

**ISPROPPSFÖREBYGGANDE MUDDRING OCH
DESS INVERKAN PÅ STRÖMMARNA I
TORNEÄLVENS MYNNING**

av

Cecilia ~~Andersson~~ ^{Ahr}björn

Innehållsförteckning

	Sid
1. Sammanfattning	1
2. Uppdraget	3
3. Förutsättningar	5
4. Utförda beräkningar	6
5. Resultat	6

Bilaga 1

Erosions- och sedimentationseffekter av eventuell muddring i Torneälvens mynning.

Bilaga 2

Översiktlig bedömning av muddringens inverkan på isproppsrisk.

1 Sammanfattning

Bakgrund

Muddring i Torneälvens mynningsområde studeras, som en möjlighet att minska risken för isproppsbildning och därmed risken för översvämning. Effekterna för strömmarna vid muddrad farled och en bruten isränna beräknas med en numerisk datormodell. Även effekterna av en muddrad grop i mynningen simuleras med modellen. Bedömning av förändrade sedimentationsmönster utförs liksom ändrad isproppsrisk.

Endast mycket höga flöden betraktas, d v s 2 500 m³/s och 3 100 m³/s.

Vid simuleringarna väljs en utbredning av havsisen, som man av erfarenhet vet förekommer då ispropp med översvämning inträffar. Likaså får isens tjocklek ett representativt värde, 80 cm. Olika vattenstånd i havet betraktas även.

Beräkningsmodellen tar inte hänsyn till att vattnet tar en alternativ väg vid översvämning eller till effekterna av en ispropp. Det innebär att hastigheterna under isen blir för höga eftersom vattenmassor tvingas in under isen, som annars skulle svämma över landområden. Med dessa förenklingar erhålls en god uppfattning av de typiska effekter på strömmarna som de olika muddringsalternativen ger upphov till. Beräkningarna av strömmarna visar att hastigheterna i mynningen och huvudfåran är mycket höga; 2 - 4 m/s.

Strömförhållanden

Muddrad farled

Muddrad farled och bruten ränna medför att en betydligt större del av vattnet går genom rännan eftersom tvärsnittsytan ökar. Det medför att hastigheterna i hela övriga mynningsområdet minskar. På de grunda områdena på ömse sidor om farleden och norr om Selkäkari sker en kraftig minskning av hastigheterna. Vid lägre flöde och högre havsvattenstånd är den procentuella förändringen mindre.

Muddrad grop

En muddrad grop i mynningsområdet och samtidigt istäckt i havet innebär att i och omkring gropen erhålls lägre hastigheter i proportion till den ökade tvärsnittsytan.

Ej islagd period

Vid icke islagd tid medför den muddrade farleden att vattnet styrs till den muddrade rännan. Det blir något lägre hastigheter; 20 - 25 %, norr om Selkäkari. Hastigheterna på de grundare områdena på ömse sidor om rännan minskar något. Vid muddrad grop sker endast en hastighetssänkning vid gropen.

Sedimentationsbedömningar

Torneälvens mynningsområde domineras av sediment med mycket blandad kornstorlek, från silt till grus, och litet organiskt innehåll. Detta visar att mycket lite deposition och erosion förekommer (gäller relativt öppna vatten, inte grunda kanaler och vikar). De mindre mängder av grövre sediment (icke suspenderade) som älven för med sig deponeras strax efter att den mynnat, i beräkningsområdets norra del. Merparten av de sediment som älven för med sig deponeras söder om beräkningsområdet - i skärgården och havet därutån.

Muddrad ränna

Detta muddringsalternativ leder till högre strömhastigheter än för nuvarande förhållanden i huvudströmfåran. Förhöjningen är dock så liten att det inte kommer leda till några erosionsproblem. Den lite starkare strömmen skulle hjälpa till att hålla rännan öppen (förutsatt att rännan ligger i linje med strömriktningen). Underhållsmuddring går dock inte att utesluta, som mest ungefär var 5 - 10 år.

De minskade strömhastigheterna i fåran norr om Selkäkari och Kraaseli skulle ha kunnat leda till depositionsproblem om det inte vore för att området är så grunt. Redan i dagens läge hålls sedimenten delvis i suspension av de vattenrörelser som vågor orsakar. Viss deposition, eller ökning av deposition, får man dock räkna med innanför Selkäkari - i värsta fall uppåt en centimeter per år.

En följd, om än knappt märkbar vad gäller sedimentation, är att mer vatten följer huvudströmfåran om man muddrar en ränna, och då kommer mer suspenderat material föras ut i skärgården än tidigare.

Lokal muddring

Eftersom strömmarna bara förändras där den lokala muddringen eventuellt sker, kommer med stor sannolikhet ingen förändrad sedimentation ske i resten av mynningsområdet. De minskade strömhastigheterna i det lokala muddringsområdet kan tänkas leda till en ökad deposition av grövre sediment (sand/grus). Det mesta av detta grövre material kommer dock liksom i nuvarande fall att fällas ut på bottnarna söder och sydväst därom, där strömhastigheterna avtar ordentligt. Den lokala muddringen sker i anslutning till två redan existerande "djuphål" (en och ett par meter djupare än omgivningen) som tydligen inte visar tendenser att fyllas igen. På grund av att sedimentationstakten på platsen är låg/ingen, att strömmarna trots muddring ändå kommer vara relativt höga, att strömmarna inte avtar ordentligt förrän söder om den tänkta lokala muddringen, och eftersom det redan finns fördjupningar, är det sannolikt att det muddrade hålet inte fylls i alls, eller i långsam takt. Som mest kan underhållsmuddring uppskattningsvis behöva utföras var tionde år.

Isproppsbedömning

Vid muddrad farled och bruten isränna kan risk finnas för ispropp i rännan, speciellt där den byter riktning. Ispropp kan även bildas i isrännans öppning mot floden genom att isflak fastnar på de grundare områdena och successivt böjer av in mot rännan och sedan täpper igen denna. Muddrad grop ger lägre strömhastigheter i gropen vilket medför att isens vertikala utsträckning går något långsammare (på grund av lägre tryck) och den horisontella utbredningen ökar något. Båda muddringsförslagen bidrar var för sig till minskad risk för isproppsbildning.

2 Uppdraget

För att undersöka möjligheten att minska risken för ispropp i Torneälvens mynningsområde och därigenom minska översvämningar studeras olika möjligheter till muddring. Planerna innebär muddrad farled, och därigenom möjlighet att bryta en isränna. En muddrad grop vid isranden har också studerats, varvid en del grundklackar försvinner.

SMHI har därför fått i uppdrag av Räddningsverket att beräkna effekter på strömmarna av olika muddringsalternativ i Torneälvens mynningsområde. Bedömningar av konsekvenser för sedimentation/erosion samt eventuella ändrade förutsättningar vad gäller risken för ispropp ska också utföras.

Tabell 1. Olika beräkningsalternativ. Siffrorna markerar att beräkning utförts.

Muddrad farledsränna (50 m bred, 5.5 m djup)

Vattenföring (m ³ /s)	2500						3100					
Havsvattenstånd (m) i förhållande till medelvattenytan	+0,5			-0,5			+0,5			-0,5		
Havsis (Fast Ränna Ej (is is is))	11	13	12	9	10					6	8	7
	Fast Ränna Ej is is is			Fast Ränna is			Fast Ränna Ej is is is					

"Noll-alternativet" (ingen muddring)

Vattenföring (m ³ /s)	2500						3100						
Havsvattenstånd (m) i förhållande till medelvattenytan	+0,5			-0,5			+0,5			-0,5			
Havsis (Fast Ränna Ej (is is is))	4		5	3						1		2	
	Fast Ränna Ej is is is			Fast is			Fast is						Ej is

Lokal muddring (3.5 m djup grop)

Vattenföring (m ³ /s)	2500						3100						
Havsvattenstånd (m) i förhållande till medelvattenytan	+0,5			-0,5			+0,5			-0,5			
Havsis (Fast Ränna Ej (is is is))	17		18	16						15		14	
	Fast Ränna Ej is is is			Fast is			Fast is						Ej is

Simulering av strömmarna utförs med en numerisk datormodell, benämnd Phoenics som är utvecklad vid CHAM i England. Modellsystemet löser de hydrodynamiska momentum- och kontinuitetsekvationerna i tre dimensioner. Den stora fördelen med en numerisk modell är att olika strandlinjer, bottendjup och isförhållanden lätt kan läggas in i förutsättningarna och effekterna för strömmarna därefter enkelt simuleras.

3 Förutsättningar

Beräkningsområdet framgår av figur 0:1. Olika muddringsalternativ och isalternativ studeras i beräkningarna. En djupränna som är 5.5 m djup och 50 m bred läggs in i huvudfåran, se figur 0:1. Rännan börjar vid reningsverket. Även effekterna av en muddrad grop beräknas. Gropen ligger främst uppströms havsisens kant och gropen muddras till 3.5 m djup. För iskanten har ett typiskt läge valts. Isens tjocklek är 80 cm över hela det islagda området. Den brutna isrännan, som ligger i samma läge som den muddrade djuprännan, ges bredden 50 m.

