Om orsakerna till rullstensåsars uppkomst

M. Stolpe

To cite this article: M. Stolpe (1889) Om orsakerna till rullstensåsars uppkomst, Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar, 11:6, 369-378, DOI: [10.1080/11035898909444272](https://doi.org/10.1080/11035898909444272)

To link to this article: <http://dx.doi.org/10.1080/11035898909444272>

Published online: 04 Jan 2010.

Submit your article to this journal [↗](#)

Article views: 3

View related articles [↗](#)

Om orsakerna till rullstensåsars uppkomst.

Af

M. STOLPE.

I februarihäftet af G. F. F. år 1879 omnämde jag i största korthet, huru jag tänkt mig uppkomsten af våra rullstensåsar, och jag sökte genom ett par teckningar åskådliggöra förloppet. Enligt min mening hade inne på inlandsisen funnits isströmmar, hvilka dragit till sig och hållit tillsammans inom isen befintligt grus, och tänkte jag mig dessa strömmar framgå visserligen längs med, men *uppöfver* en underliggande dal. Mina ord framkallade i majhäftet af G. F. F. år 1880 åtskilliga invändningar af O. GUMÆLIUS, af hvilken isströmmarne betraktades »såsom en del af ismassan, den undre, i dalen liggande eller från densamma fortsättande». Han anser, »att förflyttningen måste hafva skett derigenom, att, då isen ständigt ökades genom ny nederbörd på dess yta, afflöde måste ske i dess undre delar, antingen i form af vatten eller is.» Genom den öfverliggande massans tryck, säger han, pressas isen fram utefter en dalgångs botten och sidor, sålunda bildande »en isström, som fortgår med större hastighet, än den omgifvande isen.» De gjorda invändningarne besvarade jag med få ord i februarihäftet af G. F. F. år 1881. Jag har sedermera erfårit, att flera dela GUMÆLIUS' uppfattning, att inlandsisen haft sin största rörelse-hastighet i de undre lagren. Ju starkare tryck, dess större värme-effekt, säger man och sluter deraf, att i isens undre delar rörelse först uppkommit och afflödet varit störst. Då rullstensfrågan

nu ånyo kommit på tal, har jag trott mig böra lemna mina bidrag i en något fullständigare form och vill jag för den skull i det följande söka visa, att den verkan inlandsisen genom sitt tryck åstadkommit varit en annan än den nyss omnämnda, samt att isrörelsen framkallat isströmmar, till hvilka insugits materialet för de blifvande rullstensåsarne.

Att tryckets verkan är proportionel emot dess storlek inom en alltigenom likartad massa, ämnar jag icke bestrida. Men månne inlandsisens massa varit i alla afseenden likartad? Jag har ingenstädes sett eller hört tvifvelsmål uttalas härom och jag skall också till en början utgå från det antagandet, att inlandsisen varit fullkomligt lika från ofvan till nedan, blott med de undantag som måste uppkomma inom ytlagren till följd af årstidernas olika temperatur. Hvad den senare eller temperaturen angår, har jag ej heller funnit en annan mening uttalad, än att den antagits vara den hos is vanliga, alltså omkring 0°. I en is så beskaffad måste det vertikala tryckets förarbete hafva bestått i att höja temperaturen och försätta ismolekyler i smältning, och då det ligger i sakens natur att det starkaste trycket framkallat den rikaste töbildningen, måste inlandsisens bottenlager hafva i första rummet blifvit uppvärmda. Innan ännu någon framskridande rörelse uppstått i sjelfva ismassan, borde alltså afflöde »ske i dess undre delar, antingen i form af vatten eller is» (GUMÆLIUS). Och ju mera ytlagren tillväxte genom ny nederbörd, dess starkare blef trycket och dess hastigare måste bottenlagren gifva sig undan.

