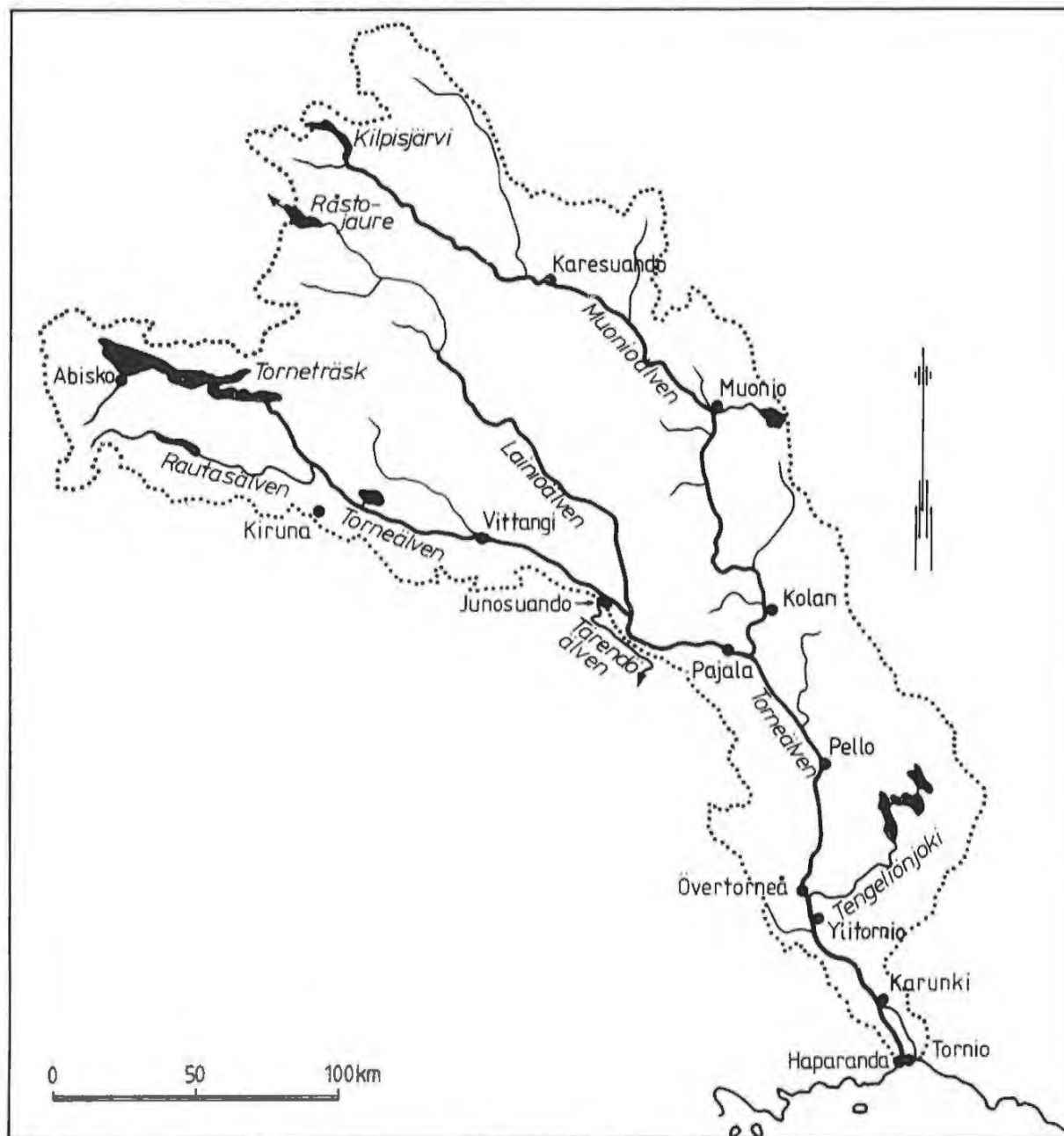




Svåra islossningar i **TORNEÄLVEN**

Förslag till skadeförebyggande åtgärder

Torneälvens avrinningsområde



Svåra islossningar i
TORNEÄLVEN

Förslag till skadeförebyggande åtgärder

Gun Zachrisson

FÖRORD

Föreliggande rapport utgör slutredovisning av det finsk-svenska samarbetsprojektet kring isproblemen i Torneälven. De förslag till skadeförebyggande åtgärder som förs fram har diskuterats med bl a företrädare för finsk och svensk räddningstjänst på olika nivåer.

Den svenska delen av projektet har finansierats av länsstyrelsen i Norrbottens län (1986/87) och statens räddningsverk (1987/88 och 1988/89). I arbetet har flera personer och institutioner deltagit:

Dokumentation av islossningar under tidigare år har bl a erhållits genom Tornedalens bibliotek och examensarbete vid Tekniska högskolan i Luleå.

I fältinsatser av olika slag har de lokala räddningskårerna, samt Haparanda lantmäteridistrikt och kommun, varit behjälpliga.

Inventeringen av skadeobjekt på svenska sidan har utförts av Thore Karlin, SMHI, med bistånd av räddningscheferna i Haparanda, Övertorneå och Pajala kommuner. Den finska sammanställningen av islossningsskador har utförts av Aapo Honka, Lapplands vatten- och miljödistrikt.

Anpassningen av den hydrologiska prognosmodellen till Torneälven har gjorts av Martin Häggström, SMHI, och Bertel Vehviläinen, Vatten- och miljöstyrelsen (VMS).

Metoder för islossningsprognoser har utvecklats av John Forsius, VMS, och Göran Granholm, Finlands akademi (islossningsstart) samt Torbjörn Jutman, SMHI (islossningens svårighetsgrad).

Anna Amrén, SMHI, har svarat för inventeringen av möjliga skadeförebyggande tekniska åtgärder samt de modellberäkningar av vattenstånd som ligger till grund för riskzonkartorna över Haparanda/Torneå. Beräkningarna har gjorts i samråd med professor Urban Svensson. Överföringen av beräknade vattenstånd till översvämningssområden har utförts av Haparanda lantmäteridistrikt och Torneå stads tekniska kontor. Lantmäteriverket i Luleå har stått för tryckningen av de färdiga riskzonkartorna.

John Forsius, VMS, har lämnat värdefull hjälp med data- och textmaterial och i kontakterna med finska myndigheter.

Layout och stora delar av renritningsarbetet har utförts av Anita Bergstrand, informationssektionen vid SMHI.

Till alla som bidragit med material och synpunkter vill jag framföra mitt varma tack.

Författaren

Innehållsförteckning

	Sid
Sammanfattning	5
1 Inledning	10
2 Torneälven - en allmän bakgrund	12
2.1 Avrinningsområdet	12
2.2 Fallhöjder	12
2.3 Geologi	13
2.4 Klimat	14
2.5 Vattenföring och vattenstånd	14
2.6 Vattentemperatur	15
2.7 Isförhållanden	16
3 Svåra islossningar	18
3.1 Islossningar i äldre tid	18
3.2 Platser där isproppar förekommit	20
3.3 De svåra islossningarna 1984-86	24
4 Faktorer som medverkar till en svår islossning	27
4.1 Allmänt	27
4.2 Svåra islossningar i relation till klimatfaktorer	27
4.3 Miljöförändringar i avrinningsområdet	28
5 Inventering av skadeobjekt	33
6 Observationer och prognoser	40
6.1 Allmänt	40
6.2 Väderobservationer och -prognoser	40
6.3 Observationer och prognoser av vattenföring	40
6.4 Observationer av vattentemperatur	41
6.5 Isobservationer i Torneälven	41
6.6 Havsisobservationer och -prognoser	43
6.7 Observationer och prognoser av havsvattenstånd	43
6.8 Speciella isprognoser	43
7 Det operationella prognossystemet	47
7.1 Innehåll och syfte	47
7.2 Prognossystemet - en beskrivning	47
7.3 Ansvarsfördelning och distributionsvägar	50
8 Skadeförebyggande tekniska åtgärder	52
8.1 Inledning	52
8.2 Möjliga tekniska åtgärder	52
8.3 Förslag till åtgärder i Torneälven	55
9 Riskzonkartering	58
9.1 Erfarenheter av riskzonkartering i Kanada	58
9.2 Riskzonkartering för Torneälven	58
9.3 Riskzonkartering för Haparanda/Torneå	58
9.4 Användning av riskzonkartorna	60
10 Den fortsatta verksamheten	62
10.1 Ansvarsfördelning	62
10.2 Utbildning	62
10.3 Behov av ytterligare studier	63
10.4 Finansiering	63
Referenser	64

Sammanfattning

Bakgrund

Efter den svåra islossningen i Torneälven 1984 inleddes diskussioner om möjliga åtgärder för att minska skadeverkningarna av svåra islossningar i framtiden. Ett förslag till treårsprojekt lades fram av SMHI och Vatten- och miljöstyrelsen (VMS) gemensamt (se figur 1.1). Syftet var att ta fram ett åtgärdsprogram omfattande dels ett prognos- och varningssystem för vårflod och issituation, dels förslag till skadeförebyggande tekniska åtgärder. Projektet startade formellt våren 1986 sedan medel för den svenska delen av arbetet ställts till förfogande av Civildepartementet. Från 1987/88 har Statens Räddningsverk svarat för finansieringen av de svenska insatserna. Den finska delen av projektet har bedrivits inom ramen för Vatten- och miljöstyrelsens ordinarie verksamhet.

Resultaten av verksamheten under de gångna tre åren presenteras i föreliggande förslag till åtgärdsprogram.

Arbetsgång

En grundläggande del av arbetet har bestått i att anpassa en hydrologisk prognosmodell för Torneälven. En uppdelning måste då göras av det stora avrinningsområdet i 14 delområden. Prognosmodellen gör det möjligt att förutsäga vårflodens utveckling i olika punkter längs älven. Vårfloden är en nyckelfaktor eftersom den i allmänhet styr islossningen. Den hydrologiska prognosmodellen har kompletterats med modeller för islossningsprognoser (tidpunkt och svårighetsgrad).

Prognoserna baserar sig bl a på observationer inom området. Förutom SMHIs och VMSs reguljära observationer har följande mätverksamhet, initierad via projektet, utnyttjats:

- telefonsvarande peglar ("fröken Vattenstånd") har installerats på tre platser (Pajala, Matkakoski, Sangisälven - en grannälv)
- speciella ismätningar har sedan 1985 genomförts av den lokala räddningstjänsten.

Vidare har i mars 1988 ismätningar utförts av SMHI nedanför vissa forsar och djupförhållandena i mynningsområdet preliminärt karterats. De förebyggande tekniska åtgärder som föreslås i denna rapport bygger bl a på erfarenheter av bekämpande av isproblem i USA och Kanada. Ett annat betydelsefullt underlag är de inventeringar av skadeobjekt som genomförts längs älven.

Ett viktigt led i arbete har varit möten och diskussioner med intressenterna, i första hand

räddningstjänsten på olika nivåer. Tekniska högskolan i Luleå har engagerats i arbetet genom två examensarbeten. Denna form av samarbete har tyvärr givit ett begränsat utbyte.

Något om Torneälven

Torneälven, med biflödet Muonioälven, utgör gräns mellan Finland och Sverige. Avrinningsområdet är stort (34.500 km²) och omfattar olika naturtyper: kalfjäll i nordväst, vidsträckt myrmarker i mellanområdet och en bred, låglänt kustzon i det nedre loppet. Här finns två långa selsträckor. Torneälven är sjöfattig men rik på forsar; många dock små.

Det område som omfattas av åtgärdsprogrammet sträcker sig från Haparanda/Torneå till Muonio i norr och i nordväst Lovikka i huvudälven och Kangosfors i Lainioälven.

Problemet

Torneälven är känd för sina islossningar som då och då får ett katastrofartat förlopp. Legendärisk är islossningen 1677 genom den målade beskrivning av skadeverkningarna som ges i Keksis kväde. Av islossningarna under 1900-talet brukar följande år räknas som ovanligt besvärliga: 1922, 1934, 1944, 1964 och 1971. Därtill kommer de svåra islossningarna 1984, 1985 och 1986.

Skadorna under islossningen beror på isproppar som dämmer upp vattnet och orsakar översvämningar. När ispropparna lossnar bärs isflaken iväg med det uppdämda vattnet och kan då med stor kraft träffa t ex byggnader.

Varför bildas isproppar?

Isproppar bildas när isflak som kommit i rörelse vid islossningen stoppas upp och brötar sig. Älvkrökar och förträngningar, öar och grund är vanliga isproppsställen. I Torneälven hittar man många isproppslägen nedanför forsar. Här är isen ofta förtjockad, både av issörja från forsen som packats under istäcket och av vatten som runnit ovanpå isen och frusit till. I Torneälvens mynningsområde kan älvisen bröta sig mot den fasta skärgårdsisen som i regel går upp senare än i älven.

Några orsaker till svåra islossningar

Hur islossningen blir beror på vädret. Svåra islossningar inträffar när vårvarmen kommer plötsligt. Då har inte isen hunnit försvagas av solstrålning och smältning. Vattenståndet stiger snabbt och bryter loss isen från stränderna. Ovanligt tjocka isar kan också vara en riskfaktor

om de samtidigt är starka. Kommer vårfloden sent och lugnt blir det i allmänhet inga isproblem.

Att flera svåra islossningar inträffat under 1980-talet kan bero på flera faktorer. Klimatet har förändrats så att Tornedalen fått avsevärt kallare vintrar jämfört med det varma 30-talet. Detta kan ha medverkat till att isarna blivit tjockare. Samtidigt har vårarna blivit varmare. Vattenståndet dagarna före islossningen har ökat snabbare under senare år. Detta kan sammanhålla med att kontrasten mellan vinter och vår blivit större. Men ytterligare två faktorer kan ha bidragit. För det första har man under 1970-talet rivit bort ett stort antal dammar i biflödena som under flottningstiden (tom 1971) hjälpte till att försena vårflodsstarten i huvudälven. För det andra bedrivs inom avrinningsområdet ett omfattande skogsbruk som under de senaste decennierna blivit mer storskaligt med bl a ett ökande inslag av stora kalhyggen och skogsdikning.

Platser med isproblem

Inventeringar av kända skadeobjekt har gjorts på båda sidor av älven. Resultaten framgår av översiktskartan i figur 9.3 som visar inom vilka älvavsnitt skador rapporterats. Skadekostnaderna uppgick 1984 till 2 / 2.6, 1985: 3.5 / 2.4 och 1986: 2.5 / 0.6 milj SEK rep FIM, där de finska siffrorna enbart avser byggnader.

Åtgärder för att minska skadeverkningarna av svåra islossningar

Åtgärdsprogrammet mot islossningsskador omfattar tre moment:

1. Prognoser och varningar för att ge räddningstjänsten och allmänheten tid till förberedelser inför väntade problem.
2. Tekniska åtgärder för att lindra islossningen och skydda skadeobjekt
3. Riskzonkartering för att ge underlag för den på sikt mest effektiva förebyggande åtgärden: att undvika bebyggelse inom områden med risk för översvämning.

Prognossystemet (se avsnitt 7) bygger på väderprognoser som ger underlag för vårflodsprognoserna. Dessa är i sin tur en del av underlaget för islossningsprognoserna som omfattar startdag och svårighetsgrad. Därutöver består prognossystemet av observationer av olika slag (se avsnitt 6). Under en svår islossning kan speciella bedömningar och prognoser krävas, tex av havsisens tillstånd. (Metoder för isproppsprognoser saknas, men frågan ägnas stort internationellt intresse). Genom återkommande utvärdering i samråd med nyttjarna kan prognossystemet utvecklas och förbättras.

De tekniska åtgärder som står till buds (se

avsnitt 8) gäller förändringar beträffande älven, isen eller skadeobjekten. Islossningsförloppet kan inte ändras helt (skulle kräva totalreglering av hela älven) men vissa lokala förbättringar kan nås. Inga åtgärder hjälper dock mot de mest extrema situationerna.

Som grund för förslagen till tekniska åtgärder i Torneälven har följande filosofi tillämpats:

- Haparanda/Torneå är i särklass mest skyddsvärda. Här bör en kombination av åtgärder sättas in, riktade mot det bromsande istäcket i mynningen, mot uppgrundningen av mynningsområdet, mot istillförseln uppströmsifrån och mot skadeobjekten (se figur 1 och tabell 1).
- Vid älven i övrigt är skadeobjekten spridda och kan i regel inte motivera kostsamma lokala åtgärder, typ rensningar av älvfåran (också tveksamt med tanke på skadeobjekt längre ner i älven). Det är också svårt att göra något åt de speciella isförhållanden som råder nedanför forsarna där isproppar ju ofta bildas. Effektivast är att satsa på åtgärder för att skydda skadeobjekten, tex höjning eller flyttning av vägar eller hus. Skyddsvallar kan vara motiverade i vissa fall.
- Den generella åtgärden att återuppföra ett antal av de nu bortrivna flottningsdammarna i biflödena bör utredas. Den dämpning av vårflodsstarten som härigenom kan uppnås skulle vara gynnsam för islossningen i hela älven. Det finns dessutom möjligheter att utnyttja en del av dammarna för kraftproduktion.

Riskzonkartor (se avsnitt 9) har tagits fram med två ambitionsnivåer:

- 1) en översiktskarta för hela älven baserad på skadeinventeringarna och
- 2) detaljerade kartor för Haparanda/Torneå baserade på modellberäkningar av vattenståndet från mynningen och 8 km uppåt i älven. Både isfri tid och situationer med ispropp har simulerats. Dessa kartor återfinns sist i rapporten.

Riskzonkartorna är avsedda att utnyttjas som planeringsunderlag och information för att styra nybebyggelse bort från riskområdena.

Den fortsatta verksamheten

Ansvar för att föreslagna åtgärder genomförs är fördelat på flera. SMHI svarar tillsammans med Vatten- och miljöstyrelsen för driften av prognossystemet. Här medverkar också den lokala räddningstjänsten.

Under en svår islossning finns behov av övergripande bedömningar av isläget, insamling av specialobservationer och samråd. För detta behövs en central ledningsfunktion vid älven. 1985 inrättades en svensk ledningscentral i Övertorneå. Frågan om den centrala led-

Figur 1 (Siffrorna återfinns i tabell 1 och tabell 8.1)

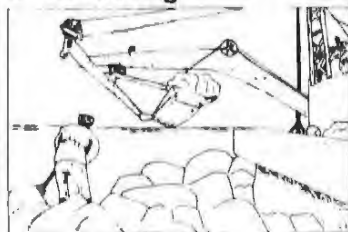
Skala 1:500
0 1 2 km

Förslag till skadeförebyggande tekniska åtgärder i nedre delen av Torneälven

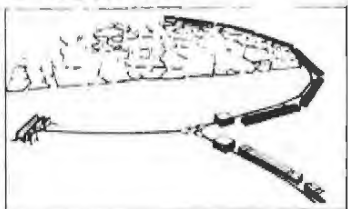
1 Reglering av biflöden
(generell åtgärd, gynnsam för hela älven)

2 Förbildningskanaler

3 Muddring

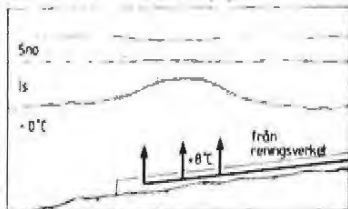


4 Isbommar

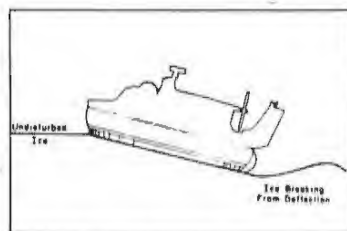


5 Snöröjning/sandning

6 Värmeutsläpp



7 Isbrytning (svävare)



8 Sprängning

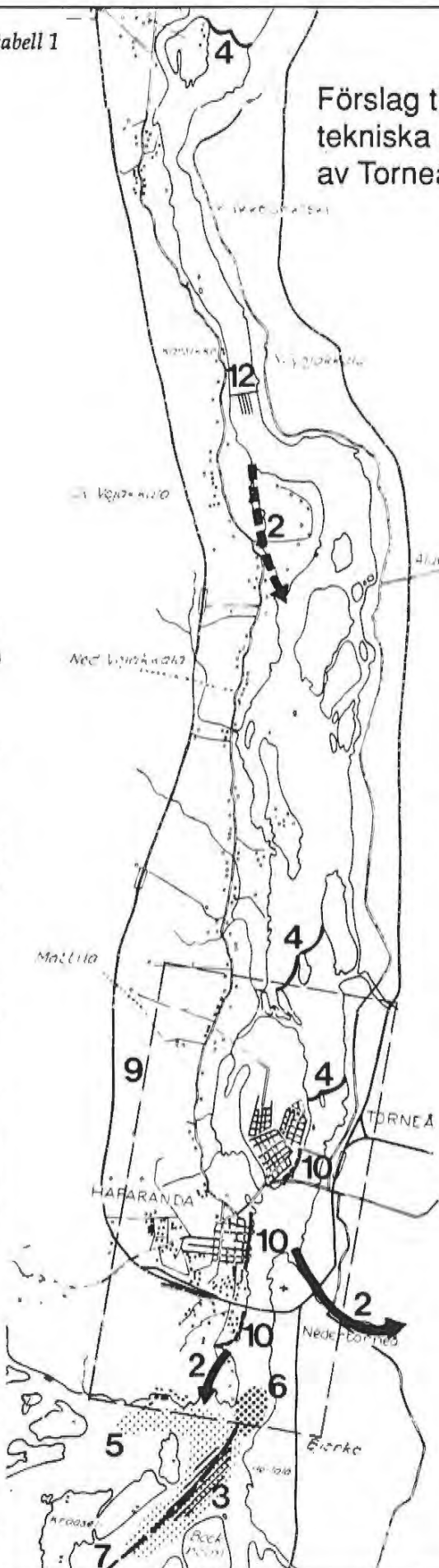
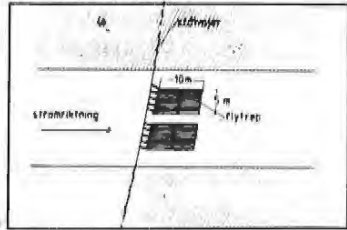
9 Riskzonkartering
(underlag för markanvändningsplanering)



10 Invallningar

11 Flytta/höja skadeobjekt

12 Kravisnät



Tabell 1. Prioritering av tekniska åtgärder vid Haparanda

	Åtgärd	Kostnad	Effektivitet	Rekommen- dation	Ansvar	Prior.
1	Reglering av biflöden	Mkt stor	Ber på omfattr	Utredes	Centralt	I
2	Förbiledning	Mkt stor	Rel god	Utredes	Komm	III
3	Muddring i mynn	Stor	God	Genomföres	Centralt	I
4	Isbommar	Rel stor	God	Lägen rekogn	VMS	II
5	Snöröjning/sandn (mynn omr)	Rel låg	God (om ej snöfall)	Snöröjn provas	VMS	I
6	Värmeutsläpp	Rel stor	God	Utredes	Komm	II
7	Isbrytning i mynn	Rel låg	Mycket god	Bör utnyttjas om svävare finns	Räddn ledn	(I)
8	Sprängning	Rel låg	God	Utnyttjas före- byggande	Räddn ledn	II
9	Riskzonkartor		Mycket god (på sikt)	Bör utnyttjas	Komm	I
10	Invallningar	Mkt stor	God	Utredes	Komm	III
11	Flyttning/höjning av skadeobjekt	Varierande	God	Utredes	Komm	I
	För Vojakkala:					
12	Kravisnät	låg	Rel god	Prövas vid Kukkolaforsen	VMS	II

(Siffrorna i vänstra kolumnen hänför sig till figur 1 och tabell 8.2)

ningsfunktionen i krislägen, bl a försörjningen med hydrologiskt beslutsunderlag och samordningen över riksgården, bör närmare övervägas inom räddningstjänsten.

Frågan om lokala tekniska åtgärder måste förståttningsvis drivas av berörda kommuner i samråd med grannkommuner och Gränsälvs-kommissionen. Övergripande frågor, t ex förslaget om reglering av biflöden, kräver medverkan av regionala och centrala organ.

Användningen av riskzonkartorna i bebyggelseplaneringen är en självklar kommunal uppgift. Hit hör också att på olika sätt informera om översvämningsrisker.

Skadeförebyggande insatser under en issäsong innefattar, förutom prognossystemet, sådana tekniska åtgärder som måste upprepas varje år. Utvärderingen av prognoser och övriga aktiviteter är viktig för kunskapsuppbyggnaden och utvecklingen av åtgärdsprogrammet (se figur 2).

Den lokala räddningstjänsten förutsätts medverka i prognossystemet med bl a is- och vattenståndsobservationer. Räddningstjänsten ska också tolka och tillämpa information från prognossystemet. För dessa uppgifter behövs kunskaper om observationsmetoder och prognos-användning. Återkommande utbildning bör anordnas för att täcka detta behov.

Fundamentala kunskapsluckor finns när det gäller islossningsförloppet, speciellt isproppsrörelser. Frågan ägnas stort internationellt intresse. För att förbättra kunskapsläget för Torneälven föreslås ett finsk-svenskt isforskningsprogram.

Finansiering

Prognossystemets fortsatta drift föreslås ingå i den ordinarie prognosverksamheten vid SMHI och Vatten- och miljöstyrelsen. Härvid krävs att SMHI får utökade resurser i enlighet med förslaget till utbyggd hydrologisk prognos- och varningstjänst (ref 30).

För de tekniska åtgärderna finns flera tänkbara finansieringsmöjligheter. Stora finsk-svenska projekt kan realiseras genom regeringsbeslut. För större åtgärder på svenska sidan kan medel sökas hos räddningsverket. Enklare åtgärder bör kunna bekostas av kommunerna. På finska sidan har vattendistriktet ett särskilt ansvar och särskilda resurser för praktiska insatser.

Frågan om reglering av biflöden berör flera myndigheter som bör deltaga både i utredning och finansiering. Om projektet kopplas till vattenkraftutnyttjande får man också en viss intäkt.

Figur 2 Exempel på skadeförebyggande aktiviteter under "isåret"

Tidpunkt	Tid	Aktivitet	Ansvar
Före isläggning		Bommar läggs ut där man vill hålla kvar is eller underlätta isläggning (även kravisnät)	Lokalt
Vinter		Isobservationer för att upptäcka ev problemavsnitt	Lokalt
Början april		Plogning eller sandning vid tjocka isar för att underlätta islossning	Lokalt (även VMS)
Medio april		Meddelanden inför islossningen: väder, snödjup, istjocklek, havsisläge m m	SMHI/VMS
Ca 1 vecka före islossning		Prognoser över vårflod och islossning (startdag + svårighet)	SMHI/VMS
Islossningsperioden		Prognoser vid behov: - vårflod - islossningsförlopp (bedömn) + väder, havsis m m Vid svår islossning: Akutinsatser (isbrytning, sprängning, tillf vallar, varningar) Underlag för beslut: - observationer vid ispropp (vattenstånd) - bedömningar av konsekvenser av åtgärder	SMHI/VMS
Efter islossning		Utvärdering för kunskapsuppbyggnad och utveckling av prognossystemet och åtgärdsprogrammet Erfarenheter av islossningen 199X * islossningsförloppet * prognoserna * tekniska åtgärder	Samråd

Det föreslagna isforskningsprogrammet skulle delvis kunna finansieras via det förslag till svenskt forskningsprogram rörande över-
svämningar som nyligen lagts fram av SMHI

(ref 31). I övrigt kan finansiering ske från många källor: forskningsråd, fonder och deltagande institutioner.

1. Inledning

1.1 Bakgrund

1984 års islossning, den svåraste på många år, kom att bli upptakten till det arbete som redovisas i denna rapport. På hösten 1984 tog SMHI och dess finska motsvarighet, dåvarande Vattenstyrelsen, initiativet till ett möte i Haparanda angående isproblemen i Torneälven, speciellt möjligheterna till prognosstöd åt räddningstjänsten och skadeförebyggande åtgärder. Till mötet hade inbjudits företrädare för räddningstjänsten, militära organ och andra myndigheter på båda sidor om älven.

Mötet utmynnade i en arbetsplan, syftande till ett åtgärdsprogram för att minska skadeverkningarna av svåra islossningar i älven. Arbetsplanen, som sträcker sig över tre år, omfattar dels framtagning av ett prognos- och varningssystem, dels förslag till förebyggande tekniska åtgärder (se figur 1.1).

Projektet startade formellt våren 1986, sedan medel för den svenska delen av arbetet beviljats av Civildepartementet. 1 juli 1987 övertogs finansieringsansvaret av det nybildade Statens Räddningsverk. Den finska delen av arbetet har utförts inom ramen för Vatten- och miljöstyrelsens ordinarie verksamhet.

1.2 Arbetets genomförande

Grunden för arbetet är studierna av orsakssamband (mom. A.1 arbetsplanen) mellan islossningsförloppet och de faktorer som påverkar detta, främst väder- och vattenförhållanden (se vidare avsnitt 4).

Ett omfattande arbete av grundläggande betydelse har varit anpassningen av den hydrologiska prognosmodellen (mom. A.2) till Torneälvens avrinningsområde (se avsnitt 6.). Med denna modell kan vårfloedsprognoser göras för ett antal punkter i älvsystemet. Eftersom vårfloeden initierar islossningen är vårfloedsprognoserna nödvändiga som underlag för islossningsprognoserna. Metodik för prognos av islossningsdag och svårighetsgrad har tagits fram inom projektet (se avsnitt 6.8).

Vårfloedsprognoserna bygger på väderprognoser och observationer inom Torneälvsområdet. Förutom SMHIs och Vatten- och miljöstyrelsens reguljära observationer har särskilda mätaktiviteter pågått:

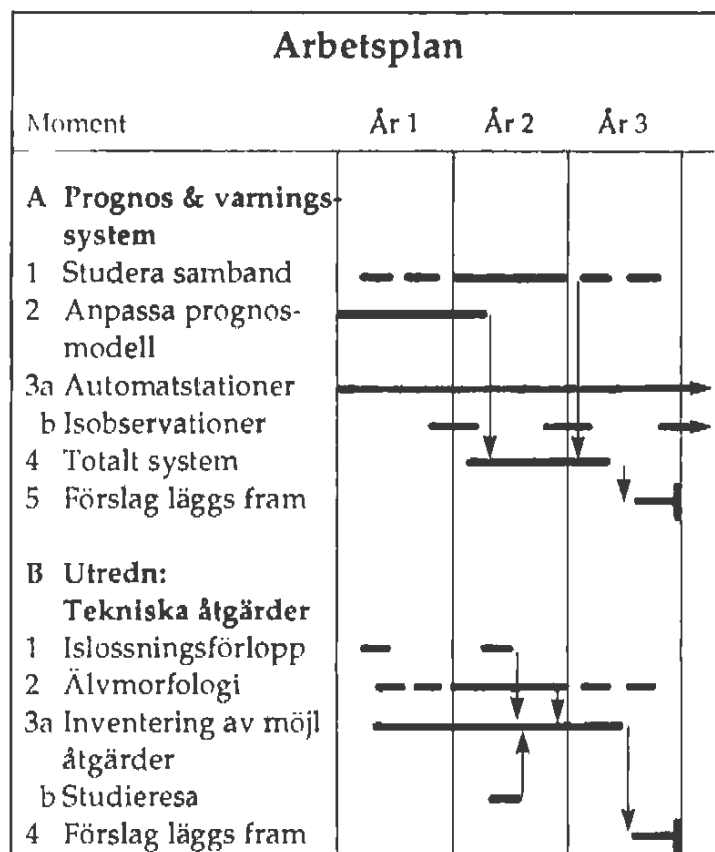
- telefonsvarande peglar/automatstationer (mom. A.3a) finns nu på tre platser: Pajala och Matkakoski sedan 1986 samt Sangisälven (en grannälv till Torneälven, representativ för den lokala tillrinningen till nedre delen av älven) sedan 1987.
- särskilda isobservationer och -mätningar (mom. A.3.b), framför allt vid kända isproppslägen, har genomförts av den lokala räddningstjänsten sedan senvintern 1985.

Observationer och prognoser utgör, tillsammans med bedömningar och samråd, innehållet i det totala prognossystemet (mom. A.4, se avsnitt 7).

Islossningsförloppet (mom. B.1) har studerats på platsen av SMHI vid tre tillfällen, våren 1985-87. Dokumentation har skett genom iskartläggning (1987 från luften) och rekognoscering av isproppslägen (se avsnitt 3).

Älvmorfologin (mom. B.1) har främst studerats i nedre delen av älven och i mynningsområdet, där en provisorisk djupkarta upprättats (se figur 3.10). Uppgifter om djupförhållandena vid vissa isproppslägen har inhämtats genom den lokala räddningstjänstens mätningar.

Inventeringen av möjliga tekniska åtgärder (mom. B.3a) grundar sig främst på erfarenheter av förebyggande insatser mot isproblem i Kanada och USA (se vidare ref. 23 och avsnitt 8). Någon studieresa (mom. B.3b) har inte företagits inom ramen för detta projekt. SMHI har dock i andra sammanhang kontakter med före-



Figur 1.1 Ursprunglig arbetsplan enligt SMHIs ansökan till regeringen 1985-03-14

trädare för tillämpad isforskning på många håll i världen.

De förslag om förebyggande tekniska åtgärder som förs fram i denna rapport bygger också på inventeringar av skadeobjekt på båda sidor av älven (se avsnitt 5) och på beskrivningar av isproppslägen (se avsnitt 3.2).

Riskzoner för översvämning, baserade på inventeringarna av skadeobjekt och isproppslägen, redovisas översiktligt i figur 9.3. För Haparanda/Torneå har en särskild, storskalig (1:20.000) riskzonkarta tagits fram. Härvid har utnyttjats modellberäkningar av vattenståndet från älvmynningen och ca 8 km uppströms vid olika vattenförlingar och under isfria resp isproppspåverkade förhållanden. Haparanda lantmäteridistrikt har svarat för fältmätningar, delvis med assistans av kommunen, och har också lagt in de beräknade vattenstånden på kartan. Kartorna har tryckts vid lantmäteriverket i Luleå på verkets bekostnad.

Under arbetets gång har kontakter och samråd förekommit med räddningstjänsten på olika nivåer: räddningsverket, länsstyrelsen och berörda kommuner. Resultat och arbetsinriktning har diskuterats vid möten där företrädare för olika intressenter deltagit (t ex polis, militär, vägförvaltning). Försök har gjorts att engagera Luleå tekniska högskola i projektet via två examensarbeten med inriktning på isproblemen i Torneälven. Tyvärr har resultaten, bl a av tids-skäl, i mycket liten grad kunnat nyttiggöras i projektet.

