sediment kunnat föras ned mot Åre by.

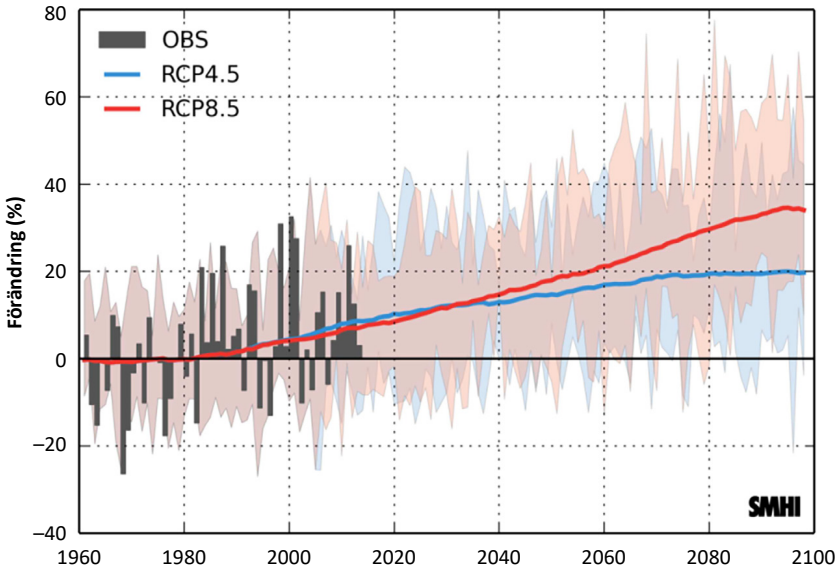
Slamströmmen har troligen dämpats i styrka och området nedströms Tott där det ser ut som ett mindre destruktivt flöde (fig. 9). Vid fastigheten uppströms avfarten från E14 mot Tottvägen/Stationsvägen har erosionen varit förhållandevis kraftig. Flödet var troligen här för stort för den vägtrumma som leder vattnet under E14, vilket resulterade i deposition av sediment på E14 och Tottvägen.

Nedströms Stationsvägen rinner Mörviksån i en förstärkt kanal, och det gjorde också slamströmmen. Flödet var fortsatt kraftigt vilket ledde till viss erosion i kanalen, till exempel nedströms Årevägen (fig. 18). Vid Årevägen fastnade senare sediment, troligen block eller trädstammar (Thomé 2023), vilket resulterade i att Mörviksån inte kunde fortsätta längs den förstärkta kanalen utan letade sig vidare. Konsekvensen av den igensatta vägtrumman under Årevägen ledde till själva översvämningen. Vattnet letade sig bort mot Åre torg och ned mot Åre gamla kyrka där sediment såsom silt och sand och till viss del grus och sten avsattes (fig. 16). Efter en tid började erosion längs Bäckvägen vilket skapade en ny bäckfåra med betydande erosion till följd (fig. 17). Mörviksån rann nu till större del genom den nya fåran vilket troligen minskade flödet mot Åre torg. Detta i samband med minskad nederbörd framåt morgonen medförde att översvämningen avtog.

Nederbörd, speciellt extrema nederbördshändelser, är en förutsättning för slamströmmar (Wieczorek & Glade 2005). Av den anledningen finns det skäl att resonera kring framtida nederbördsmönster utifrån ett förändrat klimat och hur det kan påverka nämnda förutsättningar.

Västra Jämtland är vädermässigt påverkat av närheten till Atlanten. Vädersystem kommer ofta från väster vilket leder till fuktig luft och mycket nederbörd. De senaste dryga 20 åren har nederbörden i de västra delarna av Jämtland ökat något. Detta förväntas fortsätta i ett framtida klimat, baserat på SMHI:s beräkningar utifrån FN:s klimatpanels (IPCC) scenarier av framtida klimatförändringar (RCP, *Representative Concentration Pathways*). Både begränsade (RCP4.5) och höga (RCP8.5) utsläppscenarier visar på en ökning av nederbörden i Jämtland (Nylén m.fl. 2015). Beräkningarna sträcker sig ungefär 100 år framåt och en jämförelse av tidsspannen 1961–1990 och 2069–2098 visar på en ökning av årsmedelnederbörd på 16–20 % (RCP4.5) och 28–32 (RCP8.5) i västra delen av Jämtland (Nylén m.fl. 2015). I Jämtland som helhet är förändringen något större (fig. 21). Vidare är det troligt att nederbörden kommer att öka också under vintern. Dock kommer mer av nederbörden falla som regn, till skillnad från snö som idag (Nylén m.fl. 2015).