Såsom mig synes kan man här med goda skäl påstå, att det starka undanskjutandet af de undre lagren då också måst verka derhän, att inlandsisens hufvudmassa aldrig hunnit komma i tillfälle att skrida framåt, då ju tryck och verkan motsvara hvarandra. Men äfven under förutsättning att massans tillväxt i ytan varit större än förlusten i botten, och att en framåtskridande rörelse således kunnat uppstå, så medför

likväl denna föreställning om inlandsisens beskaffenhet åtskilliga svårigheter att förklara. Emedan alla fördjupningar i jordytan voro fyllda med jemförelsevis mera lätttrörlig is, ersattes den oupphörligen genom ny ofvan ifrån och det lär således icke kunna bestridas, att rörelsen inom ismassan afgjort tenderade nedåt; allt det grus, som med isen transporterades, hade fort nog dragits ner till botten och några långa transporter hade hört till undantagen; stenar och block från en lägre belägen mark hade isen ej heller förmått lyfta upp till en högre liggande, de undanvikande lagren hade saknat all anledning att under sin framfart uppstiga från marken, de tvingades ju i stället att vända sig nedåt, åt det håll der bästa utsigten fans att med minsta möda komma fram, och på de nuvarande bergen hade vi förgäfvets sparat efter en viss bestämd riktning för inlandsisens rörelse. Om sådana spår träffats, hade de endast visat oss, att en hop underströmmar funnits, gående åt olika håll.

Om ismassans temperatur ända ner till botten varit omkring 0° under det den bildades, är det väl ganska sannolikt, att tryckets verkan varit just sådan jag här skildrat den, smältning i de undre lagren och dessas undanskjutande åt lägre liggande mark. Någon nödvändighet att antaga en så hög temperatur finnes likväl icke, *det är tvärtom mera sannolikt, att inlandsisens temperatur varit ganska låg.*

Hvad först *ytlagren* angår, så veta vi att isens temperatur varit direkt beroende af den omgifvande luften. För att inlandsisen skulle kunna tillväxa, är det tydligt att vinterns köld icke blott utjemnade, utan äfven rådde på sommarens värme, helst som vintern var mycket långvarigare än sommaren. Och öfver temperaturförhållandena under istiden kunna vi få ett begrepp genom de iakttagelser som i våra dagar gjorts på Grönland. Medeltemperaturen under vintermånaderna torde i allmänhet ligga närmare -30° än -20° , och isens egen temperatur har befunnits kunna nedgå åtminstone till -25° . Om vi tillika erinra oss att is är en mycket dålig värmeledare, så torde det påståen-

det komma sanningen nära, att temperaturen i öfre delar af inlandsisen legat icke så litet under 0° .

Ännu närmare sanningen om möjligt kommer samma påstående i fråga om *bottenlagren*. Vi veta att istiden inleddes med en köld så sträng, att den tvingade både växter och djur att söka sig ett blidare klimat. Under den långa tid, som jordytan var åtkomlig för luftens kyla, kälades den mer och mer, alla sjöar bottenfröso, Östersjön icke ens undantagen. Nutida förhållanden lemna äfven i detta hänseende viktiga upplysningar. Man har vid en brunnsgräfning i Ostsibirien funnit marken kälad ännu vid nära 400 fots djup. Temperaturen hade nemligen vid detta djup icke stigit högre än till -3° . Vi kunna därför vara fullt vissa om, att jordytan var till ett betydligt djup genomfrusen, innan den helt och hållet täcktes af snö och is. Men då jordytan, som är en god värmeledare, kan vara till så betydligt djup genomkälad, oaktadt den inre jordvärmens inverkan, så lär väl den is, som på samma jordyta aflagrades och som var utsatt för minst lika kall luft, hafva ännu bättre varit i stånd att behålla den låga temperaturen.

Någon skulle kanske här vilja invända, att den låga temperaturen nog snart försvann, när ismassans tryck ökades. Till en viss grad är denna invändning riktig, men striden emellan de undre islagrens kyla och den värme som trycket åstadkom utkämpades ingalunda snart. Om vi återkalla i minnet uppgiften om brunnsgräfningen i Sibirien och sätta jordmassans eg. v. till 2,0 och isens till 0,94, så finna vi att den kälade jordmassans vikt motsvaras af en omkring 800 fot tjock inlandsis. Exemplet må visserligen i åtskilligt halta, men det visar dock, att det kräfdes en ganska stor mäktighet hos inlandsisen för att förmå höja bottenlagrens temperatur till 0° eller med andra ord, göra den plastisk.