2. Torneälven - en allmän bakgrund

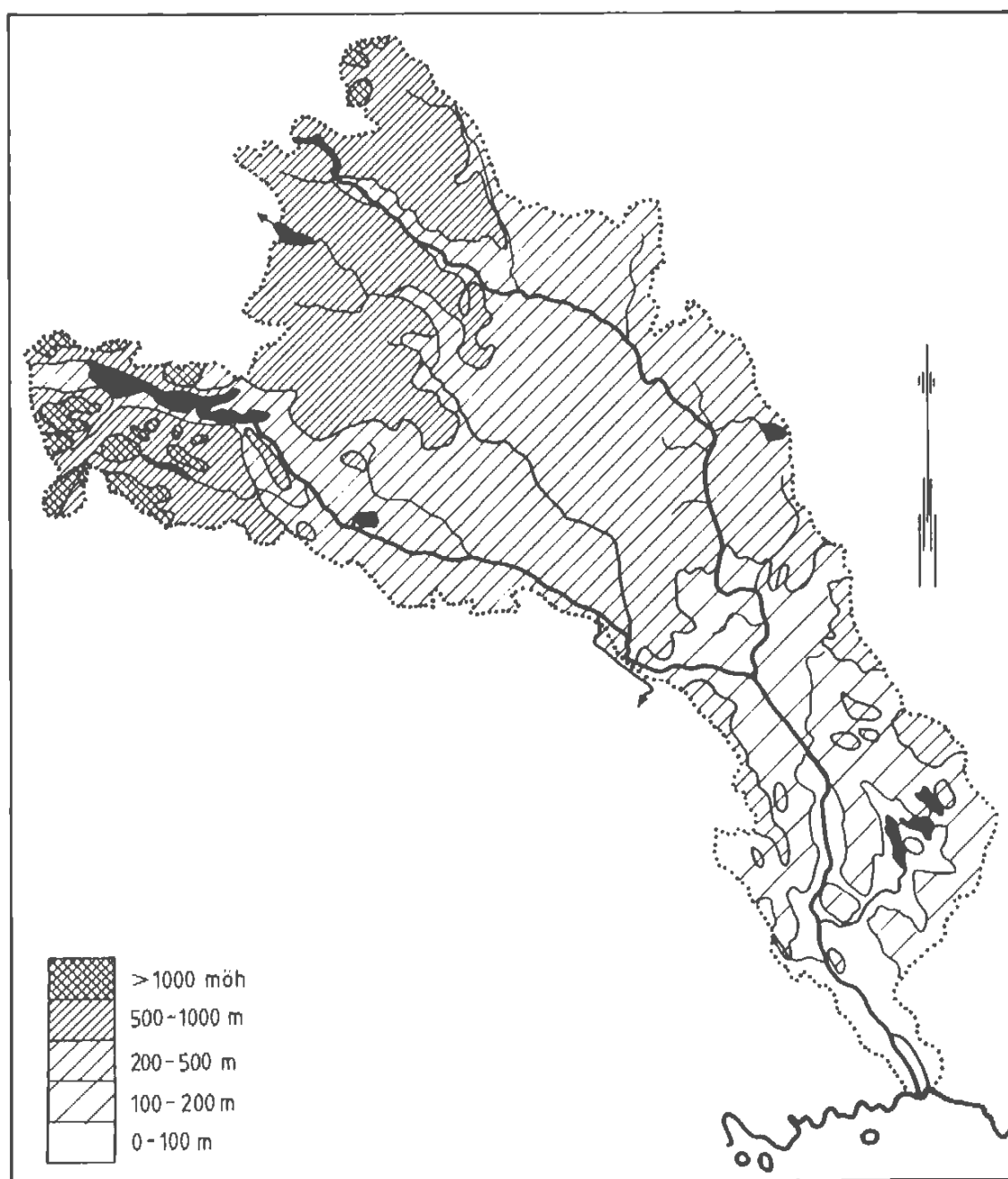
2.1 Avrinningsområdet

Torneälven, som tillsammans med Muonioälven och Könkämäälven utgör gräns mellan Finland och Sverige, sträcker sig från fjällkedjan i nordväst till Bottenviken, en sträcka av ca 57 mil. Avrinningsområdet omfattar vid mynningen i havet ca 34 500 km². (Vid Tarendöbifurkationen, som leder en del av Torneälvens vatten till Kalixälven, har då 57 % av avrinningsområdet ovanför räknats bort). Ca 14 500 km² av området ligger i Finland och 350 km² i Norge.

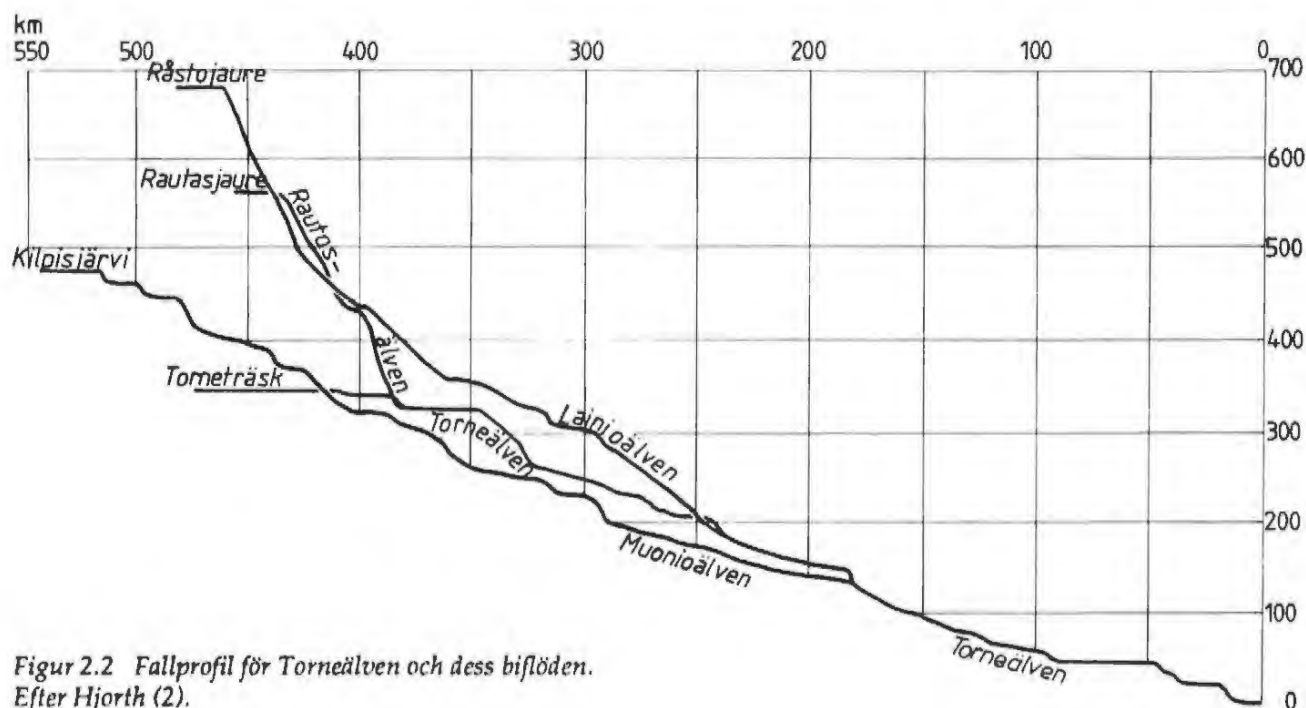
Högfjällsområdet utgör endast en liten del av avrinningsområdet; större delen består av relativt flack och låglänt terräng. Avrinningsområdet och dess höjdförhållanden framgår av figur 2.1.

2.2 Fallhöjder

Torneälvens medellutning är liten: på de ca 40 milen från Torneträsk till havet faller älven bara 340 m. Biflödena Lainioälven och Rautasälven är betydligt brantare, medan Muonioälven har



Figur 2.1 Torneälvens avrinningsområde med höjdförhållanden. Efter Hjorth (2).



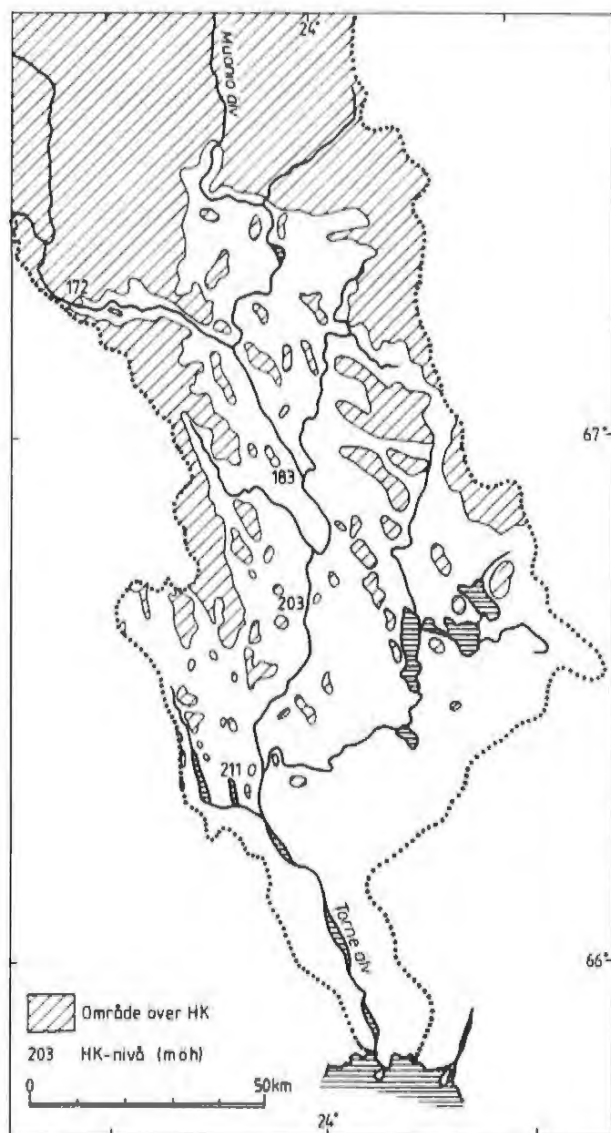
Figur 2.2 Fallprofil för Torneälven och dess biflöden. Efter Hjorth (2).

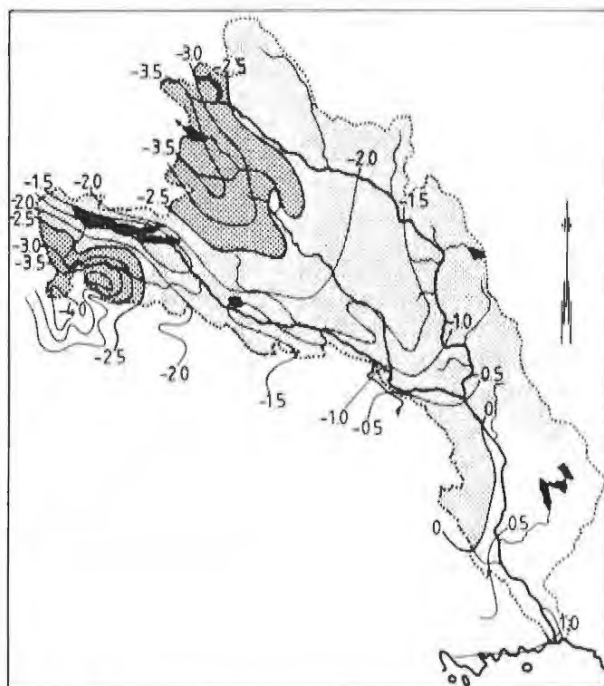
en måttlig lutning. Fallprofilerna återges i stora drag i figur 2.2. I sin mellersta del är Torneälven rik på strömmar och forsar, utan mellanliggande sel. I den nedre delen finns två långa selsträckor, Hietaniemiselet och Karungiträsket, belägna ovanför de stora forsarna Vuento-Matkakoski resp Kukkolaforseen. Genom den pågående landhöjningen (ca 0.9 cm/år vid Haparanda) flyttas älvmynnningen successivt nedströms (jfr figur 3.9).

2.3 Geologi

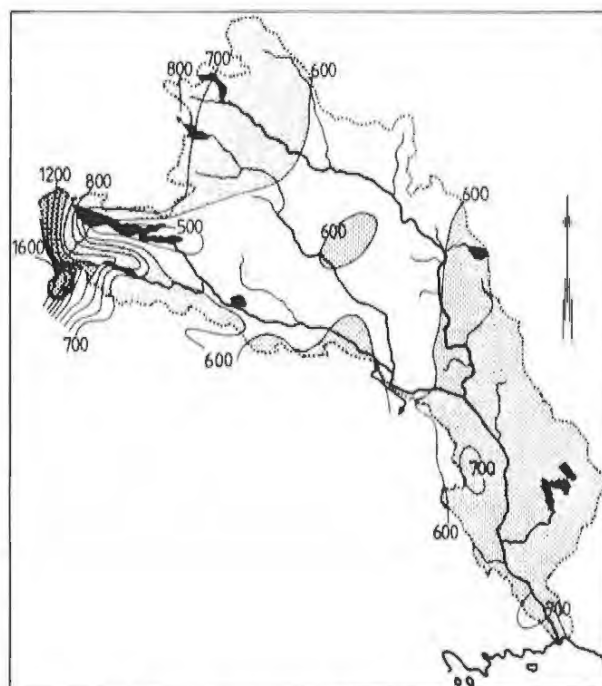
I geologiskt hänseende finns en markerad skillnad mellan den nedre delen av avrinningsområdet, som efter den senaste nedisningen varit täckt av havet, och resten av området. Den forntida havsfjorden sträckte sig som längst till trakten av Lainioälvens inflöde i Torneälven, och spår av den gamla strandlinjen återfinns på flera håll, bl a på berget Aavasaksa vid Övertorneå på ca 200 m höjd. Läget för den högsta kustlinjen framgår av figur 2.3. De lösa jordarterna består mestadels av morän. Inom de områden som varit täckta av havet finns dock vidsträckta sand- och leravlagringar, som älven senare skurit sig ner i och omlagrat. Genom erosion och transport av bottenmaterial har de deltabildningar med sandbankar bildats, som man nu kan se, t ex i Hietaniemiselet. I nedersta delen av älven sker en kraftig djuperosion då älvmynnningen, till följd av landhöjningen, förskjutits nedströms.

Figur 2.3 Högsta kustlinjen inom Torneälvens avrinningsområde. Efter Hjorth (2).





Figur 2.4 Årsmedeltemperatur (°C) 1951-80.



Figur 2.5 Årsnederbörd (mm) 1951-80.

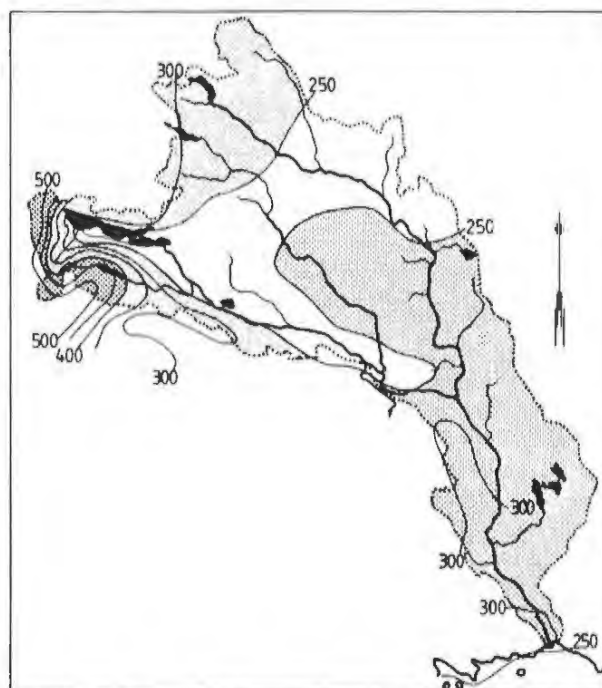
2.4 Klimat

Som framgår av figur 2.4 avtar årsmedeltemperaturen från ca +1 °C vid kusten till ca -3.5 längst i nordväst. Kring Torneträsk är klimatet något mildare.

Årsnederbörden (korrigerad för bl a vindförluster i mätaren) uppgår inom stora delar av avrinningsområdet till 600 å 700 mm. Kring Torneträsk och i de inre delarna av området faller mindre än 600 mm. Inom högfjällsområdet längst i väster överstiger årsnederbörden 1000 mm (se figur 2.5). Inomot hälften av nederbörden faller som snö (se figur 2.6). Antalet dagar med sammanhängande snötäcke ökar normalt från ca 175 vid Bottenviken till ca 225 i fjälltrakterna. Det maximala snödjupet har i Haparanda och Pajala varierat mellan 35 och 125 cm, med 80 cm som genomsnitt. I fjällkedjan är snödjup på mer än 100 cm normala. Vanligen är snötäcket helt avsmält i Haparanda den 7 maj och i Pajala den 15 maj.

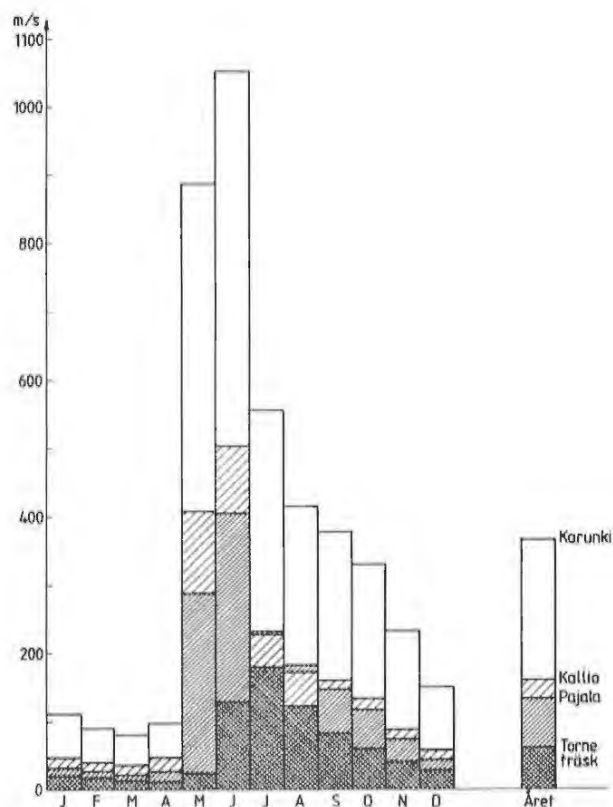
2.5 Vattenföring och vattenstånd

Torneälvens medelvattenföring är vid Karunki ca 370 m³/s. På grund av att en del vatten avleds från Karungiträsket via Liakanjoki blir vattenföringen vid mynningen i Haparanda något lägre. Månadsmedelvattenföringen under perioden 1941-70 för några stationer i Torneälven och Muonioälven framgår av figur 2.7. I de nedre och mellersta delarna av avrinningsområdet kulminerar vattenföringen i juni; vid Torneträsk kommer vårfloden först i juli. Under vintern minskar vattenföringen för att nå ett minimum strax innan snösmältningen.



Figur 2.6 Snönederbörd under dret (mm vatten). Medeltal för perioden 1941-70.

Betraktar man vårflodsutvecklingen dag för dag finner man att flera flödestoppar i regel inträffar i maj-juni beroende på tidsskillnader i avsmältningsförloppen i de övre och nedre delarna av avrinningsområdet. I figur 2.8 visas som exempel diagram med den dagligen observerade vattenföringen vid Karunki under vårflodsperioden åren 1965 och 1968. Våren 1965 inträffade en markerad första topp i maj, följt av en senare topp i juni i samband med den sk fjällfloden. 1968 saknades den första toppen och



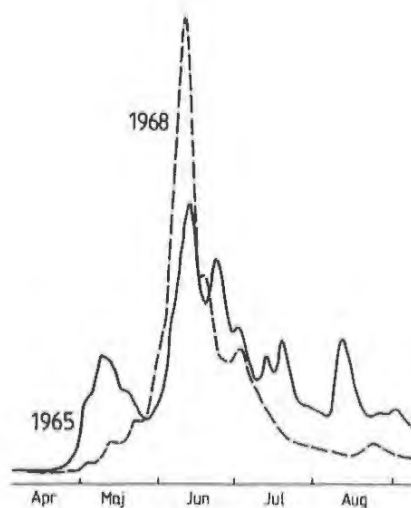
Figur 2.7 Vattenförling, månads- och årsmedelvärden. Medeltal för perioden 1941-70.

hela vårfloden koncentrerades till ett extremt flöde i juni, det hittills högsta uppmätta: 3 667 m³/s den 11 juni vid Karunki.

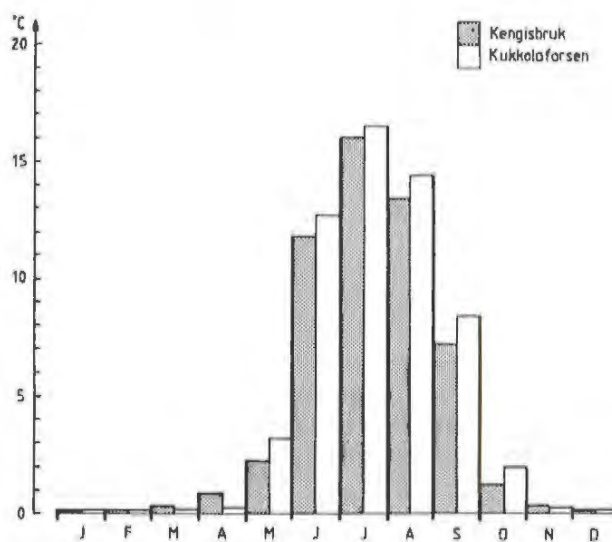
Under vårfloden ökar vattenståndet, en viktig faktor vid islossningen. En viss ökning i vattenförling kan dock ge olika utslag i vattenståndet beroende på älvens geometri: där stränderna är branta stiger vattenståndet betydligt mer än vid flacka stränder. Vattenståndet påverkas också av isen och kan i samband med isproppar nå extrema nivåer.

2.6 Vattentemperatur

Vattentemperaturen i Torneälven är under vintern, dvs under perioden november-april, nära 0 °C. Under försommaren sker en snabb uppvärmning av vattnet och under hösten en något långsammare avkylning. Månadsmedelvärden av vattentemperaturen vid Kengisbruk nedanför Pajala och vid Kukkola i det nedre loppet framgår av figur 2.9. Temperaturen vid Kukkola är under hela sommarhalvåret något högre



Figur 2.8 Vattenförling vid Karunki, dygnsvärden april-september 1965 och 1968.

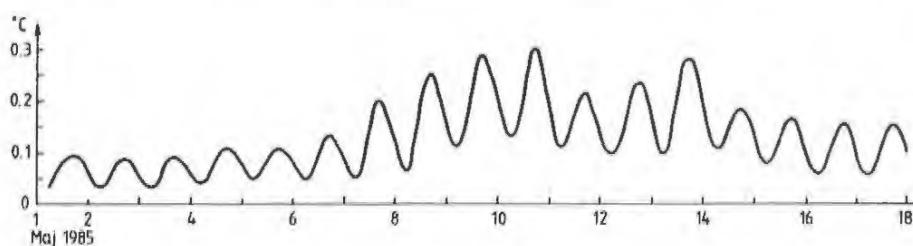


Figur 2.9 Vattentemperatur, månadsmedelvärden för perioden 1976-87.

än vid Kengis, vilket sammanhänger med motsvarande skillnad i lufttemperatur.

Vattentemperaturen visar, under isfri tid, en utpräglad variation under dygnet, beroende på meteorologiska förhållanden. I samband med islossningen 1985 mättes vattentemperaturen vid Kengisbruk två gånger dagligen, morgon och eftermiddag, varvid en dygnsvariation på ett par tionedels grader kunde konstateras (se figur 2.10).

Figur 2.10 Vattentemperatur, dygnsvariationer enligt observationer morgon och eftermiddag vid Kengisbruk i maj 1985.



2.7 Isförhållanden

Isläggningen i Torneälven sker vid starkt varierende tidpunkter, vilket visar sig både när man jämför olika platser och olika år. I de övre delarna av det område vi studerar här, t ex vid Junosuando och Muonio, sker isläggning i slutet av oktober, men lika tidigt blir Karungiträsket istäckt. Isläggningens förlopp styrs i hög grad av lokala förhållanden; ju större vattenhastighet, desto senare isläggning. De stora forsarna går öppna hela vintern. I regel sker dock isläggning i den nedre delen av älven kring mitten av november. Som tidigast har isläggningen här ägt rum i mitten av oktober, senast på sina håll långt in i december eller i början av januari.

Att forsarna går öppna på vintern har stor betydelse för isförhållandena vid dessa. I kyligt väder blir vattnet i forsarna underkylt, och iskristaller, s k kravis, bildas inuti vattenmassan. Ispartiklarna kan sedan sätta sig fast på stenar eller andra föremål, och även under istäcket nedanför forsarna. Bottenisen medför att vattnet däms upp och underlättar på så sätt isläggning i forsarna från stränderna. Genom upprepade bottenisdammar kan tjocka svallispartier bildas som vattnet sedan, när bottenisen lossnat, skär sig ned igenom.

Den kravis som, tillsammans med annat ismaterial, fastnar under istäcket nedanför forsarna, kan leda till att ansemliga mängder issörja anhopas där. Nedanför Matkakoski har t ex större delen av utrymmet mellan istäcket och botten befunnits vara uppfylld av issörja (se avsnitt 3). Det är givet att dessa förhållanden får stor betydelse vid den kommande islossningen.

Sedan isläggning skett växer isen i tjocklek i en takt som bestäms av lufttemperaturens avkylande och snötäckets isolerande förmåga. Genomsnittlig istillväxt under vinterns lopp vid Torneå visas i figur 2.11. I april når isen i regel sin största tjocklek: i Torneå 83 cm och i Pello 74 cm i genomsnitt. Den största istjocklek som hittills uppmätts, år 1985, var i Torneå 126 cm och i Pello 101 cm. Exempel på istillväxt vid Pello, Vuennonkoski och Torneå vintrarna 1984-85 och 1986-87 visas i figur 6.4. En del av istillväxten består av stöpisbildning, som uppkommer då vatten tränger upp på isen, blandas med snö och tillfröser.

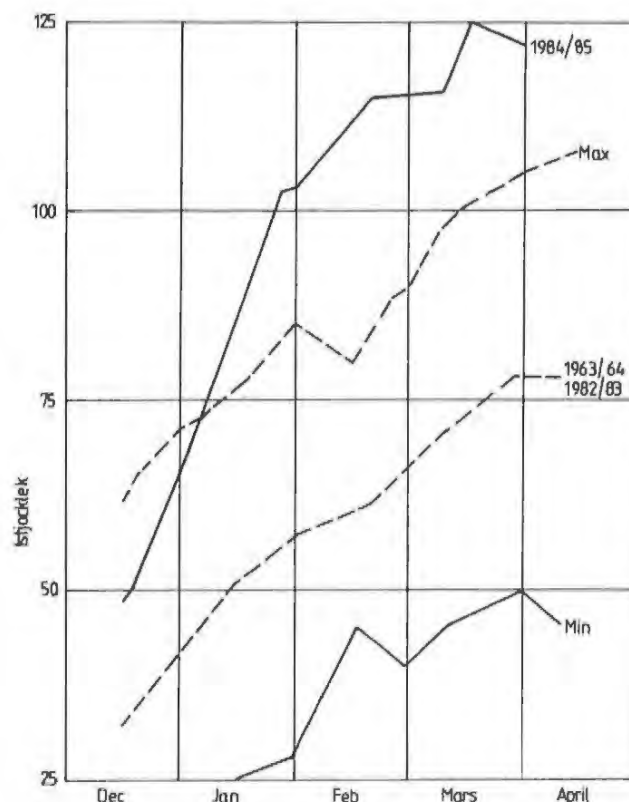
Jämfört med isläggningen sker islossningen betydligt mer koncentrerat i tiden. I genomsnitt sker islossningen för många platser i den nedre delen av Torneälven, nedanför sammanflödet med Muonioälven, 10-12 maj. Islossningen startar alltså ofta ungefär samtidigt nedanför Kukkolaforsen och på den forsrika sträckan mellan Pello och sammanflödet. I Karungiträsket sker dock islossningen senare, omkring den 15 maj, ungefär samtidigt med de övre delarna

av området (t ex i Anttis). De tidigaste islossningarna har skett i slutet av april, de senaste i slutet av maj. Uppgifter om isläggnings- och islossningstidpunkter har sammanställts i figur 2.12.

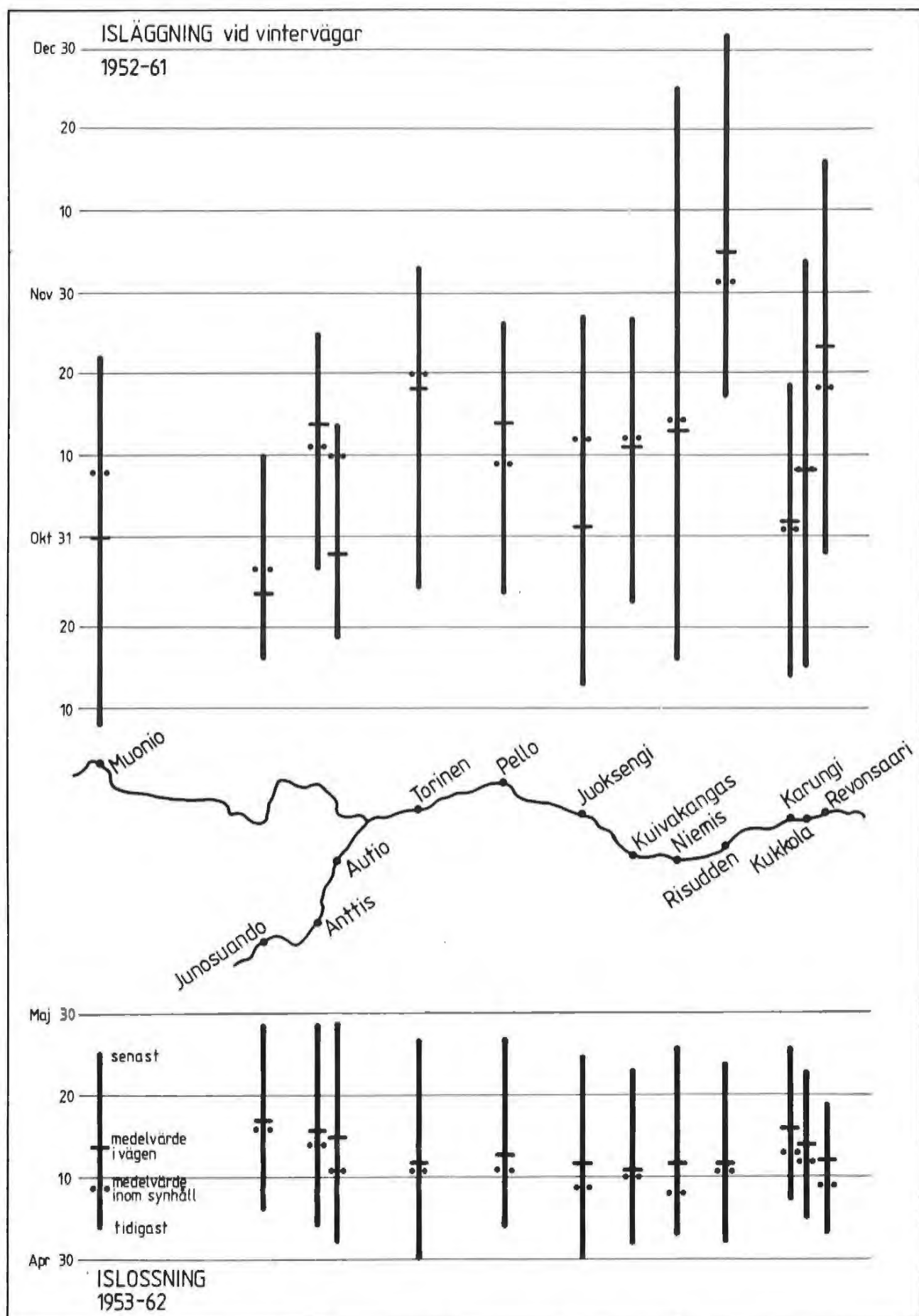
Islossningsförloppet bestäms, förutom av älvens lutning och morfologi i övrigt, främst av två saker: 1) isens fördelning och kvalitet och 2) vårflodsstarten, båda ytterst beroende av vädret under våren och den föregående vintern. En normal islossning sätts igång av det stigande vattenståndet som lyfter isen så att den lossnar från stränderna, spricker upp och sätter sig i rörelse nedför älven.

Där mer is tillförs än som kan transporteras vidare, uppstår isbrötar, som ibland kan bli både långa (upp till 10 km har observerats) och långvariga (mer än en vecka). Isbrötar bildas gärna i ålvkrökar och grunda partier, där isen till stor del kan vara bottenfrusen. Nedanför forsarna finns ofta "issörjearmerad" is (se ovan) som kan hålla kvar de ismassor som kommer uppifrån. Många av de kända isproppsställena i Torneälven återfinns just nedanför forsarna (se vidare avsnitt 3).

Kommer vårfloden sent eller smygande, kan isen hinna påverkas så mycket av sol och strömmande vatten, att den i stort sett smälter på plats, och islossningen blir en stillsam episod.



Figur 2.11 Istillväxt i Torneälven vid Torned 1963/64 - 1982/83 (genomsnitt, max- och mintjocklek vid olika tidpunkter) jämfört isutvecklingen 1984/85.



Figur 2.12 Isläggnings- och islossningstidpunkter på olika platser längs Torneälven enligt observationer vid vintervägar under perioden 1952/53 - 1961/62.

3. Svåra islossningar

3.1 Islossningar i äldre tid

Torneälven är sedan länge känd för sina våldsamma islossningar, som ibland haft katastrofala verkningar. Legendarisk är islossningen år 1615 som svepte med sig Särkilax kapell, den första kyrkan i Övertorneå. 1677 års islossning, med vittomfattande skador, är välkänd genom Keksis kväde (ref 3). Här beskrivs skador i så gott som varje by längs älven. Ett exempel:

"...Floden pulsar Pello präktigt
sopar ladorna från sjöstrand.
Turtola slapp inte undan —
där vart vinterkvarnen krossad ..."

Islossningen har beskrivits av många som besökt älven i gången tid, t ex den kunglige astronomiobservatören Mallet, som kommenterar islossningen i Pello år 1769 på detta sätt (ref 4):

"Den 19 (maj) begynte isen at flyta uti hela Älfvens bredd. En sådan isgång är nöjsam at åskåda: den hårda isen synes likasom rinande, det jämna bullret af sammanstötande isstycken upväcker förundran öfver Naturens styrka, och et gladt hopp upväxer om sommarens annalkande.
Med is-lossningen följa våldsamma effecter, såsom utskärningar af jord, land, träd och buskar, äfven stora stenars vältande uti

Ström-fallen eller forssarne, ja ock deras kasande upåt stränderna. Ibland tränges isen tilsamman af den efterföljandes fart och dämmer vatnets aflopp, som upstiger til flera alnars högd och öfverflödar stranden, til dess vatnets våld sönderbrutit eller kullkastat Is-dammen eller så kallade Is-Patan".