Förutsättningar för slamströmmar kräver också material för slamströmmarna att eroderas ur, vilket också kan förändras i ett varmare klimat. Även om det oftast ses som en självklarhet att slamströmmar blir vanligare i och med klimatförändringar, är det inte helt enkelt att modellera slamströmmars koppling till klimatet (Melchiorre & Frattini 2012, Thurkington m.fl. 2016). Studier i Alperna har dock visat hur vittring av bergssluttningar minskas i framtida scenarier i och med att nollgenomgångarna (förändring i temperatur som passerar noll grader)



Figur 21. Förändring i årsmedelnederbörd över Jämtland enligt IPCC:s klimatscenarier utifrån SMHI:s beräkningar (Nylén m.fl. 2015).

minskar (Hirschberg m.fl. 2021). Detta är möjligt eftersom just frostprocesser genererar nya sediment och utan nya sediment finns inga förutsättningar för slamströmmar. I Mörviksåns dalgång ryms dock stora mängder morän, vilken är den jordart som slamströmmarna här bildas ur. I detta avseende skiljer sig Mörviksåns dalgång markant från ovanstående exempel, men det kan finnas andra parametrar som skulle kunna påverkas av ett förändrat klimat, både genom att minska och öka förutsättningarna.

I Mörviksåns dalgång förekommer berg i dagen, både ställvis längs bäckfåran och på ett fåtal ställen uppe på de ostliga sluttningarna (fig. 2). Att ravinen, genom årtusenden av erosion av vatten och slamströmmar, vilar på berg indikerar att den inte kommer fortsätta sänka sin nivå i samma takt som tidigare och ur ett geologiskt perspektiv kommer processen snarast upphöra. När ravinen inte eroderar nedåt stabiliseras sluttningarna vilket minskar förutsättningarna för slamströmmar. Det finns dock fortsatt betydande mängder morän kvar längs Mörviksåns sidor och med ytterligare ökade flöden kommer erosionen fortsätta.

Slamströmmar, speciellt i Sverige, är kraftigt understuderade och det finns således inte tillräckligt med underlag för att göra några säkra förutsägelser för framtiden. Grundläggande kunskap om slamströmmarnas processer och egenskaper behövs för att förstå vilka parametrar som påverkar slamströmmarna. Vidare saknas kunskap om slamströmmars aktivitet under historisk och geologisk tid. För att kunna förutsäga förutsättningarna för slamströmmar i framtiden krävs ovanstående kunskap. Det är därför av stor vikt att slamströmmarnas geologi studeras.

REFERENSER

Andersson, M. & Lundström, K., 2018: Åre kommun, Jämtlands län – förstudie och översiktlig kartering av stabiliteten i raviner och slänter i morän och grov sedimentjord. SGI, 434 s.

Borgström, I., 1979: Geomorfologiska kartbladet 19D STORLIEN – Beskrivning och naturvärdesbedömning. *Naturvårdsverket Rapport SNVPM1144,* 59 s.

Borgström, I., 1981: Geomorfologiska kartbladet 19D ÅRE – Beskrivning och naturvärdesbedömning. *Naturvårdsverket Rapport SNVPM1334,* 58 s.

Gray, D. H. & Sotir, R. B., 1996: *Biotechnical and Soil Bioengineering Slope Stabilization: A Practical Guide for Erosion Control.* John Wiley & Sons, 400 s.

Hedenljung, L., 2023: TIDSLINJE: Ras har drabbat Åre tidigare. Östersunds-Posten. 8 augusti 2023.

Hirschberg, J., Fatichi, S., Bennett, G. L., McArdell, B. W., Peleg, N., Lane, S. N., Schlunegger, F. & Molnar, P., 2021: Climate Change Impacts on Sediment Yield and Debris-Flow Activity in an Alpine Catchment. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface,* 1 261 s.

Hungr, O., 2005: Classification and terminology. I M. Jakob & O. Hungr (red.): *Debris-flow Hazards and Related Phenomena.* Springer, 10–23.

Jackson, L. E., Kostaschuk, R. A. & MacDonald, G. M., 1987: Identification of debris flow hazard on alluvial fans in the Canadian Rocky Mountains. I *Reviews in Engineering Geology.* Geological Society of America. Vol. 7, 115–124.