Den kalla isen, under 0° , är hård och spröd och intager en mindre volym, ju kallare den är. Effekten af det värme, som tillfördes bottenlagren genom den öfverliggande massans tryck, bestod till en början i en sträfvän att utvidga den genom köl-

den sammandragna isen. Den molekylära rörelse som då uppstod, får naturligtvis icke anses liktydig med plastisk rörelse. Isen är t. ex. vid -5° en fast, spröd kropp, han är detsamma vid -25° , men har i senare fallet en mindre volym. Omvänt måste ju den is, som tvingas att höja sin temperatur från -25° till -5° , öka sin volym och dock bibehålla sin sprödhet. Molekylär rörelse inom is framkallar alltså icke nödvändigt plastisk rörelse. Emellertid måste genom tryckets sträfvan att utvidga isen en spänning uppstå, hvilken under tidernas lopp så småningom meddelade sig till hela ismassan. Vid botten, der trycket var starkast, mötte ock det starkaste motståndet; der åter tryck och mottryck mest samverkade till brytning, alltså ungefär vid halfva tryckhöjden, der inträdde utvidgningen lättast och sträckte sig slutligen ända fram emot inlandsisens gränser. Här nära iskanten möttes han af den isrörelse, som luften framkallat. Den molekylära rörelsen, spänningen, öfvergick i plastisk rörelse, och nu började återtagets, i det den plastiska rörelsen steg för steg och allt längre och längre utbredde sig inåt, dervid företrädesvis följande de lager, der isens sträfvan att gifva sig undan var störst, men slutligen äfven meddelande sig till ismassans alla lager. Nu, men också först nu, uppstod töbildning och afflöde i isens undre delar. De delar, som längst undandrog sig att deltaga i rörelsen, voro nemligen bottenlagren, dels emedan de för sin större köld sist åverkades af temperaturhöjningen, dels emedan markens ojemnheter satte svåra hinder emot isens framskridande. Men förr eller senare måste äfven de bryta upp och byta platser, och dermed var den stora rörelsen fullständigt satt i gång.

En annan till istiden hörande fråga, som i likhet med isens temperatur blifvit för litet uppmärksammas, är det inflytande, som den i rörelse varande isen rönt af mötande hinder. Att isen blifvit i någon mån hindrad eller till sin riktning ändrad genom jordytans ojemnheter, det känna alla, men alla göra sig ej reda för, *huru* dessa hinder inverkat eller hvilka förändringar de åstadkommit. Tydligt är att i allmänhet bottenlagren voro

mest utsatta för friktionens hämmande inverkan och detta mera, ju starkare trycket var. Högre upp, der friktionen mindre eller alls icke inverkade, rörde sig isen för den skull fortare. Sålunda måste inlandsisens rörelse inom en trång dal, som hade sin längdutsträckning i isens rörelseriktning, hafva varit betydligt långsammare, än rätt ofvanom dalen, der den var föga eller åtminstone mindre berörd af friktionsmotståndet. Af samma skäl måste ock den is, som var liggande närmast utom och ofvanom dalsidorna, röra sig långsammare framåt, än den is som inom samma horisontalplan framgick öfver sjelfva dalen. Det är därför enligt min mening obestriddigt, att ett slags isströmmar måste hafva uppstått öfverallt, der isen passerade fram öfver dalar och sjöar, som intogo det nyssnämnda läget. Man har med all rätt framställt flera jemförelsepunkter emellan rörelsen inom en inlandsis, en glacier och en å — isen kan ju i stort betraktas som en tjockflytande massa. Vid passagen genom en dalgång måste dock helt naturligt rörelseförhållandena blifva något olika inom inlandsisen, glacieren och ån. Tänker man sig en mycket bred och strid å, intvingad öfver en sträcka inom trängre väggar, så måste vattnet der pressas häftigare fram. Orsaken är lätt att finna. Produkten af den pådrifvande kraftens arbete är beroende af arbetstiden, massans volym och massans rörelsehastighet. För att samma vattenmängd, som i den bredare ån framgår under en viss gifven tid, skall kunna under lika lång tid passera fram genom den tränga dalen, måste antingen båda eller endera af de båda faktorerna volym och rörelsehastighet ökas. För vattenpartiklarnes lätttrörlighets skull är det hastigheten som i detta fall ökas. Vid en glaciers framryckande i dylik kasus blir förhållandet annorlunda, isen kan ej så lätt gifva sig undan som vattnet, genom den pådrifvande kraften pressas den hårdt emot botten och dalväggar, der friktionsmotståndet och ispartiklarnes ringa lätttrörlighet bemöda sig att hålla honom qvar, det finnes följaktligen för isen ingen annan utväg, än att öka den faktor, som nu är medgörligare, nemligen volymen. Vid passagen genom passet sammanpressas alltså en glacier sålunda, att bredden min-