En svår islossning under slutet av 1700-talet omnämns i en fotnot i Johan Portins beskrivning av Övertorneå socken (ref 5):

"... d 14 Maji 1798; denne sednare, öfverhöljde ej allenast alla holmar och Elfstränder til 9 al:r djup, utan ock flere 100:de Lador, hus och gårdesgårdar. Isen omstörtade Trän, och uprykte en del med Rötter. Samma flod be-täkte äfven en stor del af Torneå Stads Gator och skadadesjelfva Byggnaderna, utom hvad den värkade på låglänta åkerfält. -"

Från 1800-talet har ingen dokumentation av de svåra islossningarna varit tillgänglig. Först under 1900-talet finns åter noteringar om islossningsskador, bl a genom Flottningsföreningen. Särskilt svåra islossningar inträffade åren 1922, 1934, 1944, 1964 och 1971, förutom åren 1984-86. Exempel på konsekvenserna av svåra islossningar under tidigare år ges i nedanstående sammanställning, illustrerad av foton från olika tillfällen (figur 3.1-3.4). Islossningarna 1984-

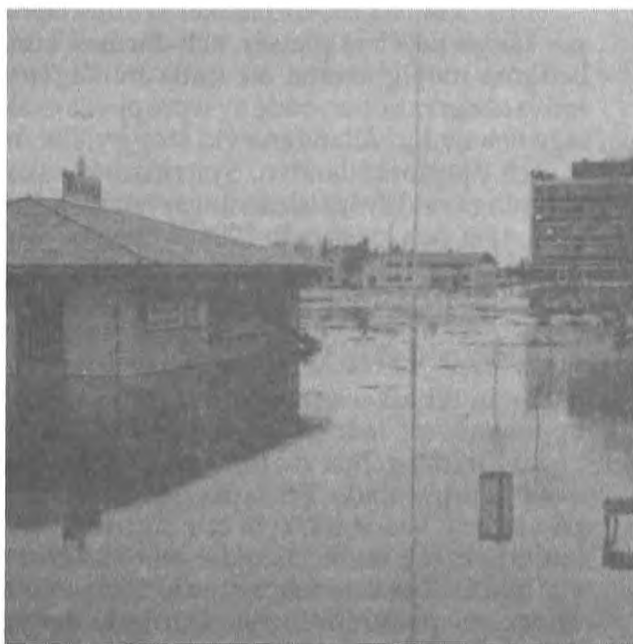
År	Isproblem
1615	Särkilax kapell sveptes bort av isen
1677	Omfattande skador på många platser längs älven, bl a: husen i Torneå stad stod under vatten till mitt på fönstren
1767	I Torneå blev bodar, båtar och plank krossade av isen
1798	Många lador och hus översvämmade, liksom Torneå stad
—	
1922	Bl a raserades flottningsanordningar i Kuivakangas och Karungiträsket
1934	D:o, samt mycket virke på drift; Haparanda-Torneå: översvämmning (figur 3.1)
1944	N Karungi: underminerad järnvägsbank, bortförda lador, översvämmning (figur 3.2); skador på flottningsanordn. bl a i Hellälä
1953	Ansenliga skador på flottningsmateriel i Hellälä
1964	Skador på hus och skog, översvämmade och blockerade vägar bl a i Jarhois, Valkeakoski-Korpikoski, Hellälä
1971	Brobygget i Pello skadat, översvämmning i Haparanda-Torneå (figur 3.3)
1984	Ett stort antal bygggander, mest fritidshus, skadade, särskilt på finska sidan. Översvämmning hotande nära i Haparanda/Torneå
1985	Återigen drabbades många byggnader av is- och vattensskador, mest på finska sidan.
1986	Färre hus skadades än föregående år. Vägar översvämmades bl a norr om Turtola och vid Aareavaara (figur 3.4).



Figur 3.1 Gamla spruthuset i Haparanda omgärdat av vatten till följd av isgång i Torneälven. Våren 1934.



Figur 3.2 Från isgången i Torneälven 1944 i trakten av Kankaanranta.



Figur 3.3 Översvämning i samband med islossningen 1971, till vänster Torneå och till höger Haparanda (Tjärhovet)



Figur 3.4 Från islossningen 1986, övre bilden visar den översvämmade vägen mot Huuki (isproppen vid Aareavaara), bilden till höger illa tilltygat fritidshus norr om Turtola (finska sidan),



86 beskrivs i avsnitt 3.3 och får där en mer utförlig behandling.

Skador i samband med svåra islossningar under senare år beskrivs närmare i inventeringarna av skadeobjekt (se avsnitt 5 med tillhörande underlagsrapporter).

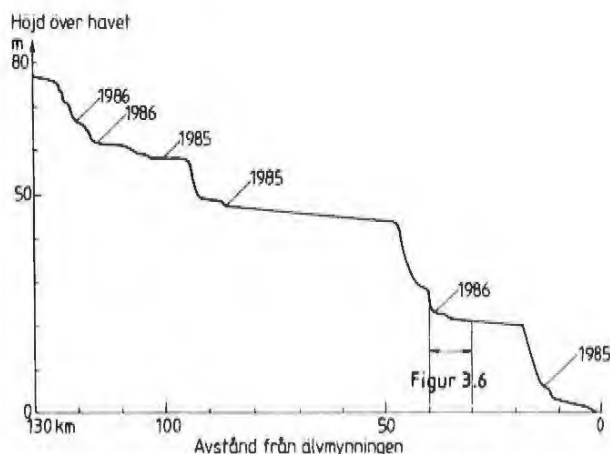
3.2 Platser där isproppar förekommit

Många isproppslägen finns dokumenterade från senare år. Många, men inte alla, har varit förknippade med skador i samband med översvämningar eller isrörelser. Vissa platser är särskilt utsatta för isproppar.

Kartan över riskområden för översvämningar i samband med islossningen (figur 9.3) ger en uppfattning om isproppslägenas beroende av permanenta faktorer som älvens lutning, djup- och strandförhållanden (som i sin tur påverkar de typiska isförhållandena). Ispropparnas förekomst i tiden återspeglar däremot inverkan av varierande väder-, is- och vårflodsförhållanden (se avsnitt 3.4).

För att kunna förklara orsakerna till att isproppar bildas på vissa platser, och därmed kunna bedöma möjligheterna att finna motåtgärder, krävs observationer, både av isproppens exakta läge och av förhållandena vid stoppstället, bl a is- och djupförhållanden. Systematiska iskartläggningar vid svåra islossningar har bara gjorts 1985, 1986 och i viss mån 1984. Annan information om isproppslägena består i iskartläggningar, bl a SMHIs utförda på 1950-talet, och intervjuer.

Om man betraktar ispropparnas lägen i förhållande till älvens fallprofil (figur 3.5) är det uppenbart att många isproppar stoppas upp nedanför forsar. Just vid forsarna är isförhållandena komplicerade. Forsarna går oftast öppna på vintern. Vid stark kyla blir vattnet i forsens underkyllt och stora mängder iskristaller (kravis) bildas. Kravisen kan fastna vid botten eller under isen nedanför forsens. Därför är det vanligt med stora ansamlingar av issörja under det fasta istäcket nedanför forsar. Samtidigt före-



Figur 3.5 Observerade isproppslägen 1985-86 på sträckan Pello - älvmynningen.

kommer ofta svallis, bildad av vatten som runnit ovanpå isen, som gör att isen blir ovanligt tjock. I samband med tillfälligt töväder i början av vintern inträffar ofta isgång med isbrötning nedanför någon fors, där den brötade isen sedan fryser samman till en isbarriär - en ytterligare bidragande orsak till problem vid islossningen.

Andra faktorer som kan medverka till isproppsbildning är grund, förträngningar, öar och älvkrökar, något som Torneälven är rik på. Ofta finns flera faktorer som tillsammans kan bidra till att isproppar bildas.

Nedan följer en beskrivning av några frekventa isproppslägen i Torneälven nedanför sammanflödet med Muonioälven, där isproppar observerats vid isrekognosceringar 1985 och 1986. Observerade lägen framgår av kartskisser (se figur 5.1-5.8, avsnitt 5). I texten nedan anges troliga principiella orsaker till ispropparna.

Torinen

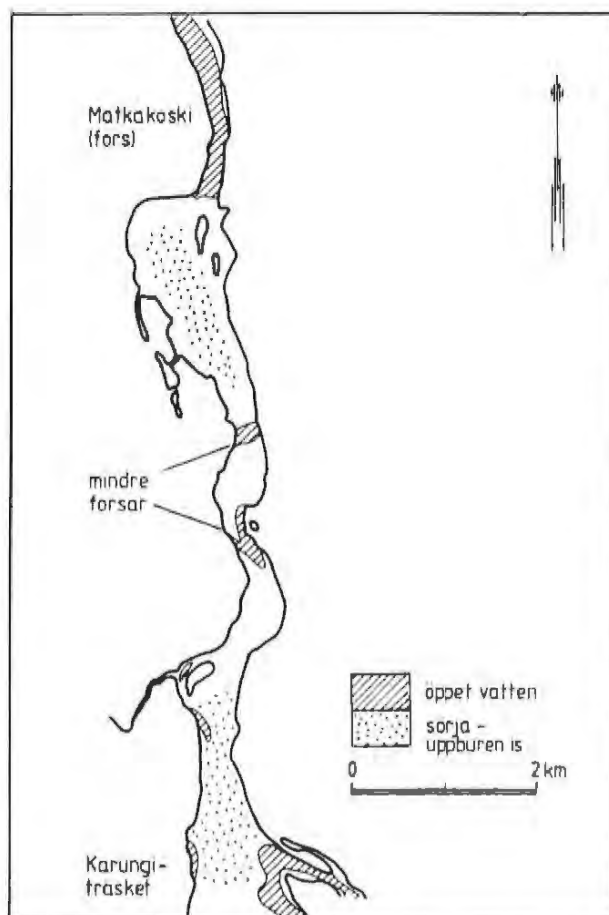
Isropp med frontläge enligt figur 5.1 observerades 1985. Isproppen kvarhölls av fast is inom det grunda området där älven vidgar sig. Vid flygrekognoscering 1987 gav isen här intryck av att vara sörjauppburen. Vid Torinen, konstaterades under 1950-talet sörja under isen vid flera tillfällen.

Pello

Vid Pello har isproppar bildats flera gånger under de senaste åren. 1986 låg stoppstället strax ovanför bron (figur 5.2), där älven vidgar sig något och vattendjupet är ringa. Också här finns indikationer på sörja under isen (isinspektion 1954, flygrekognoscering 1987).

Norra Svanstein (nedanför Korpikoski)

Isproppar har iakttagits här bl a 1984 och 1986 (se figur 5.3). Isen nedanför Korpikoski, liksom



Figur 3.6 Issituationen mellan Matkakoski och Karungi-träsket enligt flygrekognoscering 1987-05-12.

nedanför den omedelbart uppströms belägna forsen Valkeakoski, kan väntas verka isproppsframkallande både genom isbarriärer från tidigare islossningar (observerades 1986) och troliga sörjaanhopningar under istäcket.

Korva (nedanför Kattilakoski)

Norr om ön Marjosaari har vid flera tillfällen bildats isproppar, senast år 1985 (se figur 5.4). Under flottningstiden hörde området till dem som regelbundet sandades för att underlätta islossningen. Läget nedanför Kattilakoski och de mindre forsarna vid Nivala innebär att issörja avlagras under isen. Vid SMHIs mätning i mars 1988 uppmättes ett sörjadjup på drygt 2 m ca 500 m norr om Marjosaari. Samtidigt konstaterades att istäcket i ytan bestod av sammanfrusen packis från islägningsperioden, troligen ett återkommande fenomen.

Korpikylä (nedanför Matkakoski)

Nedanför Matkakoski brukar den lossnade isen bröta sig mot den fasta isen på selet (se figur 5.5). Vid flygrekognoscering 1987 syntes denna is tydligt sörjauppburen. Utbredningen av de sörjauppburna isarna framgår av figur 3.6. Mate-

rial till sådana sk hängande isdammar kan väntas produceras i stor mängd både i Matkakoski och den omedelbart uppströms belägna Vuontoforsen.

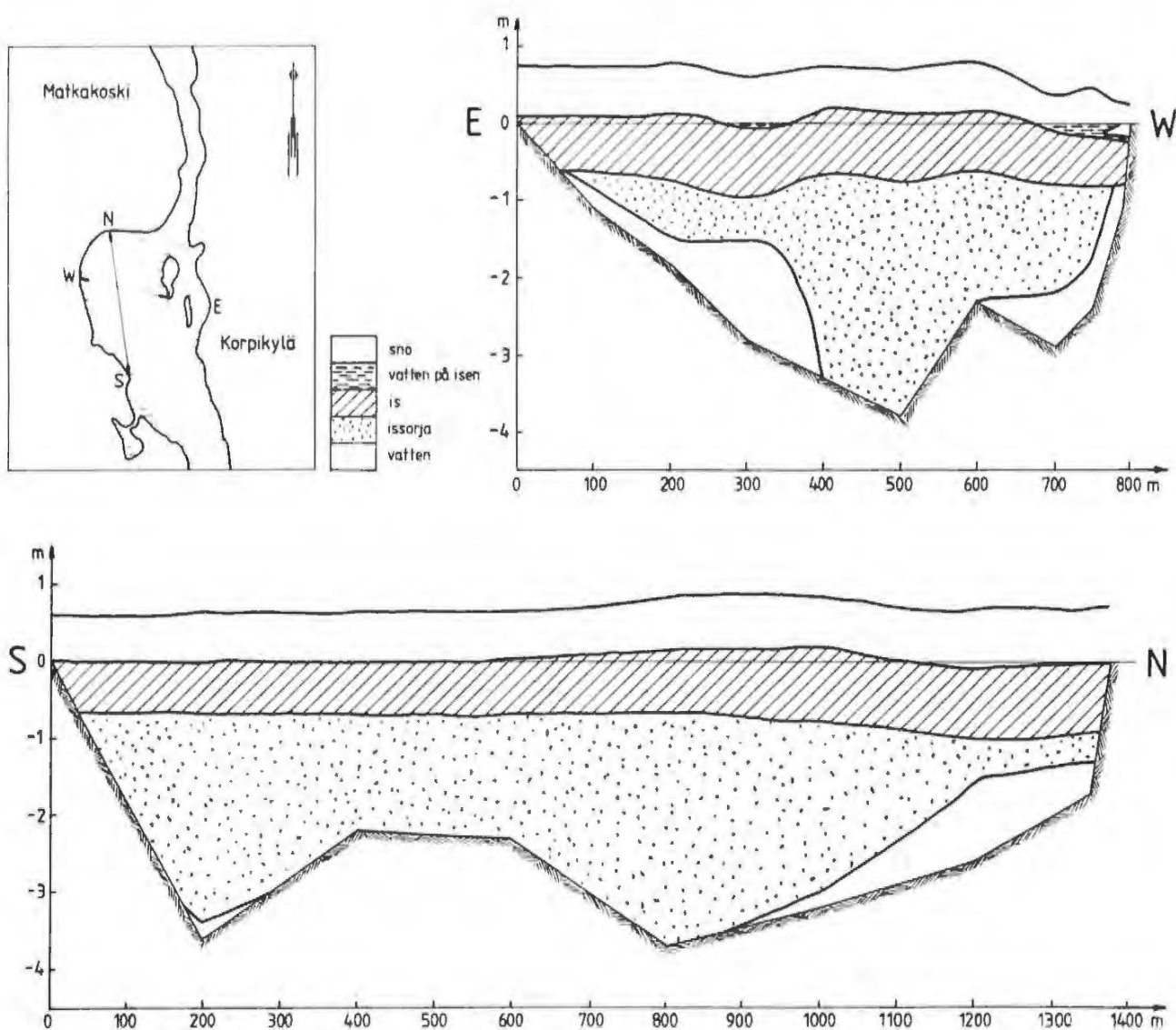
För att undersöka omfattningen av sörjaanhopningen under istäcket nedanför Matkakoski gjorde SMHI i mars 1988 ismätningar i två sektioner i öst-västlig resp nord-sydlig riktning. Som framgår av figur 3.7 var större delen av utrymmet under den fasta isen uppfyllt av issörja. Detta ökar givetvis istäckets bromsande förmåga avsevärt eftersom ingen plats finns över för de vatten- och ismassor som kommer uppströms ifrån under islossningen. Samtidigt kan issörjan till en början skydda det fasta istäcket mot smältning underifrån. Så snart som vattentemperaturen stiger över 0 grader smälter dock issörjan snabbt. Smälthastigheten, som beror på vattentemperatur, vattenföring och issörjans porositet, kan uppgå till ett par decimeter per dag.

Kankaanranta (Karungiträskets nordände)

Den mest kända isproppen bildades här 1944. En mindre, kortvarig ispropp, utan skadeverkningar, observerades även 1986 (se figur 5.6). Uppströms ifrån kommande ismassor hålls här tillbaka av den fasta isen på Karungiträsket som vanligen går upp ett par dagar senare än nedre älven i övrigt. Enligt observationer från luften 1987 var isen här tydligt sörjauppburen, en möjlig effekt av de stora forsarna ovanför Korpikylä (jfr figur 3.6). Karungiträsket kännetecknas dessutom av ringa vattendjup och många öar.

Vojakkala (nedanför Kukkolaforseen)

Vid flera tillfällen (senast 1989) har isproppar bildats nedanför Kukkolaforseen, varvid ismassorna stoppats upp i den grunda älvkröken norr om Revonsaari. Både is- och djupförhållandena är där komplicerade. Kukkolaforseen och den mindre fors som finns i själva älvkröken bidrar



Figur 3.7 Ismätningar nedanför Matkakoski 1988-03-10 i en öst-västlig och en nord-sydlig sektion.

till att det bildas såväl sörja under isen som svallis ovanpå. Både issörja, vatten på isen och svallis har konstaterats genom mätningar (1950-talet och 1988).

Observerat isproppsläge 1985 framgår av figur 5.8, baserad på material från den finska inventeringen av islossningsskador 1984-86. På kartan har också markerats den ungefärliga utbredningen av översvämningen på svenska sidan.

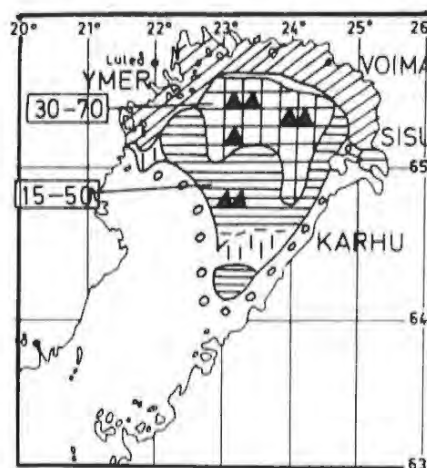
Älvmynningen

Isproppar i Torneälvens mynningsområde har genom tiderna haft allvarliga konsekvenser för Haparanda och Torneå. En ispropp får större översvämningseffekt ju längre upp i själva älven den sträcker sig. Israndens läge vid några observerade isanhopningar i mynningen återges i figur 5.7.

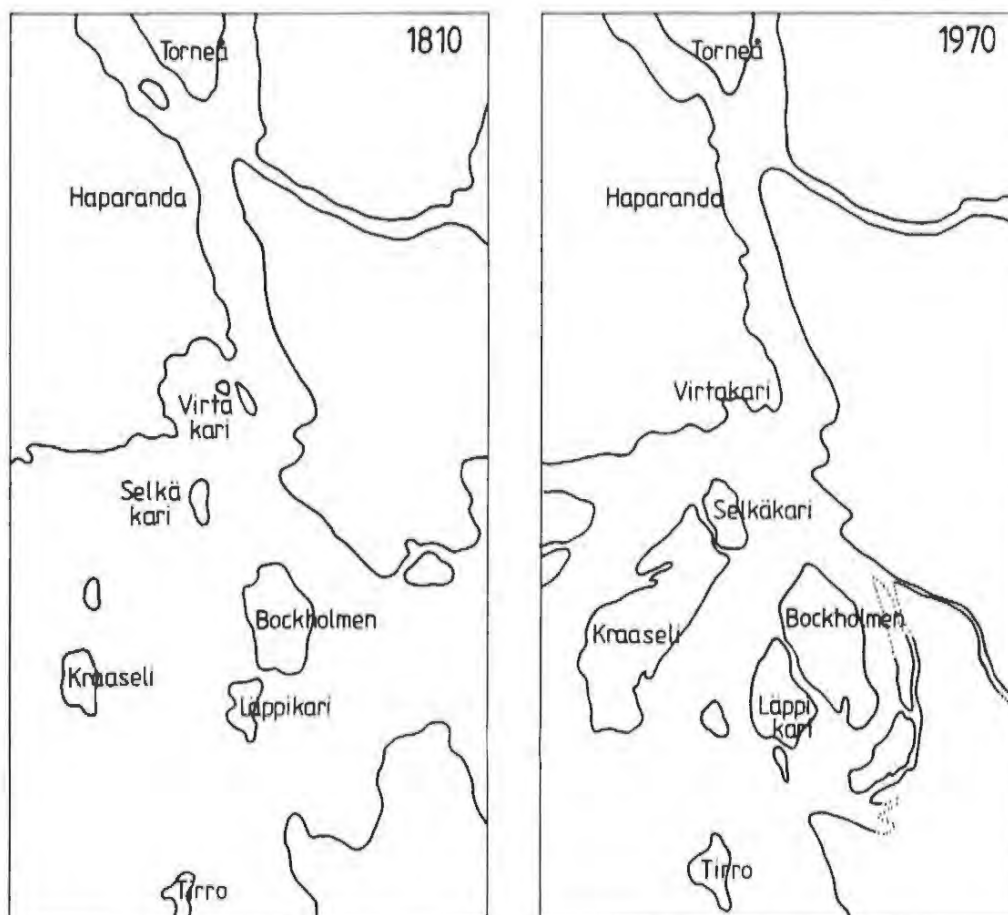
Huvudorsaken till att isproppar bildas i älvmynningen är skärgårdsisen därutänför som i regel ligger kvar när islossningen kommer i gång vid Haparanda. Som exempel visas isläget i Bottenviken under islossningen 1984, som startade den 6 maj. Den 8 maj låg skärgårdsisen fast i hela norra Bottenviken. Först den 21 maj var det helt isfritt i Bottenvikens skärgårdar.

En starkt bidragande orsak till problemen är det ringa vattendjupet i mynningsområdet. Detta innebär att vattnets passage försvåras när älvisen packar sig mot skärgårdsisen.

Djupförhållandena i mynningsområdet förändras successivt på grund av landhöjningen, som här är ca 0.9 cm/år. Effekten illustreras av kartorna i figur 3.9 som visar förhållandena omkring 1810 jämfört med 1970-talet. 1810 var Virtakari, nu Haparandas södra udde, en liten



Figur 3.8 Isläget i Bottenviken 1984-05-08.



Figur 3.9 Landhöjningens inverkan på strandlinjen. Underlag: 1810 års gränskarta och topografiska kartan över Sverige. Godkänd ur sekretessynpunkt för spridning. Lantmäteriverket 1989-08-07.

holme och av ön Kraaseli, som numera nästan smält samman med Selkäkari, syns bara delar av södra änden. Om ytterligare 150 år kommer även Kraaseli att ha införlivats med fastlandet.

Bottenförhållandena i mynningsområdet ändras också genom att sand och slam som följer med älven sedimenterar utanför mynningen där vattenhastigheten minskar. Under flottningstiden utfördes här omfattande muddringar, både utanför Hellälä och i farleden ut mot havet, det s k Grundhålet.

För att få en uppfattning om aktuella djupförhållanden utfördes i mars 1988 djupmätningar i mynningsområdet. I två sektioner i själva älvmynningen gjordes manuella mätningar av vattendjup och istjocklek. Längre ut mättes vattendjupet under isen med hjälp av georadarutrustning som bogserades efter en snösko-

ter. Mätsektionerna täckte i huvudsak djupfåran ut till ön Tirro. Positionsbestämningen bygger på antagandet att snöskotern framfördes med jämn hastighet. Vidare har antagits att istjockleken varit konstant (70 cm). Resultaten är således delvis osäkra men har ändå utnyttjats för att upprätta en provisorisk djupkarta (se figur 3.10). Av kartan framgår att mynningsområdet är mycket grunt. Endast i en smal ränna ut mot havet förekommer djup större än 3 meter.

3.3 De svåra islossningarna 1984-86

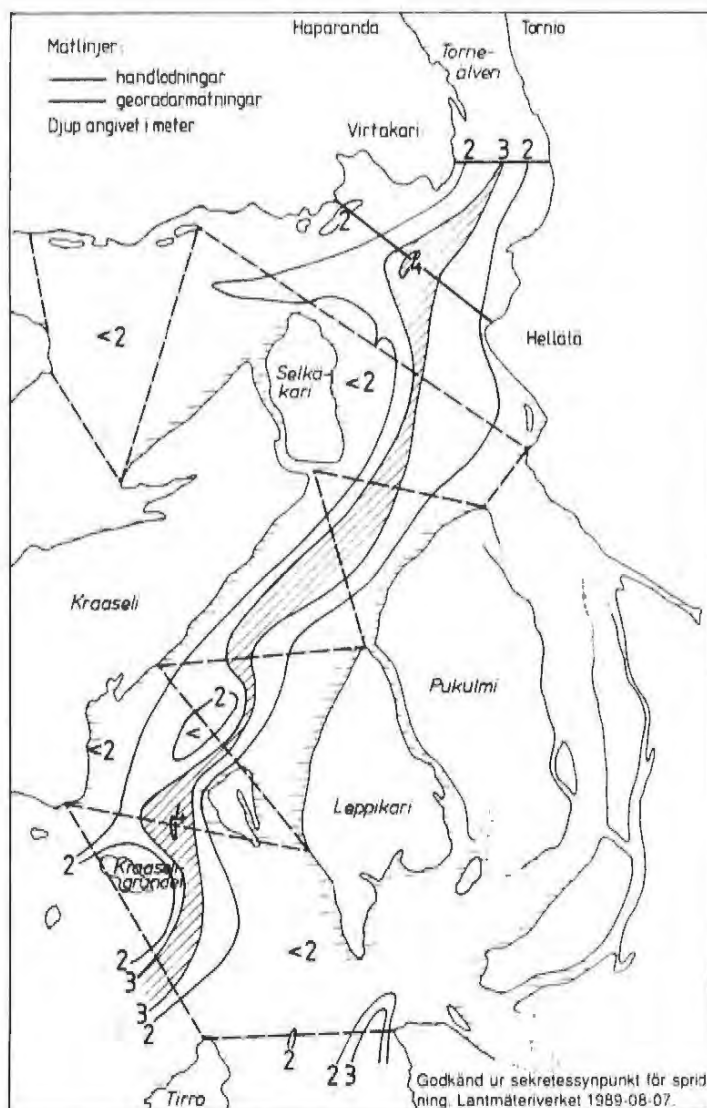
Varje islossning är unik till sitt förlopp, eftersom den styrs av en unik kombination av vinterväder, snötäcke, issituation, vårväder och vårfloidsutveckling. Även om kombinationsmöjligheterna är obegränsade och orsakssambanden komplicerade kan några av de styrande faktorerna identifieras genom studier av verkliga fall. Sedan den svåra isgången 1984 har islossningarna följts med särskild uppmärksamhet; vårarna 1985-87 av SMHI genom bevakning på platsen. I detta avsnitt ges en kort beskrivning av islossningsförloppen under de besvärliga åren 1984-86 och väder- och vattenförhållanden i anslutning därtill. Som jämförelse behandlas också 1987 års islossning, som blev lindrig.

3.3.1 Islossningsförlopp

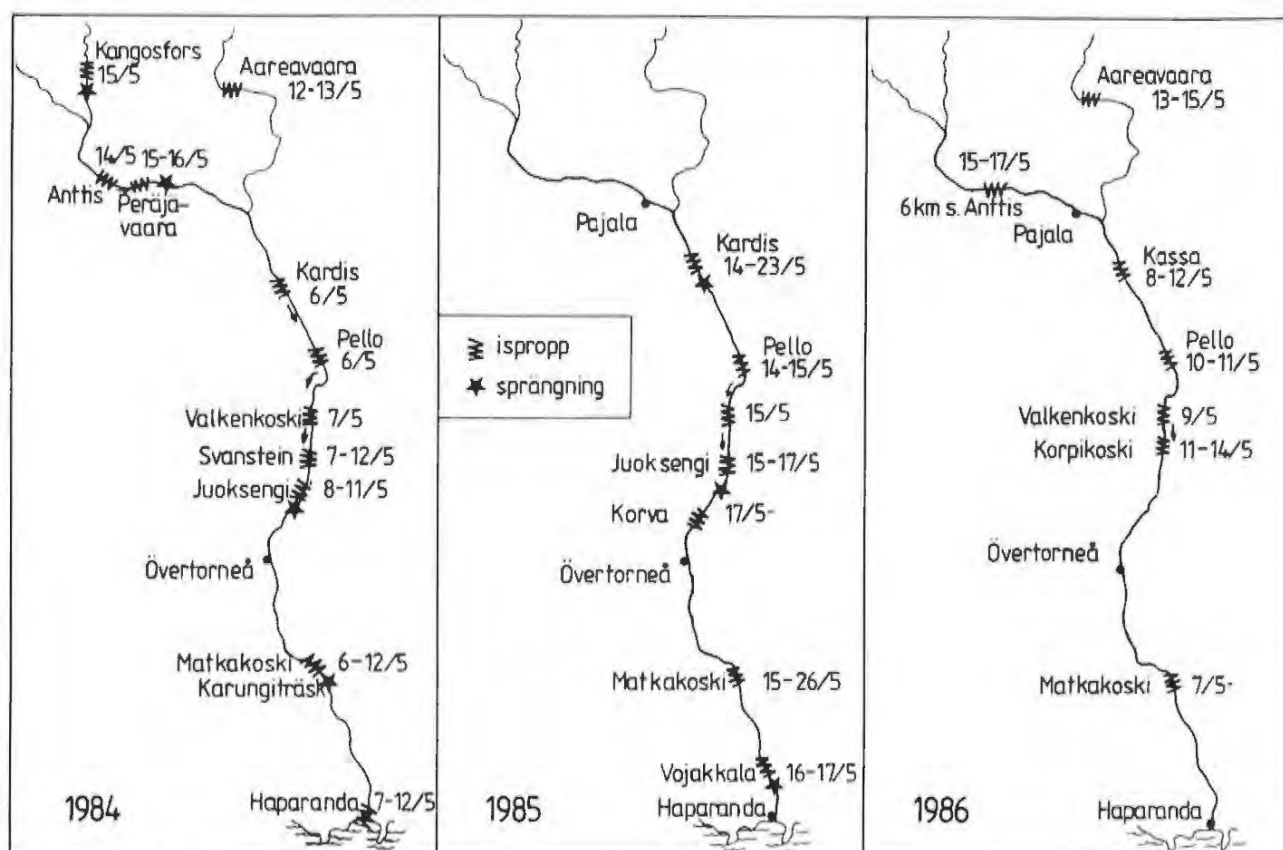
Oversikter av islossningsförloppen 1984-86 ges i kartform i figur 3.11. Kartorna är baserade på räddningschefernas rapporter 1984 och iskartläggningar 1985-86 och innehåller läge och varaktighet för observerade isproppar. Genomförda sprängningsinsatser har också markerats.

De tre islossningarna uppvisar flera gemensamma drag, men också vissa skillnader:

- alla tre åren bildades redan i inledningsskedet isproppar nedanför sammanflödet med Muonioälven, där islossningen ofta startar: 1984 och 1985 i Kardis, 1986 i Kassa. 1984 lossnade isproppen samma dag den bildades, 1985 låg den kvar över en vecka, 1986 flyttade den på sig efter fyra dagar.
- alla tre åren uppträdde isproppar strax norr om Pello. Dessa blev relativt kortvariga.
- avsnittet Valkeakoski-Korpikoski drabbades av isproppar alla tre åren, 1985 mycket kortvarigt.
- isproppsbildning vid Korva-Marjosaari, ca 1 mil norr om Övertorneå förekom endast 1985, sedan en ispropp i Juoksengi lossnat och fastnat mot befintlig packis. De övriga åren låg ispropparna högre upp i älven kvar så länge att passagen nedanför var fri.
- nedanför Matkakoski bröts varje år isflak uppströmsifrån mot den fasta isen i selet, förtjockad av svallis ovanpå och issörja på undersidan.



Figur 3.10 Provisorisk djupkarta över området utanför Torneälvens mynning baserad på mätningar utförda 1988-03-11. (Handlodning: SMHI, georadarmätning: P. Ulriksen, Lunds universitet.) Godkänd för spridning av finska och svenska lantmäteri- och sjöfartsmyndigheter.



Figur 3.11 Större isproppar samt sprängningsinsatser under islossningarna 1984-86.

- 1985 hade man svåra problem i Vojakkala i samband med en ispropp i älvkröken nedan för Kukkolaforsen. 1984 och 1985 passerade isen här utan problem.
- mynningsområdet är kritiskt eftersom skärgårdsisen i regel inte går upp förrän någon vecka efter islossningens början vid Haparanda/Torneå. Direkta problem uppstod dock bara 1984, då en översvämning var hotande nära.

3.3.2 Väder och vattenförhållanden i samband med islossningen

Vissa meteorologiska och hydrologiska förhållanden i samband med islossningarna 1984-86 har sammanställts i nedanstående tabell.

Som jämförelse har också motsvarande uppgifter för islossningen 1987 samt medelvärden, där sådana varit tillgängliga, tagits med.

Temperaturutvecklingen i Pajala under perioden 16 april - 25 maj 1984-87 framgår av figur 3.12, tillsammans med snötäckets avsmältning och islossningstidpunkt i Pello. Vattenståndsutvecklingen i Pajala för perioden 20 april - 20 maj visas på samma sätt i figur 3.13. De extremt höga vattenståndet i slutet av perioden är orsakade av isdämning i samband med islossningen i Pajala, som i regel sker några dagar senare än i Pello.

Alla fyra åren kännetecknas av en kall vinter med betydligt tjockare isar än genomsnittligt. Islossningarna har inträffat tämligen nära den

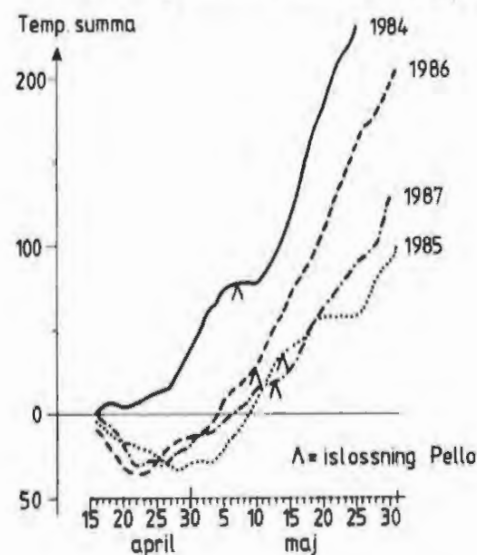
Tabell 3.1 Förhållanden under islossningarna 1984-87

	1984	1985	1986	1987	medel
Islossningsdatum, Pello	7/5	14/5	10/5	13/5	11/5
Temp., dec-mars, Pajala	-11.4°C	-14.8°C	-14.1°C	-16.3°C	-10.8°C
Max istjocklek, Pello	87 cm	101 cm	84 cm	87 cm	69 cm
Temp., april, Pajala	+ 0.1°C	- 3.1°C	- 2.0°C	-1.4°C	- 1.4°C
Max snödjup, Pajala	93 cm	60 cm	76 cm	72 cm	
Tempsumma, 5 d före islossn	31.5	37.7	24.0	15.7	
Nederbörd, 5 d före islossn	12 mm	0	0.4 mm	3.6 mm	
Vattenståndsökning, 5 d före islossningen, Pajala	125 cm	98 cm	62 cm	16 cm	

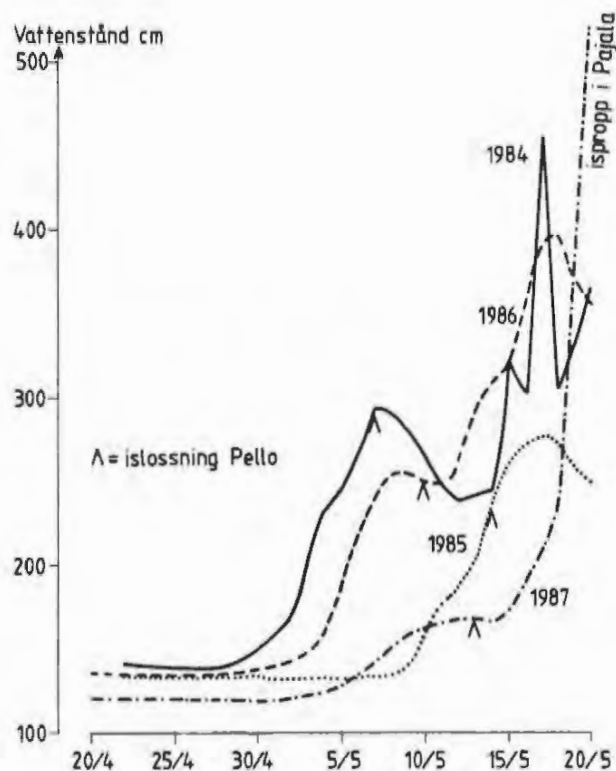
normala tidpunkten (max avvikelse 4 dagar).

