

Kevin Bishop • Göran Lindström

Tjäle förvärrar sällan vårfloden



Foto: Mats Olsson

Vårfloden i svenska skogsälvar orsakar ibland stora översvämningar, som exempelvis våren 1995. Då uppmättes de största flödena på hundra år i vissa delar av landet. (Bilden är tagen vid en annan tidpunkt.)

- I en sjuuttonårig studie visas att förekomsten av marktjäle inte varit avgörande varken för vårflodens tidpunkt och storlek eller för smältvattnets flödesvägar.
- Regn på tjälad mark kan dock medföra kraftig ytavrinning under snösmältningen, men sådana väderförhållanden är ovanliga. I undantagsfall kan även smältperioder under vintern eller minusgrader innan snön lagt sig leda till en omfattande ytavrinning på våren.
- SMHI:s förutsägelser om vårflodens storlek skulle i de flesta fall inte förbättras av att den använda prognosmodellen även omfattade tjälldata. Under år med speciella väderförhållanden och inom avrinningsområden där mark och vegetation bidrar till särskilt utbredd, tät och djup tjäle, kan dock modellen underskatta risken för extrem vårflod.
- Att tjäle vanligtvis har liten betydelse för uppkomsten av höga flöden beror delvis på den balans som råder mellan snömängd och tjäldjup. Med lite snö blir tjälen djup men volymen smältvatten liten; under snörika vintrar är tjälen tunn och den stora mängden vatten kan lätt ledas bort.

När markens vatten fryser till is bildas tjäle, ett fruset lager som kan vara mer än en meter djupt. I den norra barrskogsregionen kan tjälen lyfta hus och vägar, och orsaka stora problem för byggindustri, skogsbruk och jordbruk. I vilken utsträckning tjäle påverkar vattenmängd och tidpunkt för vårfloden i Norrlands skogslandskap råder det dock skilda uppfattningar om. Under bara några få värveckor frisätts en stor mängd vatten från det smältande snötäcket. Om tjälen tinar senare än snön, kan den frusna marken hindra vattnets dränering och orsaka en kraftig ytavrinning. Tjälen skulle då kunna bidra till en mer uttalad vårflod.

För vattenkraftsindustrin är det viktigt att både optimera dammarnas energiproduktion och att minimera risken för översvämningar. På senare år har översvämningar i Sverige främst uppkommit under sommar och höst, men vårfloden kan också orsaka höga vattennivåer. Sådana extrema flöden kan få allvarliga följder för skogsbruket. Den prognosmodell för vårflödet som SMHI använder idag tar ingen hänsyn till tjäleffekter. Avsikten med vår studie var därför att pröva om modellen bör kompletteras.

Tjäleffekt på vattnets flödesvägar är kopplad till att många av markens

porer, som annars kunde ha lagrat smältvatten, är blockerade av is. Detta försämrar dräneringen. En mer dramatisk ytavrinning uppstår om tät tjäle bildats ovanpå en omättad markzon, som på så sätt hindras från att lagra vatten.

Effekt på avrinningen

För att reda ut tjälens inverkan på skogsmarkens vårflod måste flera olika faktorer beaktas. En av dessa är jordart. De flesta tjälstudier är utförda på åkermark, och i dessa fin-korniga jordar är det vanligt med så kallad tät tjäle. Den bildas genom att vatten från djupare markskikt suges upp med hjälp av kapillärkraft till det torra islagret. När vattnet närmar sig tjällagret, fryser det till allt eftersom och tillsluter ytterligare porer. Sådant tjäle kan effektivt begränsa markens infiltrationsförmåga och så kallade "hydrologiska motorvägar" kan uppkomma längs med markytan. Öppen åkermark kyls också ner snabbt jämfört med skogsmark, vars jordart dessutom ofta är grövre.