skas, men höjden i stället ökas. Denna väsentliga skilnad emellan vattnets och isens rörelse gifver sig också tydligt tillkänna genom de olika sätt, hvarpå föremål hvilande på vattnets eller isens yta transporteras fram. En båt flytande hvar som helst på åns yta blir, om ej mekaniska hinder möta, alltid dragen till midten in i den egentliga strömfåran. På en glacier åter blifva de moräner, som tilläfventyrs befinna sig på isens yta, när den pressas fram genom den trånga dalen, icke insugna till midten på samma sätt som båten i ån, utan endast skjutna närmare hvarandra, d. v. s. afståndet emellan de parallela banden minskas. Att så måste ske, är tydligen beroende derpå, att den pådrifvande kraften icke direkt inverkar på ytlagrens framryckande. Dessa hvila på de underliggande, pådrifna lagren, hvilka de medfölja liksom på fri skjuts. Det starka trycket från dalssidorna är det således, som så symmetriskt sammantränger moränvallarne inom den trånga dalen.

Må vi nu tillse, huru förhållandet antagligen varit inom inlandsisen, när den hade sin plats i ifrågavarande dalgång. En tvärprofil ända uppifrån isens yta ner till dalens botten skulle visa, att den is, som vid början af den stora isrörelsen fylde dalen, utgjorde endast en ringa del af hela den i profilen synliga massan. Att den inneslutna isen varit genom trycket starkt bunden vid dalens sidor och botten, lär ej kunnat undvikas, men äfven under förutsättning af en särskild, välvillig medgörlighet från dalväggarne, lär det nog hafva stött på alldes oöfvervinnliga svårigheter för dalisen att vid dalens ände tilltvinga sig själfständig genomfart genom den framför liggande ismassan. När längre fram afsmältningen så småningom minskade trycket lossades visserligen en del af de pålagda banden, men samtidigt minskades också den pådrifvande kraften, så att dalisen äfven under största delen af afsmältningstiden måste fränkännas all förmåga af en hastigare framfart. Först när den tiden närmade sig, då dalisen skulle öfvergå till glacier, ändrades förhållandena.

Lika visst därför, som man i glacierer konstaterat, att isens sido- och bottenlager röra sig långsammare i följd af friktionen,

lika säkert nödgas man antaga ett starkt friktionsmotstånd emot inlandsisens rörelse. Den del af isen, som öfverlagrade dalen, måste alltså, emedan den var intet eller mindre berörd af friktionen, framskrida fortare, än den del, som vid samma nivå låg jemnsides honom, men ofvanom dalväggarna och mera lidande af friktionen. Men om detta är, såsom mig synes, oemotsägligt, så är det lika tydligt, att ett slags isströmmar måste uppstå öfverallt der en dalgång till riktningen stämde öfverens med inlandsisen. Ju mindre dalgångarna voro, dess obetydligare blefvo isströmmarna, och tvärtom, ju större dalgångar dess starkare strömmar — dock under den naturliga förutsättningen, att trycket från den ofvanliggande ismassan var tillräckligt stort att medgifva isströmmars uppkomst.

Men äfven andra omständigheter låta oss förstå, att isens rörelse varit ojemn. Sålunda måste ju isen hafva legat jemförelsevis mera stilla i sjöbäcken, hvilkas utsträckning icke stämde öfverens med isens rörelseriktning, den var der föga åtkomlig för den pådrifvande kraften, det var hufvudsakligen endast det vertikala trycket som der verkade. På samma sätt, då isen öfverskridit ett berg med brant läsida, blef det till att börja med det vertikala trycket som gjorde sig gällande och höll isen mera stilla närmast intill läsidan, först ett stycke derifrån förmodade den pådrifvande kraften åter ingripa. På stötsidan uppstodo andra förhållanden, den pådrifvande kraften måste här icke allenast upphäfva det vertikala tryckets verkan, utan dessutom äfven upplyfta en del af isen för att kunna flytta den öfver berget. Jag har förut i G. F. F. 1881 framställt min mening om huru detta upplyftande skedde. På grund af bottenens friktionsmotstånd och det mötande hindret trycktes en del af bottenisen jemförelsevis fast emot berget och bildade sålunda ett slags bryggas, medelst hvilken den öfverliggande isen förmodade öfverskrida den mötande höjden. Under isens mäktighetstid voro dessa bryggor långsluttande, under afsmältningstiden förkortades de mer och mer, tills de, när isrörelsen afstannade, upphörde att finnas till. Med andra ord kan detta uttryckas