När det gäller förhållandena omedelbart före islossningen finns klara skillnader mellan svåra och lätta islossningsår. Varmt väder, med maximitemperaturer upp till 15 grader, förekom alla de tre svåra islossningsåren. 1987 var vädret betydligt kallare med snöfall dagarna kring islossningen. Vattenståndsökningen dagarna före islossningen var extremt hastig 1984, men även 1985 var den betydande. 1987 ökade vattenståndet mycket långsamt.

1986 blev islossningen svår utan att vare sig vårvärmen eller vattenståndsstegringen dagarna innan var anmärkningsvärt stora. Här fanns en annan faktor som sannolikt bidragit till isproblemen, nämligen förekomsten av isbarriärer från en tidig islossning i samband med töväder under förvintern. Isbarriärer hade konstaterats bl a i Kassa och nedanför Korpikoski, där man ju senare fick problem med isproppar.



Figur 3.12 Ackumulerade temperatursummor från Pajala, 16 april till slutet av maj 1984 - 87 samt snötäckets avsmältning.



Figur 3.13 Observerat vattenstrånd i Torneälven vid Pajala 20 april till 20 maj 1984 - 87.

4. Faktorer som medverkar till svår islossning

4.1 Allmänt

Som tidigare nämnts påverkas islossningsförloppet främst av två faktorer: älvens morfologi - lutning, djupförhållanden, förekomst av öar, krökar och förträngningar - och vädret under vintern och våren, som i sin tur bestämmer isförhållanden och vårfloidsutveckling.

Genomgången av platser där isproppar brukar bildas (se avsnitt 3.3) återspeglar de morfologiska faktorernas betydelse, medan fördelningen av isproppsskador på olika år kan ses som ett resultat av variationerna i de meteorologiska faktorerna från år till år.

Därtill kommer mänskliga ingrepp som kan påverka sambandet mellan väder- och vattenförhållanden. Det mest påtagliga exemplet här är vattenreglering, som kan ge vattenföringen en helt annan årscykel än den naturliga, t ex genom att vårfloiden sparas i stora regleringsmagasin för att kompensera vinterns normalt låga vattenföring. Detta innebär samtidigt att reglerade älvar oftast är förskonade från problem med islossningen. Andra exempel på mänskliga ingrepp gäller ändrad markanvändning, t ex kalhyggen som lokalt ger både tidigare snösmältning och vårfloidsstart jämfört med skogsområden (se figur 4.5).

När det gäller de naturliga förhållandena finns ett antal faktorer som brukar anföras som

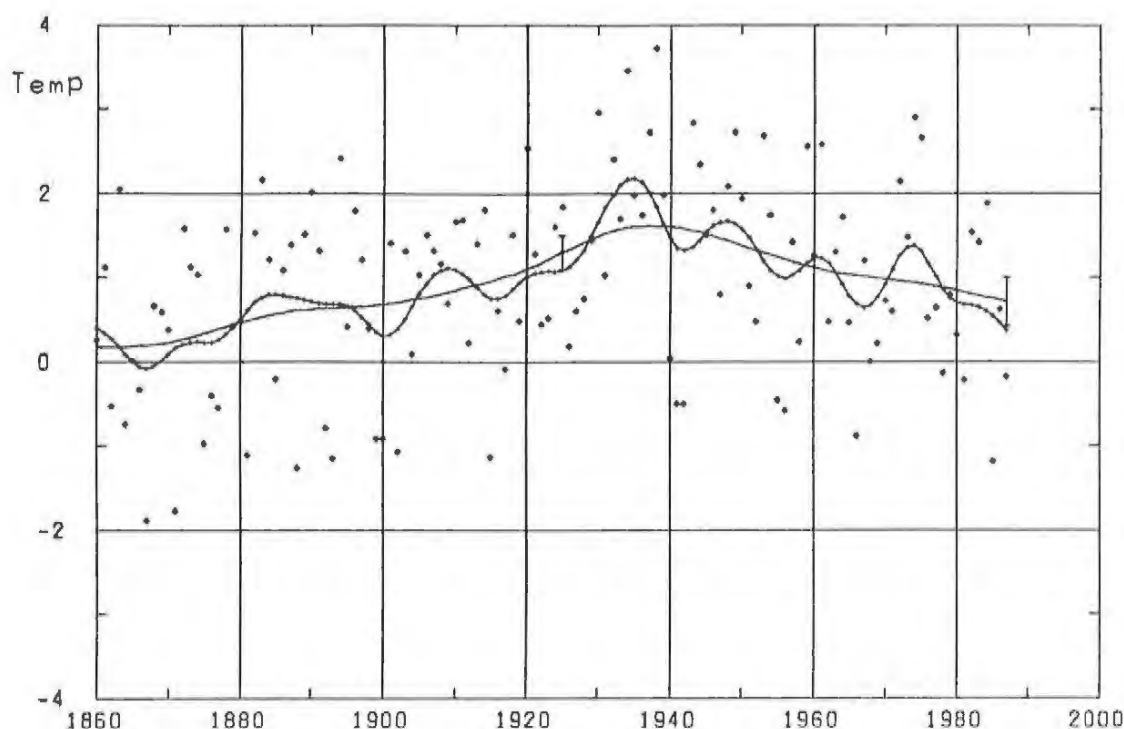
medverkande till svåra islossningar:

- en kall, till en början snöfattig vinter (ger tjocka isar)
- tillfälligt blidväder under förvintern (kan medföra lokal islossning och packisbildning)
- mycket snö senare under vintern (skyddar isen mot solens nedbrytande inverkan)
- tidig och plötslig vår (innebär att isarna ännu är starka vid islossningen)
- vårvärmen kommer samtidigt över stora delar av avrinningsområdet (ger förutsättningar för en häftig vårflojd)
- regn under snösmältningen (ger snabb avrinning)

Studier av orsakssambanden kring de svåra islossningarna i Torneälven har genomförts som en kvalitativ undersökning av olika faktorer som bedömts vara av betydelse för islossningsförloppet. Resultaten av nämnda studier beskrivs i ref 6 och 7. Sammanfattningar av dessa rapporter ges nedan.

4.2 Svåra islossningar i relation till klimatfaktorer

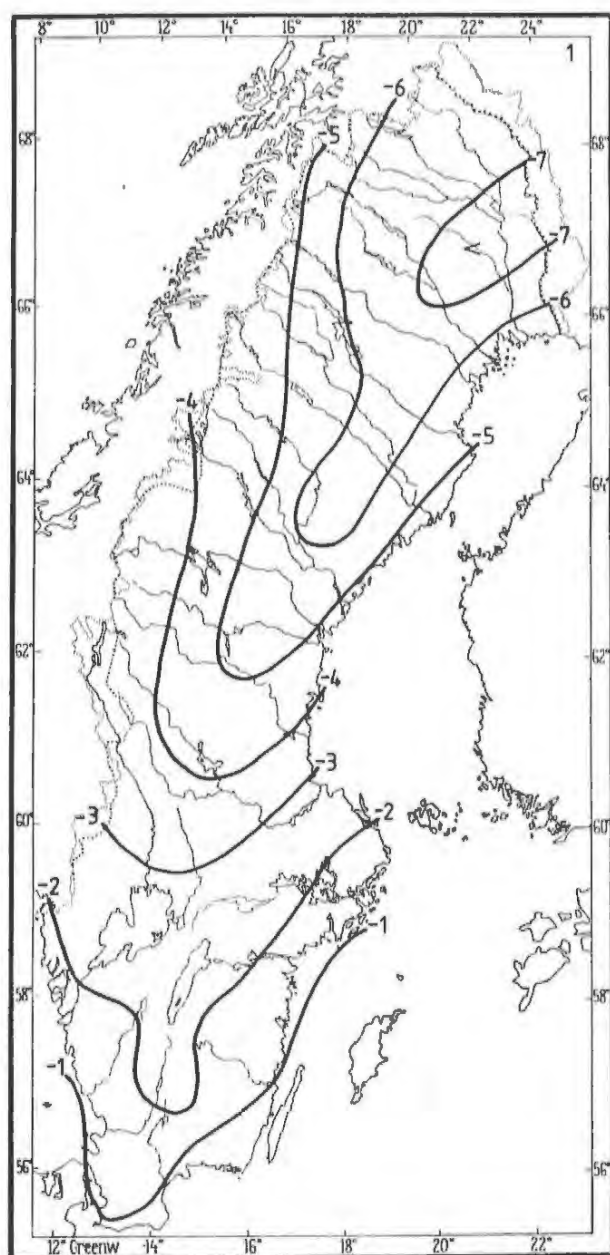
Isförhållandena kan väntas vara nära förbundna med klimatfaktorer, främst lufttemperaturen. Det kan därför vara intressant att se hur



Figur 4.1 Årsmedeltemperatur i norra Sverige. Punkterna motsvarar årsvärden (medelvärden för fem orter). Kurvorna visar utjämnade värden över 10 (den vågiga) resp 30 år (den jämna).

lufttemperaturen förändrats under den period mätningar funnits. I figur 4.1 visas hur årsmedeltemperaturen i norra Sverige varierat under perioden 1860-1987. Man finner att temperaturen i genomsnitt ökat från mätperiodens början till 1930-talet, varefter temperaturen åter sjunkit.

Denna genomsnittliga temperatursänkning blir än mer markerad om man betraktar enbart vintertemperaturen. Där har man dessutom en geografisk variation som innebär att norra Sveriges i särskilt hög grad drabbats av kallare vintrar under de senaste decennierna. Som framgår av figur 4.2 har mellersta Tornedalen under det senaste decenniet fått 7 grader kallare vintrar om man jämför med det varma 30-talet.



Figur 4.2 Vintertemperatur (december - januari). Skillnaden mellan 10-årsmedelvärdena 1931-40 och 1978-87.

För islossningstidpunkt finns en lång serie observationer från Haparanda. Perioden 1693-1906 har redovisats i (ref 8). Efter komplettering med uppgifter från 1900-talet från olika källor har figur 4.3a konstruerats. Om man betraktar den period för vilken det finns temperaturuppgifter (se figur 4.1), finner man en relativt god överensstämmelse mellan lufttemperaturens 10-årsfluktuationer och islossningsdag; 1860- och 70-talens sena islossningar avlöses av allt tidigare islossningar fram till 1940-talet, sedan blir islossningarna åter senare. Under 1980-talet sker islossningarna i Haparanda i genomsnitt tidigare igen, samtidigt som årstemperaturen sjunker till samma nivå som under förra seklet. Samtidigt har emellertid vårtemperaturen (april och maj) i Haparanda ökat sedan 1930-talet, vilket innebär att kontrasten mellan vinter och vår blivit större.

En jämförelse mellan islossningsdag och lufttemperaturen i april visar att de båda faktorerna följs åt rätt väl (se figur 4.3 b). Detta tyder på att förhållandena under förberedelsestiden inför islossningen, då istäcket börjar försvagas av solstrålningen, har större betydelse för islossningstidpunkten än vintertemperaturen (som ju bl a påverkar istjockleken).

För de senaste decennierna finns ett flertal observationer tillgängliga för analys av eventuella samband med svåra islossningar. En sådan studie har gjorts för Pello med data från perioden 1961-88. Genom inspektion av diagram över olika faktorer (se figur 4.4) finner man att de svåra islossningarna, åren 1964, 1971, 1984, 1985 och 1986, tycks vara förbundna med följande faktorer:

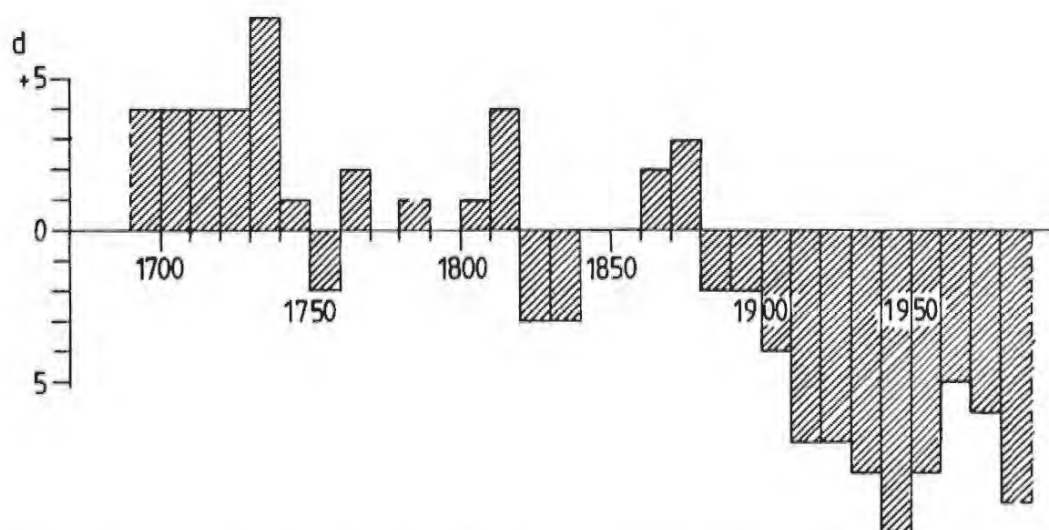
- relativt tidig islossning, plötslig vår (grovt beskriven genom stor skillnad i medeltemperatur mellan april och maj)
- tjocka isar i de flesta fall
- snabb vattenståndsstegring dagarna före islossningen

Den häftigare vårfloddsstart, som kan iakttas under 1980-talet, kan ha flera orsaker: förutom naturliga klimatvariationer också påverkan från mänskliga ingrepp i avrinningsområdet. Dessa ingrepp är framför allt av två slag: ett alltmer storskaligt skogsbruk och bortrivandet av ett stort antal flottningsdammar i biflödena.

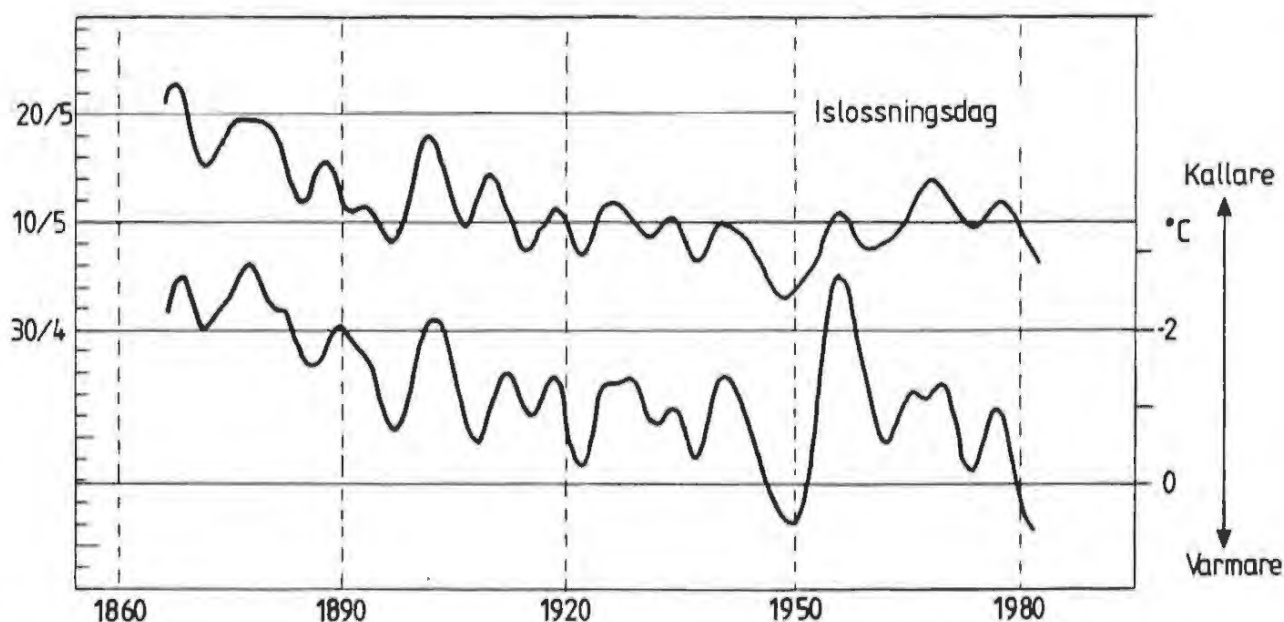
4.3 Miljöförändringar i avrinningsområdet

4.3.1 Skogsbruket

Skogsbruket kring Torneälven har en lång tradition. Det är emellertid först under de senaste decennierna som ett mer storskaligt skogsbruk med större kalhyggen, hyggesplöjning och skogsdikning börjat tillämpas. Några närmare studier av skogsbrukets utveckling och lokali-



Figur 4.3a Islossningsdag i Torneälven 1693-1989. 10-årsmedelvärdenas avvikelser från långtidsmedelvärdet 1801-1900. (16 maj).



Figur 4.3b Islossningsdag och medeltemperatur i april vid Haparanda. Löpande 11-årsmedelvärden med normalfördelad viktning.

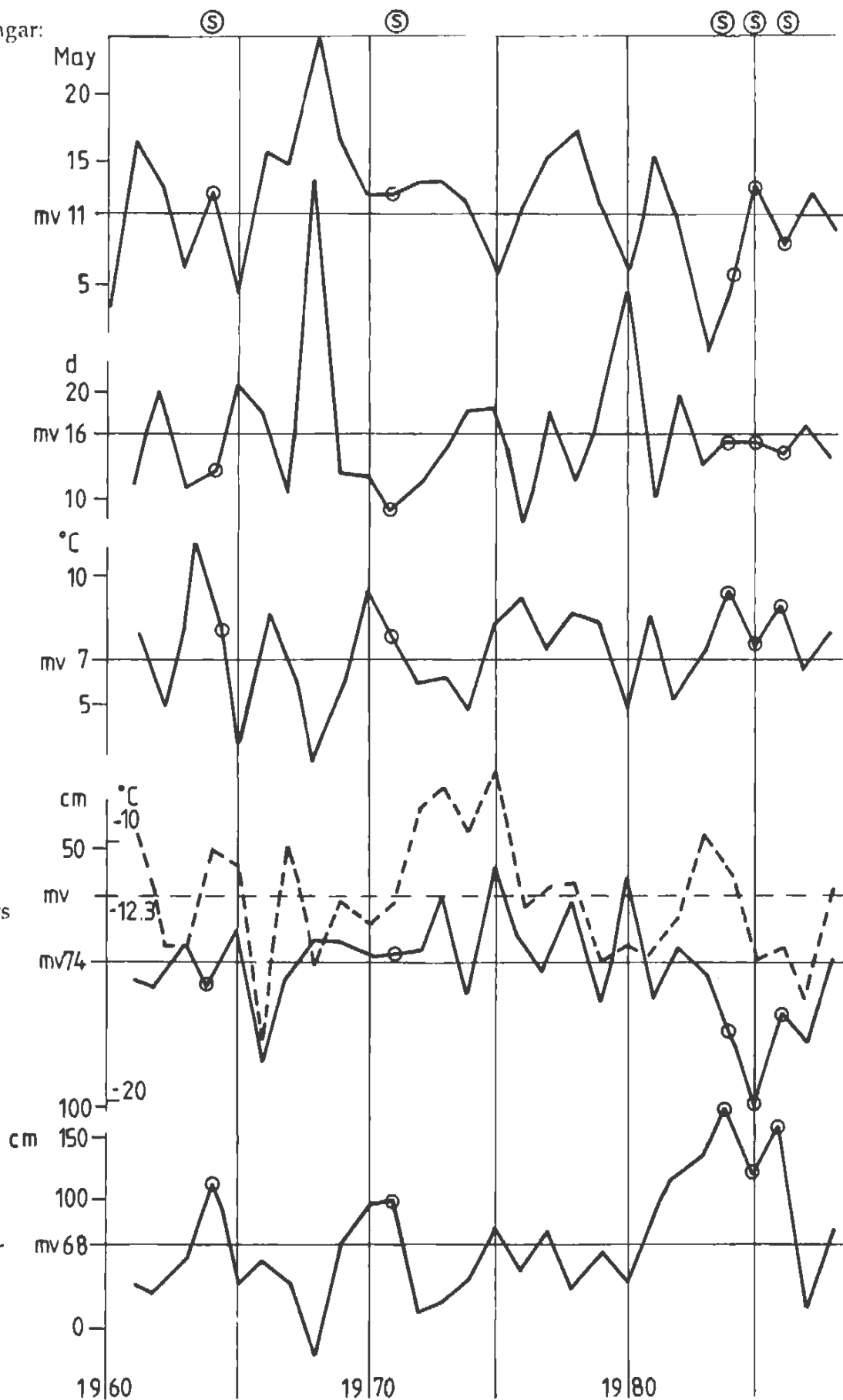
sering inom Torneälvens avrinningsområde har inte utförts, bl a på grund av att ett underlagsmaterial organiserat efter vattendelare inte varit tillgängligt. (Flygbildsstudier skulle kunna ge den nödvändiga informationen, men har bedömts ligga utanför det egentliga syftet med detta projekt).

I princip har en slutavverkning av ett område den effekten att vårfloden i detta område blir både tidigare, större och med snabbare startförlopp (se figur 4.5). När det gäller avverkningar av en del av ett avrinningsområde blir effekten på vårfloden beroende av dels den avverkade arealens andel av den totala arealen, dels hyggenas lokalisering inom området. Enligt SMH:s studier av sambanden mellan skogsbruk och

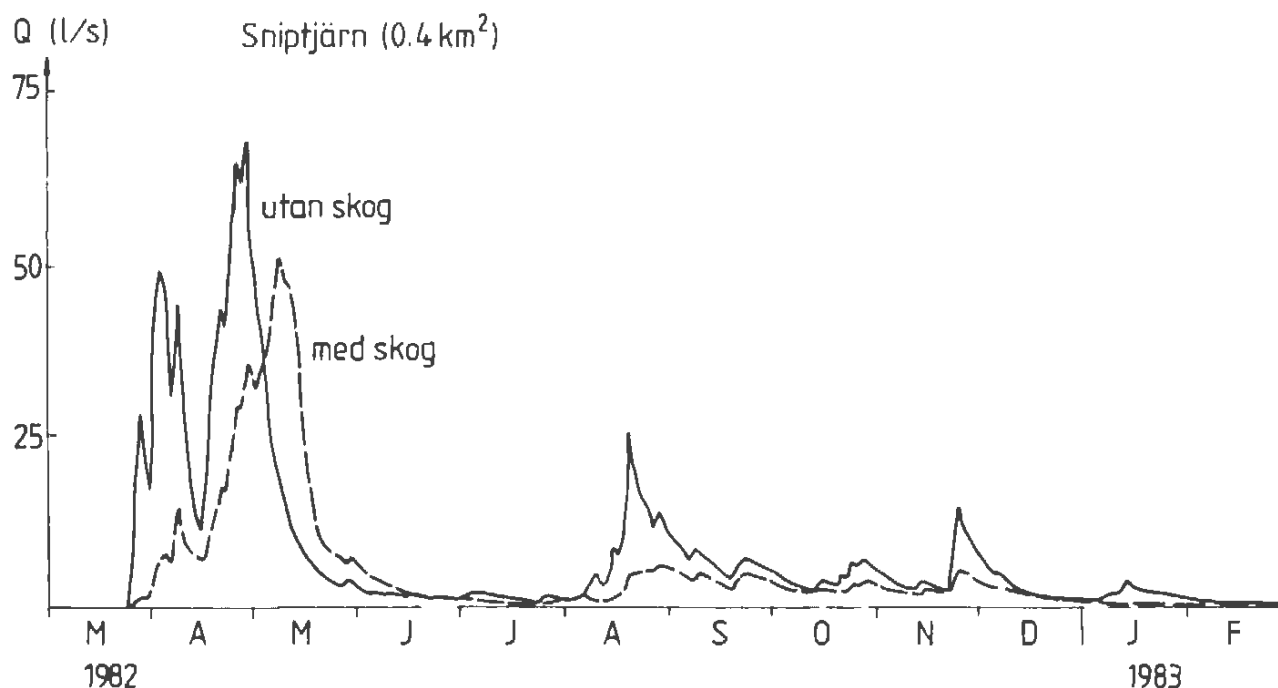
hydrologi tycks det krävas att minst ca 10% av ett avrinningsområdes totala areal avverkas för att några effekter på vattenföringen skall kunna märkas. Lokaliseringens betydelse visar sig i att ett högt beläget hygge bidrar till ett högre flöde längre ner i systemet genom att den tidigare vårfloden från hygget samverkar med flödet från lägre ner belägna delar av området. Ett hygge nära områdets utlopp verkar däremot utjämnande på flödet genom att det mesta av avrinningen från hygget lämnar området innan den samlade vårfloden kommer.

Med tillämpning på Torneälven betyder detta att omfattande kalhyggen i avrinningsområdets övre delar, t ex inom triangeln Pajala- Vittangi- Muonio, kan tänkas medverka till en mer

Svåra islossningar:

PelloDatum för
islossning**Pajala/Pello**Antal dagar
mellan vårens
ankomst och
islossning**Pajala**Skillnad i
medeltemp
mellan maj
och april**Pajala**Vintertemp
december-mars
Pello
Maximal
istjocklek**Pajala**Vattenstånds-
ökning 5 dagar
före islossning

Figur 4.4 Meteorologiska och hydrologiska förhållanden vid islossningen i Pello 1961-1988.



Figur 4.5 Modellberäkningar av vattenföringen före och efter avverkning i Snipptjärn (0.4 km²).

koncentrerad vårfloedsstart längre ner i älven. Arealen av kalhyggen och ungskog är inom detta område relativt stor och uppgår för Pajala och Junosuando kommuner till 29 resp 27 % av den totala skogsarealen eller ca 17 % av kommunernas hela yta (9).

Ändrade avrinningsförhållanden kan också ha orsakats av dikningens ökande omfattning. Kalhyggenas accelererande inverkan på vårfloedsstarten kan därvid väntas förstärkas av skogsdikningen. Blotta existensen av ett effektivt dräneringssystem under snösmältningen bör ha denna effekt. Därtill kommer de observerade klimatförändringarna (kallare vintrar) sedan 1930-talet. Detta kan möjligen ha medfört problem med återplantering och tillväxt.

Frågan om i vilken mån skogsbruket bidragit till de svåra islossningarna under 1980-talet kan dock inte avgöras utan mer ingående studier av utvecklingen inom skogsbruket kring Torneälven under de senaste decennierna. Sådana studier har inte rymts inom detta projekt. (En ansökan om medel från DFR - statens delegation för rymdverksamhet - för studier av kalhyggen med hjälp av satellitbilder blev tyvärr inte beviljad.)

4.3.2 Flottningen

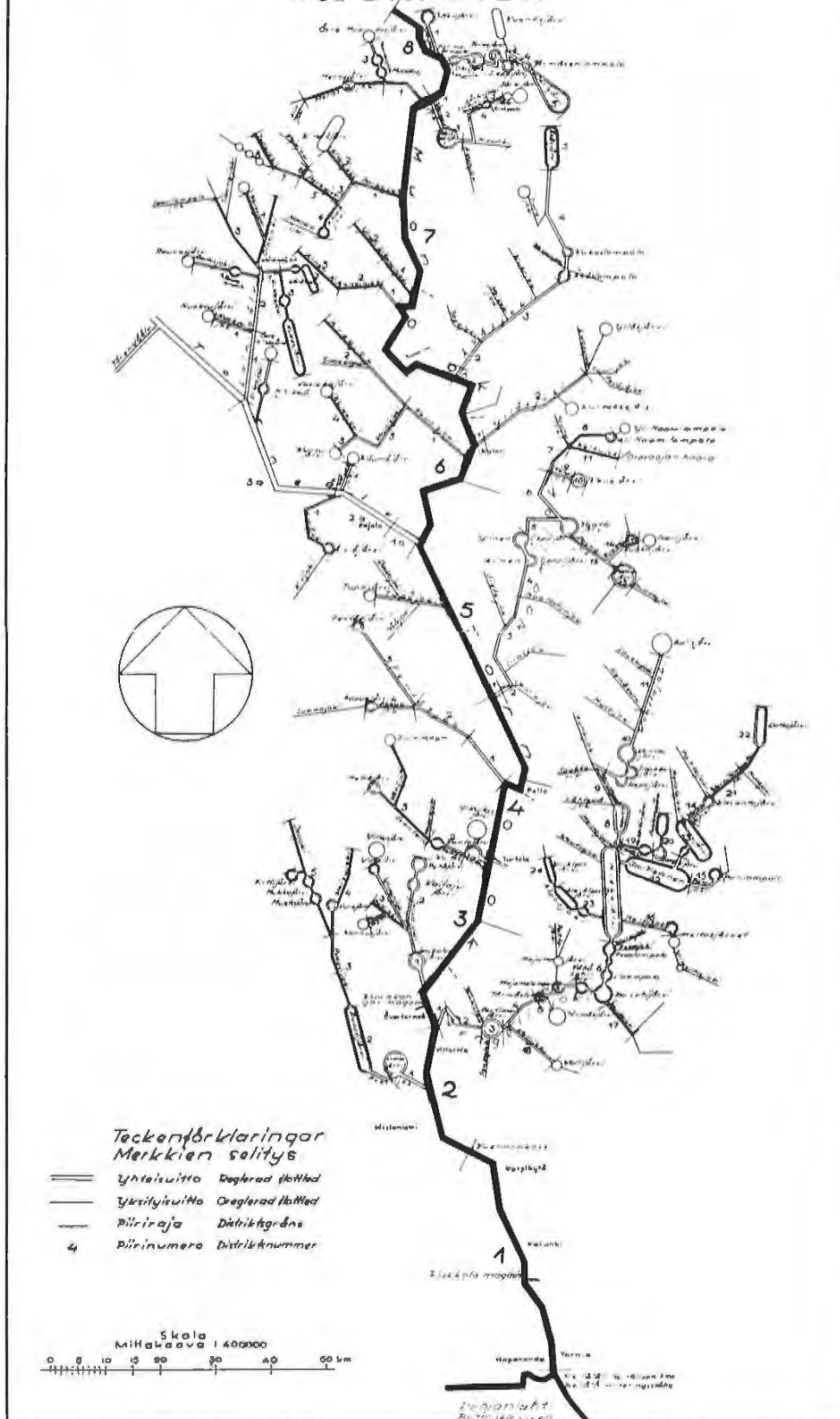
Under flottningsstiden vidtogs en hel del åtgärder för att underlätta transporten av timmer i älvsystemet. Det gällde både förändringar av älvsfåran för att undvika att timmer fastnade (t ex rensningar och byggande av ledarlar) och isförsvagande åtgärder som sandning och förebyggande sprängning, främst för att påskynda

islossningen på vissa platser, t ex vid det stora timmermagasinet i Kuivakangas norr om Övertorneå och vid sorteringsverket i Hellälä.

Dessutom fanns flottningsdammar i så gott som alla biflöden av någon betydelse, från Muonio i norr och nedre Lainioälven i nordväst till Portijoki söder om Övertorneå. Omfattningen av flottningsregleringarna framgår av figur 4.6.

Den totala magasineringsförmågan hos alla dessa dammar har grovt uppskattats till 100 milj. m³. Detta motsvarar närmare 1200 m³/s under ett dygn, eller tre gånger medelvattenföringen vid mynningen, vilket torde vara tillräckligt mycket för att fördröja själva vårfloedsstarten med några dygn. När denna effekt efter dammarnas bortrivande uteblev kan islossningarna alltså ha startat något tidigare än förut, med ökad risk för isproblem, eftersom isen därmed får mindre tid på sig att försvagas före islossningen.

**TORNION JA MUONION RAJAJOET
SIVUVESISTÖINEEN
TORNE och MUONIO GRÄNSÄLVAR
med BIVATTEN**



Figur 4.6 Flottleder i Torneälvens flodsystem.

5. Inventering av skadeobjekt

För att få en uppfattning om var längs älven förebyggande åtgärder är särskilt angelägna har utförda inventeringar av skadeobjekt på svenska och finska sidan sammanställts. Inventeringarna finns redovisade i detalj i två underlagsrapporter (Karlin, T: "Inventering av skadeobjekt/riskområden för skador i samband med svåra islossningar i Torneälven" respektive Honka, A: "Selvitys jääpatotulvista Tornion-Muonionjoella vuosina 1984-86 sekä esitys jääpatotulvien vahinkojen vähentämisestä", ref 10 och 11).

Den svenska inventeringen utfördes hösten 1988 av SMHI med hjälp av berörda räddningschefer. Inventeringen innehåller beskrivningar av kända skador, i de flesta fall grundade på rekognosceringar på platsen, samt en klassificering av objekten med hänsyn till skadans räckvidd (i princip enligt grupperna allmänna anläggningar, bostadshus, fritidshus) och risken för skada (tre klasser: stor, måttlig, liten risk).

Av den svenska inventeringen framgår klart att Haparanda intar en särställning genom risken för omfattande skador på allmänna anläggningar: byggnader, gator och tekniska system, liksom på enskilda bostadshus, om en allvarlig ispropp bildas i älvmynningen. Allmän egendom i övrigt som kan skadas gäller främst broar och vägavsnitt på olika platser längs älven.

Broarna har inte behandlats i ovan nämnda inventeringar. De tillhör helt klart den högsta skadeklassen, men risken för skada bedöms allmänt som ringa. Dock bör noteras att bron i Pello skadades under byggnadstiden. Vid den svåra isgången 1971 stälpte en av bropelarna. Vid ombyggnaden dimensionerades pelarna om och förstärktes för att tåla tre gånger så stora istryck som det beräknade 1971. Ett riskmoment ligger i att de isproppar som gärna bildas

norr om Pello när de lossnar kan komma nära själva brobanan. 1985 t ex uppgavs ismassorna passera bron med endast några dm tillgodo. Också andra broar har enligt uppgift varit i farozonen, t ex broarna i Pajala och Övertorneå som enligt lokalpressen hotats av uppströms belägna isproppar (1964 resp 1981). Bron i Kangosfors har också skadats. Av broarna på finska sidan är den i norra Kolari och Marjosaribron att betrakta som riskobjekt.

Den finska inventeringen, som utförts av vattendistriktet i Rovaniemi, omfattar en noggrann kartläggning av anmälda skador under de svåra islossningarna 1984-86. Högsta vattenstånd vid ispropparna har observerats och översvåmningsområdena lagts in på karta. I figur 5.8 visas ett exempel på en sådan karta för Vojakkala, där också skadeobjekt och uppskattad översvåmnad areal på svenska sidan lagts in. Skadorna 1984-86 på den finska sidan uppskattas till ca 5.5 milj FIM, på basen av gjorda skadeanmälningar. (Se vidare tabell 5.1.) Siffrorna inkluderar inte skador på allmän egendom (vägar, el-ledningar) och inte heller skador som ersatts av försäkringar. Skadeobjekt var främst fritidshus och några bostadshus. Ca hälften av skadebeloppet ersattes av finska staten. De flesta skadeobjekten fanns 1984 i Pello, 1985 i Tornio och 1986 i Kolari och Muonio kommuner.

Resultaten av inventeringarna sammanfattas här i form av en översiktskarta (se figur 9.3), sammanställningstabeller (tabell 5.1-5.4) och detaljkartor över de viktigaste riskområdena (figur 5.1-5.8). På detaljkartorna har också markerats lägen för de isproppar som orsakat skadorna. I avsnitt 3.2 har dessa lägen beskrivits med angivande av troliga orsaker till isproppsbildning.

Tabell 5.1 Uppskattade skadekostnader avseende byggnader på finska sidan 1984-1986. (FIM)

Kommun	1984		1985		1986	
	Antal	Uppskattad skadekostn	Antal	Uppskattad skadekostn	Antal	Uppskattad skadekostn
Enontekiö	1	4720			10	430160
Muonio					13	175402
Kolari	6	25302	4	12330	7	9854
Pello	138	22333563	21	164390	1	2002
Ylitornio	5	286478	65	1306341	1	4075
Tornio	9	21874	102	894744		
Summa	159	2572691	192	2377805	32	621493

Tabell 5.2 Inventering av skadeobjekt eller objekt i riskzon på den svenska sidan.