De flöden från älven som studerats är $2\,500\text{ m}^3/\text{s}$ och $3\,100\text{ m}^3/\text{s}$. Havsyttans nivå har dels legat 0.5 m över medelvattenytan och dels 0.5 m under.

Djupmätningar har utförts den 7 - 27 januari 1992 av SITO i Finland på beställning av Räddningsverket. En karta med isolinjer för djupen i det finska höjdsystemet N60 finns i figur 0:2 och 0:3. Delar av området var isfria och här erhöles ingen djupinformation. De finska djupmätningarna är i modellberäkningarna transformerade till det svenska höjdsystemet RH70 samt till svensk medelvattenyta 1992. Djupen korrigeras därvid med 0.3 m, vilket innebär att djupet 4.8 m i N60 blir 4.5 m i RH70 och MW92. $\text{Ex N60} = -4.8\text{ m}$; $\text{N60} + 0.2 = \text{RH70}$, dvs $\text{RH70} = -4.6\text{ m}$. Medelvattenyta 1992 (MW92) = $\text{RH70} + 0.1$, dvs $\text{MW92} = -4.6 + 0.1 = -4.5\text{ m}$.

Den numeriska modellen betraktar vattnet i området som homogent. I djupled är vattnet uppdelat i 5 skikt, där det översta är 80 cm tjockt och i vissa beräkningar består det av ett istäcke i en del av området. Det undre skiktet är satt till 0.2 m och de tre skikten däremellan har alltid samma tjocklek inbördes. Det innebär att de varierar för olika djup och ändras något när djupet i en beräkningspunkt får nya djupvärden. Beräkningsnätet följer kustkonturerna, vilket gör att beräkningarna optimeras och nätet har gjorts betydligt tätare i de intressantare delarna av området. Även isränden kan härigenom beskrivas med en enda linje i koordinatsystemet, se figur 0:4.

4 Utförda beräkningar

För att belysa de olika muddringsalternativens effekter på strömmarna, samt en brutens isrännas bidrag, har 18 olika kombinationer tagits fram. Dessa framgår av tabell 1. Siffrorna i tabellen markerar vilka beräkningar som utförts och ger dem ett nummer.

5 Resultat

Allmänt

Djupdata saknas för en del av mynningsområdet genom att det var isfritt här vid mättillfället. Såväl djupförhållandena som den isfria rännan ger information om strömningen, jämför figur 0:2. Vid grunda förhållanden går isen upp snabbare eftersom det varmare bottenvattnet blandas upp, och denna effekt erhålls vid de mycket grunda förhållandena i isråkens nedre del. Dessutom ger isrännan information om hur vattnet från Reningsverket följer med strömsystemet. Både djupen och det isfria området visar att strömmen inte går rakt ut i huvudfåran utan den svänger först av mot söder, vilket beror på en styrning från bottenpografien.

Strömhastigheterna vid isranden överstiger med stora marginaler för alla de beräknade fallen 0.6 m/s, den hastighet som medför att isflak börjar dras ned under en fast iskant.

De allmänna cirkulationsmönstren för olika huvudalternativ ser ut enligt följande. Vid de mycket höga flöden som betraktats erhålls även mycket höga strömhastigheter i hela mynningsområdet. De största flödena och hastigheterna erhålls i de naturligt djupa områdena i huvudfåran, när det är stort flöde och lågt havsvattenstånd. Tvärsnittsytan är alltså starkt begränsad. Vid lägre flöden och högre havsvattenstånd sker inte samma koncentration till de djupare partierna, utan högre hastigheter erhålls även på något grundare vatten i huvudfåran. Dock erhålls alltid mycket svaga strömmar på de allra grundaste delarna.

Hastigheterna i utflödet norr om Selkäkari är av samma storleksordning som på de grundaste partierna på ömse sidor om huvudfåran. Här är strömmen svag för alla olika flödes-, vattenstands- och islägningsalternativ.

Vid muddrad djupränna förstärks ovan beskrivna effekter när det är stora vattentransporter i förhållande till tvärsnittsytan. Vid lägre flöden bibehålls högre hastigheter även ut mot de grundare områdena. Norr om Selkäkari är hastigheterna mycket låga.

Vid muddrad grop erhålls samma förhållanden ut genom de båda utflödesområden som i dagsläget. I och omkring den muddrade gropen sjunker hastigheterna.

De olika beräkningsalternativen

Beräkningsalternativen har valts i samarbete med Räddningsverket, varvid ett antal typfall studeras. Jämförelser mellan olika beräkningar görs enligt underrubrikerna nedan och därvid betraktas först alla situationer med fast is utan bruten ränna, därefter fast is med bruten ränna och sist isfritt. Strömhastigheten i beräkningsnätets längdriktning (längs huvudflödet) och vattenståndet har noterats för varje beräkningsfall. Värdena är tagna från en punkt strax uppströms isranden, i den centrala delen. Vattenståndet används endast för jämförelser mellan olika beräkningsalternativ, ty i verkligheten sker översvämning, vilket bortses ifrån i detta skede. Vid översvämning minskar flödet vid isranden eftersom vattenmängden fördelat sig längre uppströms över grundare områden. Siffrorna på hastigheterna är korrekta med de antaganden som gjorts och de belyser, på den grunden, effekterna av olika ingrepp.

Istäckt i havet

A. Vattenstånd: -0.5 m, flöde: 3 100 m³/s, figur 1, 6 och 15.

<u>alt nr</u>		<u>tryck (m)</u>	<u>hastighet (m/s)</u>
1	noll-alternativet	20	3.6
6	muddrad djupränna	6	3.6
15	muddrad grop	20	2.2

Detta beräkningsalternativ har den minsta tvärsnittsytan i förhållande till flödet, vilket bl a avspeglas i att det högsta vattentrycket erhålls.

Hastigheterna på ömse sidor om den muddrade djuprännan minskar med 30 - 50 % och det högre flödets horisontella utbredning minskar. Hastigheterna minskar även på ömse sidor om rännan i själva mynningen och norr om Selkäkari erhålls en sänkning med 30 - 50 %. Vattentrycket uppströms isranden minskar kraftigt vid muddrad ränna och hastigheten i rännan blir oförändrad strax före isranden och av storleksordningen 3-4 m/s. Under isrännan blir hastigheterna något lägre än tidigare.

Vid muddrad grop så bibehålls det höga vattentrycket strax före isranden och hastigheten sjunker till cirka hälften. Strömningen är nu mera enhetlig ut ur mynningen genom att de grundare partierna av botten är borttagna. Hastigheterna i och omkring gropen sjunker upp till 40 %. Hastigheterna i övriga delar av beräkningsområdet är oförändrade.

B. Vattenstånd: -0.5 m, flöde 2 500 m³/s, figur 3, 9 och 16.

<u>alt nr</u>		<u>tryck (m)</u>	<u>hastighet (m/s)</u>
3	noll-alternativet	14	2.9
9	muddrad djupränna	4	3.0
16	muddrad grop	15	2.0

Förändringarna är desamma som för alternativ A. De procentuella förändringarna är lika stora. Vattenpelarens tryck sjunker även här kraftigt när djuprännan är muddrad, och hastigheten blir oförändrad i farleden.

Vid muddrad grop bibehålls liksom tidigare samma vattenstånd som för nuläget och hastigheterna i och omkring gropen sjunker med upp till 30 %. Oförändrade hastigheter i utflödeskanalerna.

C. Vattenstånd: +0.5 m, flöde 2 500 m³/s, figur 4, 11 och 17.

<u>alt nr</u>		<u>tryck (m)</u>	<u>hastighet (m/s)</u>
4	noll-alternativet	3	2.6
11	muddrad djupränna	1	2.8
17	muddrad grop	3	1.7

Detta fall har den största tillgängliga volymen under isen genom det höga vattenståndet; +0.5 över medelvattenytan, samt det lägre av de båda flödena. Det medför att vattentrycket framför iskanten nu är betydligt lägre än i de båda tidigare fallen. Hastigheterna har sjunkit. Hastighetsskillnaderna för muddrad djupränna och nuläget är procentuellt sett mindre. Tendensen är densamma som i fall A och B. För den muddrade gropen erhöles ingen kompensationsström vid norra stranden, vilket förekommit för övriga beräkningar. Lägre hastigheter erhålls vid gropen, men ej i resten av området.

Bruten ränna i Istäcket

D. Vattenstånd: -0.5 m, flöde: 3 100 m³/s, figur 1 och 8.

<u>alt nr</u>		<u>tryck (m)</u>	<u>hastighet (m/s)</u>
1	noll-alternativet	20	3.6
8	muddrad djupränna	4	3.7

Vattentrycket före isranden minskar dramatiskt vid muddring och hastigheten i rännan strax före isranden är oförändrad.