så, att partiklar af isen, som vid längre afstånd från den mötande höjden voro liggande rätt öfver hvarandra, den ene i isens bottenlager, den andre högre upp, småningom skildes från hvarandra i vertikal riktning, så att den öfre kunde t. ex. hafva passerat öfver höjden innan den undre hunnit höjdens fot.

Bergens ytor lemna slutligen, äfven de, bevis för att inlandsisens rörelse varit ojemn. Man ser på bergens nordliga sidor, eller rättare de mot isen vända, att hållarne äro nötta och repade, medan de på den motsatta sidan äro skrofliga och kantiga, vittnande om starkare och svagare tryck, starkare och svagare motstånd. Och repor från en äldre tid hafva mången gång bevarats för bortslipning just därför att de legat i lä och der varit utsatta för ett jemförelsevis obetydligt tryck. Flera skäl tala alltså för ojemn rörelse inom inlandsisen, och stödja, om så behöfves, mitt påstående att *isströmmar gått fram öfver dalgångar med samma längdriktning, som isens rörelse.*

Det torde ej vara behöfligt att här upprepa alla de mer eller mindre kraftiga skäl, som tala för att stenar och grus framforslats med inlandsisen, inuti densamma. Det kan vara nog att ännu en gång påpeka det nyss nämnda förhållandet, att bergens stötsidor äro slipade och refflade, men icke deras läsidor. De slipande stenarne hafva således icke tryckts ner och släpat utmed läsidan, utan lemnat den temligen orörd och i stället följt med framåt inuti isen. Jag antager alltså såsom fullt visst, att samlingar af grus och sten funnits i isen. Alla dessa, de må hafva inkommit från botten, bergsidor eller ras, flyttades med isen framåt och, hvarhelst en isström fans, drogos in i den. På detta sätt samlades i tidernas längd ett ganska betydligt grusmaterial just i isströmmarne, hvilket de buro med sig framåt i långa strängar.

De infrusna stenarnes rörelsehastighet måste hafva varit mindre, än isens omkring dem, hvarje ispartikel var nemligen stadd i oupphörlig rörelse framåt, medan åter stenarne, såsom saknande all sjelfständig rörelse, om jag så får säga, endast läto sig framskjutas. När de en gång kommit in i isströmmen, skredo

de alltså äfven der långsammare fram, och ju tätare de hopade sig, dess mera fördröjdes deras framfart. När sedan den tiden kom, att isrörelsen afstannade, kom åsmaterialet genom smältning i dagen, hvarefter det öfversta grustäcket låg skyddande öfver den underliggande grusblandade ismassan, som derigenom längre, såsom ock GUMÆLIUS sagt, »bibehöll sig osmält, medan isen smälte bort, der den var obetäckt»..

Huru gruset sedermera bearbetades, derom är ganska vanskligt att framlägga en för alla förekommande fall gällande mening. Sättning under afsmältningen i förening med smältvattens raserande åverkan omskapade grussträngarne, men klart är att materialets omlagring och åsens form blef beroende både af de vatten, som bearbetade och af den längre eller kortare tid, under hvilken bearbetningen egde rum. Der en strid glacierelf framgick, måste ju aflagringen blifva en helt annan, än der lugnvatten fanns, och inom samma elfs stränder vexlade ofta platsen för stridt och för lugnt vatten. I högtrakter, der glacierelfvarne egde en kortare varaktighet, omlagrades materialet mindre. För att lemna en nöjaktig skildring af denna senare del af åsfrågan, torde behöfvas ett alldeles särskildt studium af rinnande vattens förmåga att nedrifva och omlagra grussamlingar och att med teckningar åskådliggöra detta. Hvarken det ena eller det andra står i min förmåga att utföra, jag har med det föregående endast velat lemna bidrag till utredandet af åsfrågans förra del.