Allmän egendom

Kommun	Objekt	R ¹ S	Plats
Pajala	Väg 395	S	Förbi Anttis (flera ställen)
	Väg 400	S	Vid Aareavaara samt vägen
	Väg 880		Aareavaara-Huuki
	Elledning	S	Vid Huuki
Övertorneå	Väg 400	S	Vid Hirvakoski
		S	Vid Nivala och Korva
		R	Jouksengi
	Reningsverk	R	I Jouksengi
Haparanda	Väg 400	S	Korpikylä
		S	Övre Vojakkala (2 platser)
	Strandgatan	R	Haparanda
		R	Polishus, dagcenter och källare i tingshus
		S	Haparanda
	Tjärhovsgatan	S	Haparanda
	Avloppssystem	R	Haparanda

¹ R = risk, S = inträffad skada

Tabell 5.3 Inventering av skadeobjekt eller objekt i riskzon på den svenska sidan.

Enskild egendom, bostadshus mm

Kommun	Objekt	R ¹ S	Antal	Plats
Pajala	Bostadshus	S	2	Koskenkangas (nedströms Aareavaara)
		R	2	Kangosfors
	Ladugård	R	1	Anttis
	Bostadshus	S	1	Uppströms Peräjävaara
		S	1	Peräjävaara
		S	1	Virtala
		S	1	Torinen
Övertorneå	Bostadshus	S	1	Uppströms Svanstein
		R	Flera	Jouksengi (möjligen men ej trolig risk)
Haparanda	Bostadshus	R	3	Nedströms Matkakoski
	Silos	R	1	Nedströms Matkakoski
	Bostadshus	R	7	Revonsaari
	Enskild väg	S		Revonsaari
	Varuhus	S	1	Domus i Haparanda
	Hyreshus och vandrarhem	R	3-4	Längs Strandgatan i Haparanda
	Villor	S	2	Tjärhovet
		R	Några 10-tal	Tjärhovet

¹ R = risk, S = inträffad skada

Tabell 5.4 Inventering av skadeobjekt eller objekt i riskzon på den svenska sidan.

Enskild egendom, fritidshus

Kommun	Objekt	R ¹ S	Antal	Plats
Pajala	Fritidshus	S	3	Kaalamakoski
		S	Några	Aareavaara
		S	Ca 10	Huuki
		S	2	Kangosfors
		S	17	Nedströms Anttis
		S	3	Nedströms Peräjävaara
		S	5	Kassa
		S	5	Virtala - Torinen
		S	3	Muodoslompolo
Övertorneå	Fritidshus	S	1	Hietakangas (uppströms Övertorneå)
		S	Ett 10-tal	Nedströms Svanstein
Haparanda	Fritidshus	R	Ngt	Korpikylä
		S	Ca 15	Övre Vojakkala
			Några	Vid älvmyningen

¹ R = risk, S = inträffad skada

Torinen

Isropps observerad
1985-05-18 (5 km)

Skadeobjekt
på svenska sidan
(1984-85)

Bostadshus

Fritidshus

Bostadshus

Möjl. sörja-
uppburen is
enl. flygrek.
1987-05-12

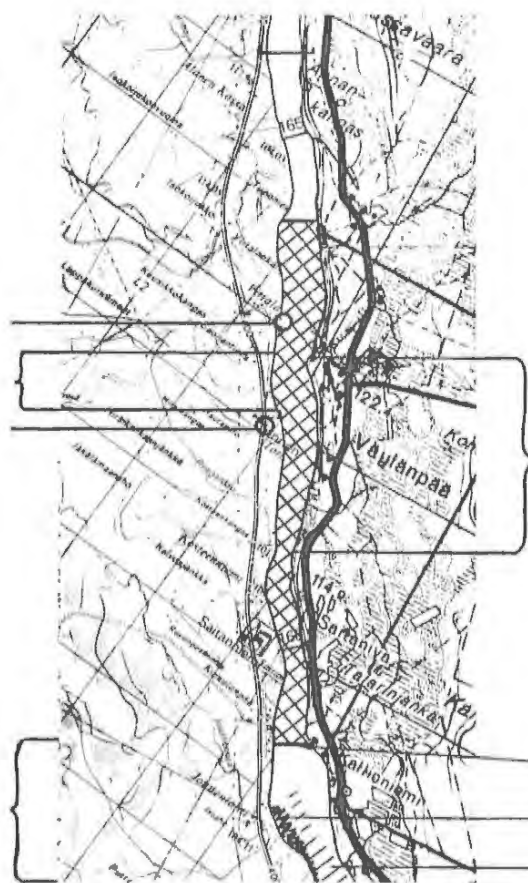
Isropps läge/
Skadeobjekt

Översvämmat
avsnitt (1985)
enl. finska
inventeringen

Isroppsfront

Isvall

Öppet vatten



Figur 5.1 Kända isropps lägen och skadeobjekt vid Torinen.

Pello

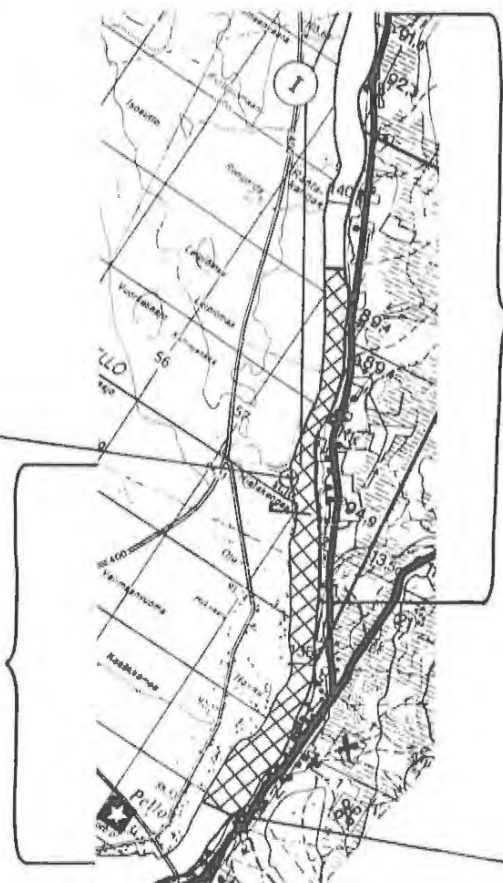
Isropps observerad
1986-05-11 (6 km)

Fritidshus
skadat 1984

Möjl. sörja-
uppburen is
enl. flygrek.
1987-05-12

Översvämmat
avsnitt (1984)
enl. finska
inventeringen

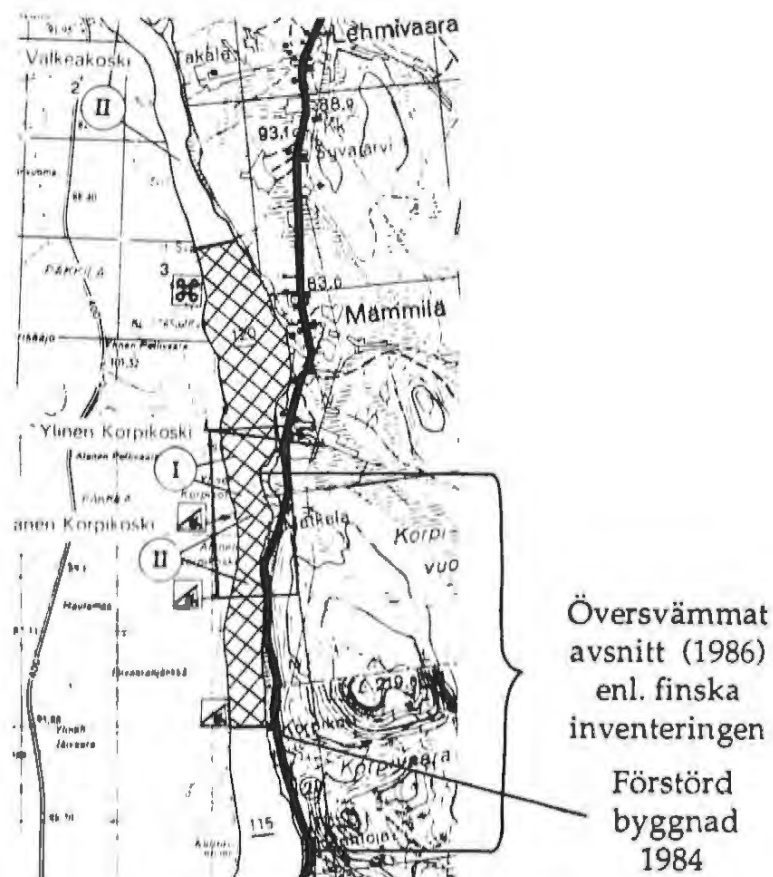
Isroppsfront



Figur 5.2 Kända isropps lägen och skadeobjekt vid Pello.

Korpikoski

Ispropp observerad
1986-05-12 (5 km)



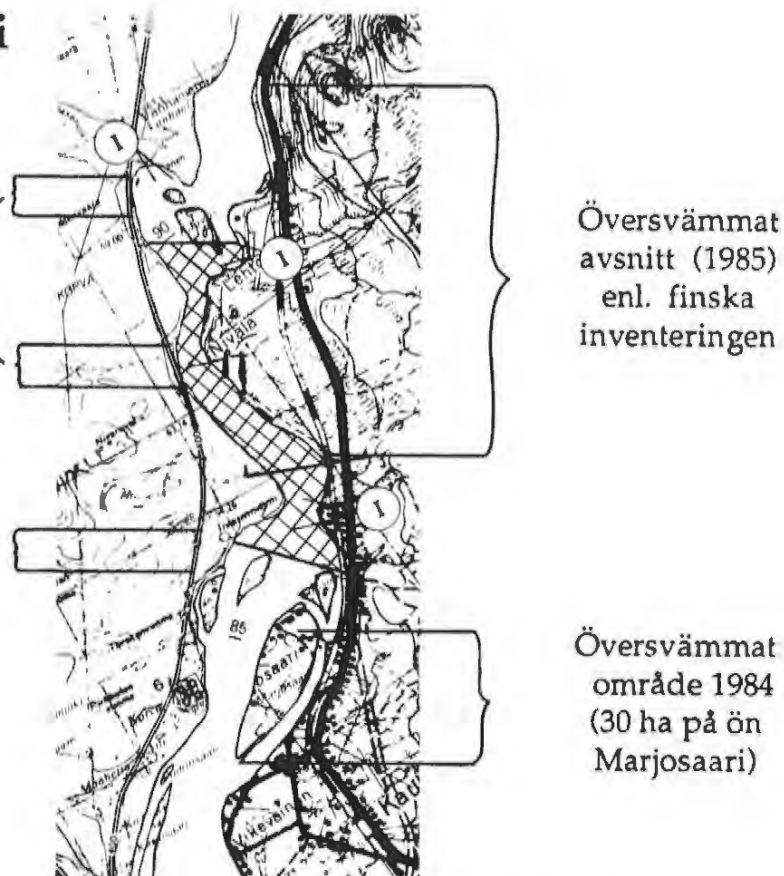
Figur 5.3 Kända isproppslägen och skadeobjekt vid Korpikoski.

Korva-Marjosaari

Ispropp observerad
1985-05-18 (4 km)

Översvämmat
vägavsnitt 1985

Issörja under
istäcket
konstaterad
vid mätning
1988-03-09



Figur 5.4 Kända isproppslägen och skadeobjekt vid Korva-Marjosaari.

Korpikylä

På selet brötad is som
tidvis sträcker sig
upp i Matkakoski

Mycket issörja
under isen
enl. mätningar
1988-03-10



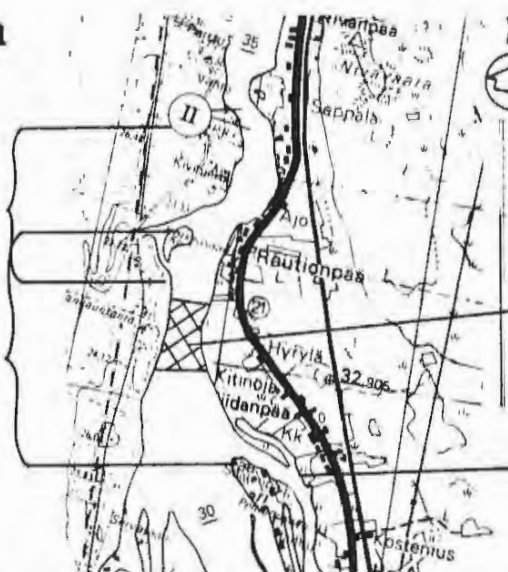
Översvämmat
avsnitt (1985)
enl. finska
inventeringen

Figur 5.5 Kända isproppslägen och skadeobjekt vid Matkakoski.

Kankaanranta

Översvämmad
järnväg och
landsväg 1944

Tydligt sörja-
uppburen is
enl. flygrek.
1987



Mindre ispropp
observerad
1986-05-13

Isproppsgrens 1944

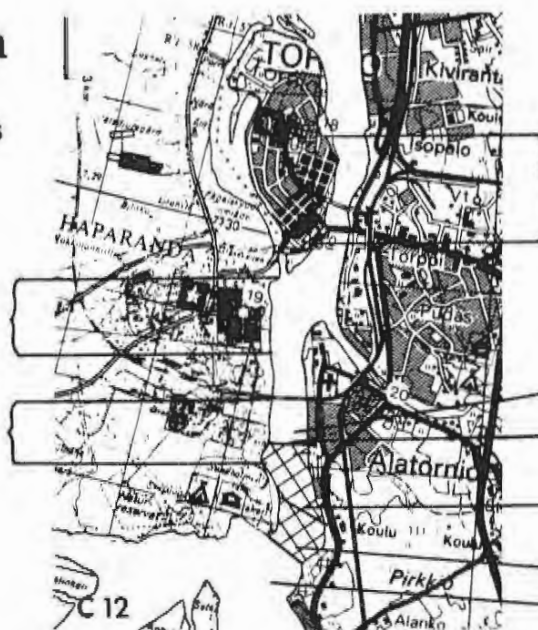
Figur 5.6 Kända isproppslägen och skadeobjekt vid Kankaanranta.

Älvmynningen

Observerad gräns
öppet vatten/brötad is
1985 och 1987

Översvämning 1971
(Strandgatan)

Översvämning 1971
(Tjärhovet)

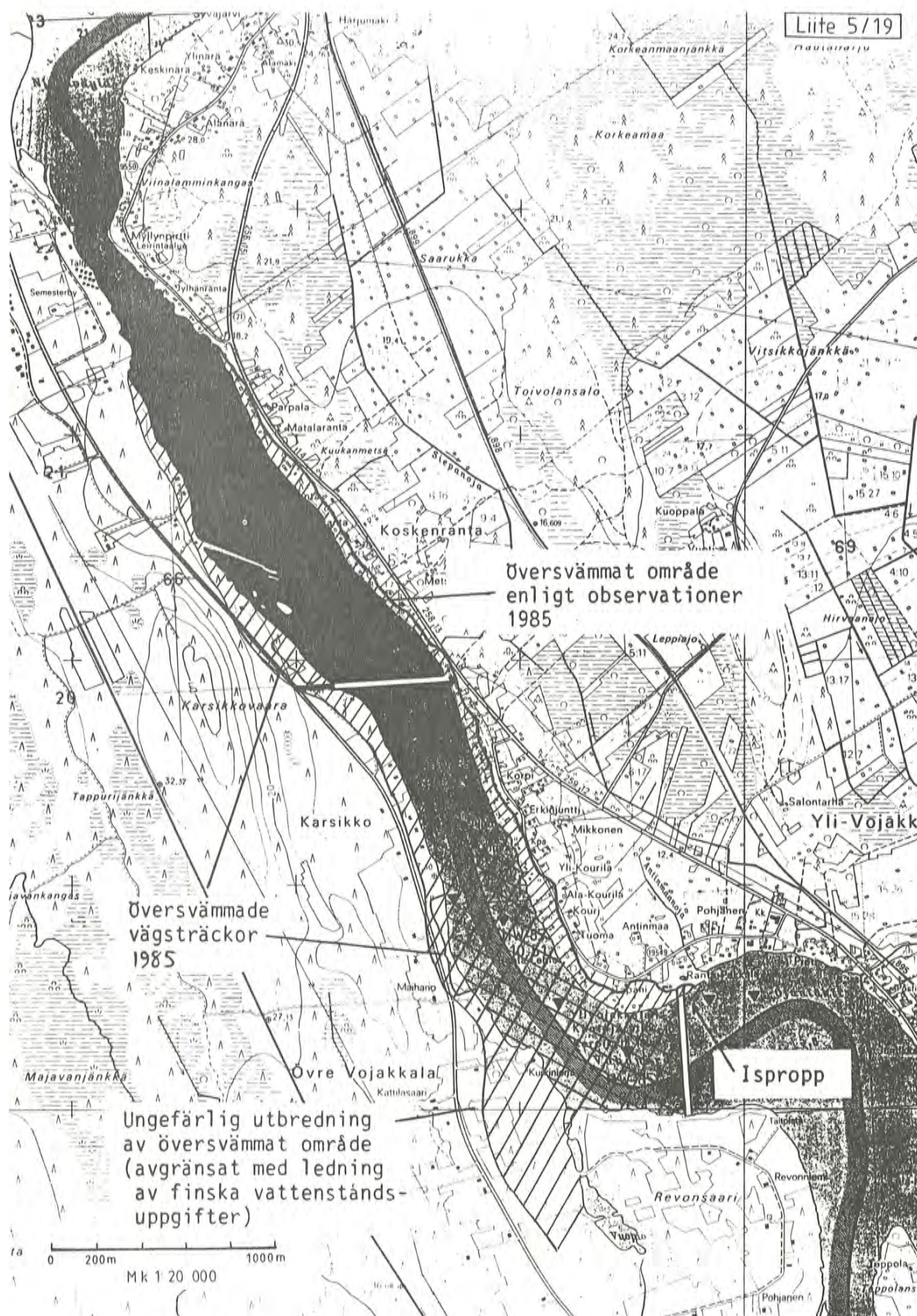


Översvämning 1971
(Torneå stadsholme)

Öppet vatten
Observerad isgräns
1987-05-12
D:o 1985-05-16

Brötad is
Fast is

Figur 5.7 Kända isproppslägen och skadeobjekt vid älvmynningen.



Figur 5.8 Översvämmade områden vid ispropp nedanför Kukkolaforsten 1985.

6. Observationer och prognoser

6.1 Allmänt

I det operationella prognossystemet ingår de observationer och prognoser som den lokala räddningstjänsten behöver som underlag för planering av eventuella särskilda åtgärder inför och under islossningen. Rutinmässigt observeras av SMHI och motsvarande finska institutioner väder, vattenstånd/vattenföring, vattentemperatur, isläggning/islossning, istjocklek samt havsvattenstånd och havsisläge. Observationerna ligger till grund för de prognoser och bedömningar som görs i olika skeden under issäsongen. Väderprognoserna är särskilt viktiga eftersom dessa i sin tur ger underlag för bl a vårflodsprognoserna.

Som en inledning till beskrivningen av det operationella prognossystemet i nästa avsnitt ges här en kort redogörelse för de olika typerna av observationer och prognoser som ingår i systemet. En mer utförlig presentation av de svenska vårflodsprognoserna återfinns i underlagsrapporten (Häggström, M: Anpassning av HBV-modellen till Torneälven, ref 12). De finska vårflodsprognoserna beskrivs i ref 13. En allmän beskrivning av den hydrologiska prognosverksamheten i Sverige resp Finland ges i ref 14 och 15.

6.2 Väderobservationer och -prognoser

De meteorologiska stationer i anslutning till



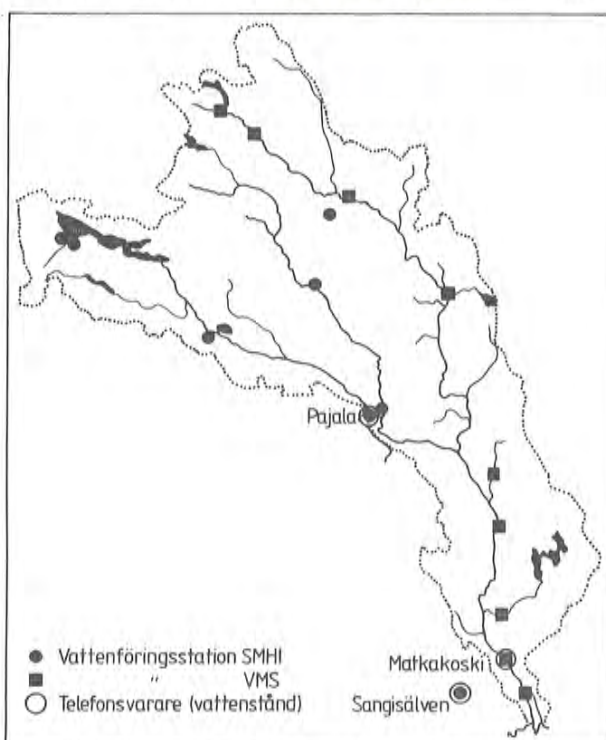
Figur 6.1 Meteorologiska stationer kring Torneälven som utnyttjas för hydrologiska prognoser.

Torneälvens avrinningsområde som utnyttjas för hydrologiska prognoser framgår av figur 6.1. Av synoptiska stationer, som gör observationer var 3:e timme dygnet runt med omedelbar rapportering, finns 13 st. Övriga är klimatstationer med dagliga observationer av lufttemperatur och/eller nederbörd där rapportering i regel sker månadsvis.

Väderprognoser ingår, liksom observationer, i den rutinmässiga verksamheten vid SMHI och det finska Meteorologiska Institutet (som organisatoriskt är helt skilt från Vatten- och miljöstyrelsen). Väderprognoser görs kontinuerligt. Underlaget till meteorologens prognoser upp till 12 timmar kommer från manuella och automatiska stationer och från radar- och satellitobservationer. För prognoser över 12 timmar utnyttjas datorberäknade prognoser från Sverige och andra länder, varav prognoserna från European Center for Medium Range Forecasts (ECMWF) kanske är de viktigaste. Prognosernas användbarhet är för medeltemperaturen 7 dygn vintertid och 4 dygn sommartid. Nederbördsprognosen är användbar upp till 3 dygn (ackumulerad nederbörd upp till 5 dygn).

6.3 Observationer och prognoser av vattenföring

Vattenföringsstationerna inom Torneälvens avrinningsområde redovisas i kartform i figur



Figur 6.2 Vattenföringsstationer i Torneälven.

observationer av vattenståndet på lämpliga platser i älven. Genom att mäta vattenföringen vid olika vattenstånd får man fram ett samband mellan vattenstånd och vattenföring, en så kallad avbördningskurva, som sedan används för översättning av observerade eller registrerade vattenstånd till motsvarande vattenföring. Under vintern är dock avbördningskurvan inte giltig, eftersom istäcket i varierande grad dämmer vattenståndet. Vintervattenföringen måste därför korrigeras för uppskattade iseffekter, något som är extra besvärligt under islossningen när vårfloed och isar samverkar.

För vårfloedsprognoser utnyttjar både SMHI och Vatten- och miljöstyrelsens en avrinningsmodell benämnd HBV-modellen, ursprungligen utvecklad vid SMHI. Denna modell beskriver områdets vattenbalans, dvs hur nederbörden och snösmältningen fördelas på avdunstning, mark- och grundvattenmagasin respektive avrinning. Slutprodukten är vattenföring i en eller flera punkter i vattendraget. Beräkningarna bygger på klimatdata från lämpligt belägna stationer. I beräkningarna tas hänsyn till vissa egenskaper hos avrinningsområdet som höjdfördelning och andelen skog, öppen mark och sjö.

Innan modellen kan användas för prognoser måste den anpassas till aktuellt avrinningsområde. Detta sker genom ett kalibreringsförfarande, varvid ett antal modellberäkningar genomförs för t ex en 10-årsperiod och resultaten jämförs med observerade värden. Genom justering av olika modellparametrar försöker man uppnå bästa möjliga överensstämmelse mellan modellberäkning och uppmätt vattenföring. När modellen väl är kalibrerad kan den utnyttjas för prognoser. Indata är då observerade nederbörds- och temperaturdata fram till prognosdatum och därefter meteorologiska prognoser.

SMHI och Vatten- och miljöstyrelsen har byggt in HBV-modellen i olika prognosystem. Man har därför också ansett det lämpligt att göra separata modellanpassningar för Torneälven. SMHIs modellvariant omfattar hela flodsystemet, men endast indata från svenska nederbörds- och temperaturstationer används. Det skulle antagligen gå att få en något bättre modellanpassning om även finska stationer utnyttjades, men detta skulle kräva ett system för insamling av data från finska meteorologiska databanker. Prognoser över vattenföringen kan med SMHIs modell göras för elva platser i avrinningsområdet. Av dessa är Pajala, Kallio (nedre delen av Muonioälven), Pello, Karunki och Haparanda/Torneå de viktigaste.

Vatten- och miljöstyrelsens modellvariant omfattar endast gränsälvarna, dvs Muonioälven och nedre delen av Torneälven. En anpassning till hela avrinningsområdet skulle kräva

även svenska indata, eftersom övre delen av Torneälven ligger långt från finskt område. Prognoser kan i gränsälvarna göras på samma platser som med den svenska modellen. Goda och fullständiga prognoser för nedre delen av Torneälven kräver dock att prognoser för Pajala först inhämtas från SMHI.

SMHIs och Vatten- och miljöstyrelsens prognoser kan skilja sig något från varandra beroende på skilda modellvarianter och olika ingångsdata. I huvudsak erhålls dock överensstämmande resultat. Samråd sker dessutom innan den färdiga prognosen distribueras.

De första prognoserna gjordes inför vårfloeden 1987 för övre delen av Torneälven (svensk prognos) och Muonioälven (finsk prognos). Till vårfloeden 1988 hade Vatten- och miljöstyrelsens modell utbyggts till att omfatta även nedre delen av Torneälven. Inför vårfloeden 1989 hade SMHIs modellvariant anpassats till hela flodområdet. Exempel på en svensk och en finsk vårfloedsprognos under 1989 ges i figur 7.2.

6.4 Observationer av vattentemperatur

Regelbundna observationer av vattentemperatur har utförts av SMHI på två platser, vid Kengis nedanför Pajala och vid Kukkolaforsen. Observationerna, som påbörjades 1960, utförs en gång per vecka. Under några år har observationerna gjorts dagligen. Under maj månad 1985 gjordes dock vid Kengis mätningar två gånger per dag (jfr figur 2.10).

Vattentemperaturen är av betydelse för isens smältning. Prognosmetoder finns men dessa kräver som underlag observationer med en helt annan upplösning, både i tid och rum, än den som för närvarande erbjuds i Torneälven.

6.5 Isobservationer i Torneälven

För islossningstidpunkt i Haparanda finns en lång observationsserie som sträcker sig tillbaka till 1693 (se figur 4.3 a och ref 8). Från slutet av 1800-talet har isläggnings- och islossningstidpunkt noterats vid vissa av SMHIs meteorologiska stationer längs älven, bl a i Haparanda. Under 1940-talet påbörjades observationer av is- och trafikförhållanden vid vintervägar på olika platser utmed älven. I samband med den sk Nordkalottutredningen angående kraftutbyggnad i Torne- och Kalixälvar i slutet av 1950-talet utfördes under några säsonger intensifierade studier av isförhållandena. Observationerna vid vintervägarna fortsatte dock, i några fall ända in på 1980-talet.

Isobservationer i Torneälven görs från finskt håll av Vatten- och miljöstyrelsens hydrologiska byrå. Observationer av isläggnings- och islossningsdatum omfattar fyra olika stadier av isläggningen respektive islossningen:

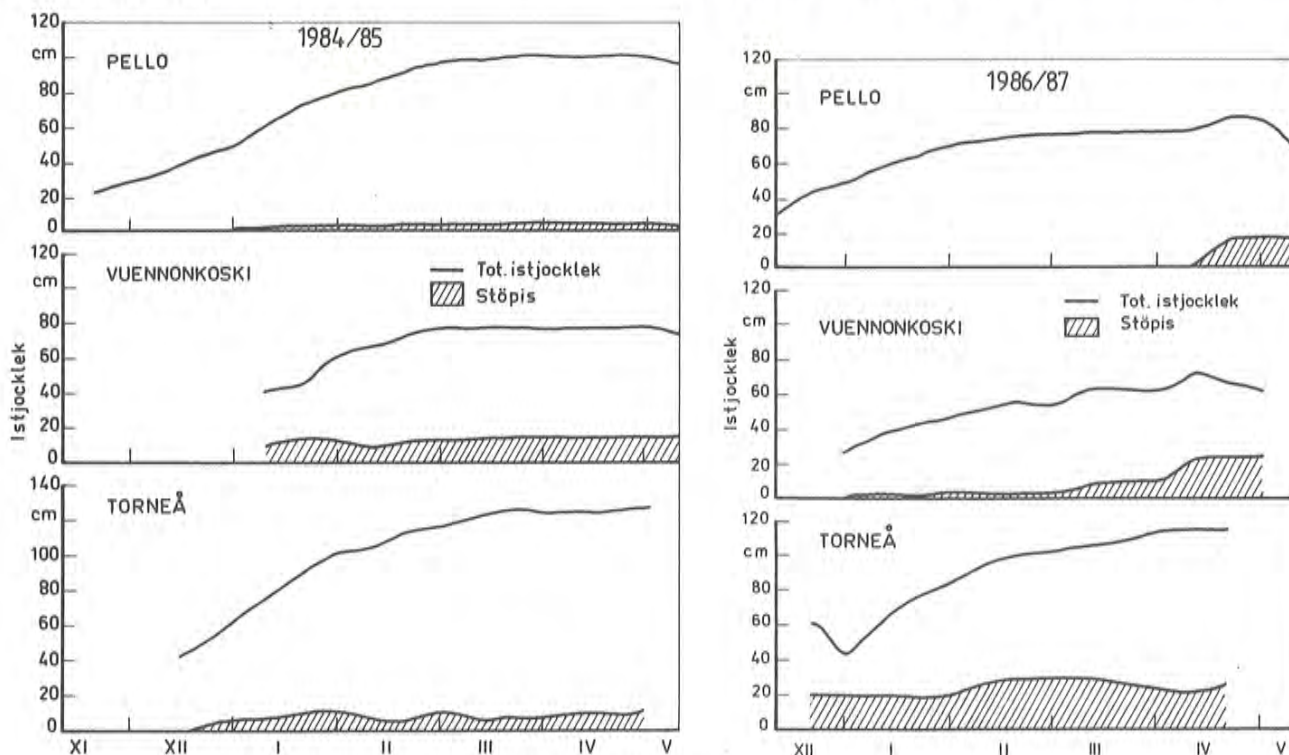


Figur 6.3 Stationer för observation av vattentemperatur och isförhållanden.

- 1) isbildning/isfritt vid stranden,
- 2) isbildning/isfritt längre ut,
- 3) synfältet istäckt/isen rör sig och slutligen
- 4) helt tillfruset/helt isfritt.

Observationerna är naturligt nog i någon mån subjektiva. Två datum för samma studium kan förekomma om vädret har växlat med köld- och töperioder vid tillfrysnings- eller islossningstidpunkten. Dessa observationer utföres i Karesuvanto, Muonio, Pello, Vuennonkoski (Pekanpää), Matkakoski, Kukkolankoski (Kukkolaforsen) och Torneå (se karta i figur 6.3). Dylka observationer har gjorts under lång tid, i vissa fall fr o m år 1937 (Pello och Torneå), men det förekommer avbrott och observationerna är inte helt pålitliga. Bara datum för slutgiltig isläggning och islossning finns nämnt i de tidigare observationerna. Sedan 1960-talet är serierna kompletta och mera systematiska. Vid alla dessa stationer observeras även vattenstånd, antingen med pegel eller limnigraf.

Total istjocklek började observeras i Torneå-ven i början på 60-talet, och sedan 1977 har kärnis och stöpis särskiljts, och även snötäckets tjocklek har bokförts. Mätningarna utföres var 10:de dag i ett snitt över älven, (5-7 mätpunkter) så länge isen bär. Mätningarna göres i borrhål i isen, stöpisens avläses från en uppsatt stav. Ismätningar utföres numera endast i Pello, Vuennonkoski och Torneå. Fram till år 1983 gjordes mätningar även i Kukkolankoski och Matkakoski. Exempel på istillväxt från Pello, Vuennonkoski och Torneå vintrarna 1984-85 och 1986-87 finns i figur 6.4.



Figur 6.4 Exempel på istillväxtdiagram baserat på ismätningar utförda av VMS.

Sedan vintern 1984/85 görs också vissa isobservationer på svenska sidan genom den lokala räddningstjänsten. Syftet är därvid att kartlägga issituationen inför islossningen, speciellt vid kända isproppslägen. Som underlag för mätningarna har SMHI i samråd med VMS lämnat instruktioner om mätmetodik, underlagskartor och blanketter.

6.6 Havsisobservationer och -prognoser

Den marina prognostjänsten vid SMHI samlar under issäsongen in information om isläget i havet från flera olika källor: dagliga isobservationer från lotsar, rapporter från isbrytarna fyra ggr/dag om isförhållandena inom arbetsområdena, motsvarande information från Finland samt satellitbilder som tas emot vid SMHI. Som exempel visas i figur 6.5 issituationen i Bottenviken den 30 mars 1989. På basis av detta materialsammanställs dagligen israpporter och iskartor (se exempel i figur 3.8). Istjockleken mäts veckovis vid ett antal stationer, av vilka Kalix och Luleå är av störst intresse i detta sammanhang.

Havsisprognoser tas fram för speciella uppdragsgivare och omfattar isläggning, isrörelser och islossning. För isläget det närmaste dygnet och fem dagar framåt görs prognoser dagligen. 10-dygnspognoiser görs 2 ggr/vecka. Möjlighet finns att också prognosera havsisens kvalitet. Sådana prognoser görs emellertid ej rutinmässigt.

6.7 Observationer och prognoser av havsvattenstånd

Havsvattenståndet i Sverige mäts vid ett antal sk mareografer med automatisk överföring av data till SMHI. Den nordligaste stationen i Bottenviken är belägen vid Kalix. Förhållandena där kan anses vara representativa för Haparanda. I vissa situationer, t ex vid kraftiga syd- eller nordvindar, kan dock någon skillnad i vattenstånd väntas uppträda.

Vattenståndsprognoser görs dagligen för tre dygn framåt. Prognoser för speciella platser och perioder kan göras på beställning.

6.8 Speciella isprognoser

6.8.1 Islossningsstart

För prognos över islossningsstart finns olika metoder som alla bygger på observationsserier från en viss plats omfattande bl a islossningsdag, vattenstånd och vattenföring samt meteorologiska faktorer, främst lufttemperatur. I sökandet efter en användbar prognosmetod för Torneälven har flera metoder prövats.

Studierna, som genomförts vid Vatten- och miljöstyrelsen, har gällt de tre platser längs älven där reguljära ismätningar pågår (Tornio,

Vuonnonselki, Pello).

Det enklaste antagandet, att islossningen alltid startar samma dag som genomsnittsvärdet för platsen, befanns ge en medelavvikelse (prognos - observation) på 3-5 dagar. Bättre resultat erhålls för beräkningar som bygger på vattenståndet. Om islossningen antas ske ett visst antal dagar efter det att vattenståndet stigit mer än 10-20 cm per dygn minskar medelavvikelsen till 2-4 dagar. Ännu bättre blir de prognoser som görs på basis av summan av positiva lufttemperaturer. Här blir medelavvikelsen mindre än 2 dagar.

Den bästa prognosmodellen bygger på både temperatursummor och vattenföring (inkl prognosvärden för dessa variabler). Prognosekvationer har tagits fram för de tre platserna och inkorporerats i de finska vårflodsprognoserna (se figur 7.2 och ref 16).