Variationer i vintervädret påverkar också tjälens omfattning och vilken typ av tjäle som bildas. Vanligtvis är tjäle i grovkornig, beskogad moränmark porös, beroende på att vissa porer är luftfyllda och alltjämt kan leda vatten. När snösmältningen sker med normal intensitet har marken

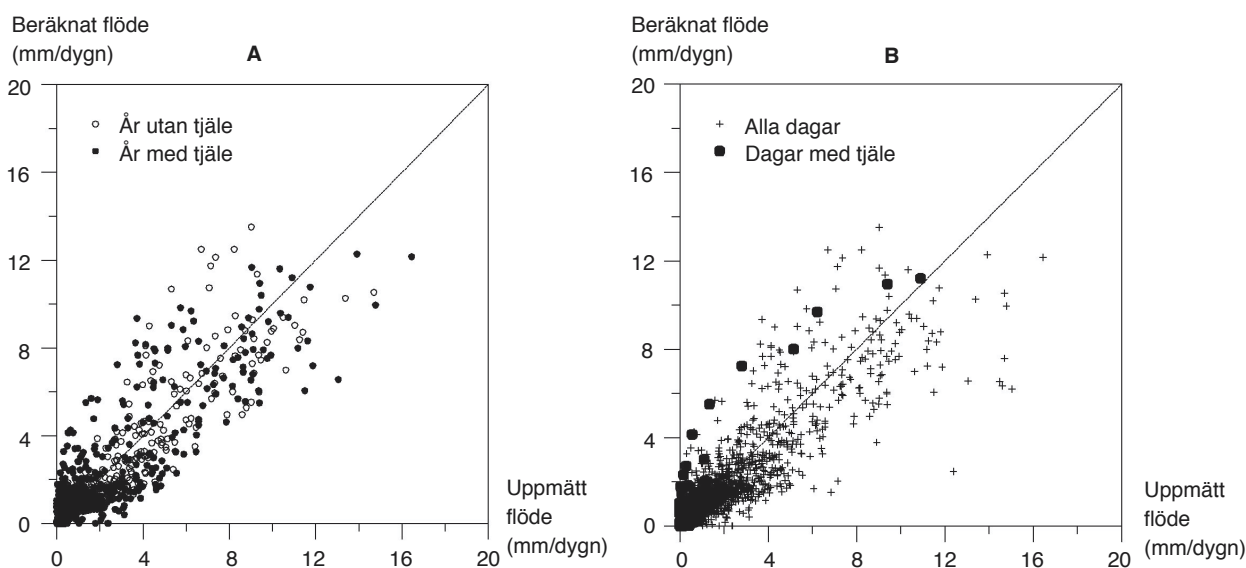
ofta förmåga att dränera vattnet. Om däremot perioder av snösmältning, infiltration och återfrysning har avlöst varandra under vintern, kan tätare tjäle uppstå. Under sådana speciella väderförhållanden kan tät tjäle till och med uppstå i sandig jord.

Ytterligare en viktig faktor är vattentillförselns intensitet. Om det regnar mycket på redan tjälad mark, eller om mängden snö som smälter är stor, kan även en porös tjäle ha alltför låg infiltrationskapacitet.