Då störningarna, i form av grundare partier vid botten är borttagna, förekommer inte längre några avvikelser från huvudriktningen hos strömmarna nära botten. Det sker en mycket kraftig koncentration av vattenflödet till djuprännan/isrännan och hastigheterna är desamma eller något lägre än i de djupare partierna vid omuddrade förhållanden. Detta medför att de höga hastigheterna före isranden, och speciellt på de något grundare partierna omedelbart under isranden minskar. Hastigheterna på ömse sidor om farleden avtar snabbt till mycket låga värden, och strömmen norr om Selkåkari minskar med ca 50 %.

E. Vattenstånd: -0.5 m, flöde: 2 500 m³/s, figur 3 och 10.

<u>alt nr</u>		<u>tryck (m)</u>	<u>hastighet (m/s)</u>
3	noll-alternativet	14	2.9
10	muddrad djupränna	3	3.1

Här gäller samma förändringar som i fall D, med motsvarande cirka 30 % lägre hastigheter på grund av det 30 % lägre flödet.

F. Vattenstånd: +0.5 m, flöde 2 500 m³/s, figur 4 och 13.

<u>alt nr</u>		<u>tryck (m)</u>	<u>hastighet (m/s)</u>
4	noll-alternativet	3	2.6
13	muddrad djupränna	1	2.9

Förändringarna vid detta lägre flöde och 1 m högre vattenstånd är relativt sätt, betydligt mindre än för de båda tidigare fallen. Det är en viss hastighetssänkning i de grunda områdena och vid isranden är förändringen mycket begränsad.

Isfritt

G. Vattenstånd: -0.5 m, flöde: 3 100 m³/s, figur 2, 7 och 14.

<u>alt nr</u>		<u>tryck (m)</u>	<u>hastighet (m/s)</u>
2	noll-alternativet	0.3	4.3
7	muddrad djupränna	0.0	4.0
14	muddrad grop	0.6	3.2

Hastighetsprofilen ändras så att en koncentration av de högre hastigheterna sker i den muddrade rännan. Det gäller i utflödet mot havet. Högre upp i farleden finns inte denna förändring, vilket beror på att de större djupen här har större utbredning. Hastigheterna i mynningsområdet blir lägre eftersom djuprännan tar hand om en så stor del av flödet. Norr om Selkäkari minskar hastigheterna med 20 - 25 %. På ömse sidor om djuprännan sker en viss minskning av hastigheterna.

Lägre hastigheter och enhetligare flöde erhålls i den muddrade gropen, men inga förändringar för övrigt.

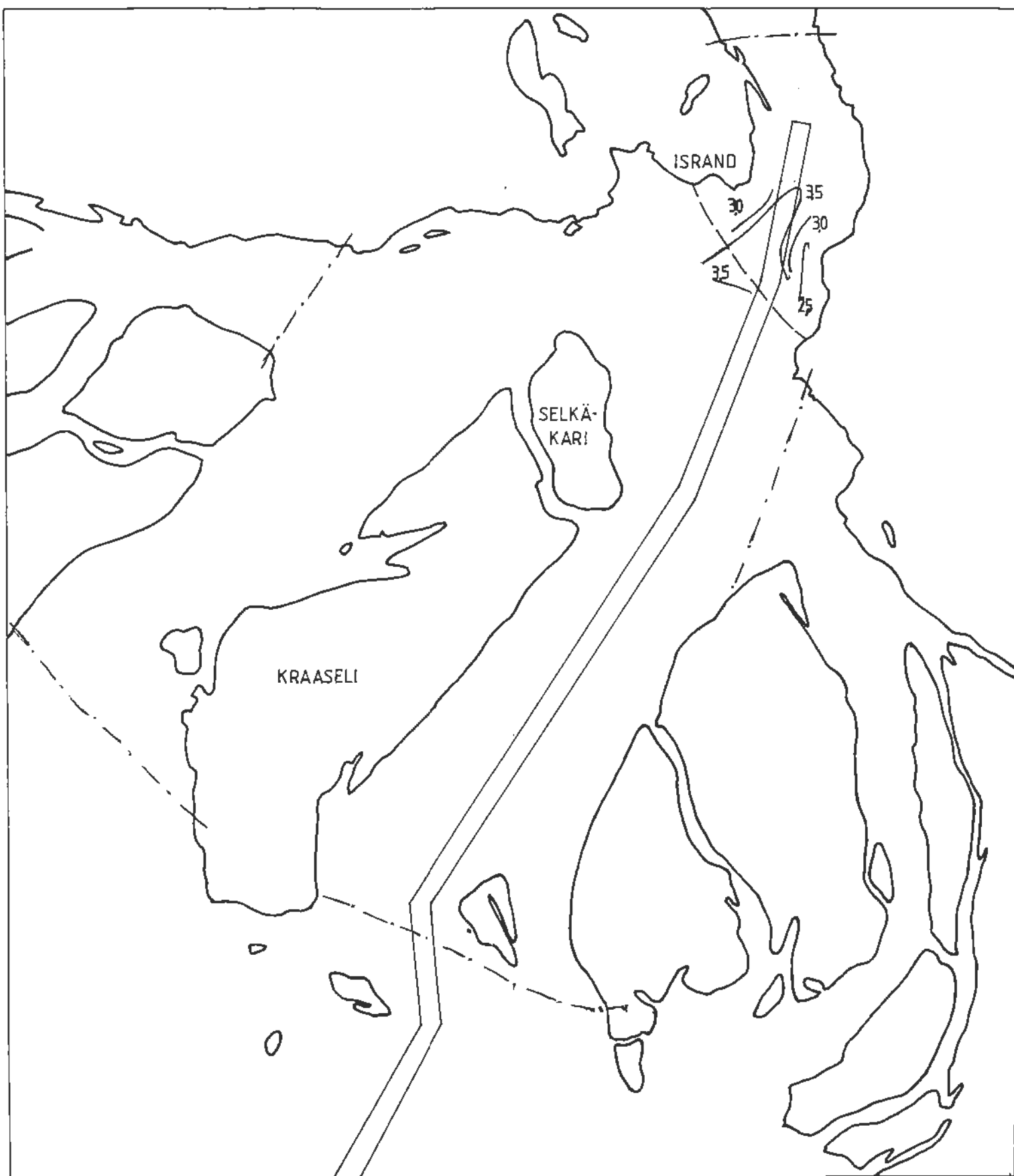
H. Vattenstånd: +0.5 m, flöde: 2 500 m³/s, figur 5, 12 och 18.

<u>alt nr</u>		<u>tryck (m)</u>	<u>hastighet (m/s)</u>
5	noll-alternativet	0.1	2.8
12	muddrad djupränna	0.0	3.0
18	muddrad grop	0.2	1.8

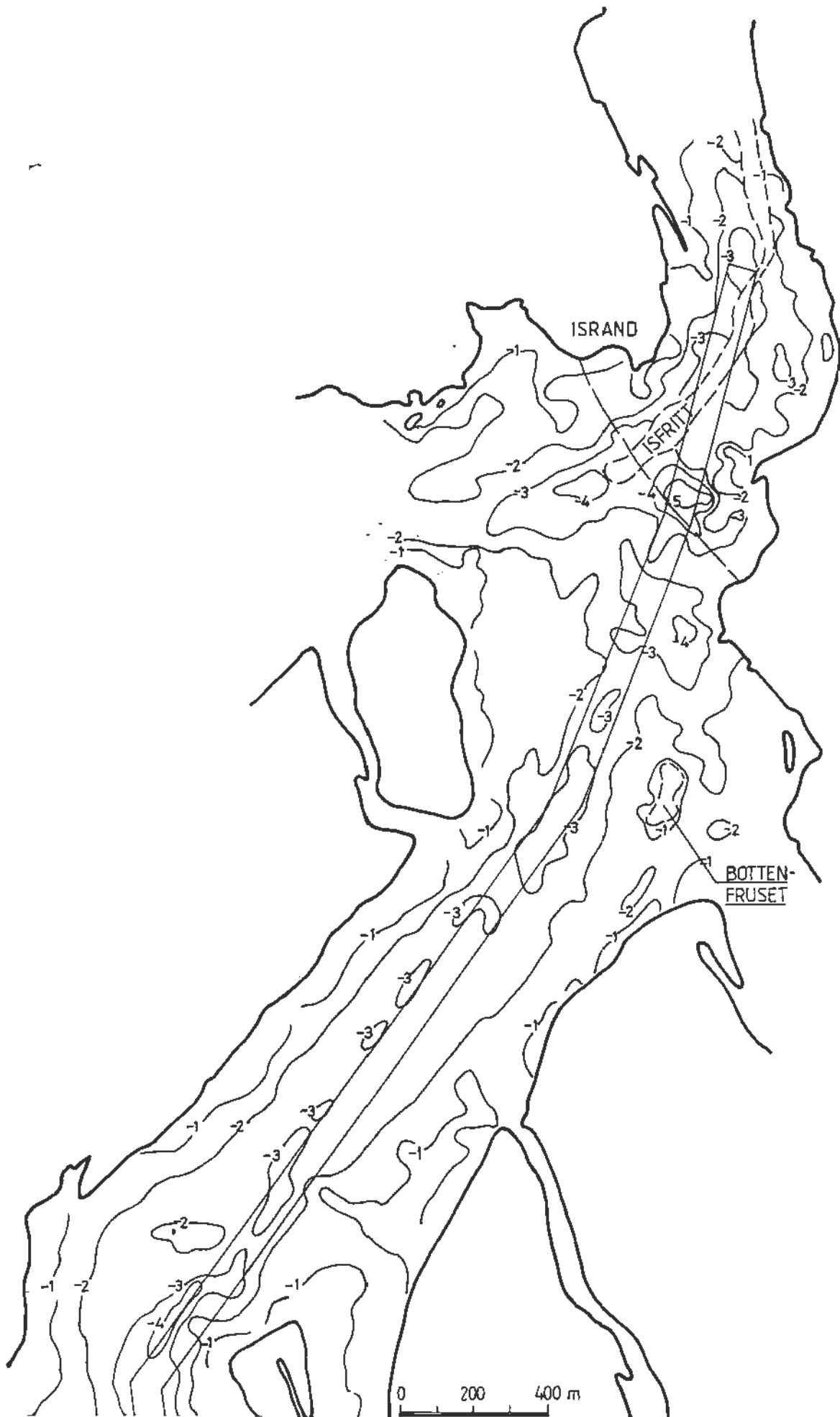
Här sker motsvarande förändringar som för fall G beträffande den muddrade djuprännan. Muddrad grop ger ingen returström på norrsidan och som vanligt erhålls svagare strömmar vid gropen.