Prognoser över islossningstidpunkt gjordes första gången våren 1988 och upprepades 1989. Prognoserade och observerade islossningsdatum 1988 och 1989 framgår av nedanstående tabell:

	1988		1989	
	Prognos	Observation	Prognos	Observation
Tornio	10.5	8.5	1.5	30.4
Vuonnonselki	13.5	9.5	5.5	1.5
Pello	11.5	10.5	4.5	30.4



Figur 6.5 Issituationen i Bottenviken 1989-03-30 (satellitbild mottagen av SMHI).

6.8.2 Islossningens svårighetsgrad

I framtagningen av en metod för att förutsäga islossningens svårighetsgrad behövs två saker: uppgifter om hur islossningarna har varit under ett antal år och information om de förhållanden som är bestämmande för islossningens karaktär (jfr avsnitt 4). De verkligt svåra islossningarna kan väntas vara rätt väl dokumenterade, medan de lätta sällan ger tidningsrubriker. Systematiska observationer över islossningens svårighetsgrad på olika platser saknas. För de variabler som bedömts vara styrande finns däremot ett omfattande datamaterial.

Trots viss osäkerhet när det gäller klassificeringen av islossningarna efter karaktär har en studie gjorts vid SMHI med data från Haparanda för perioden 1961-87. Under denna tid har 6 islossningar noterats som kritiska, 9 som lätta och övriga hänförs till gruppen "normala". Olika uppsättningar av styrande variabler har testats med syfte att finna de kombinationer som ger den största åtskillnaden mellan de tre klasserna. Studien, som utförts med hjälp av diskriminantanalys, beskrivs närmare i en underlagsrapport (Jutman, T: Prognos av islossning i Torneälven vid Haparanda - Karaktär och tidpunkt, ref 17).

Med diskriminantanalys kan man särskilja klasser genom analys av de variabler som styr klasstillhörigheten. Målet i den här studien är att finna de styrande variabler som ger de bästa möjligheterna att förutsäga i vilken kategori ett islossningsförlopp kommer att hamna. Resultatet av diskriminantanalysen är en eller flera diskriminantfunktioner. Maximalt antal funktioner är antalet klasser minus en. I vårt fall kan vi få fram två funktioner. Funktionerna är linjära kombinationer av de styrande variablerna. Ritar man i ett diagram in funktionsvärdena för

varje bakomliggande händelse (här = islossning) så ska man vid ett gott resultat få en sammanhållen svärm av punkter för respektive klass.

I vårt fall har vi relativt få observationer (27) och detta påverkar naturligtvis precisionen i de slutsatser man kan dra utifrån analysresultaten.

De styrande variabler som gav den bästa grupperingen av punkter var: vinternederbörden, nederbörden i april (fungerar troligen som indikator på iskvalitet), förändringen i vattenföring fem dagar före islossningen och ett temperaturindex (=den dag då summan av dygnsmedeltemperaturer uppnår 40 grader). Det förutsätts att en prognos över islossningsdag finns tillgänglig. (Om man bara använder variabler som är oberoende av islossningsdag blir resultatet sämre).

De två diskriminantfunktionerna (X och Y) är på formen:

$$X = 0.01 * (-527.2 - 0.54*Q + 9.33*T + 2.93*PW - 5.98*PA)$$

$$Y = 0.01 * (129.34 - 0.35*Q - 9.02*T + 1.09*PW + 4.20*PA)$$

där
Q = vattenföringens förändring under 5 dagar fram till islossn

T =temperaturindex

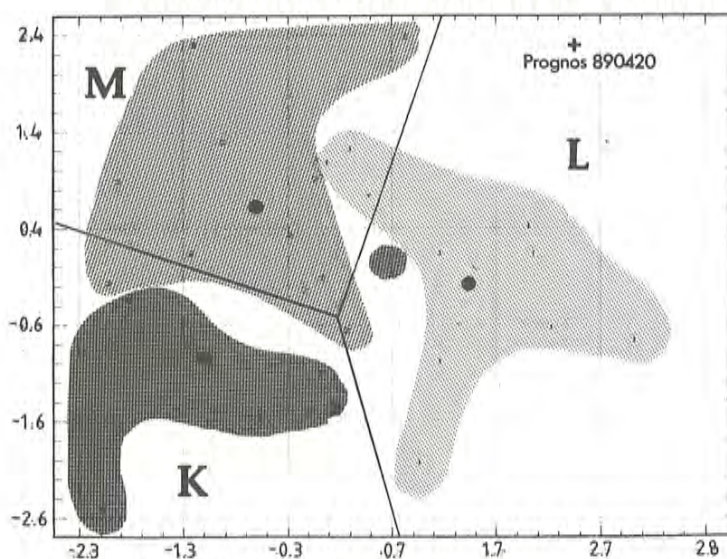
PW=nederbörden under december - april

PA =nederbörden under april.

De olika variabelernas inbördes betydelse är svår att avgöra eftersom alla ingår i båda diskriminantfunktionerna och där har olika inbördes viktning. Variablerna är heller inte standardiserade. Vad som framgår är att ett lågt värde på temperaturindex, dvs att vårvärmen kommer tidigt, ökar risken för en kritisk islossning. Detsamma gäller en häftig vattenföringsökning, något som också inses resonemangsmässigt. Intressantare är metoden när det gäller att väga samman effekten av flera, delvis motverkande, faktorer.

Prognosmodellen testades inför islossningen 1989. Beräkningspunkten för prognosen har lagts in i figur 6.6. Fortlöpande prognoser av vårflod och islossningsstart innebär små justeringar av prognospunkten i riktning mot det kritiska området. Den sista vårflodsprognosen före islossningen angav en ovanligt stor ökning i vattenföringen före islossningsdatum, varför prognosen justerades subjektivt till medelkritisk. Islossningen 1989 kom också att medföra en del problem med isproppar och översvämningar, bl a nedanför Kukkolaforsen.

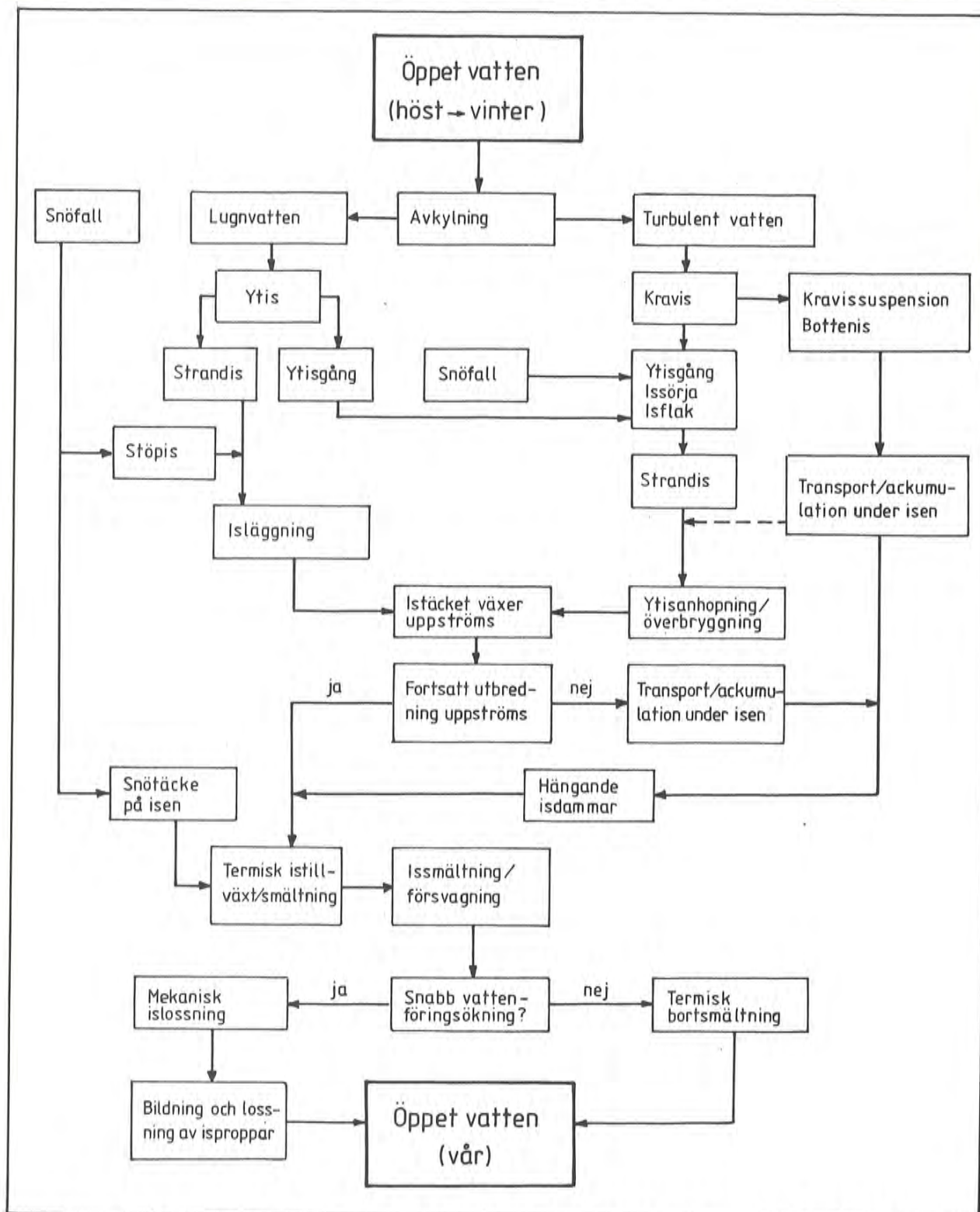
På grund av det begränsade datamaterialet blir resultaten osäkra, särskilt när prognospunkterna hamnar i ytterkanten av diagrammet. Med fortsatta observationer av islossningarnas svårighetsgrad och omständigheterna vid islossningen, speciellt isens kvalitet, kommer prognosmodellen successivt att kunna förbättras.



Figur 6.6 Gruppering av islossningar vid Haparanda 1961-87 efter karaktär med hjälp av två diskriminantfunktioner (se vidare ref. 17). Klasser: Lätt, Medelsvår, Kritisk.

6.8.3 Islossningsförlopp och ispropps-rörelser
Isförhållandena i floder är komplicerade beroende på varierande geometri, lutnings- och strömningsförhållanden. Därtill kommer variationer i vädret som i sin tur bestämmer isläggning, -tillväxt och -kvalitet, liksom smältförloppet och den islossningsstyrande vårfloden. Det pågår för närvarande intensiv forskning kring

flodisprocesser, bl a i Nordamerika, med syfte att bättre förstå och beskriva de olika skeendena under issäsongen. En schematisk bild av de olika delprocesserna återges i figur 6.7. Schemat fungerar som ram för ett modellsystem som fn utvecklas i USA (ref 18). Ett liknande arbete, syftande till att ta fram en total ismodell, pågår i Finland (ref 19). För vissa delprocesser, t ex av-



Figur 6.7 Delprocesser i tillkomst och nedbrytning av ett älvestäcke. Efter Wasantha lal & Shen (18).

kylningsförloppet, kravisbildning och strandis-tillväxt, finns tämligen väl fungerande modeller framtagna. När det gäller islossningsförloppet har modellutvecklingen inte hunnit lika långt. En allmän översikt av modeller och prognosmetoder för is i älvar ges i (ref 20).

Huvudorsaken till isproblemen i Torneälven, ispropparna, är svåra att behandla teoretiskt. Metoder finns att beräkna vissa egenskaper, t ex vattendjup under och vattenstånd bakom en idealisk ispropp. Beräkningarna kräver dock uppgifter om bl a isproppens tjocklek, lutning och råhet, något som delvis är mycket svårt att mäta. Modellsimuleringarna av vattenstånd vid ispropp i älvmynningen (se avsnitt 9) kan ses som exempel på teoretisk behandling av isproppsproblemet. Ispropps bildning och rörelser uppfattas internationellt som fält där stora forskningsinsatser återstår att göra. Prognosmetoder för dessa fenomen kommer att saknas länge än. I stället får man utnyttja generell kunskap och erfarenheter av verkliga isproppar. Observationer och dokumentation av händelseförlopp kan här bidra till utvecklingen av bättre prognosinstrument.

Isproppar under islossningen bildas vanligen genom att isflak som kommit i rörelse bromsas mot ett fast istäcke (som i sin tur kan hållas kvar av stränder, öar mm). Isflaken kan då hopas mot iskanten eller, vid stor vattenhastighet, dras ner under istäcket för att bilda hängande isdammar. Genom att tillkommande isflak dyker ner under en yttlig isanhopning kan tjocka isproppar bildas. De vallar som blir kvar sedan isproppar lossnat visar att ispropparna kan vara flera meter höga. Ofta är älven i isproppens nedströmsände helt igenkorkad av is. Vattnet bromsas effektivt upp och vattenståndet bakom isproppen stiger snabbt.

Möjliga skadeeffekter av en ispropp i form av översvämningar och ispress beror på flera faktorer (ref 21):

- istäckets styrka och tjocklek under islossningen har en avgörande betydelse för hur allvarliga och långvariga isproppar som kan bildas. Islossningar som inträffar innan isen försvagats av solstrålning och smältning innebär stor risk för skador
- tjocka isproppar har större dämningseffekt än tunnare. Tjockleken bestäms bl a älvens bredd och lutning (ju bredare och brantare älv, desto tjockare ispropp), isproppens undersida (ju större råhet, desto tjockare) och inre egenskaper
- genom avsmältning till följd av ett visst temperaturöverskott i det genomströmmande vattnet (en mycket liten positiv temperatur är tillräcklig) blir isproppen kortare och får mindre råhet. Om smälteffekten når isproppens nedströmsände påskyndas lossnandet.

Hur, varför och när en ispropp lossnar kan man ännu inte ge något fullständigt svar på. Man tror att förhållandena vid isproppens nedströmsände, vattenföringen, smälteffekten och iskvaliteten har betydelse. Två olika mekanismer för isproppslossning har observerats:

a) Vid en ispropp som hålls kvar av en lång sträcka med orörd is börjar snart strömvakar bildas i istäcket omedelbart nedanför proppen. En kort tid innan isproppen lossnar kan man se hur vattenhastigheten i dessa vakar drastiskt ökar. Flak från isproppen lossnar och börjar röra sig nedåt, varvid vakarna förlängs. Strax därpå kommer hela isproppen i rörelse tillsammans med det fasta istäcket framför. Ibland bryts detta sönder av isproppen.

b) En ispropp kan hållas kvar av ett kort avsnitt fast is, ofta förankrat vid stränderna, t ex i en älvkrök, eller av andra hinder. Här lossnar isproppen ofta när vattenståndet ökar, så att det bromsande ispartiet kan röra sig.

Då en ispropp lossnar släpps den uppdämda vattenvolymen bakom proppen fram och en flodvåg bildas som med stor hastighet rör sig nedför älven. Isflak som följer med vågen kan åstadkomma stor skadegörelse när de med full kraft träffar byggnader och andra konstruktioner.

7. Det operationella prognossystemet

7.1 Innehåll och syfte

Prognossystemet består av en kombination av olika slags observationer och prognoser, som tillsammans skall ge den information, som den lokala räddningstjänsten behöver, dels för att kunna bedöma behovet av särskilda insatser inför en stundande islossning, dels för att kunna fatta riktiga beslut om akutinsatser under en svår islossning. Komponenterna i prognossystemet har beskrivits i föregående avsnitt. Det bör poängteras, att de lokala observationerna av isförhållandena är en viktig del i systemet. Mätningar av istjocklek och iakttagelser av isens tillstånd, eventuell förekomst av isbarriärer etc. är värdefulla hjälpmedel i bedömningen av riskerna för isproblem.

Några av de frågor, som räddningstjänsten ställer i samband med islossningen, kan vara följande:

Inför islossningen:

- När startar islossningen?
- Hur stor är risken för isproblem?
- Behövs särskilda förberedelser?

Under en svår islossning:

- Vad händer härnäst -
 - var bildas isproppar?
 - hur högt stiger vattnet?
 - när lossnar isproppen?
 - när är det dags att spränga/bryta is, gå ut med varningar?

Efter islossningen:

- Hur blev islossningen?
- Stämde prognoserna?
- Fungerade de tekniska åtgärderna?
- Gav ev. akutinsatser önskat resultat?
- Kan något förbättras till nästa gång?

Det operationella prognossystemet skall, så långt dagens kunskap räcker, hjälpa till att besvara sådana frågor.

7.2 Prognossystemet – en beskrivning

Det operationella prognossystemet, så som det fungerat före, under och efter islossningen, återges schematiskt i figur 7.1. En grundläggande del i systemet är vattenföringsprognoserna, eftersom dessa ingår både i underlaget för prognos av islossningsdag och i bedömningarna av islossningens svårighetsgrad. Dessutom är givetvis vattenföringsprognoserna av direkt intresse i planeringen av åtgärder under en pågående islossning.

Vad systemet ger mottagaren är ett antal meddelanden, där aktuell situation och prog-

noser förmedlas i form av text, kartor och diagram. Sådana meddelanden börjar skickas ut i mitten av april och ger då till att börja med utgångsläget för den kommande islossningen när det gäller snötäcke, havsis samt istjocklek och vattenstånd i älven. Redan dessförinnan kan emellertid kontakter ha tagits, t ex om älvisen har nått en sådan tjocklek, att särskilda isförsvagande åtgärder kan vara motiverade.

Genom meddelandena kan mottagaren följa vårens annalkande, som först visar sig genom att snötäcket sjunker ihop och sedan ger sig till känna genom att vattenföringen börjar öka i bifloderna i nedre delen av älven. Detta skede torde tämligen väl återspeglas i flödesutvecklingen i Sangisån, där den telefonsvarande pegeln i Kukkasjärvi kan utnyttjas för att få fram en tidig indikation på att vårflodsstarten närmar sig också i Torneälven. Prognoser över vårflodsstarten kan göras ca en vecka i förväg. Det är egentligen först nu, som man med de statistiska modellerna (se avsnitt 6.8) kan beräkna islossningens startdag och svårighetsgrad. Detta betyder, att den möjliga framförhållningen för just dessa faktorer är ca 10 dagar. Vissa möjligheter att bedöma islossningens svårighetsgrad har man dock redan i utgångsläget. Extremt tjocka isar bör exempelvis alltid uppfattas som en varningssignal. Även förekomst av snö på isen i ett sent skede kan vara en omständighet, som förebådar problem vid islossningen. Å andra sidan kan isen redan innan vårfloden kommer igång ha blivit så dålig, att en problemfri islossning bör kunna förväntas. För sådana mer kvalitativa bedömningar krävs givetvis lokala observationer.

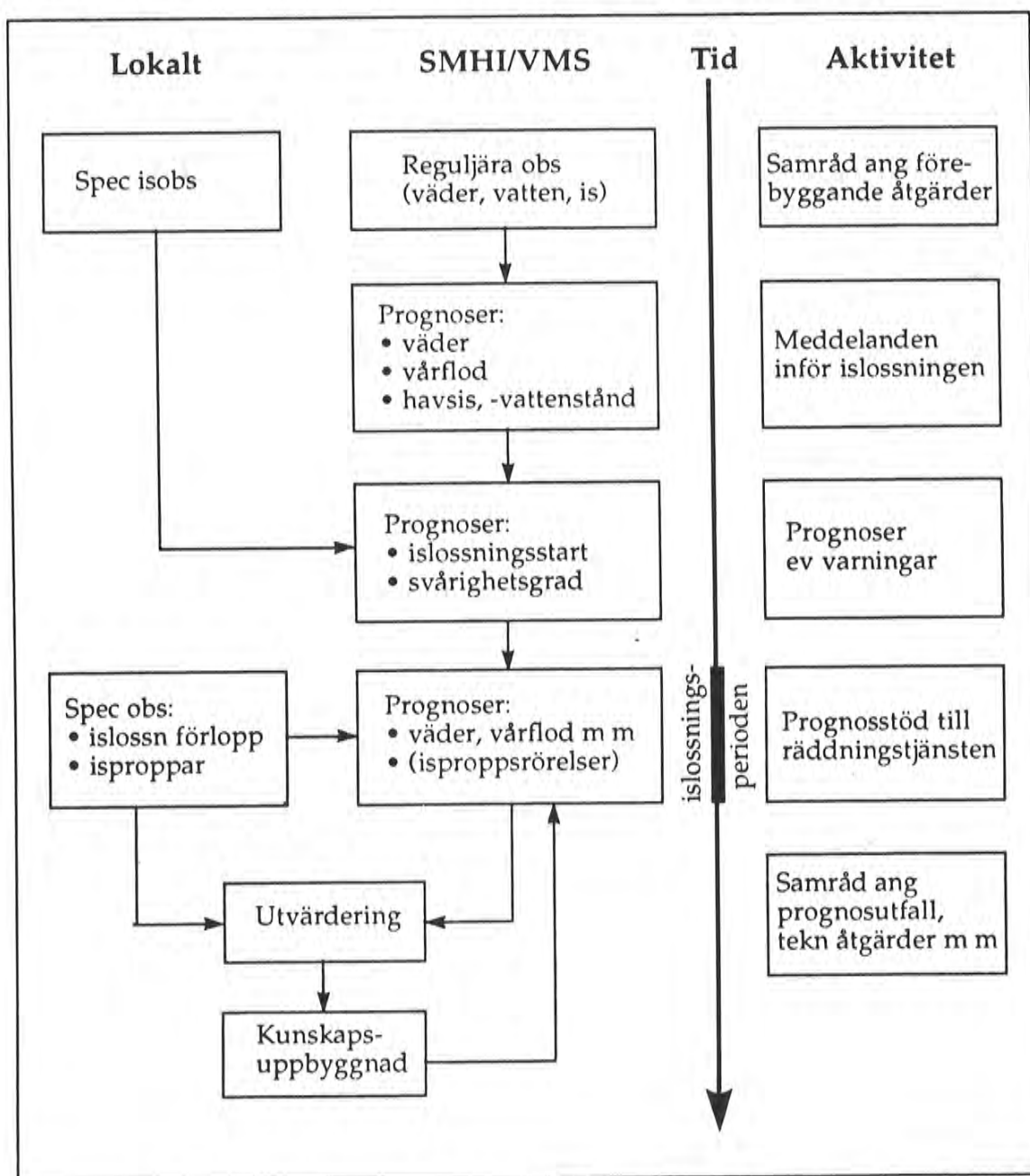
När våren fortskridit så långt, att vårflodsprognoser kan göras, skickas meddelanden ut oftare - i regel två gånger per vecka med successiv uppdatering av islossningsprognoserna. Den verkliga vattenståndsstegringen i älven kan följas med hjälp av de telefonsvarande peglarna i Pajala och Matkakoski (den senare finsktalande). Man bör dock vara medveten om att vattenståndet kan vara påverkade av isdämning. Vid plötsligt ändrade prognosförutsättningar, t ex en oväntad väderutveckling, kan extra meddelanden skickas ut. Information om de lokala isförhållandena fås genom direktkontakt med räddningscheferna. Samtidigt kan prognosläge och bedömningar diskuteras. Speciellt kan prognosen över islossningens svårighetsgrad behöva nyanseras.

I figur 7.2 ges exempel på prognoser utsända av SMHI resp. VMS inför islossningen 1989.

Den svenska prognosen innehåller förutom vårflodsprognosen (tre alternativ) i diagramform, en text- och kartdel med redovisning av islossningsprognosen i textdelen. Det finska prognosmeddelandet består av ett diagram, där prognosen över islossningsdag för tre platser inkluderats. De finska och svenska prognoserna skiljer sig något åt på grund av vissa skillnader i modellvariant, ingångsdata och bedömningar. Framtagningen av prognoserna sker dock i samråd, varför de båda varianterna i huvudsak ger överensstämmande information.

Under en besvärlig islossning med isproppar och översvämningar kan prognossystemet ge räddningstjänsten underlag för planering av insatser som sprängning, isbrytning, evakue-

ring och varningar. Prognoser över väder, vattenföring och förhållandena i havet (havsisläge och havsvattenstånd) samt hjälp i bedömningar av islossningsförloppet, speciellt ispropps rörelser och -konsekvenser, kan erhållas. När det gäller isproppar är kunskapsläget, som framgått av avsnitt 6.8.3, under stark utveckling. Möjligheterna att göra "isproppsprognoser", som i dag är mycket begränsade, kommer att förbättras, i synnerhet om omständigheterna kring de isproppar, som kan komma att bildas vid kommande islossningar, noggrant dokumenteras: stoppställe, varaktighet, vattenstånd (variationer i tid och på olika ställen vid proppen), möjliga indikationer på att proppen snart kommer att lossna etc. Därigenom skulle ett



Figur 7.1 Prognossystemet för islossningar i Torneälven; ansvar och aktiviteter.

SMHI
HOH
GZ

1989-04-27

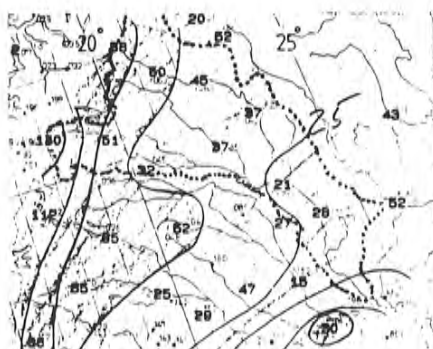
Figur 7.2a Exempel på svensk
vårflods-och islossningsprognos
1989-04-27.Prognos över vårflod och islossning i Torneälven (nr 3)

Snösmältningen fortskrider. I Haparanda har snötäcket försvunnit.

Havsisen utanför Haparanda betecknas som ruttnande med smälthål. I samband med nord-nordvästliga vindar under helgen kan havsisen, tillsammans med flak av skärgårdsis, driva söderut.

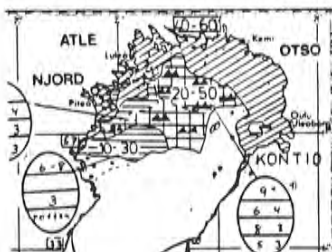
Vattenföringen väntas öka snabbt de närmaste dagarna i samband med mildt väder och regn. Till helgen väntas ett högtryck som ger klart väder med kalla nätter, och vattenföringen avtar åter (se bilagd prognos för Karunki). Flödet väntas dock nå en nivå som överstiger det högsta värde som hittills observerats i samband med islossningsstarten, varför islossningen i Haparanda väntas ske till helgen.

Med den snabba flödesökning som förutses för de närmaste dagarna finns viss risk för issvårigheter i samband med islossningen.



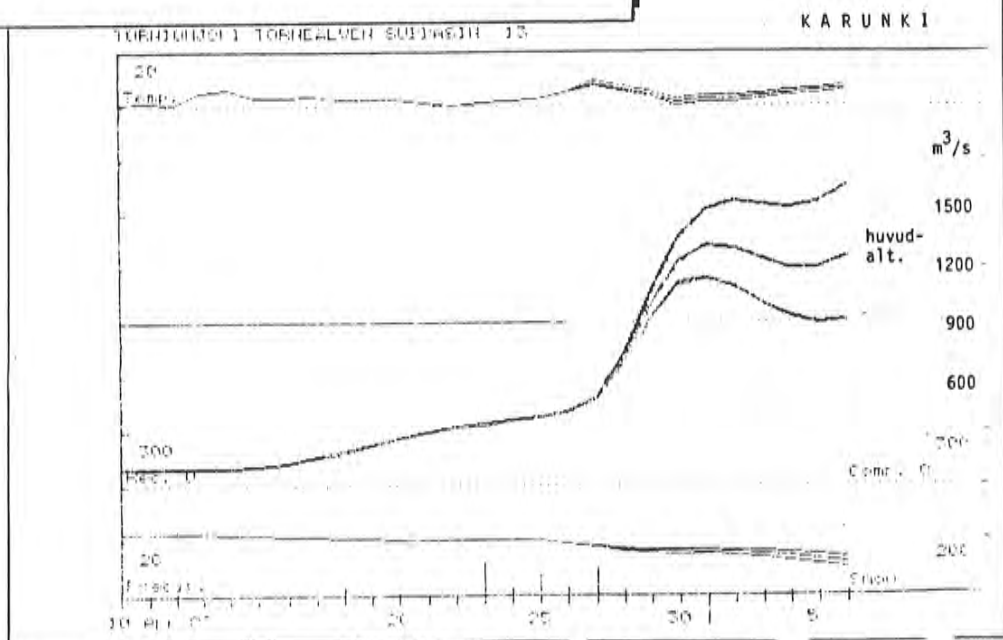
Snödjup 1989-04-27

Vårflodsprognos:
se bilaga



Isläget 1989-04-27

Vårflodsprognos 1989-04-27



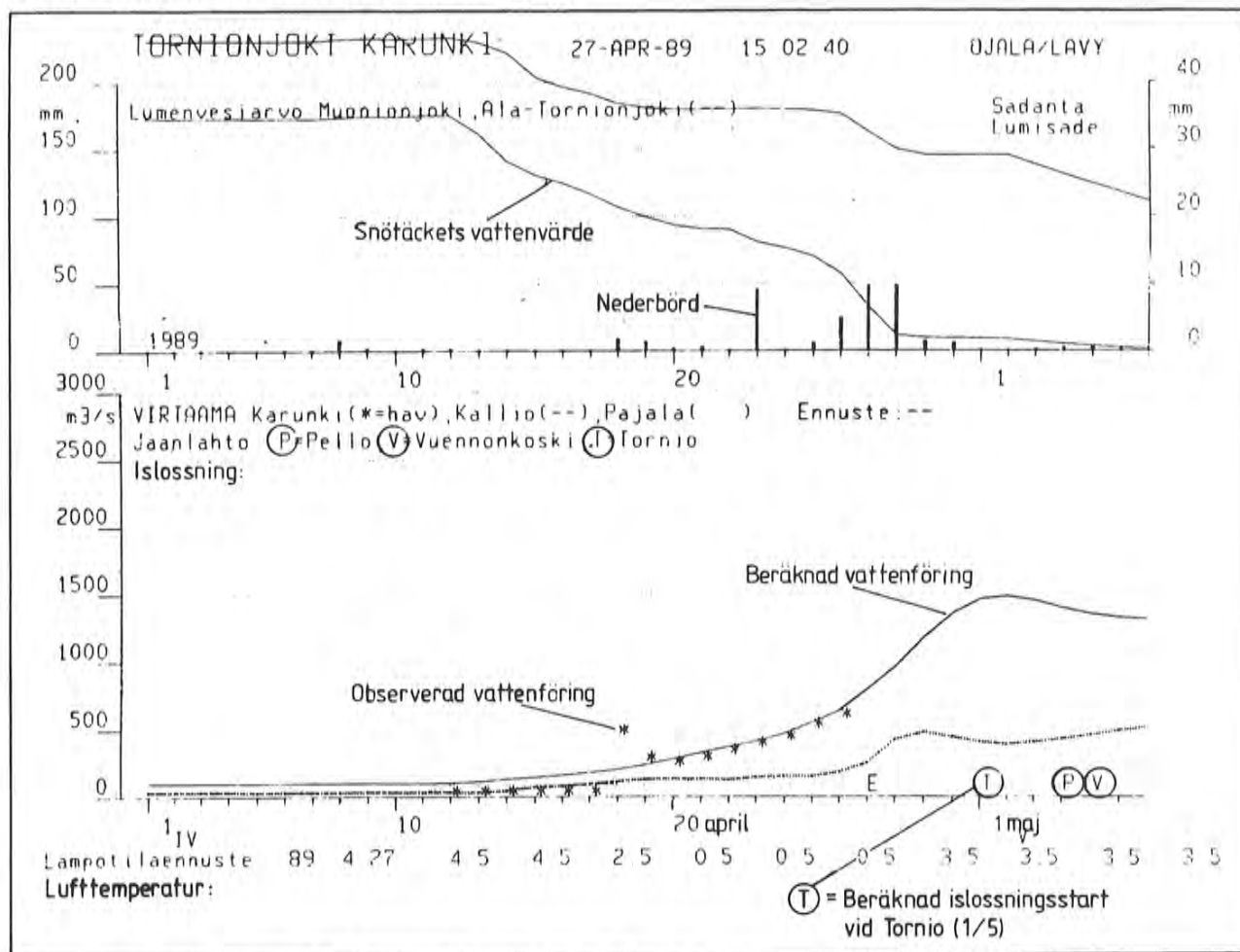
gott underlag erhållas för en vidareutveckling, både av prognosmetoderna och riskområdeskarteringen.

7.3 Ansvarsfördelning och distributionsvägar
Prognossystemet, som utvecklats av SMHI och Vatten- och Miljöstyrelsen i samråd, drivs och förvaltas centralt. Härifrån initieras de första meddelandena på våren och tas kontakt med den lokala räddningstjänsten. Det lokala ansvaret består i att hålla uppsikt över den aktuella issituationen och förmedla iakttagelserna till den centrala prognostjänsten. Givetvis ligger ansvaret för den slutliga bedömningen av situationen, liksom det operationella ansvaret för räddningstjänståtgärder av olika slag, hos räddningschefen. Denne svarar också för att nödvändiga kontakter tas med lokalbefolkningen, liksom med motsvarande instanser på finska sidan.

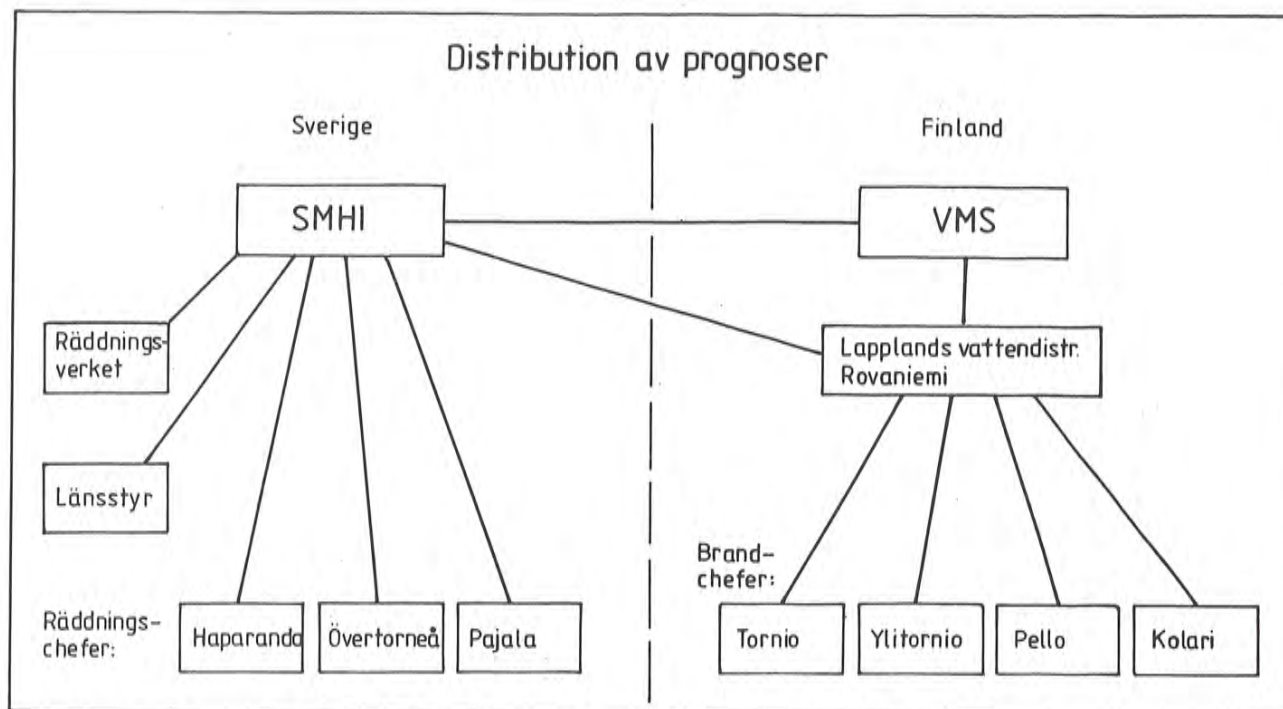
Under en svår islossning med isproppar och översvämningar på flera håll längs älven behövs en central ledningsfunktion för de övergripande bedömningarna, tex beslut om tid och plats för sprängning eller isbrytning, varningar till ortsbefolkningen, organisation av observationer och informationsutbyte. Denna lednings-

funktion blir då ensam mottagare av de specialprognoser, som levereras för att ingå i beslutsunderlaget. En annan viktig del i underlaget är observationer av vattenstånd m m vid ispropparna. Sådana observationer utförs lämpligen av speciellt vidtalade ortsbör. I tolkningen och bedömningen av observationer och prognoser bör någon sakkunnig från den centrala prognostjänsten delta.