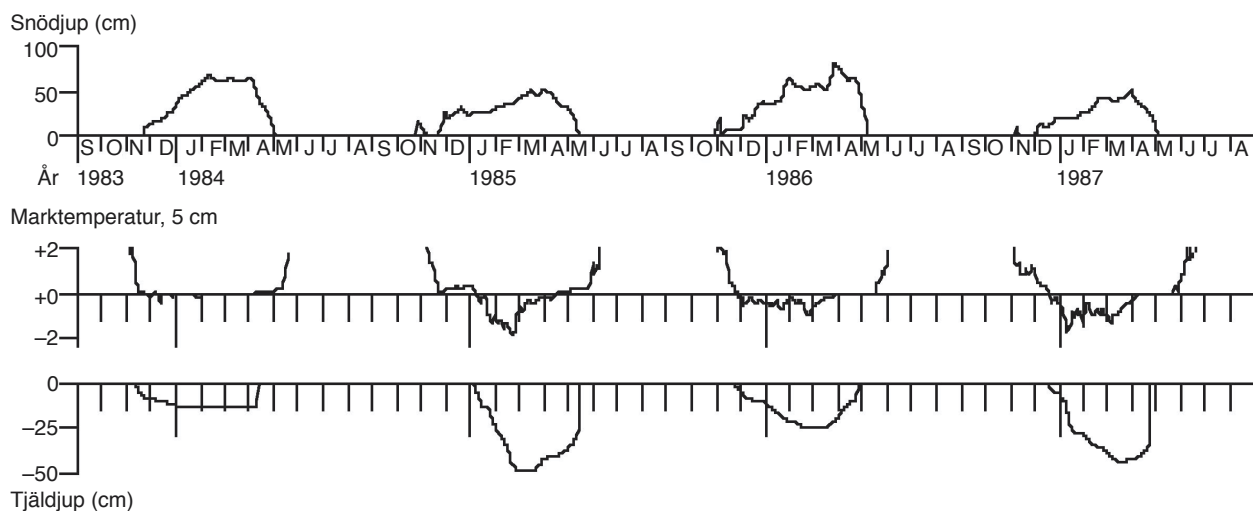
Sjuttonårig mätserie

För att ändra flödet i ett helt dräneringsområde, krävs det att avrinningen påverkas i flera sluttningar samtidigt. Därför studerade vi ett femtio hektar stort avrinningsområde, med inslag av både skogs- och våtmark. I Vindelns försöksparker, ett område som är representativt för en stor del av norra Sveriges skogsmark, mättes avrinning och nederbörd kontinuerligt i avrinningsområdet under sjutton år. Dessutom registrerades mark- och lufttemperatur, samt snö- och tjäldjup i tre typbestånd.

För att kartlägga hur vattnet rör sig under vinter och vår, lades även en linje ut i en sluttning ner mot en bäck i området. I fyra punkter längs transekten mättes markvattenhalt, isdjup och temperatur. Varannan



FIGUR 1. HBV-modellens beräknade flöde jämfört med uppmätt flöde under åren 1981–1997. A. Alla dagar i april och maj uppdelade på om det någon gång under vintern varit tjäle eller inte. B. Alla dagar (hela året) och dagar med samtidig tjäle. Notera att modellen här till och med har överskattat flödet under vissa dagar med tjäle.



FIGUR 2. Uppmätt snödjup, marktemperatur och tjäldjup i en gammal granskog åren 1983–87. Här syns sambandet mellan snöfattiga år, kallare mark och djupare tjäle tydligt. Data från Vindelns försöksparter, SLU.

timme under tre år registrerades också jordtemperatur och vattenmängd längs en sträcka av hundra meter.

Data från de unika sjuttonåriga mätserierna och prognoser från den så kallade HBV-modellen analyserades. Idag använder SMHI modellen för flödesprognoser, och den innefattar som tidigare nämnts inte tjäle. Trots en flerårig mätserie och omfattande tester med modellen hittades inget tydligt samband mellan vårflodens tidpunkt och tjälens djup eller varaktighet. Dessutom visade det sig att när tjäle förekommer är det rätt vanligt att den försvinner innan vårfloden kulminerar, och att skogsmark inte är tjälad varje år (figur 1 och 2).

Ingen tjäleffekt

I mättransekten kunde inte någon tjäleffekt på vattnets flödesvägar påvisas. Genom fältobservationerna framkom dock tydliga skillnader mellan olika jordarter vad gäller tjälens djup och beständighet. Studien visar att tjälen i bäckslutningens torvjord inte blir lika djup som i den mineraljord som täcker stora delar av avrinningsområdet. Tjäle i torvjord bildas dessutom senare, men blir kvar längre.

Varken de långa mätserierna eller transektstudien kunde påvisa att tjäle har någon nämnvärd effekt på avrinningen. När vårfloden kom i gång var antingen tjälen borta eller så var den tillräckligt porös för att tillåta infiltrationen. I båda fallen kunde en stor mängd smältvatten

snabbt fylla djupare delar av marken. När marken på så sätt blir mättad hindras ytterligare vatten från att dräneras, och samma horisontella "hydrologiska motorvägar" uppkommer vid markytan som vid tät tjäle. När dessa ytliga flödesvägar ändå dominerar, medför en eventuell tjäleffekt inte någon väsentlig skillnad. Sådana ytliga flödesvägar, som leder till en snabb avrinning, är för övrigt mycket effektiva i de flesta svenska skogsmarker.