Lind, P., Belušić, D., Médus, E., Dobler, A., Pedersen, R. A., Wang, F., Matte, D., Kjellström, E., Landgren, O., Lindstedt, D., Christensen, O. B. & Christensen, J. H., 2023: Climate change information over Fenno-Scandinavia produced with a convection-permitting climate model. *Climate Dynamics. 611–2,* 519–541.

Lundström, K., Viberg, L., Sundsten, M., Andersson, M., Fallsvik, J. & Sällfors, G., 2007: Översiktlig kartering av stabilitets- och avrinningsförhållanden i raviner och slänter i morän och grov sedimentjord: Metodbeskrivning. *Räddningsverket P21-484/07,* 36 s.

Melchiorre, C. & Frattini, P., 2012: Modelling probability of rainfall-induced shallow landslides in a changing climate, Otta, Central Norway. *Climatic Change. 1132,* 413–436.

Melton, M. A., 1957: An analysis of the relations among elements of climate, surface properties, and geomorphology. *Office of Naval Research Technical Report No. 11,* 118 s.

Nylén, L., Asp, M., Berggreen-Clausen, S., Berglöv, G., Björck, E., Axén, J., & Ohlsson, A., 2015: Framtidsklimat i Jämtlands län. *KLIMATOLOGI nr 34,* 90 s.

Olofsson, B., 2013: Ras- och skred utifrån ett förändrat klimat. *Länsstyrelsen Jämtlands län 2013:14,* 39 s.

Pacheco Quevedo, R., Velastegui-Montoya, A., Montalván-Burbano, N., Morante-Carballo, F., Korup, O. & Daleles Rennó, C., 2023: Land use and land cover as a conditioning factor in landslide susceptibility: A literature review. *Landslides. 205,* 967–982.

Rankka, K. & Fallsvik, J., 2003: Dokumentation av erosion och slamströmmar som inträffade 5 juni 2003 i Mörviksravinen. *SGI Uppdragsrapport. Diarienummer 2-0303-0393.*

Rankka, K. & Fallsvik, J., 2004: Detaljerad utredning av stabilitets- och avrinningsförhållanden i Mörviksravinens avrinningsområde. *SGI Uppdragsrapport. Diarienummer 2-0309-0544.*

Regnéll, C., Peterson Becher, G., Öhrling, C., Greenwood, S. L., Gyllencreutz, R., Blomdin, R., Brendryen, J., Goodfellow, B. W., Mikko, H., Ransed, G. & Smith, C., 2023: Ice-dammed lakes and deglaciation history of the Scandinavian Ice Sheet in central Jämtland, Sweden. *Quaternary Science Reviews, Vol. 314.*

Savage, W. & Baum, R., 2005: Instability of steep slopes. I M. Jakob & O. Hungr (red.): *Debris-flow Hazards and Related Phenomena*. Springer, 53–79.

SGI & MSB, 2021: *Riskområden för ras, skred, erosion och översvämning, Redovisning av regeringsuppdrag enligt regeringsbeslut M2019/0124/Kl.* Statens geotekniska institut, SGI, Linköping och Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, MSB, Karlstad.

SGI, 2023: Databas över inträffade skred – databas. Åre. 25 augusti 2023.

SGU, 2023: Jordarter 1:25 000–100 000 – databas. Åre. 25 augusti 2023.

Strömberg, A., Karis, L., Zachrisson, E., Sjöstrand, T. & Skoglund, R., 1984: Beskrivning till berggrundskartan över Jämtlands län. Del 2: Fjälldelen. *Sveriges geologiska undersökning Ca 53:2,* 363 s.

SWECO, 2013: Skredrisker i Åredalen. *SWECO Rapport 6603132000.*

Thomé, G., 2023: Tvingades till sista utvägen – stenen sprängd med dynamit. Östersunds-Posten. 23 august 2023.

Turkington, T., Remaître, A., Ettema, J., Hussin, H. & van Westen, C., 2016: Assessing debris flow activity in a changing climate. *Climatic Change. 1371–2,* 293–305.

USGS, 2004: Landslide Types and Processes. USGS Fact Sheet 2004–3072 <http://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/>. Åtkommen den 25 augusti 2023.

Wieczorek, G. F. & Glade, T., 2005: Climatic factors influencing occurrence of debris flows. I M. Jakob & O. Hungr (red.): *Debris-flow Hazards and Related Phenomena*. Springer, 325–362.

Wilén, P., Eurenius, L. & Anderberg, J., 1993: Avrinning och erosion i Åredalen. VBB VIAK/Geo Information Consult AB, 43 s.