Kalibrering

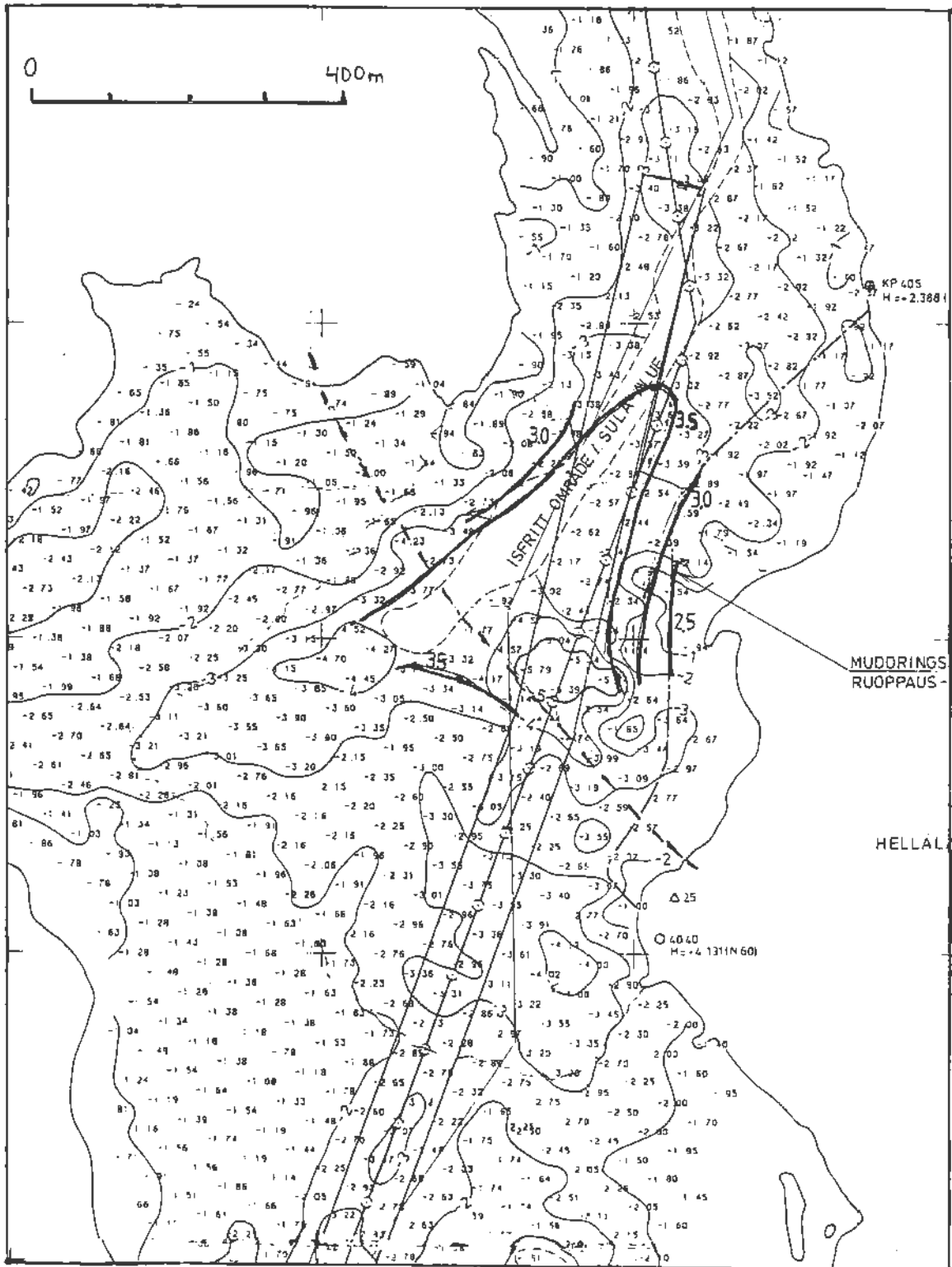
För fall 2, d v s oförändrade förhållanden, har en kalibrering gjorts av modellen genom att vattenståndsförändringen hos HEC 2 mellan sektion 1 100 och havet har beräknats för flödet 3 100 m³/s och havsvattenstånd 0.5 m under medelvattenytan. HEC 2 ger en lutning som är 1.9 m. Phoenixmodellen ger liknande resultat. Det visar att friktionskoefficienten var riktigt vald i Phoenixmodellen, liksom övriga ansatser.



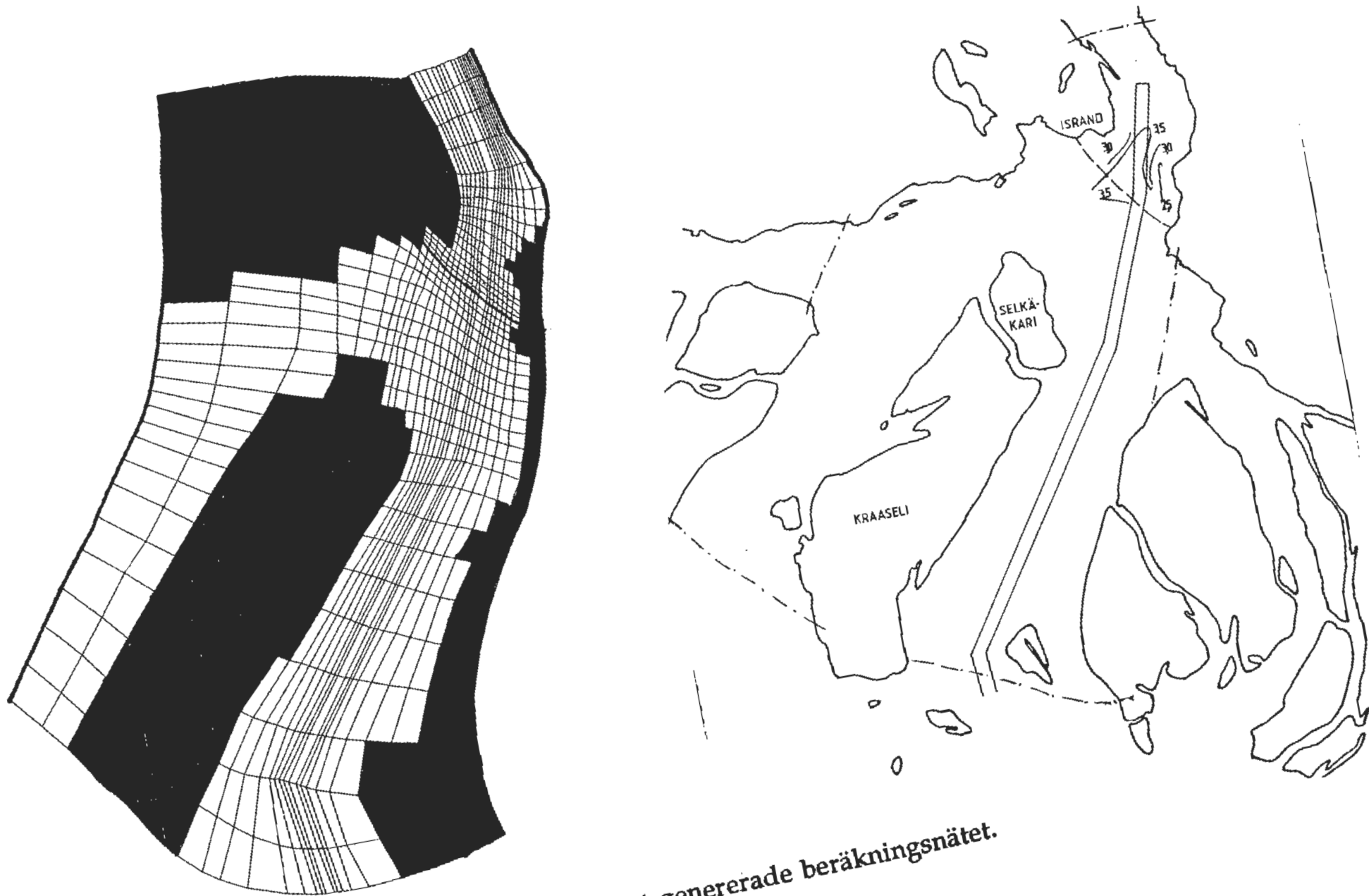
Figur 0:1 Beräkningsområdet.
Den muddrade djuprännans läge,
den muddrade gropens läge och havsisens gräns.