Som tidigare nämnts beror vattnets förmåga att infiltrera djupare markskikt delvis på att tjälen hinner tina. En annan anledning är att frusen mark inte behöver vara helt ogenomtränglig för vatten. Smältvatten kan ofta infiltrera frusen jord och fylla markporerna, åtminstone fram till att smältvattnet fryser. En annan orsak till frånvaron av en tjäleffekt är den balans som råder mellan snömängd och tjäldjup. Undersnöfattiga vintrar ökar tjäldjupet, eftersom ett tunt snölager isolerar sämre mot kall luft. När det uppstår utbredd tjäle har det i de flesta fall kommit relativt lite snö, som resulterar i en liten volym smältvatten. Omvänt har vintrar med mycket snö mindre djup tjäle (figur 2).

Kritiska situationer

Trots att mätserierna visar att tjälen inte påverkar vårflödet, kan andra kombinationer av väder, snö och jordkaraktärer resultera i en tjäleffekt. För att åstadkomma scenarier som är mer extrema än de som observerades, fördes därför mätresultaten från linjestudien in i en modell

kallad SOIL (figur 3). Modellen, till stor del utvecklad vid SLU, tar hänsyn till de viktigaste fysikaliska och biologiska processer som styr markens flöde av vatten och energi. Hundratal olika kombinationer av nederbörd och temperatur skapades för att se om en tjäleffekt skulle kunna uppstå. Dessa simuleringar visade att en tjäleffekt på avrinningen från skogsmark förekommer i speciella fall. Vissa kombinationer av väder och regn gav tyvavrinning på delar av modellslutningarna, men aldrig överallt samtidigt.

Ett känslighetstest visade dock att i vissa kritiska situationer kan tjälen öka avrinningen på våren. Försenas uppbyggnaden av snötäcket i början av vintern kan tjälen utvecklas kraftigare. Även en blöt höst kan leda till mycket markis på vintern som därmed hämmar infiltrationen under snösmältningen.

För att bättre kunna utvärdera modellen krävs ett bredare datamaterial. Med tillgängliga uppgifter menar vi dock att det ändå finns en viss risk för att en tjäleffekt skulle kunna uppstå. Sådana kritiska situationer är emellertid sällsynta, och i större områden reduceras sannolikheten för tydliga tjäleffekter ytterligare. En flödestopp orsakad av tjäle från några kvadratkilometer kommer inte att märkas nedströms där smältvatten ackumuleras från hundratal kvadratkilometer. Det är också ofta vid sådana stora dräneringsområden (>100 km²) som känsliga dammar och städer finns.

För att en tjäleffekt skulle bli märkbar måste en stor del av dessa områden drabbas samtidigt.

Regn på frusen mark

Det är således ändamålsenligt att inte ta hänsyn till tjälen i operationella planeringsverktyg. Dock bör det finnas en medvetenhet om att tjäleffekter kan uppkomma under speciella betingelser. Det är också viktigt att kunna förutsäga i vilka situationer som planeringsverktygens prestanda försämras på grund av tjäleffekter. En vinter med lite snö kan ge upphov till att en stor area av marken fryser djupt. Om detta område plötsligt

utsätts för mycket regn kommer stora mängder vatten att uppenbara sig nedströms. Detta skulle kunna resultera i högre flöden än förväntat, eftersom markens porer är blockerade av jordtjäle. Det går därför inte att utesluta ovälkomna överraskningar även i framtiden.

Ämnesord

Tjäle, tjäleffekt, ytavrinning, vårfod, översvämning, avrinning, dräneringsområde

Läs mer

Bishop, K., Nyberg, L., Stähli, M., Lindström, G., Mellander, P.-E. and Ot-

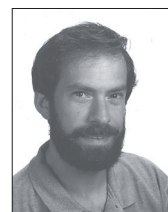
tosson-Löfvenius, M. 2000. Tjäle och avrinning från boreal skogsmark: En studie inom Vindelns försöksparke. *Skog och Trä* Rapport No. 2000:2, 25 pp.

Nyberg, L., Stähli, M., Mellander, P.-E. and Bishop, K. 2001. Soil frost effects on soil water and runoff dynamics along a boreal forest transect. 1. Field investigations. *Hydrological Processes*. 15:909–926.

Stähli, M., Nyberg, L., Mellander, P.-E., Jansson, P.-E. and Bishop, K. 2001. Soil frost effects on soil water and runoff dynamics along a boreal forest transect. 2. Simulations. *Hydrological Processes*. 15:927–941.