Den centrala prognostjänsten består av SMHI och Vatten- och Miljöstyrelsen, som i nära samarbete tar fram det material, som förmedlas i samband med islossningen. Av praktiska skäl finns prognosmaterialet i två varianter, ett finskt och ett svenskt (se ovan), som förmedlas till finska resp. svenska mottagare. Distributionsvägarna 1989 framgår av figur 7.3. Huvudmottagare är den lokala räddningstjänsten, men även andra intressenter får materialet för kännedom. Meddelandena skickas per telefax till alla, som har sådana mottagningsmöjligheter, i annat fall per post.



Figur 7.2b Exempel på finsk vårfloeds- och islossningsprognos 1989-04-27.



Figur 7.3 Distributionsvägar för vårflods- och islossningsprognoser 1989.

8. Skadeförebyggande tekniska åtgärder

8.1 Inledning

På många håll i världen, där man har problem med stora skador i samband med islossningen, försöker man minska dessa skador med hjälp av tekniska och andra slag av åtgärder. Inom det kanadensiska programmet för minskning av översvämningsskador (New Brunswick) talas om tre nyckelelement: prognoser och varningar, tekniska åtgärder och riskzonkartering. Även om mer än hälften av översvämningarna i New Brunswick beror på enbart snösmältning eller intensivt regn, är de högsta vattennivåerna och de största skadorna förknippade med isproppar (ref 22).

I de åtgärder som föreslås för att förebygga islossningsskador i Torneälven återfinns de tre ovan nämnda elementen. Prognossystemet, har beskrivits i föregående avsnitt och i nästa avsnitt behandlas riskzonkarteringen. I detta avsnitt ges först en kort redogörelse för möjliga skadeförebyggande tekniska åtgärder, varefter specifika förslag för Torneälven, med speciell inriktning på Haparanda-Tornio, förs fram. I underlagsrapporten (Amrén, A: Inventering av möjliga tekniska åtgärder för att minska islossningsskador i Torneälven, ref 23) redovisas alternativen mer i detalj.

8.2 Möjliga tekniska åtgärder

Eftersom isproblemen beror på en ogynnsam kombination av isar, vårflod och älvens djup

och strandförhållanden, är det främst dessa faktorer man söker påverka med gängse tekniska åtgärder. (Den i grunden styrande faktorn - vädret - är ju inte så mycket att göra åt.) Man kan dessutom minska skaderiskerna genom olika åtgärder inriktade på skadeobjekten.

Ytterligare en aspekt måste beaktas när det gäller de tekniska åtgärderna, nämligen tidsfaktorn. Vissa åtgärder är permanenta; de genomförs en gång för alla. I de flesta fall krävs i fortsättningen ett visst underhåll. Andra åtgärder måste upprepas för varje issäsong. Akutinsatser under en pågående, svår islossning är en tredje grupp som ställer särskilda krav på ledning, samordning och informationsförsörjning.

En sammanställning av de möjliga tekniska åtgärder som tagits upp i inventeringen (ref 23) ges i tabell 8.1. Kommentarer angående tillämpningen av de olika åtgärderna ges nedan.

Älven

Åtgärder i älven handlar dels om påverkan på vattenföringen, dels om ingrepp i älvfåra och stränder. Genom vattenreglering kan vårflodsstarten, och därmed islossningen, skjutas upp eller dämpas. Rensningar av stoppställen för isproppar kan förhindra problem just där. Samtidigt kan dock risken för problem längre ner i älven öka. Vid muddring i älvmynningen behöver sådana hänsyn inte tas. Vid opåverkbara isproppslägen kan man minska riskerna

Tabell 8.1 I princip möjliga åtgärder för att förebygga islossningsskador i Torneälven.

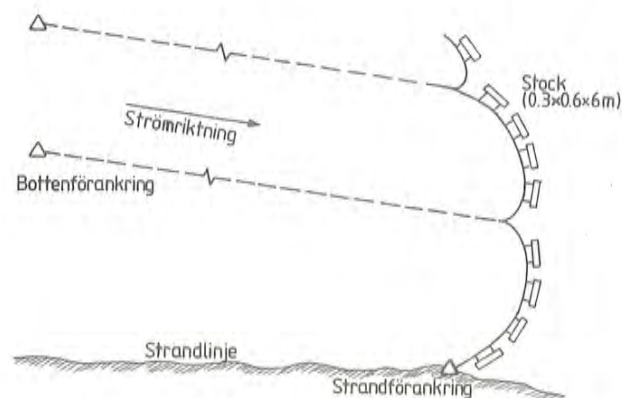
	Långsiktiga åtgärder	Åtgärder inför varje islossning		Akuta åtgärder Islossnings- perioden
		Höst	Senvinter	
Älven	Reglering (biflöden) Rensning av stoppställen Förbildningskanaler Muddring i älvmynningen			
Isen	Fasta pirer, grunddammar Varmvattenutsläpp	Isbommar Kravisfällor	Isförstärkning Snöröjning Sandning Isbrytning Sågning Förebyggande sprängning	Isbrytning Sprängning
Skade- objekten	Byggförbud inom riskzon Invallning Höjning/flyttning av skadeobjekt		Flyttning av värdefull materiel	Varningar Tillfälliga vallar Evakuering

för översvämningar genom att anordna förbindningskanaler.

Isen

Isförhållandena kan manipuleras på många sätt. Till att börja med kan isläggningen underlättas genom isbommar (se exempel i figur 8.1) eller fasta anordningar som pirar, stenarmar eller avtrappningar. På så sätt kan arean av öppet vatten i forsar minskas, och därigenom produktionen av iskristaller (kravis) vid stark kyla. Därmed minskar också transporten av material till sk hängande isdammar som brukar bildas under det fasta istäcket nedanför forsar som går öppna vintertid (jfr figur 3.7). Som framgått av avsnitt 3 kan hängande isdammar vara en bidragande orsak till att man finner så många isproppslägen just nedanför forsar. Den öppna vattenytan i forsar kan också minskas genom kravisfällor av olika slag (galler, nät, repsystem, se figur 8.2) som placeras nedanför forsar.

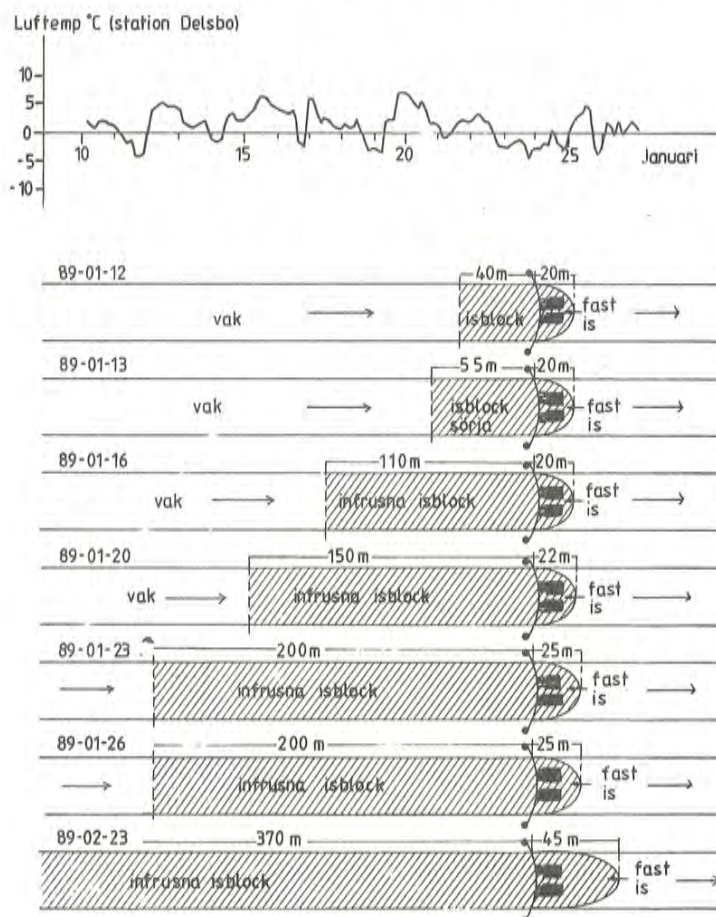
Isbommar kan också utnyttjas för att hålla kvar isen på lugna älvsträckor, något som kan vara önskvärt om man vill minska mängden uppströms ifrån kommande ismassor under islossningen. En effekt i samma riktning kan åstadkommas genom bevattning eller annan förstärkning av isen, så att den blir tjockare och



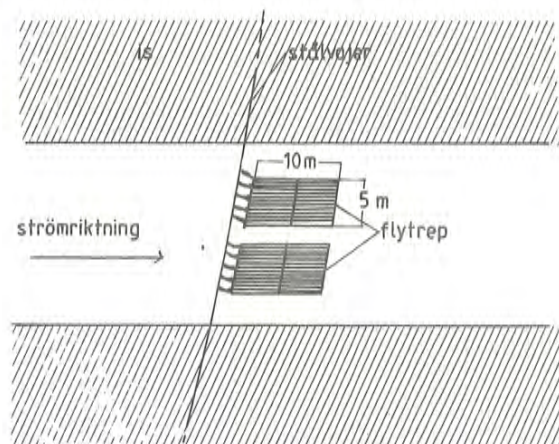
Figur 8.1 Exempel på isbomsarrangemang. Från Perham (24).

därmed mer svårlossad. (Tidigare, då trafiken över älven gick via särskilda vintervägar - ofta belagda med sågspån för att försena smältningen - måste man ibland spränga bort vägbanken för att den inte skulle förhindra islossningen.)

Å andra sidan kan man vilja försvaga isen eller påskynda islossningen. Detta har av tradition skett genom sandning under senvintern. Sanden absorberar solvärme och äter sig ned genom isen med en hastighet av upp till 2-3 cm per dygn. Genom sandning kan islossningen påskyndas ca 5 dagar (se figur 8.3). En liknande



Figur 8.2 Isläggningsförsök i Ljusnan med hjälp av repsystem (se vidare ref 25).



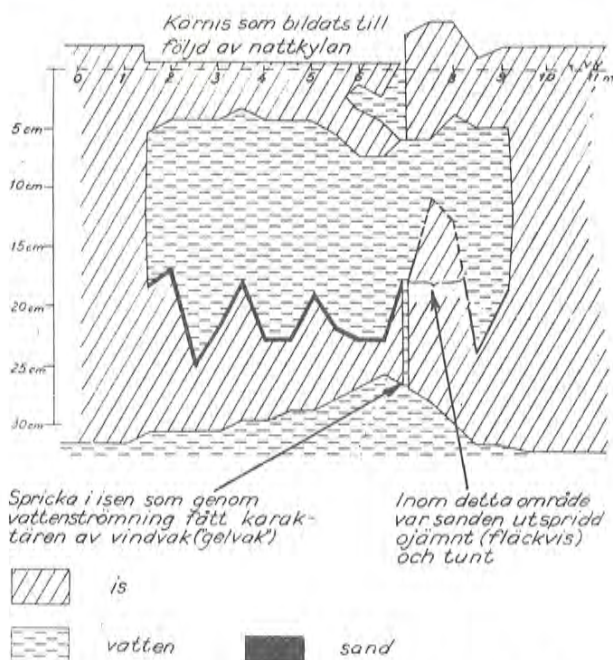
effekt får man om man i slutet av vintern plogar bort snön från isen så att solen kan komma åt att börja försvaga isen. Detta sker genom att kristallfogarna upplöses så att kärnisen blir spröd och pipig.

Inför islossningen kan isen också försvagas och passager skapas genom isbrytning (se figur 8.4), mekanisk sågning, "jet cutting" (jetstråle-sågning) eller sprängning av små hål, där smältvakar kan börja utbreda sig (tillämpades under flottningstiden).

Har en ispropp redan bildats, med riskabel vattenståndshöjning bakom, kan sprängning behöva tillgripas för att åstadkomma en passage för vattnet genom ismassorna. Samtidigt kan emellertid hela isproppen lossna och en isblocks-bemängd flodvåg frigöras som kan åstadkomma stora skador längre ner i älven. Som sprängning dessutom innebär stora risker för dem som utför operationen, bör åtgärden tillämpas restriktivt. För att undvika nedströmsproblem, när isproppen spontant lossnar, kan man i stället inrikta sig på förebyggande insatser nedanför isproppen (förebyggande isbrytning eller sprängning, varning av ortsbefolkningen mm).

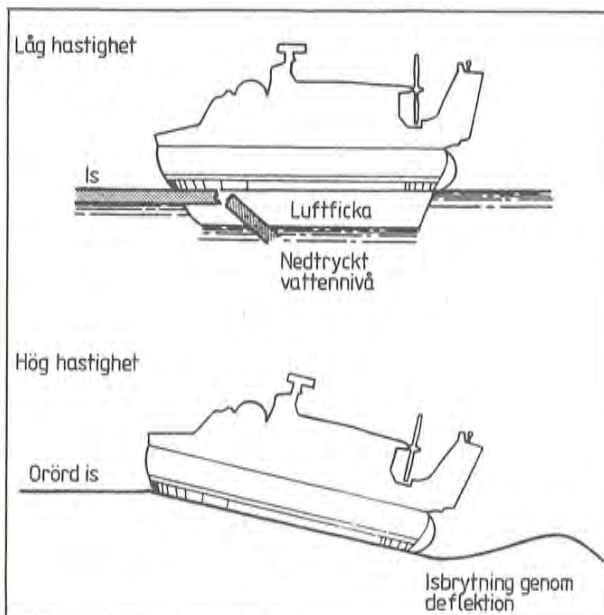
Skadeobjekten

Skador undviks bäst om inga skadeobjekt finns på platser med risk för översvämningar och isskador. Riskzonkartor och annan dokumentation av riskområden bör alltså användas vid planering av bebyggelse, vägar och tekniska system (t ex avloppsledningar). Vägavsnitt som brukar översvämmas bör höjas ordentligt, eller också kan vägsträckningen ändras. Befintlig

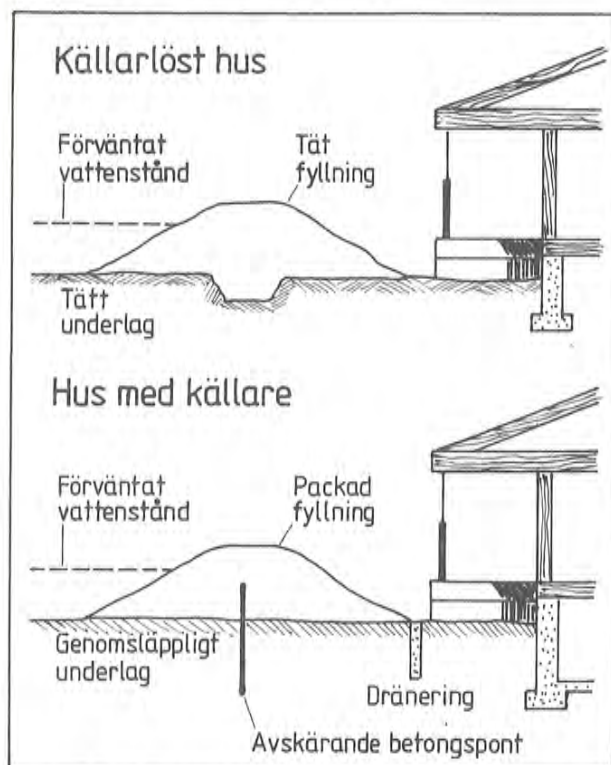


Figur 8.3 Inverkan på issmältning åstadkommen genom sandning.

bebyggelse flyttas inte så lätt; här får speciella skyddsåtgärder tillgripas såsom tillslutning av öppningar i källare, omdisponering av lokaler så att viktiga funktioner förläggs högre upp i byggnaden. Man bör framför allt se till att inte ha ömtålig eller värdefull utrustning i källare eller lågt liggande bottenvåning i hus inom riskzoner. För särskilt skyddsvärda anläggningar kan vallar byggas (se exempel i figur 8.5).



Figur 8.4 Isbrytning med svävfarkost. Från "Ice engineering" (26).



Figur 8.5 Exempel på utformning av skyddsvallar för byggnader. Efter "Flood proofing" (27).

8.3 Förslag till åtgärder i Torneälven

De olika tekniska åtgärder som beskrivits ovan är förknippade med starkt varierande kostnader, från några 10 tkr för enkla flytande anordningar till tiotals Mkr för vallar, kanaler och dammar. Här måste givetvis insatsens storlek ställas i relation till värdet på de objekt man vill skydda. Utsikterna till framgång är också varierande.

Att förändra islossningsförloppet är en vanskelig uppgift. Vad man kan nå med åtgärder i älvfåran eller istäcket är främst vissa lokala förbättringar. En generell åtgärd som regleringar av biflöden kan dämpa vårflodsstarten i viss mån, beroende på hur stor del av avrinningsområdet som berörs.

Den slutliga effekten på islossningen hänger samman med de faktorer som direkt påverkar iskvaliteten. Genom utnyttjande av flera samverkande åtgärder bör dock effektiviteten kunna höjas betydligt.

De platser där särskilda förebyggande åtgärder bör komma i fråga är sådana där viktigare skyddsvärda objekt är belägna. Till sådana objekt hör:

- allmänna anläggningar såsom vägar och tekniska system
- byggnader av allmänt eller stort enskilt intresse, t ex fabriker, varuhus, flerbostadshus eller grupper av villor.

Som inventeringen av skadeobjekt visat (se avsnitt 5) finns den största koncentrationen av särskilt skyddsvärda objekt i Haparanda och Torneå. För älven i övrigt är det främst broarna och vissa vägavsnitt som är av större allmänt skyddsvärde.

När det gäller vägar torde det vara effektivare att höja vägbanken eller ändra sträckningen än att för varje vägavsnitt söka ändra älvfåran eller isförhållandena så att inte isproppar ska bildas just där - en åtgärd som för övrigt kan medföra negativa konsekvenser längre ner i älven.

Inte heller fritidshusen har ansetts motivera ismodifierande åtgärder. Den bästa åtgärden här är att inte bygga några nya fritidshus, eller återuppbygga några skadade, inom riskområden för översvämningar, i varje fall inte utan särskilda skyddsåtgärder, som höjning av marknivån. I speciella fall kan mindre skyddsvallar vara motiverade.

Sammanfattningsvis är utgångspunkten för åtgärdsförslagen:

- Haparanda-Torneå måste ägnas särskild uppmärksamhet
- Högre upp i älven bör åtgärderna främst inriktas på skadeobjekten.
- Den generellt gynnsamma åtgärden att reglera biflödena bör beaktas.

Förslag till specifika åtgärder, främst för Haparanda-Torneå, lämnas i tabell 8.2, som också innehåller bedömningar av kostnader (storleksordning) och utsikter till framgång samt rekommendationer om hur man bör gå vidare med utredningar, försöksverksamhet eller genomförande. Platser för åtgärderna har skisserats i figur 1. I tabell 1, sammanfattningen, finns också en prioritering av de föreslagna åtgärderna.

Av de åtgärder som föreslås för att påverka islossningsförloppet i Haparanda-Torneå finns ingen som ensam kan garantera ett gott resultat.

Problemet rymmer flera led:

- 1) Islossningen startar i nedersta delen av älven medanskärgårdsisen ännu ligger kvar.
- 2) Lossnade ismassorna kan då bröta sig mot den fasta skärgårdsisen.
- 3) Vattentransporten under isproppen försvåras av det ringa vattendjupet.

Åtgärder med positiv effekt innebär:

- 1) att fördröja islossningsstarten ovanför Haparanda-Torneå, så att både älv- och skärgårdsis hinner luckras upp,
- 2) att försvaga isen i älvmyningen (bromsområdet) och att
- 3) skapa större vattendjup i mynningsområdet.

För att nå en tillräckligt stor gynnsam effekt bör åtgärder av flera slag kombineras. Man måste samtidigt vara medveten om att extrema förhållanden kan leda till isproppsbildning och översvämningar trots alla förebyggande åtgärder. Den på sikt mest effektiva åtgärden handlar därför om att disponera riskområdena så att minsta möjliga skada uppstår i en kritisk situation. Här gäller det först och främst att undvika all nybebyggelse.

Som en högprioriterad åtgärd föreslås därför att riskzonkartan utnyttjas som underlag för planering av bebyggelse och övrig markanvändning. Lämplig risknivå kan diskuteras. Vi föreslår att det område som skulle översvämmas vid 1971 års ispropp med 1934 års flöde undantas från nybebyggelse. Detta motsvarar en situation som är värre än 1971 års översvämning, då flödet dock var relativt lågt. 1934 steg vattnet emellertid ännu högre än vid den nu föreslagna planeringsnivån, beroende på den dåvarande isproppens större dämningseffekt.

För befintlig bebyggelse med väsentliga funktioner kan invallningar övervägas. Detta gäller främst Strandgatan och Tjärhovet i Haparanda och Torneå stadsholme. Då vallar är kostsamma och skrymmande i stadsbilden måste en närmare analys göras av behov, skaderisker och alternativa skyddsåtgärder. Ett alternativ, som bör ges hög prioritet, är att höja eller flytta skadeobjekt. Det kan också gälla att omlokalisera

Tabell 8.2 Föreslagna skadeförebyggande tekniska åtgärder vid Haparanda/Torneå.

Åtgärd	Motiv	Typ= Perm Upprep Akut	Kostn= 1=0.1Mkr 2=1Mkr 3=10Mkr	Drift	Utsikter	Realism	Rekommendation
Haparanda-Torneå: Ispropp som orsakar översvämning							
ÄLVEN							
1. Reglering av biflöden	Dämpa vårflo- dssstart	P	3		Rel. goda vid tillräcklig omfattning	Beprovat (jfr flott- ningstiden)	Utredes!
2. Förbildning av vatten: - kring Sundholmen - gm Kirkkopudas	Lindra över- svämning bakom ispropp	P	3	Visst underhåll	Rel. goda	Svårbedömd. Kräver stor tvärsnittsarea	Gör prel. utredning!
3. Muddring i mynnings- området	Minska risk för ispropp	(P)	2	Upprepas efter viss tid	Goda	Beprovat. Resurser och erfarenheter finns (VMS)	Genomföres! (Förberedes: djupkartering ansökan om tillstånd)
ISEN							
4. Isbommar ovanför Haparanda	Minska mängden is uppströms ifrån	U	1-2		Goda	Används i andra länder	Undersök för- sättningarna (placering, för- ankr.möjl)
5. Isförsvagning genom - sandning - plogning	Försvaga isen i mynn.omr D:o	U U	1 1		Väderberoende D:o	Beprovat Föredras framför sandning i Kanada/USA	Gör försök med plogning
6. Isförsvagning genom avlopps- vattenutsläpp	Försvaga isen i i mynn.omr	P	2	Varning för svag is	Goda	Spillvärme finns. Reningsverket ska byggas ut	Utredes!
7. Isbrytning	Skapa passage, förebyggande eller i akut situation	U/A	1		Mycket goda	Effektivt, men kräver svävfarkost	Bör utnyttjas om sväware finns
8. Sprängning	D:o	U/A	1		Goda	Beprovat men riskfyllt	Utnyttjas före- byggande
SKADEOBJEKT							
9. Byggbud inom riskzon	Minska risk för skador	P			Mycket goda	Tillämpas i andra länder	Utnyttja riskzon- kartan i fys. planering!
10. Invallningar - Tjärhovet - Strandgatan - Torneå (ön)	Skydda skade- objekt	P	2-3	Visst underhåll	Goda, dock risk för förvärrade skador om vallarna överströmmas	Vedertagen metod	Utred behovet!
11. Höjning/flyttning av skadeobjekt	Skydda skade- objekt	P	1-3		Goda	Realistiskt beträffande - gator/vägar - ledningar - verksamheter i bef byggn	Utred behovet!
Vojakkala: Ispropp nedanför Kukkolaforseen							
12. Kravisnät	Underlätta is- läggning, minska kravisproduktion	U	1		Rel goda	Prövat i Ljusnan med goda resultat	Prövas vid Kukkolaforseen!

ra känsliga verksamheter till helt andra platser utanför riskområdet.

En annan åtgärd med hög prioritet är muddringar i mynningsområdet. Dessa kan genomföras utan alltför omfattande förberedelser. Resurser och erfarenheter finns hos Vatten- och miljöstyrelsens vattendistrikt. För muddring av ett område utanför Hellälä kan kostnaden uppskattas till ett par miljoner FIM. Vad som krävs innan arbetena kan sättas igång är en mer detaljerad djupkartering för planering av arbetena samt tillståndsprövning av ingreppet hos gränsälvs-kommissionen.

En åtgärd som framgångsrikt prövats i ett akut riskläge 1984 är isbrytning i mynningsområdet med hjälp av svävar. Den farkost som användes då finns emellertid inte längre kvar. Om en ny svävar skulle bli tillgänglig för operation i Bottenviken bör man överväga förebyggande isbrytning utanför älvmynningen inför varje islossning då prognoserna indikerar risk för isproblem och väderutsikterna är gynnsamma. (Sydvindsituationer bör undvikas eftersom den sönderbrutna isen då kan driva in mot älvmynningen.)

Isförsvagande åtgärder på isytan, främst sandning, är beprövade och relativt billiga. Snöröjning (utan sandning) föreslås genomföras på försök genom Vatten- och miljöstyrelsens vattendistrikt.

Från reningsverket söder om Haparanda släpps avloppsvatten ut till en mängd av 175 m³/d och med 7-8 graders temperatur. Avloppsvattnet släpps för närvarande ut i en punkt ca 300 m från stranden och ger upphov till en smal långsträckt vak som går öppen en stor del av vintern. Om utsläppet i stället skedde på större bredd skulle isförsvagning genom smältning underifrån kunna åstadkommas inom ett större område. Effekten är beroende av luft- och vattentemperatur, vattenföringen och snötäcket tjocklek, men kan grovt uppskattas till några decimeters isförtunnning inom några månader på en flera km lång sträcka vars bredd bestäms av bredden på utsläppszonen. Frågan bör närmare utredas i samband med den förestående utbyggnaden av reningsverket i Haparanda.

Isbommar, utlagda på platser med ej alltför hög strömhastighet (mindre än ca 0.5 m/s), kan både påskynda isläggningen och fördröja islossningen ovanför bommarna. Bäst effekt torde nås med bommar placerade på flera ställen mellan Karungiträsket och Haparanda-Torneå. Bommarna bör vara av den typ som dyker och släpper fram isen när påkänningen blir för stor. När istrycket sedan minskar höjer sig bommarna och återtar sin kvarhållande funktion. För val av lämpliga lägen för sådana isbommar krävs närmare undersökningar av såväl strand- och bottenförhållanden som strömhastigheter.

De största kostnaderna för isbomsinstallationer ligger i förankringsanordningarna. Det krävs också personalinsatser för att lägga ut och ta upp bommarna för varje issäsong.

Sprängning är en åtgärd som vidtagits i akuta nödlägen vid en redan bildad ispropp. Sprängning kan också utnyttjas förebyggande, t.ex. för isbrytning i mynningsområdet.

Anordnandet av förbiledningskanaler för det vatten som ansamlas bakom en ispropp är troligen mest realistiskt kring Sundholmen. Sankmarkerna norr och söder därom översvämmas ofta i samband med islossningen och bebyggelse saknas. (Möjligen kan de massor som skulle behöva schaktas bort här läggas upp som skyddsvallar för det intilliggande Tjärhovsområdet). Att avleda vatten via den smala kanalen norr om Björkö på finska sidan kan möta svårigheter på grund av befintliga broar och bebyggelse.

Den mer övergripande åtgärden att reglera biflödena kräver mer ingående studier. Det gäller här att finna de lägen där regleringsdammarna från flottningstiden kan återuppbyggas utan konflikter med motstående intressen. För största möjliga magasineringseffekt bör någorlunda stora sjöar väljas. Finns fallhöjd nedanför kan regleringen kombineras med kraftproduktion. Regleringens syfte, att möta vårfloden med tomma magasin, låter sig väl förenas med vattenkraftutnyttjande. För att drift och tillsyn skall fungera bör dammarna ej vara alltför ensligt belägna. En enklare variant av damm, som kan övervägas i otillgängliga lägen, är en fast grunddamm med en smal öppning som släpper igenom vattnet vid lågvatten, men som vid högvatten får en dämmande effekt.

För att reglering av biflöden skall kunna ge någon märkbar effekt på vårflodsstarten måste en någorlunda stor andel av avrinningsområdet beröras. Detta innebär att ett flertal dammar måste byggas och att kostnaderna därmed blir höga. Genom samtidigt utnyttjande av vattenkraften kan visst ekonomiskt utbyte erhållas.

En åtgärd återstår som radikalt skulle kunna förändra islossningsförloppet i gynnsam riktning, nämligen reglering av hela älven med kraftverk i alla forsar. En utredning med denna innebörd gjordes omkring 1960 (Nordkalottutredningen), men frågan har sedan dess inte aktualiserats. Torneälven hör i dag till de älvar som i svensk lagstiftning undantagits från vattenkraftutbyggnad.

9. Riskzonkartering

9.1 Erfarenheter av riskzonkartering i Kanada
I New Brunswick i östligaste Kanada har man sedan 1970-talet arbetat med riskzonkartering (ref 28). Detta ses som ett viktigt led i ansträngningarna att minska skadorna vid de svåra översvämningar som ofta förekommer i provinsen. Skadekostnaderna har under de senaste årens översvämningar (4 tillfällen 1976-88) varierat mellan 3 och 30 miljoner \$ (ca 17 och 170 Mkr). Syftet med karteringen är att identifiera översvämningens benägna områden där framtida problem kan minskas genom att man söker förhindra olämplig exploatering, med legala eller ekonomiska styrmedel. Områden för kartering har valts ut enligt två kriterier:

- 1) stora skador har inträffat eller kan befaras inträffa, och
- 2) området kan väntas bli aktuellt för nybebyggelse.

Arbetet med riskzonkartering omfattar tre steg: topografisk kartering, hydrotekniska studier och den slutliga kartpresentationen av riskzoner för översvämning. Den topografiska karteringen syftar till att ta fram en noggrann beskrivning av terrängen kring vattnet (nivåkurvor med 0.5 à 1 m ekvidistans). I de fall en detaljerad karta redan finns (t ex en kommunal primärkarta) bortfaller detta moment. De hydrotekniska studierna innefattar bearbetning av vattenföringsdata, sektionering av floden med stränder, modellkalibrering och -verifiering samt simulering av vattenytans längdprofil i vissa situationer. För isfria förhållanden väljs flödena med återkomsttiderna 1:20 och 1:100 som dimensionerande. För isproppsbedingade översvämningar återges på kartan observerad strandlinje vid maximalt vattenstånd. När det gäller isproppar finns dock ännu inga bra metoder för simulering av utvecklingen och bestämning av sannolikheter (jfr avsnitt 6.).

I New Brunswick produceras två typer av riskzonkartor: en översiktskarta i flerfärgstryck och en uppsättning storskaliga kartor (1:2000), sk arbets- eller ingenjörskartor. Översiktskartan används för information till allmänheten om översvämningens risker. Arbetskartorna utnyttjas som underlag för planering av markanvändning, speciellt bebyggelse och infrastruktur (gator, vägar, ledningar). Riskzonkartor har tagits fram för åtta områden hittills. Dessa kartor har använts både av federala myndigheter och provinsorgan i deras beslutsfattande och av några kommuner för speciella strandzonsförordningar eller systematiska varningar till

bygglovssökande. För information till allmänheten har översiktskartan visat sig otillräcklig. Den måste kompletteras med massiva insatser genom tidningsartiklar, broschyrer, utställningar, markering av högvattenmärken mm. Först därigenom kan en allmän medvetenhet om översvämningens riskerna uppnås. För att effektivt förhindra nybebyggelse inom riskområden krävs dock legala eller ekonomiska styrmedel.

9.2 Riskzonkartering för Torneälven

Som inventeringen av skadeobjekt visat finns det i Torneälven bara en plats med risk för betydande skador samtidigt som det finns ett exploateringstryck, nämligen Haparanda-Torneå. Det har därför ansetts angeläget att genomföra en riskzonkartering för detta område. På andra platser längs älven där det finns risk för översvämningar blir en fullständig riskzonkartering alltför dyr i relation till de befarade skadornas storlek. Här kan erfarenheter från tidigare översvämningar ge en uppfattning om riskområdenas utbredning.

För finska sidan har översvämningens områden under islossningarna 1984-86 karterats på basis av vattenståndsobserverationer (se avsnitt 5 och tillhörande underlagsrapport). Dessa observationer kan utnyttjas för att ta fram kartor för motsvarande områden på den svenska sidan av älven. Som exempel har detta gjorts för ett riskområde: Vojakkala nedanför Kukkola-forsen (se figur 5.7). Där skadeobjekten på svenska sidan inte har någon motsvarighet på finska sidan saknas denna möjlighet och man får förklara sig på avvägningar av eventuella märken i terrängen eller framtida mätningar.

En översiktlig bild av riskområden för isproppsrelaterade översvämningar i Torneälven och nedre Muonioälven ger kartan över inventerade skadeobjekt och översvämningens områden i figur 9.3. Denna karta, och tillhörande underlagsmaterial, bör utnyttjas för information till boende och presumtiva byggare vid älven och bör givetvis beaktas vid behandling av ansökningar om byggnadslov i älvnära lägen.

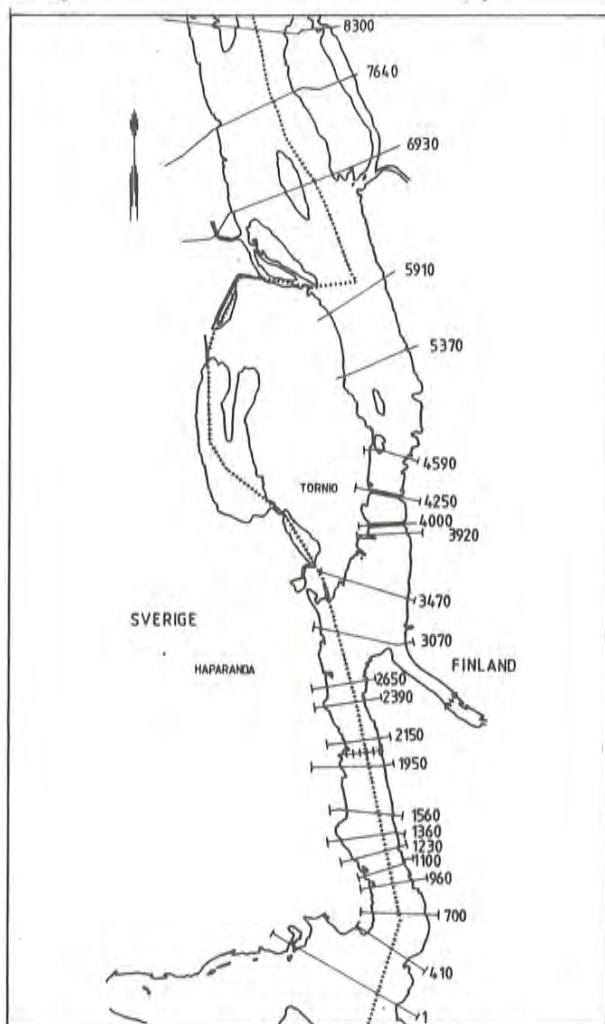
9.3 Riskzonkartering för Haparanda/Torneå

De riskzonkartor för Haparanda/Torneå som presenteras i denna rapport har tagits fram enligt de principer som beskrivits ovan (avsnitt 9.1). Tillvägagångssättet och modellen behandlas närmare i underlagsrapporten (Amrén, A: "Riskzonkartering för Haparanda/Torneå" ref 29).