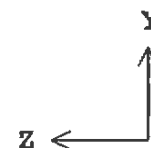
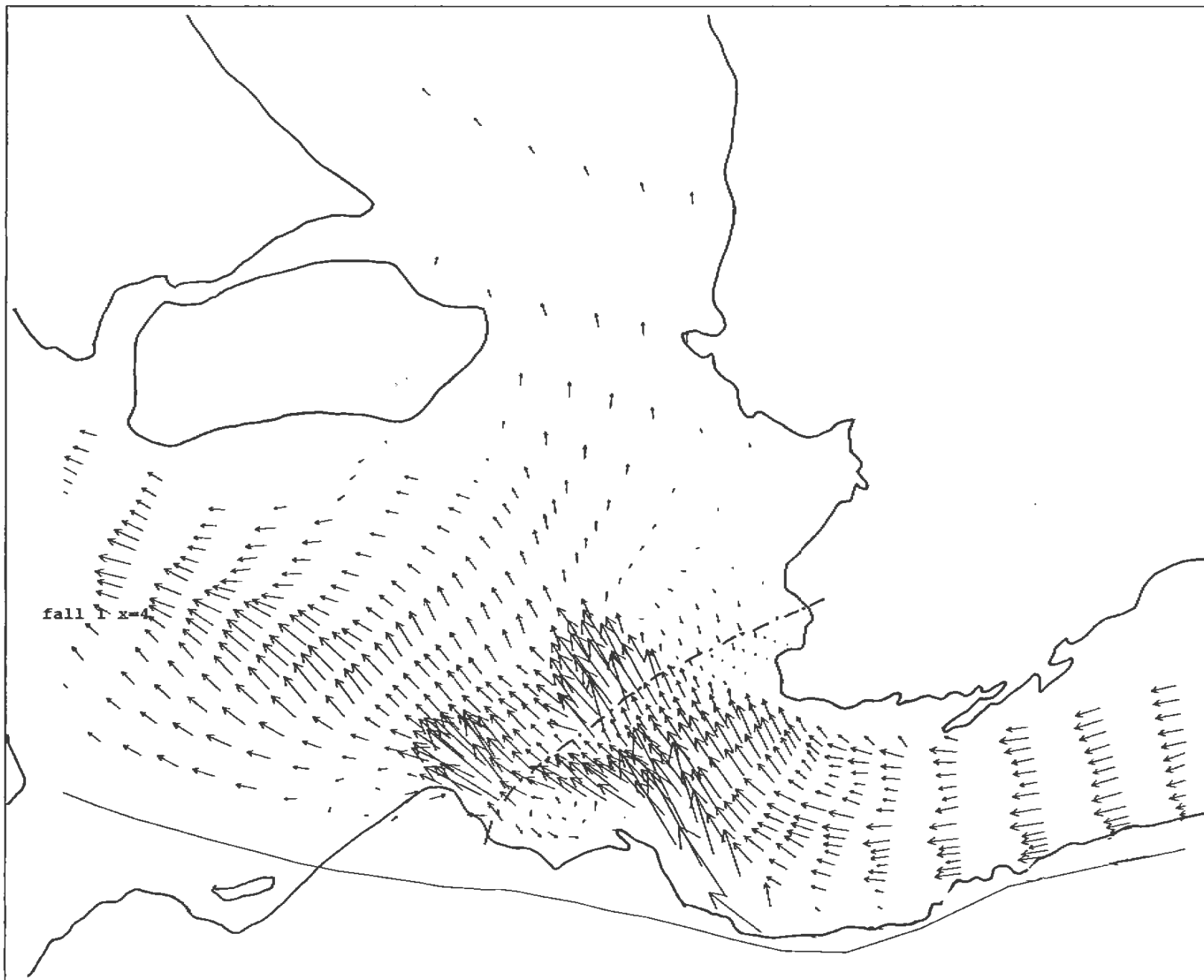
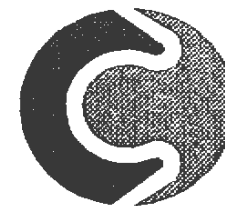
Figur 0:2 Djupförhållanden i det finska höjdsystemet N60, isolinjer.



Figur 0:3 Detaljbild över djupen i mynningen (N60).

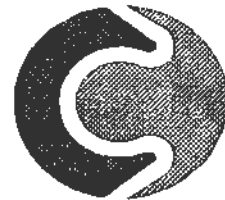
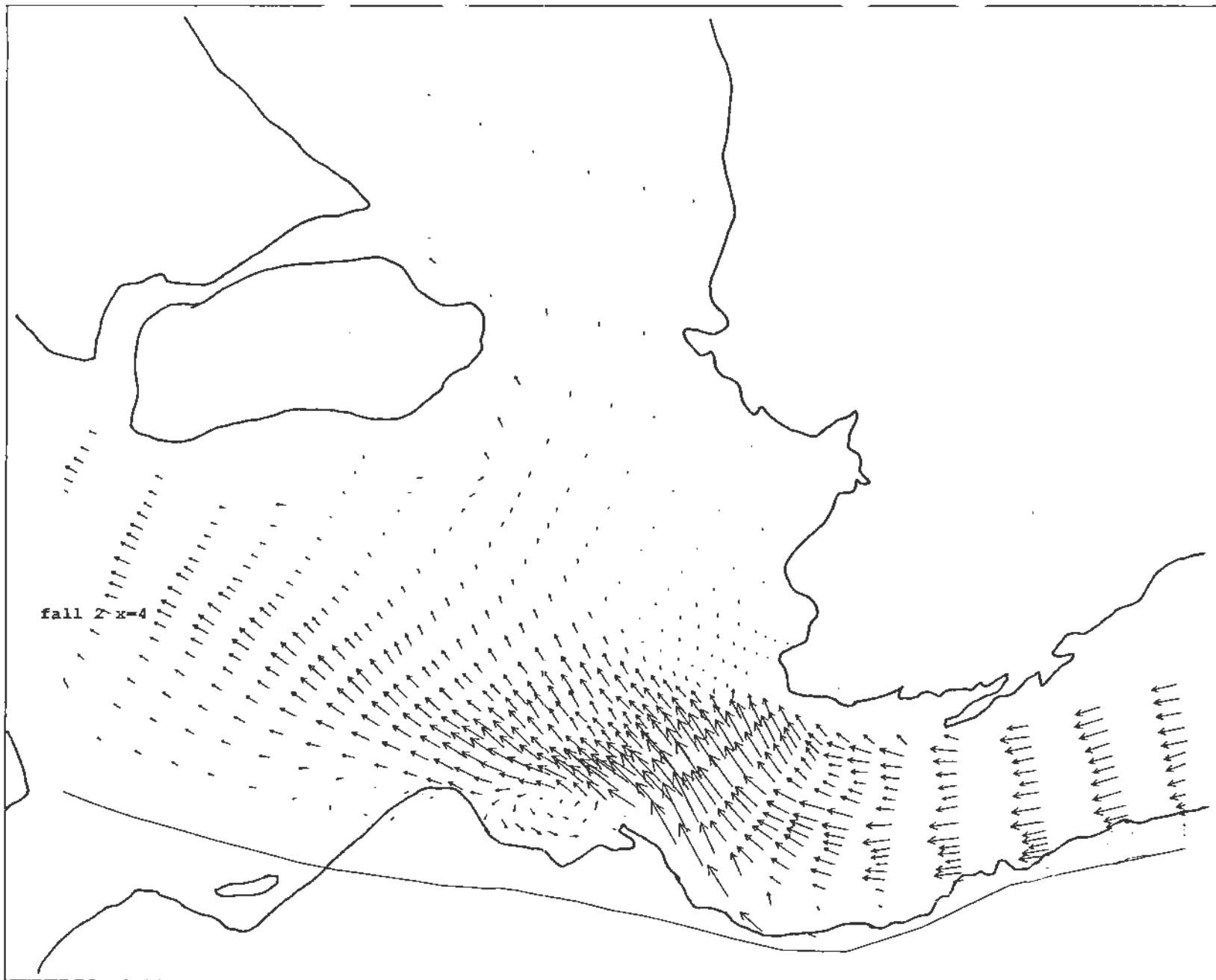


Figur 0:4 Det genererade beräkningsnätet.