Lindström, G., Bishop, K., and Ottosson-Löfvenius, M. In press. Soil Frost and runoff at Svartberget, Northern Sweden – Measurements and model analysis. *Hydrological Processes*.

Författare

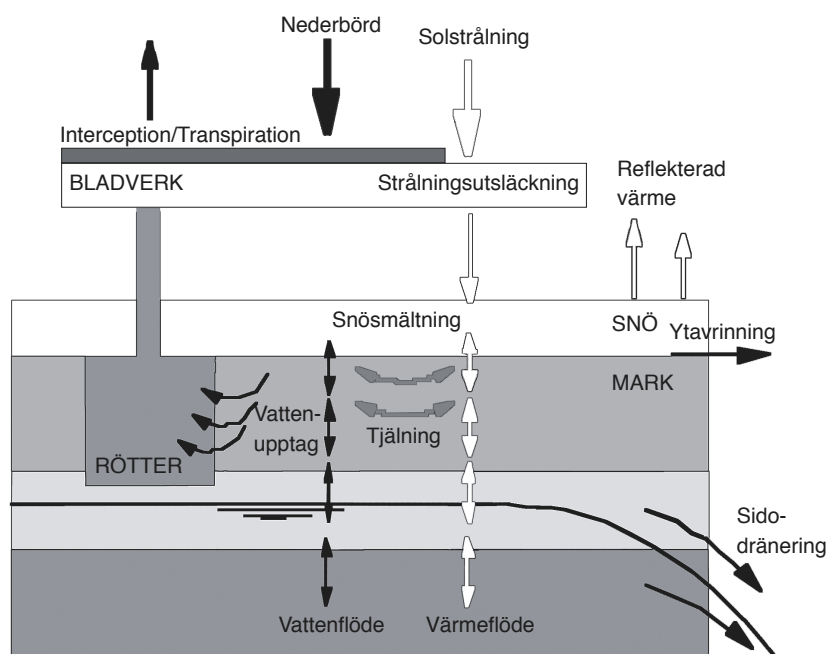


Kevin Bishop är professor vid institutionen för miljöanalys, SLU, Box 7050, 750 07 Uppsala. Tel: 018-67 31 31. Fax: 018-67 31 56. E-post: Kevin.Bishop@ma.slu.se



Göran Lindström forskar inom hydrologi vid SMHI, FoU, 601 76 Norrköping. Tel: 011-495 82 72. Fax: 011-495 80 01. E-post: Goran.Lindstrom@smhi.se

Studien är finansierad av Svenska vattenkraftsindustrins samverkansorgan HUVA via ELFORSK.



FIGUR 3. Schematisk bild över modellen SOIL och de processer som styr markens flöde av vatten och energi. En del nederbörd och solstrålning fångas upp av vegetationen utan att överhuvudtaget nå marken (interception/strålningsutsläckning). Under vintern reflekterar snötäcket viss instrålning, och markvattnet fryser och bildar tjäle. På våren smälter snön och vattnets avrinning sker sidledes antingen vid markytan eller längre ner i marken. Där tinar också tjälen och vattnet värms upp. Genom att transpirera vattenånga från bladverket, bildas ett undertryck som gör att rötterna kan ta upp vatten från marken. Svarta pilar visar vattenflöde, vita pilar värmeflöde och gråa pilar visar utbyte mellan vatten och värme.

Ansvarig utgivare:

Redaktör:

Internet:

Prenumeration, distribution och lösnúmerförsäljning

Pris:

Tryck:

Göran Hallsby, institutionen för skogsskötsel, 901 83 UMEÅ

Camilla Nilsson, SLU Informationsavdelningen, Box 7077, 750 07 UPPSALA

Telefon: 018-67 21 34 • Telefax: 018-67 35 20 • E-post: Camilla.Nilsson@info.slu.se

www.slu.se/forskning/fakta.html

SLU Publikationstjänst, Box 7075, 750 07 UPPSALA

Telefon: 018-67 11 00 • Telefax: 018-67 35 00

E-post: Publikationstjanst@slu.se

320 kr + moms

SLU Reproenheten, Uppsala, 2001

ISSN 1400-7789 © SLU