Som arbetskartor har använts befintliga primärkartor för Haparanda och Tornio (1 m ekvivalens). Uppmätning av sektioner i älven och dess stränder, avvägning av vattenytor och andra nivåer samt det slutliga kartarbetet för svenska sidan har utförts av Haparanda lantmäteridistrikt. Personal från Haparanda kommun har varit behjälplig i fältarbetet. Från finska sidan har tekniska kontoret vid Torneå stad svarat för framtagning av riskzonkonturerna. De färdiga riskzonkartorna har tryckts vid lantmäteriverket i Luleå i skala 1:20.000 med den finska ekonomiska kartan ("Peruskartta") som underlag.

SMHI har svarat för det hydrologiska arbetet som bestått i frekvensanalys av vattenföringsdata från Karunki för perioden 1911-1986 samt kalibrering och simulering av vattennivåer i de 23 beräkningssektionerna med hjälp av den beprövade HEC-2-modellen. Det studerade området sträcker sig från älvmynningen drygt 8 km upp i älven (se figur 9.1).

HEC-modellen, som utvecklats vid Hydrologic Engineering Center i Kalifornien, USA, fungerar så att den beräknar vattenytans nivå



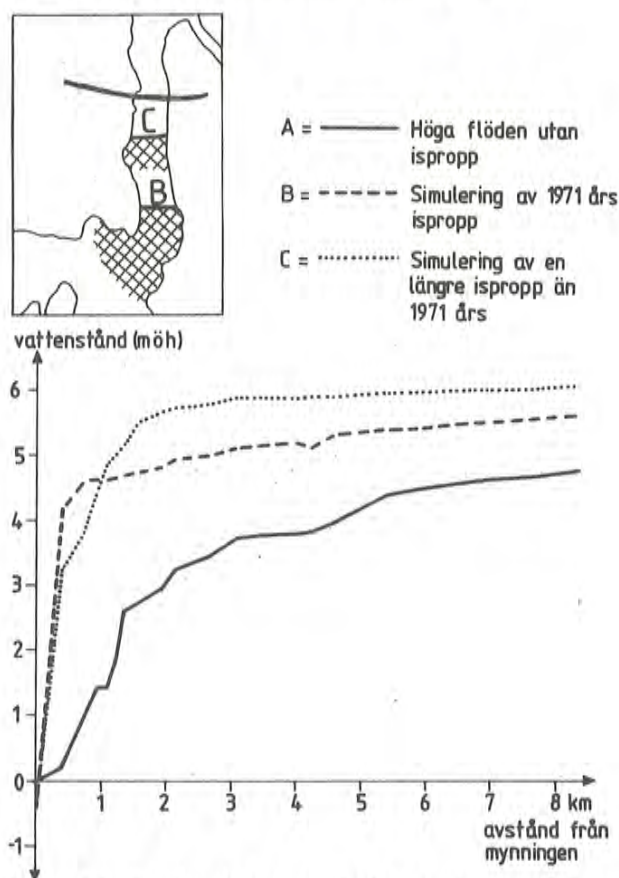
Figur 9.1 Sektioner för beräkning av vattenstånd i nedersta delen av Torneälven.

sektion för sektion längs en flodsträcka med utgångspunkt från ett känt vattenstånd i den nedersta sektionen. Övriga ingångsdata är bl a sektionernas geometri, råheten hos begränsningsytorna (botten, de översvämmade stränderna och undersidan av eventuell ispropp) samt vattenföringen. För beräkningarna i isproppsfallen har en särskild modellvariant för istäckta älvar utnyttjats.

Modellen har kalibrerats för beräkningsområdet genom anpassning till en uppmätt vattenståndsprofil vid 900 m³/s under isfria förhållanden och, när det gäller isproppssituationer, mot observerade vattenstånd under 1971 års översvämning (3 punktoobservationer). Avvikelserna mellan beräknade och uppmätta vattenstånd uppgår i båda fallen till 1 à 7 cm, vilket får anses tillfredsställande.

Modellsimuleringar har utförts för följande fall:

- A) Isfria förhållanden: 20-, 100- och 1000-årsflödena (2600, 3100 resp 3650 m³/s vid Haparanda), där 100-årsflödet ungefär motsvarar högsta observerade vattenföring (juni 1968).
- B) Kort ispropp i älvmynningen: 1971 och 1934 års flöden (1500 resp 2500 m³/s) samt 100-årsflödet.
- C) D:o för en längre ispropp med övre änden drygt 400 m nedströms järnvägsbron.



Figur 9.2 Beräknade vattenstånd för nedersta delen av Torneälven vid 100-årsflödet.

Beräknade nivåer återfinns i underlagsrapporten. Som exempel visas här i figur 9.2 de beräknade profilerna för 100-årsflödet, fall A-C.

Effekten av en kort ispropp är mycket markant, särskilt söder om järnvägsbron (Tjärhovet), där vattenståndet blir ca 2 m högre än vid samma vattenföring utan ispropp. Vid Torneå stadsholme är skillnaden drygt en meter. För en längre ispropp ökar vattenståndet ytterligare 0.5-1 m. Beräkningarna blir här osäkra, eftersom vattnet stiger över strandbankarna på vissa ställen. För södra delen av Tjärhovet, där vattnet kan väntas söka sig nya vägar, är översvämningseffekten svårberäknad. För en tillförlitlig simulering av vattenstånden här krävs en mer avancerad modell.

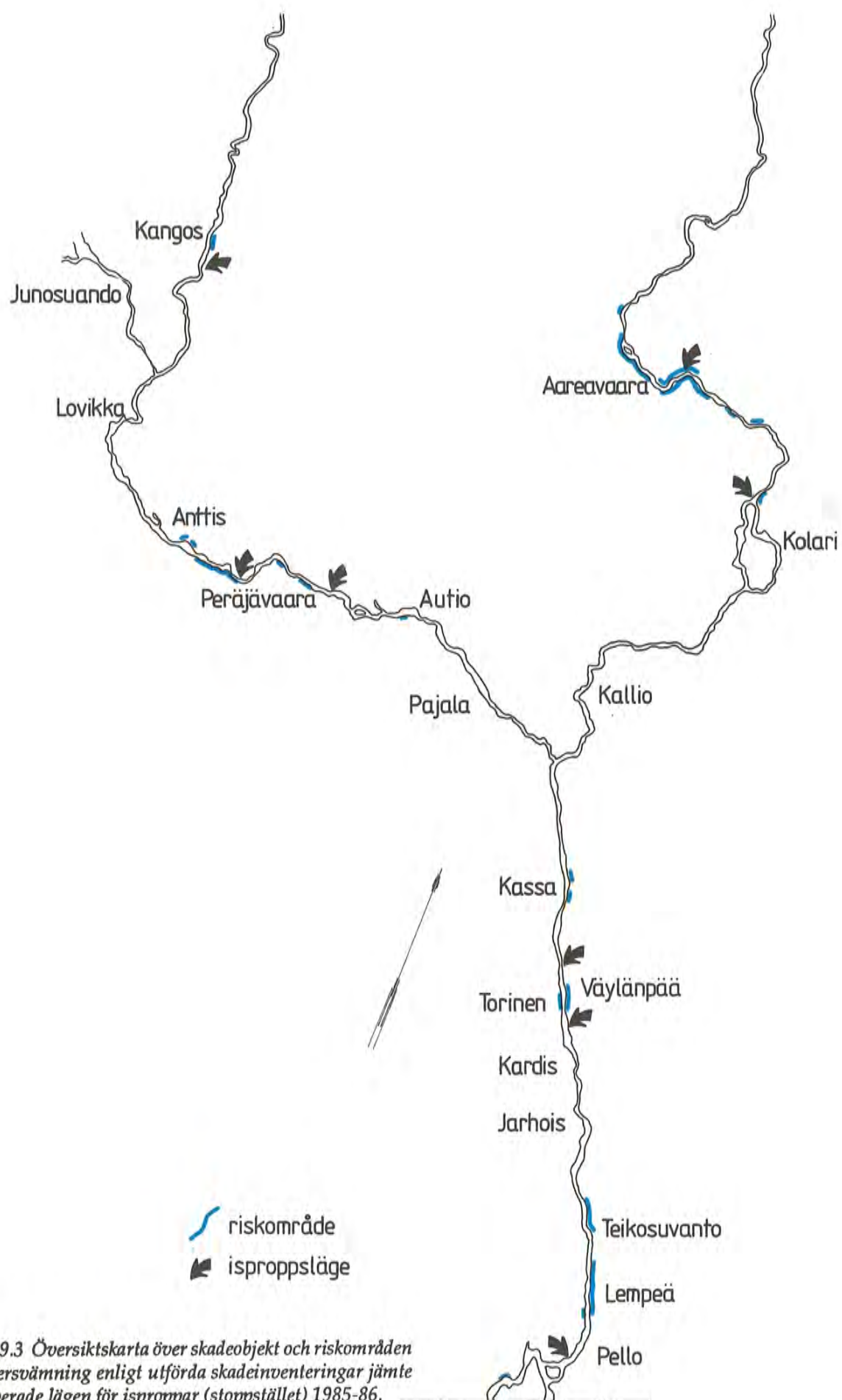
Riskzonkartor baserade på beräknade vattenstånd enligt de två första fallen ovan återfinns sist i rapporten. Av kartorna framgår att isfria översvämningar främst drabbar bebyggelsen vid norra Strandgatan i Haparanda och på den östra delen av stadsholmen i Torneå. Beträffande isproppsrelaterade översvämningar bör särskilt uppmärksammas de zoner som motsvarar verkligt inträffade situationer, dvs islossningarna 1971 och 1934. (Jämförelse av beräkningsresultaten med en i efterhand avvägd översvämningssnivå från 1934 vid gamla bryggeriet tyder på att isproppen då var längre än 1971, varför markerad riskzon för 1934 snarast underskattar förhållandena då.) Stora delar av Tjärhovet och Strandgatan i Haparanda samt Torneå stadsholme och övrig strandbebyggelse på finska sidan skulle drabbas av översvämning om liknande situationer uppkommer igen.

9.4 Användningen av riskzonkartorna

Den översiktliga karteringen av riskområden för översvämningar längs älven, som huvudsakligen bygger på skadeinventeringarna (se avsnitt 5 och figur 9.3), bör utnyttjas för att styra nybebyggelse bort från kända riskområden. Kartan är dock inte fullständig. Dels omfattar den bara avsnitt där skador inträffat, inte platser där isproppar och översvämningar inträffat men inga skador rapporterats. Dels kan man inte förutse eventuella framtida isproppar på helt nya platser. Översiktskartan innehåller dock de viktigaste platserna med skadebringande isproppar. Kartan bör spridas till Ortsbor och presumtiva husbyggare längs älven.

Riskzonkartorna för Haparanda-Torneå är avsedda att utnyttjas direkt i den kommunala planeringen av bebyggelse och tekniska system. Lämplig risknivå kan vara 1971 års ispropp med 1934 års flöde. Inom det område som skulle översvämmas i en sådan situation bör nybebyggelse helt undvikas och befintlig bebyggelse skyddas och /eller viktiga verksamheter inom riskområdet flyttas (se avsnitt 8).





Figur 9.3 Översiktskarta över skadeobjekt och riskområden
 för översvämning enligt utförda skadeinventeringar jämte
 observerade lägen för isproppar (stoppstället) 1985-86.

10. Den fortsatta verksamheten

10.1 Ansvarsfördelning

Sedan förslaget till åtgärdsprogram nu tagits fram återstår genomförandet av de åtgärder som bedöms lämpliga. Ansvar för detta faller på flera instanser: berörda kommuner, räddningstjänsten på olika nivåer, SMHI och Vatten- och miljöstyrelsen. Frågan om det fortsatta ansvaret för olika delar i åtgärdsprogrammet utvecklas närmare i det följande.

10.1.1 Drift och utveckling av prognossystemet

Som framgår av avsnitt 7 är det SMHI och Vatten- och miljöstyrelsen som har ansvaret för det operationella prognossystemet. Den lokala räddningstjänsten har samtidigt ett ansvar för att kompletterande isobservationer utförs för att förbättra underlaget för bedömning av risken för lokala isproblem.

Den centrala prognostjänsten utfärdar prognoser över bl a den kommande islossningens karaktär. Ansvar för beslut om särskilda åtgärder inför en väntad svår islossning åvilar räddningstjänsten. Före islossningen sänds prognoser och övrig information till bl a samtliga lokala räddningskårer. I händelse av en svår islossning finns behov av övergripande bedömningar, insamling och tolkning av specialobservationer vid isproppar samt samråd över nationsgränsen och med prognosansvariga. I princip skall beträffande svenska sidan länsstyrelsen överta ledningsansvaret vid nödlägen som berör flera kommuner. Under 1985 års svåra islossning initierade länsstyrelsen en lösning med en svensk ledningscentral belägen i Övertorneå, något som avsevärt underlättade informationsutbytet.

På finska sidan har Lapplands vatten- och miljödistrikt (under Vatten- och miljöstyrelsen) det högsta ansvaret för bekämpningsåtgärder i samband med översvämningar i Torneälven enligt en av statsrådet utfärdad förordning om vattenadministrationens uppgifter. Samarbetet med svenska myndigheter har gått bra. År 1985 gick samarbetet officiella vägen via utrikesministeriet. Sedan år 1972 finns det en alarmorganisation med kontaktpersoner och telefonnummer angivna, där huvudkoordinatör för just översvämningsberedskap är Juhani Ojala från vatten- och miljödistriktet. På svenska sidan finns en sambandsplan för räddningstjänst (telefon- och radioförbindelser) med LAC/länsstyrelsen som central funktion och med kanaler även till finska sidan.

För att informationen från prognossystemet ska kunna utnyttjas effektivt, framför allt som

underlag för beslut om åtgärder för att påverka islossningsförloppet inför eller under en svår islossning, krävs samordnade prognosmottagnings- och samrådsrutiner. Frågan om hur den samordnande funktionen vid en svår islossning organisatoriskt bör lösas är en fråga för räddningstjänsten.

Utvärderingsfunktionen som ingår i prognossystemet är mycket väsentlig. Genom dokumentation av varje islossning, både till förlopp och konsekvenser, kan prognossystemet utvecklas och förbättras. Ansvar för denna dokumentation bör lämpligen åvila den lokala räddningstjänsten. Utvärdering bör ske i samråd med prognosansvariga.

10.1.2 Genomförande av tekniska åtgärder

De förslag till tekniska åtgärder som förts fram i avsnitt 8 kräver i de flesta fall ytterligare studier före det praktiska genomförandet. Ansvar för att driva utredning/projektering vidare måste, beträffande lokala projekt, åvila respektive kommun. SMHI och Vatten- och miljöstyrelsen kan därvid hjälpa till med utredningar eller praktiska insatser som särskilda uppdrag.

Åtgärder som berör älven i stort, t ex reglering av biflöden, kräver beslut på högre nivå. Man bör beakta att Finsk-svenska Gränsälvs-kommissionen är tillståndsgivande myndighet för alla typer av åtgärder som berör gränsälven.

Den utvärdering som skall utföras av räddningstjänsten efter varje islossning bör också innefatta effekterna av eventuella tekniska åtgärder. Därigenom kan förbättringar göras och metoderna utvecklas.

10.1.3 Användning av riskzonkartorna

Riskzonkartorna, både den översiktliga över hela älven och den detaljerade för Haparanda-Torneå, är avsedda att användas i den lokala markanvändningsplaneringen, en verksamhet som åvilar kommunerna. Också information om översvämningens riskerna till boende och presumtiva byggare vid älven bör ombesörjas av kommunen.

I Finland inhämtas numera regelmässigt yttrande från Vatten- och miljöstyrelsen innan byggnadslov ges för älvnära lägen. Som dimensionerande vattenstånd används nivån för 50-årsflödet med tillägg av en extra säkerhetsmarginal om 0.3 å 1 m. Det bör övervägas om någon liknande procedur kunde införlivas med den svenska bygglovprövningen.

10.2 Utbildning

Den lokala räddningstjänstens uppgifter som insamlare och mottagare av information om vatten- och isförhållanden förutsätter kunskaper om både observationsteknik och prognostolkning. Det finns därför ett behov av utbildning inom dessa områden. Med tanke på personalomsättning och variationer i islossningskaraktär bör denna utbildning vara återkommande.

Utbildningen, som bör omfatta metoder för ismätning och -kartering, vattenståndsobservationer mm samt information om innebörd och användbarhet av prognossystemet, kan arrangeras av SMHI resp Vatten- och miljöstyrelsen och bör planeras in som ett led i den fortlöpande kursverksamheten inom räddningstjänsten.

10.3 Behov av ytterligare studier

Arbetet med framtagning av åtgärdsprogrammet har främst haft en praktisk inriktning. Prognossystemet och förslagen till tekniska åtgärder bygger till stor del på befintliga data och kunskaper. De specialundersökningar som företagits har främst syftat till lokalisering av isproppslägen. Dessutom har djupmätningar gjorts i mynningsområdet. Riskzonkartorna för Haparanda-Torneå har krävt speciella mätinsatser.

Som förut nämnts finns luckor i kunskaperna när det gäller islossningsförloppet, speciellt isproppars bildning och lossnande. Detta är ett område där intensiv forskning pågår, bl a i Nordamerika.

Sannolikt kommer man att om ett antal år få bättre verktyg för att teoretiskt beskriva islossningen. Sådana beskrivningar måste emellertid bygga på observationer i den aktuella älven. Med ett observationsmaterial som grund kan sedan prognosmetoder anpassas och testas för valfri älvsträcka.

För att utveckla kunskaperna om islossningsförloppet föreslås att ett finsk-svenskt isforskningsprogram för Torneälven läggs upp. Programmet kan innehålla flera delar, bl a den dokumentation av islossningarnas förlopp och konsekvenser som ingår som ett led i utvecklingen av åtgärdsprogrammet. Därutöver kan specialstudier av delförlopp i den totala iscykeln (jfr figur 6.5) ingå. Sådana mer grundforskningsinriktade studier bedrivs lämpligen i samarbete med någon universitetsinstitution. Också mer tekniskt inriktade projekt, t ex studier av istryck, kan inkluderas.

Genomförandet av ett sådant isforskningsprogram förutsätter samarbete mellan flera institutioner med iskompetens i Finland och Sverige.

10.4 Finansiering

Driften av prognossystemet kan fortsättningsvis ingå som en del i den ordinarie prognosverksamheten vid SMHI och Vatten- och miljöstyrelsen. Detta förutsätter dock att SMHIs förslag om en utbyggd hydrologisk prognos- och varningstjänst genomförs (ref 30). Häri skulle då också kunna ingå den utvärdering av prognoserna som förutsätts ske efter varje issäsong i samråd med räddningstjänsten.

För de tekniska åtgärderna är flera olika finansieringskällor tänkbara. Stora projekt som berör både Finland och Sverige kan realiserars genom gemensamt regeringsbeslut. Detta kan gälla åtgärder som muddring i mynningsområdet och reglering av biflödena i större skala. För mer omfattande tekniska åtgärder på svenska sidan kan kommunerna söka medel hos Statens räddningsverk (ur det extra skatteutjämningsbidraget för att förebygga naturolyckor). Åtgärder i den lägsta kostnadsklassen bör kunna finansieras av kommunerna själva.

Den omfattande åtgärden att reglera ett antal biflöden berör inte bara räddningstjänst utan innehåller också energi-, miljö- och sysselsättningspolitiska aspekter. Ett brett deltagande av olika myndigheter är därför motiverat i utredningsarbetet.

Det föreslagna isforskningsprogrammet (se 10.3) skulle kunna finansieras inom ramen för det program för svensk översvämningssforskning som framlagts av SMHI (ref 31). För väldefinierade delprojekt kan medel sökas från forskningsråd och fonder. Delar av det tilltänkta forskningsprogrammet ingår redan i utvecklingen av åtgärdsprogrammet (se ovan). Vissa delstudier kan genomföras som metodtester inom ramen för andra, närbesläktade projekt.

REFERENSER

1. INLEDNING

- (1) SMHI (1985-03-14)
Förslag till åtgärder för att minska skadeverkningarna av svåra islossningar i Torneälven.

2. TORNEÄLVEN - EN ALLMÄN BAKGRUND

- (2) Hjorth, S. (1971)
Torne och Kalix älvar. Del 1. Allmän beskrivning.
International Hydrological Decade, Report No. 10

3. SVÅRA ISLOSSNINGAR

- (3) Wahlberg, E. (1988)
Bondeskalden Antti Keksi.
Tornedalica
- (4) Mallet, F. (1770)
Om Is-gången och Vår-floden uti Torne Älf, år 1769.
Kongl. Vetenskapsacademiens handlingar för år 1770, Vol. XXXI
- (5) Portin, J, Samlingar til Beskrifning öfver Torneå Sockn uti Västerbottns Höf-
dingedöme.
Tornedalica nr 5, 1967

4. FAKTORER SOM MEDVERKAR TILL EN SVÅR ISLOSSNING

- (6) Zachrisson, G. (1988)
Svåra islossningar i Torneälven i relation till klimat- och miljöförändringar.
Nordisk hydrologisk konferens 1988, NHP-rapport nr 22
- (7) Zachrisson, G. (1989)
Climate variation and ice conditions in the River Torneälven.
Conference on Climate and Water 1989, Publications of the Academy of
Finland No. 9
- (8) Johansson, O. V. (1932)
Isförhållandena vid Uleåborg och i Torne älv.
Bidrag till kännedom af Finlands natur och folk, H 84, No 3.
- (9) Skogsvårdsstyrelsen i Norrbottens län (Svante Lundin): Muntlig kommunika-
tion.

5. INVENTERING AV SKADEOBJEKT

- (10) Karlin, T. (1989)
Inventering av skadeobjekt/riskområden för skador i samband med svåra islossningar i Torneälven.
SMHI, HOH PM nr 101
- (11) Honka, A. (1989)
Selvitys jääpatotulvista Tornion-Muonionjoella vuosina 1984-86 sekä esitys jääpatotulvien vahinkojen vähentämisestä.
Laplands vattendistrikt, Rovaniemi

6. OBSERVATIONER OCH PROGNOSE

- (12) Häggström, M. (1989)
Anpassning av HBV-modellen till Torneälven. SMHI, HOH PM nr 102.
- (13) Vehviläinen, B. et al. (1988)
Transboundary co-operation on flood forecasting and ice control in the River Torneälven/Tornionjoki.
Nordisk hydrologisk konferens 1988, NHP-rapport nr 22
- (14) Persson, M. (1989)
Operational Hydrological Forecasting in Sweden. SMHI, HOH PM nr 93.
- (15) Vehviläinen, B. (1986)
Operational Spring Time Forecasting. Difficulties and Improvements.
Nordic Hydrological Conference 1986, Nordic Hydrology 17(1986).
- (16) Forsius, J., & Granholm, G. (1987)
Statistical model for prediction of ice breakup in River Torneälven. Nordic Expert Meeting on River Ice, Espoo, Finland, NHP-rapport nr 21
- (17) Jutman, T. (1989)
Prognos för islossning i Torneälven vid Haparanda - Karaktär och tidpunkt.
SMHI, HOH PM nr 100
- (18) Wasantha Lal, A.M., & Shen, H.T. (1989)
A Mathematical Model for River Ice Processes (RICE).
Dept of Civil and Environmental Engineering, Clarkson Univ., New York, Report No. 89-4
- (19) Maunula, M., & Huokuna, M. (1988)
The Finnish River Ice Project - up to date Review.
Nordisk hydrologisk konferens 1988, NHP-rapport nr 22
- (20) Laasanen, O. (red.) (1989)
Isproblem i nordiska älvar, sammanställd av NHP:s arbetsgrupp för isproblem i älvar.
NHP-rapport nr 24

- (21) Beltaos, S. (1988)
 Monograph on River Ice Jams, Chapter 3: Ice Jam Processes. First Revision: October 1988.
 River Modelling Project, National Water Research Institute, Canada Center for Inland Waters
7. DET OPERATIONELLA PROGNOSSYSTEMET
 Inga referenser.
8. SKADEFÖREBYGGANDE TEKNISKA ÅTGÄRDER
- (22) Flooding in New Brunswick. An overview 1696-1984.
 Water Planning and Management Branch, Inland Waters Directorate, Atlantic Region; Environment Canada
- (23) Amrén, A. (1989)
 Inventering av möjliga tekniska åtgärder för att förebygga islossningsskador i Torneälven.
 SMHI, HOH PM nr 103
- (24) Perham, R.E. (1977)
 St. Marys River ice booms. Design Force estimate and field measurements.
 US Army Corps of Engineers, Cold Regions Research and Engineering Laboratory, CRREL Report 77-4
- (25) Karlin, T. (1989)
 Isläggningsförsök i Ljusnan med hjälp av repsystem.
 SMHI HOH PM nr 99
- (26) Ice Engineering (1982)
 US Army Corps of Engineers, Engineer Manual No. 1110-2-1612
- (27) Floodproofing. Protect your home against flooding.
 Canada-New Brunswick Flood Damage Reduction Program, Department of Municipal Affairs and Environment, Water Resources Planning Branch; Environment Canada.
9. RISKZONKARTERING
- (28) Burrell, B. & Keefe, J. (1989)
 Flood Risk Mapping in New Brunswick: A Decade Review.
 Canadian Water Resources Journal 14(1989):1
- (29) Amrén, A. (1989)
 Riskzonkartering för Haparanda/Torneå.
 SMHI, HOH PM nr 104

10. DEN FORTSATTA VERKSAMHETEN

- (30) Ehlin, U. et al. (1987)
Framtida hydrologisk prognos- och varningstjänst.
SMHI, HOH PM nr 70 rev. 1
- (31) SMHI, HOf, Bergström, S. (1989-06-14)
Extrema hydrologiska förhållanden. Förslag till tillämpat forskningsprogram.

- * -

Dessutom har material från SMHIs, Vatten- och miljöstyrelsens och Flottningsföreningens arkiv utnyttjats.

Nr Titel

HYDROLOGISKA RAPPORTER

- 1 Hydrokemiska data från de svenska fältforsknings-
 områdena
 av Bengt Carlsson
 Norrköping 1985
- 2 Utvärdering av 1985 års vårflödesprognoser
 av Martin Häggström och Magnus Persson
 Norrköping 1986
- 3 Riktlinjer och praxis vid dimensionering av utskov och
 dammar i USA. Rapport från en studieresa i oktober
 1985
 av Sten Bergström, Ulf Ehlin, SMHI, och Per-Eric
 Ohlsson, VASO
 Norrköping 1986
- 4 Skåneprojektet - Hydrologisk och Oceanografisk
 information för vattenplanering - ett pilotprojekt
 av Barbro Johansson, Erland Bergstrand och Torbjörn
 Jutman
 Norrköping 1986
- 5 Översiktlig sammanställning av den geografiska
 fördelningen av skador främst på dammar i samband med
 septemberflödet 1985
 av Martin Häggström
 Norrköping 1986
- 6 Vattenföringsberäkningar i Södermanlands län - ett
 försöksprojekt
 av Barbro Johansson
 Norrköping 1986
- 7 Areella snöstudier
 av Maja Brandt
 Norrköping 1986
- 8 PULS-modellen: Struktur och tillämpningar
 av Bengt Carlsson, Sten Bergström, Maja Brandt och
 Göran Lindström
 Norrköping 1987
- 9 Numerisk beräkning av vågor i kraftverksdammar
 av Lennart Funkquist
 Norrköping 1987
- 10 Application of the HBV-Model to Bolivian Basins
 av Barbro Johansson, Magnus Persson, Enrique Aranibar
 och Roberto Llobet
 Norrköping 1987

Nr	Titel
11	Monthly streamflow simulation in Bolivian Basins with a stochastic model av Cecilia Ambjörn, Enrique Aranibar och Roberto Llobet Norrköping 1987
12	De svenska huvudvattendragens namn och mynningspunkter av Kurt Ehlert, Torbjörn Lindkvist och Todor Milanov Norrköping 1987
13	Analys av avrinningsserier för uppskattning av effektivt regn av Göran Lindström Norrköping 1987
14	Modellberäkning av extrem effektiv nederbörd av Maja Brandt, Sten Bergström, Marie Gardelin och Göran Lindström Norrköping 1987
15	Sjökarte- och sjöuppgifter. Register 1987 av Håkan Danielsson och Torbjörn Lindkvist Norrköping 1987
16	Utvärdering av 1986 års vårflödesprognoser av Martin Häggström och Magnus Persson Norrköping 1987
17	Skogsskador - klimat av Bertil Eriksson, Barbro Johansson, Katarina Losjö och Haldo Vedin Norrköping 1987
18	Bestämning av optimalt klimatstationsnät för hydrologiska prognoser av Maja Brandt Norrköping 1987
19	Utvärdering av 1987 års vårflödesprognoser av Martin Häggström och Magnus Persson Norrköping 1988
20	Frysförluster av vatten av Todor Milanov Norrköping 1988
21	Application of the HBV model to the upper Río Cauca basin av Martin Häggström, Göran Lindström, Luz Amelia Sandoval och Maria Elvira Vega Norrköping 1988
22	Snökartläggning med satellitdata i Kultsjöns avrinningsområde av Mats Moberg och Maja Brandt Norrköping 1988

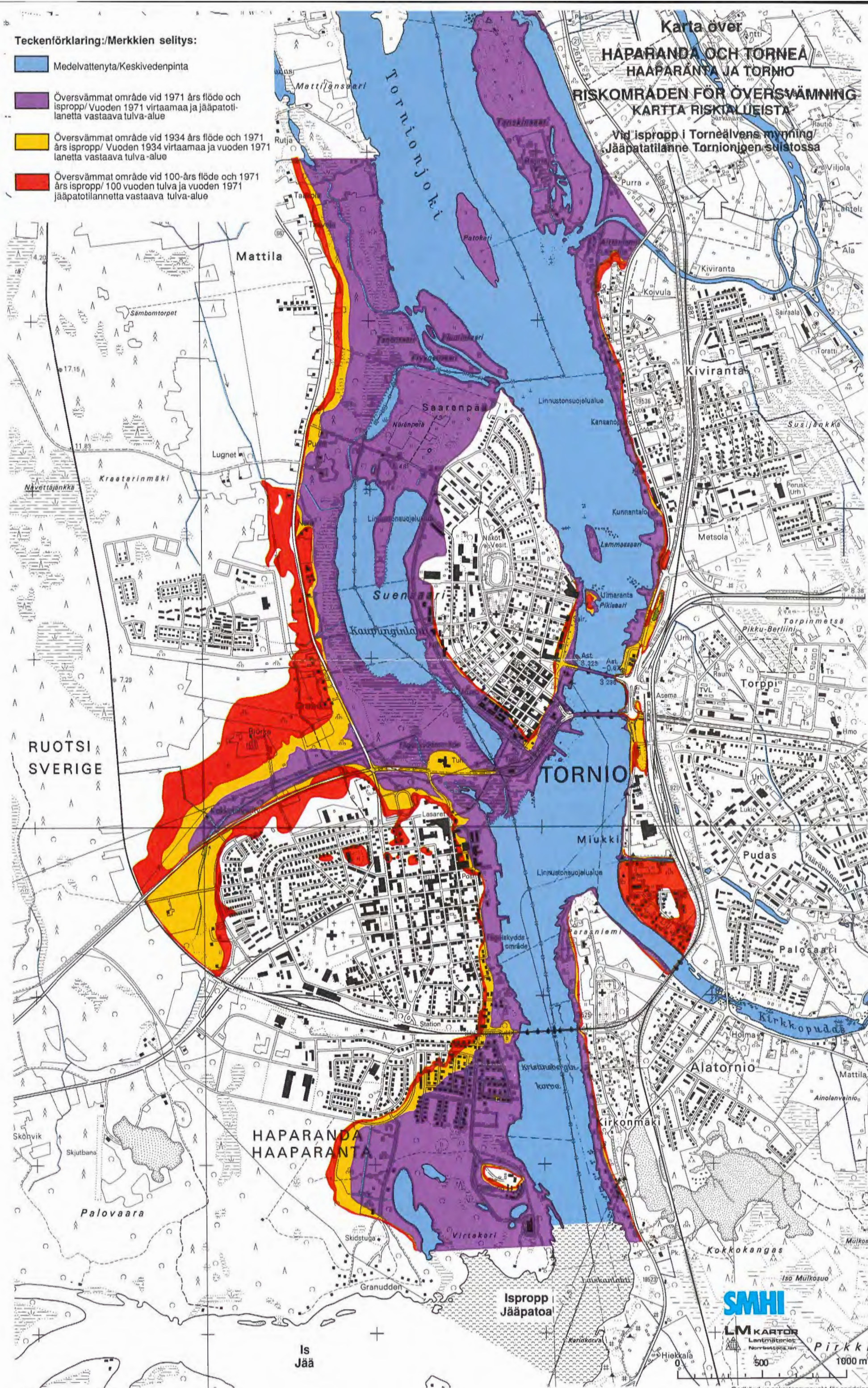
- | Nr | Titel |
|----|--|
| 23 | Hydrologiska stationsnät
Svenskt vattenarkiv
av Martin Gotthardsson och Sten Lindell
Norrköping 1989 |
| 24 | Aplicación del modelo HBV a la cuenca superior del
río Cauca
av Martin Häggström, Göran Lindström, Luz Amelia
Sandoval och María Elvira Vega
Norrköping 1989 |
| 25 | Svåra islossningar i Torneälven
Förslag till skadeförebyggande åtgärder
av Gun Zachrisson
Norrköping 1989 |



Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
601 76 Norrköping. Tel 011-15 8000. Telex 64400 smhi s.

Teckenförklaring:/Merkkien selitys:

-  Medelvattenyta/Keskivedenpinta
-  Översvämmat område vid 1971 års flöde och ispropp/ Vuoden 1971 virtaamaa ja jääpatotilannetta vastaava tulva-alue
-  Översvämmat område vid 1934 års flöde och 1971 års ispropp/ Vuoden 1934 virtaamaa ja vuoden 1971 lanetta vastaava tulva-alue
-  Översvämmat område vid 100-års flöde och 1971 års ispropp/ 100 vuoden tulva ja vuoden 1971 jääpatotilannetta vastaava tulva-alue



Teckenförklaring:/Merkkien selitys:

-  Medelvattenyta/Keskivedenpinta
-  Översvämmat område vid 20-års flödet*/
20 vuoden tulvan peittämä alue*
-  Översvämmat område vid 100-års flödet/
100 vuoden tulvan peittämä alue
-  Översvämmat område vid 1000-års flödet/
1000 vuoden tulvan peittämä alue

*) 20-, 100- och 1000-års flödet är den vattenföring som har en statistisk återkomsttid på 20, 100 resp. 1000 år. (100-års flödet inträffade 1968. Risken att det överträffas under de närmaste 50 åren är 40% enligt sannolikhetsteori).

20 (100, 1000) vuoden tulva toistuu tilastollisesti joka 20:s(100:s, 1000:s) vuosi. 100 vuoden tulva sattui 1968. Riski toistuu 50 vuoden kuluessa 40% todennäköisyydellä.

Karta över HAPARANDA OCH TORNEA/ HAAPARANTA JA TORNI RISKOMRÅDEN FÖR ÖVERSÄMMNING KARTTA RISKIALUEISTA

Vid höga flöden i Torneälven/
Suurtulvatilanne Tornionjoessa