→ : 20.0 m/s. Figur 1

Simulerade strömmar i skiktet närmast under isen;
fall 1, $W=-0.5$ m, $Q=3100$ m³/s, fast is, ingen muddring.



fall 2 x=4

→ : 20.0 m/s.

TORNE MYNNING FALL 2

Figur 2

Simulerade strömmar i skiktet närmast under isen;
fall 2, $W=-0.5$ m, $Q=3100$ m³/s, ej is, ingen muddring.

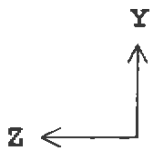


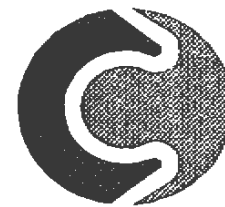


fall 3 x=4

→ : 20.0 m/s. Figur 3

Simulerade strömmar i skiktet närmast under isen;
fall 3, $W=-0.5$ m, $Q=2500$ m³/s, fast is, ingen muddring.

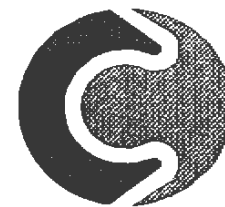




→ : 20.0 m/s

Figur 4

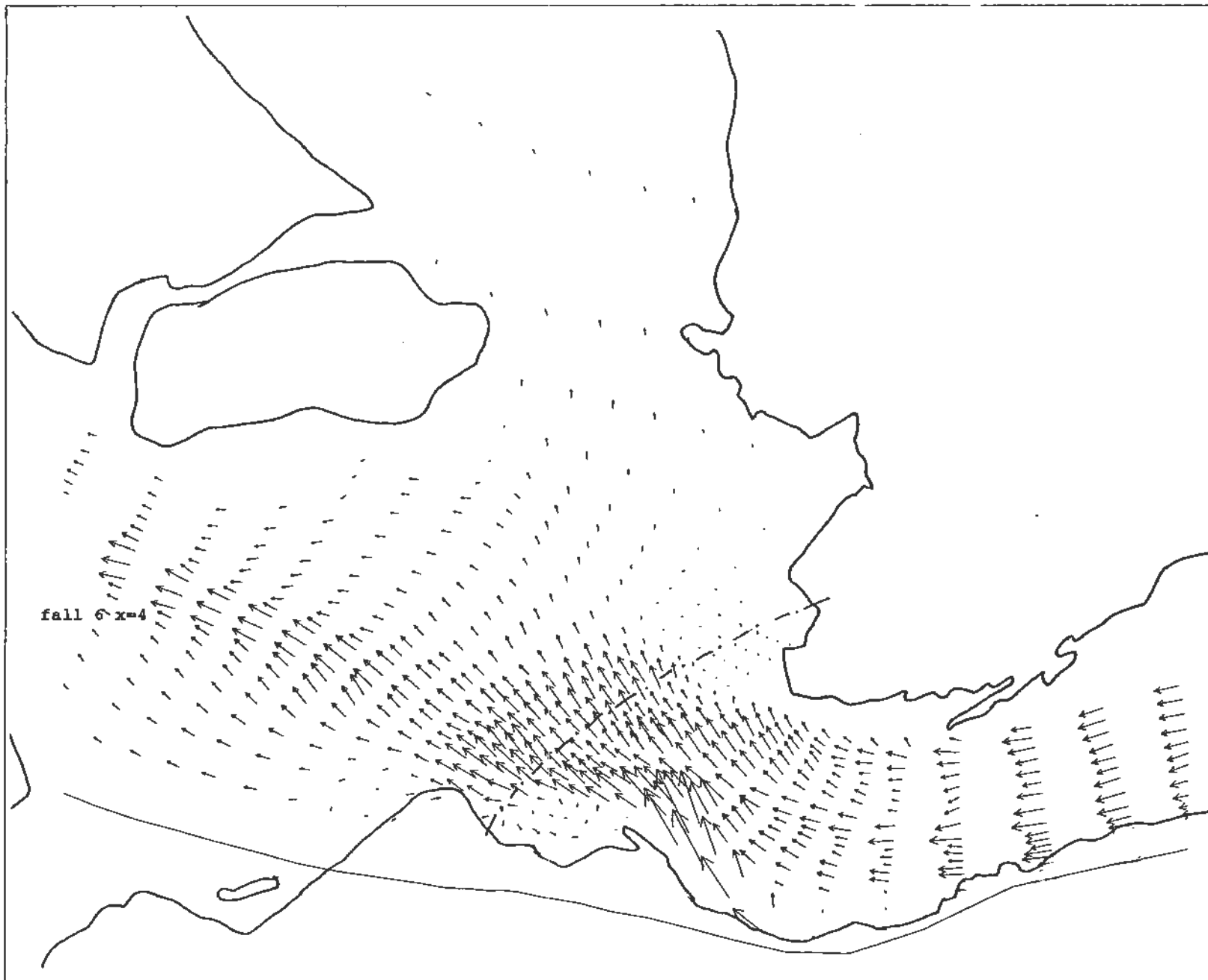
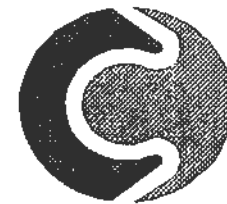
Simulerade strömmar i skiktet närmast under isen;
fall 4, $W=+0.5$ m, $Q=2500$ m³/s, fast is, ingen muddring.



→ : 20.0 m/s.

Figur 5

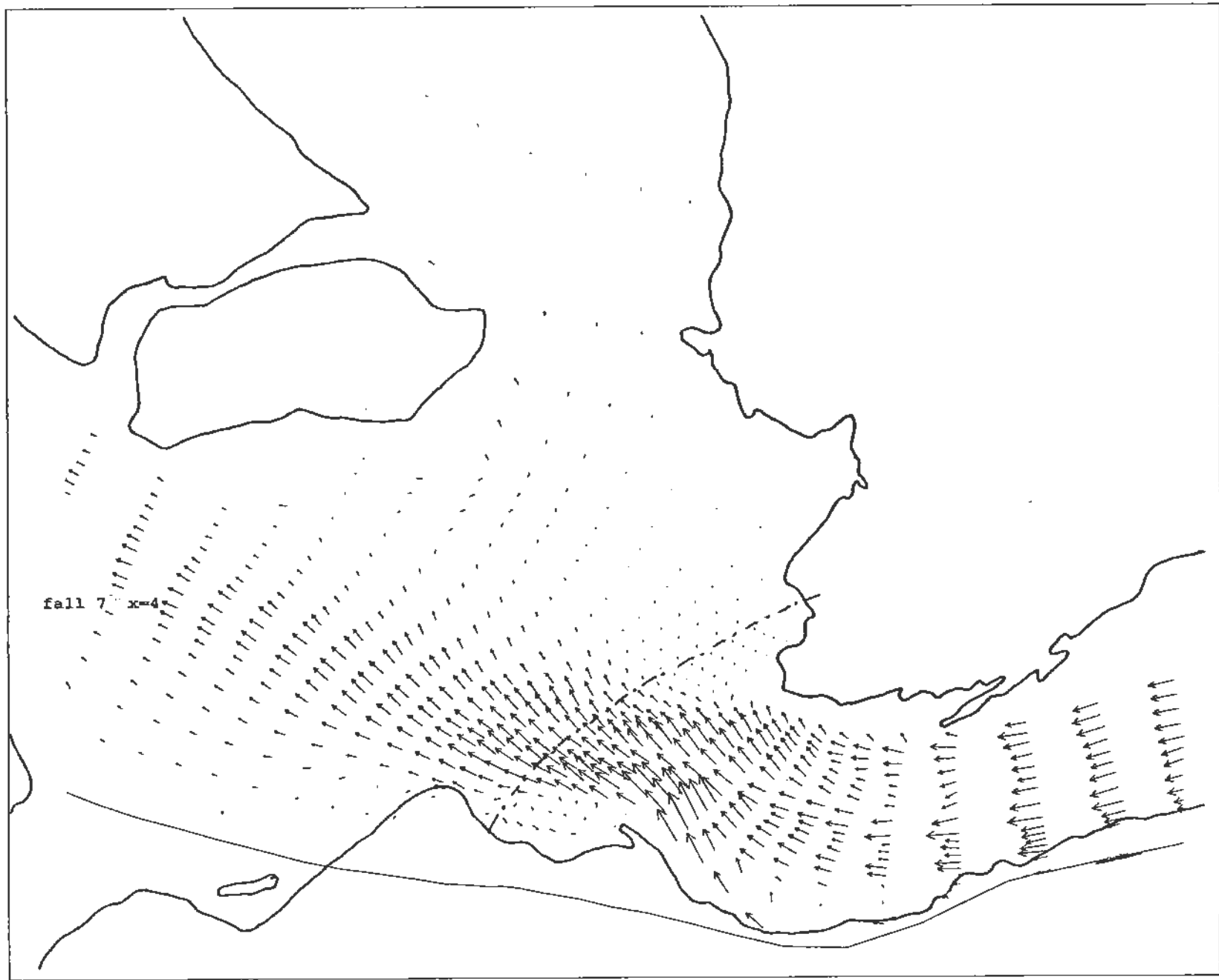
Simulerade strömmar i skiktet närmast under isen; fall 5, $W=+0.5$ m, $Q=2500$ m³/s, ej is, ingen muddring.



fall 6 x=4

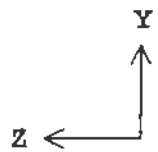
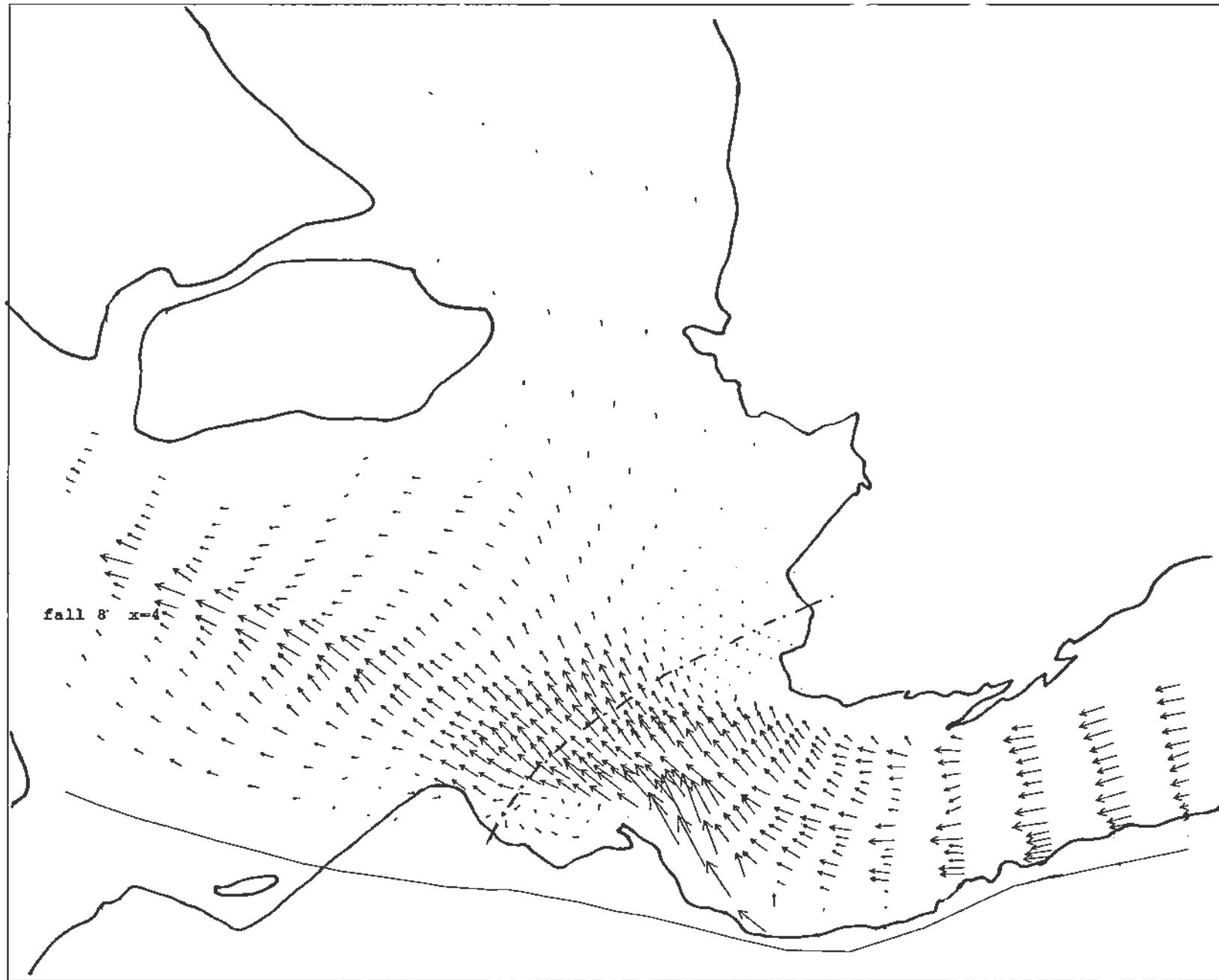
→ : 20.0 m/s.


Figur 6 Simulerade strömmar i skiktet närmast under isen; fall 6, $W=-0.5$ m, $Q=3100$ m³/s, fast is, muddrad farled.



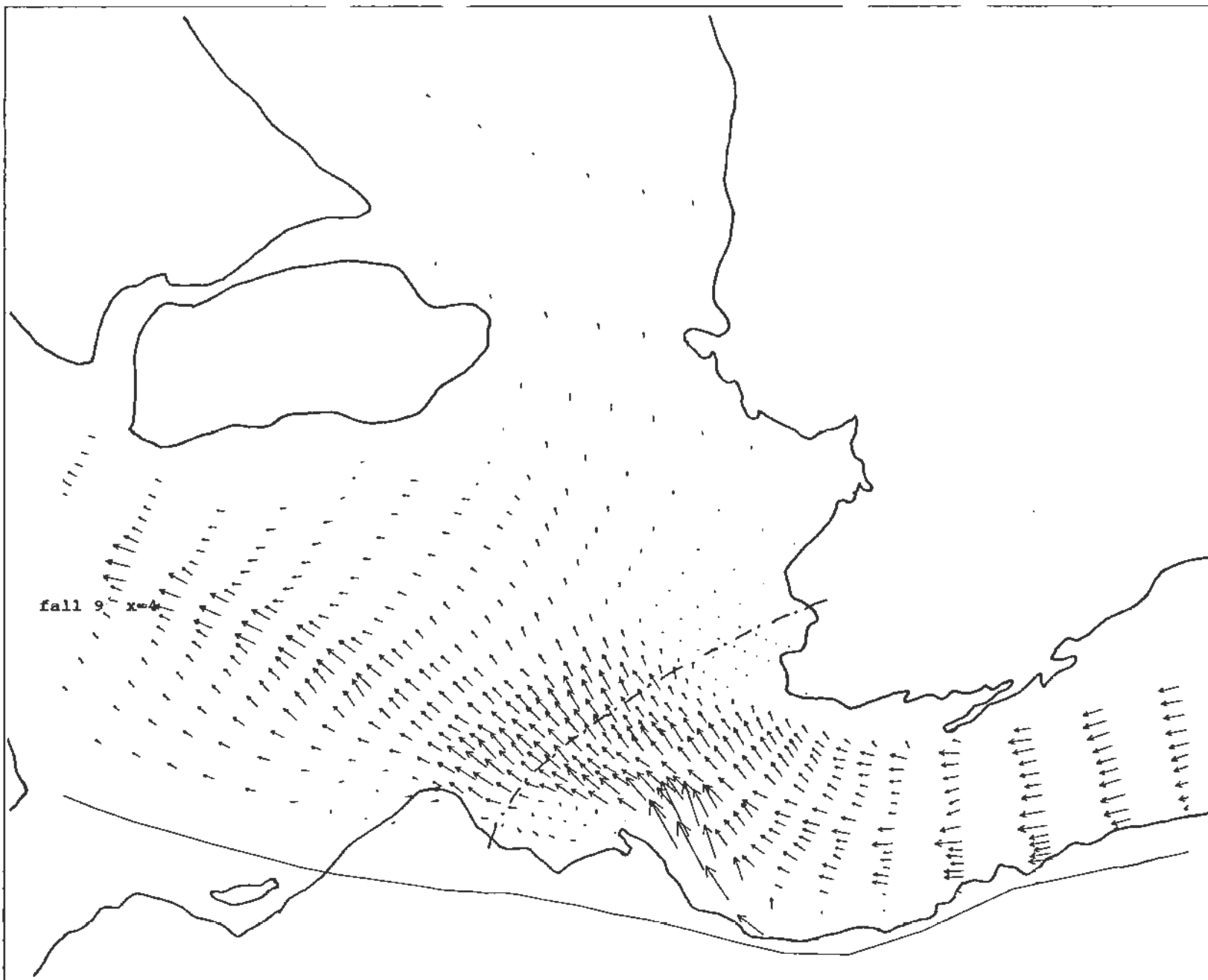
→ : 20 0 m/s.
TORNE MYNNING FALL 7

Figur 7 Simulerade strömmar i skiktet närmast under isen;
fall 7, $W=-0.5$ m, $Q=3100$ m³/s, ej is, muddrad farled.



 20.0 m/s
 TORNE MYNNING FALL, 8

Figur 8 Simulerade strömmar i skiktet närmast under isen;
 fall 8, $W = -0.5$ m, $Q = 3100$ m³/s, bruten ränna, muddrad farled.

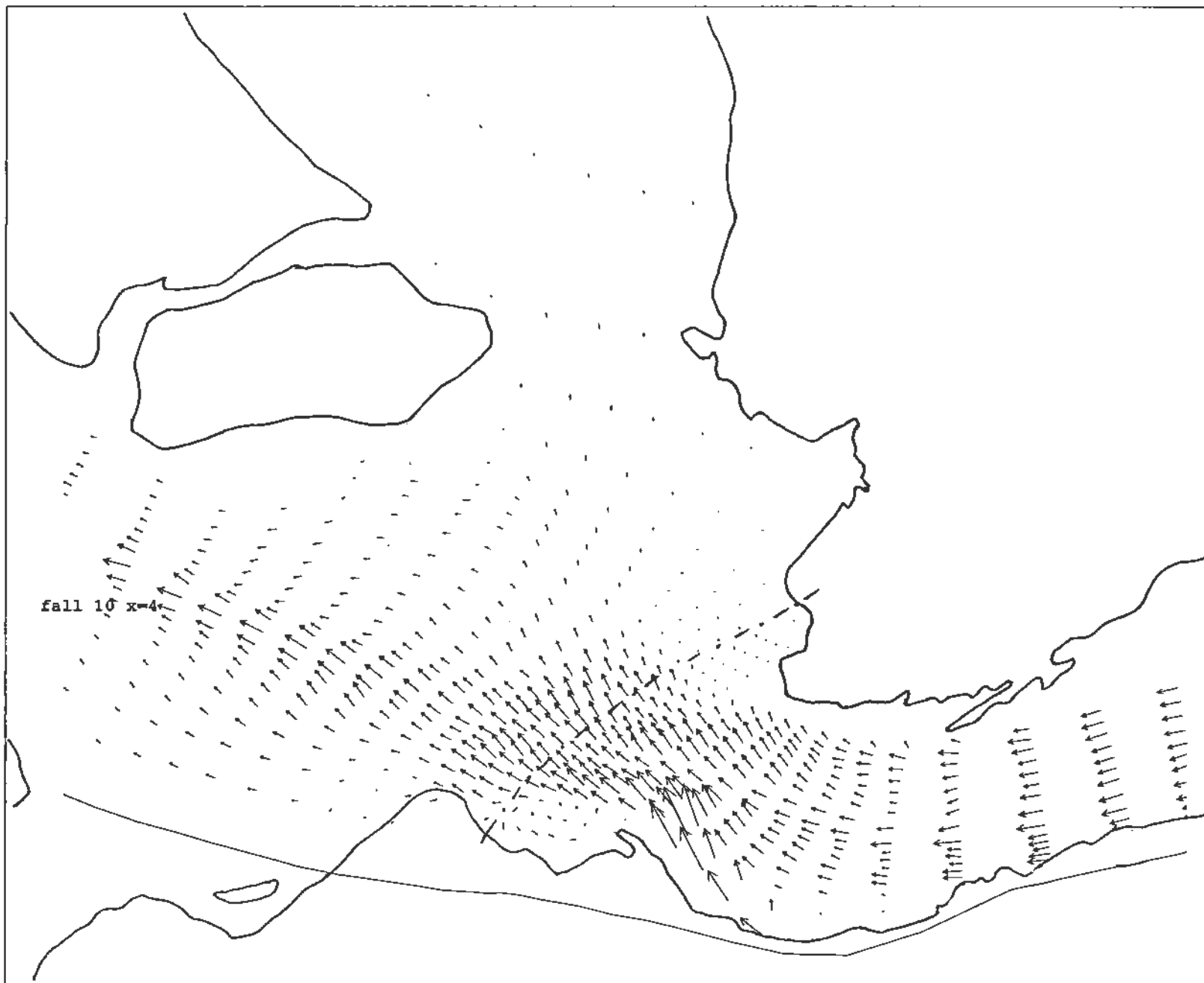


— > · 20 0 m/s

TORNE MYNNING FALL 9

Figur 9

Simulerade strömmar i skiktet närmast under isen;
fall 9, $W=-0.5$ m, $Q=2500$ m³/s, fast is, muddrad farled.



→ · 20.0 m/s

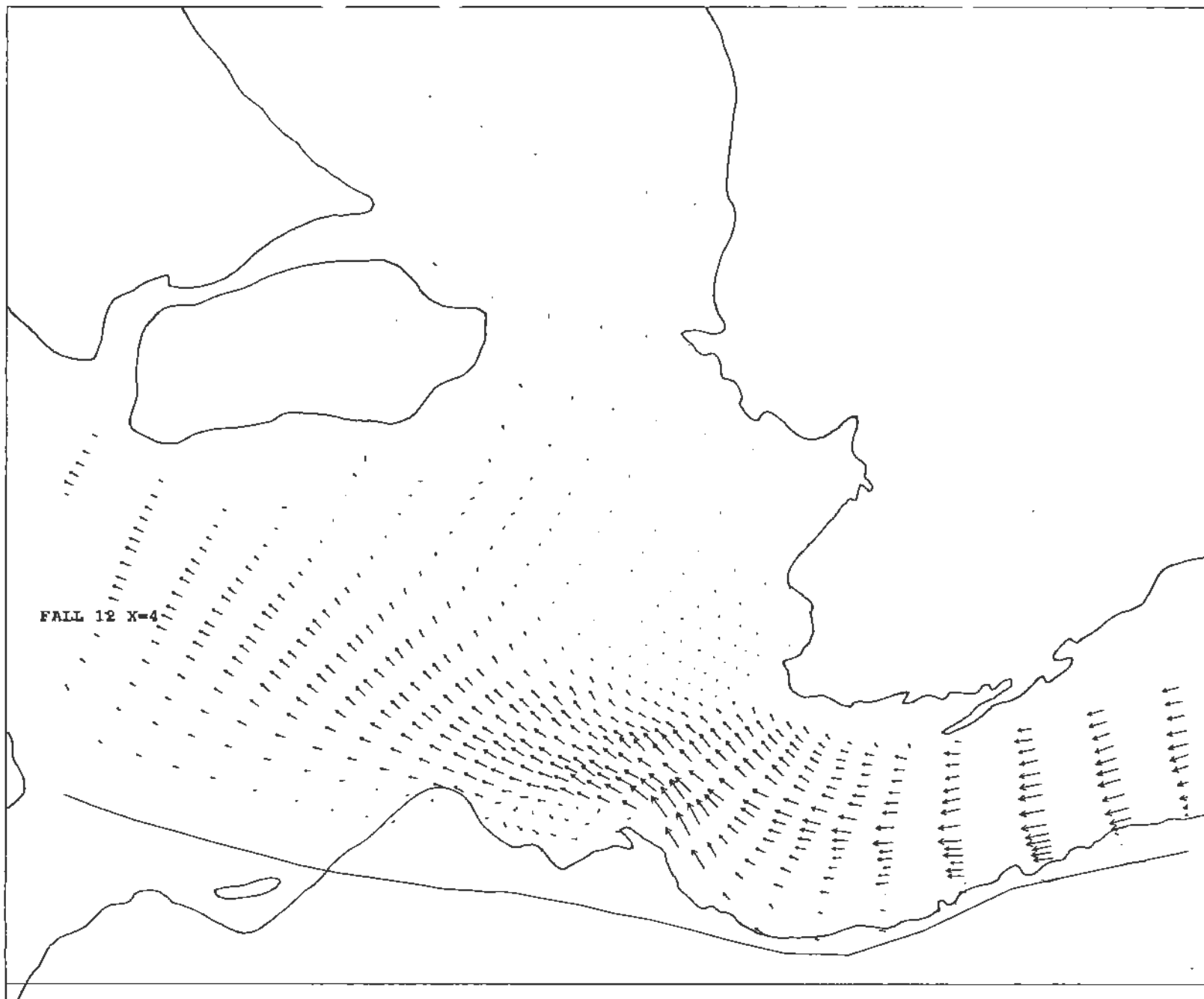
TORNE MYNNING FALL 10

Figur 10 Simulerade strömmar i skiktet närmast under isen; fall 10, $W=-0.5$ m, $Q=2500$ m³/s, bruten ränna, muddrad farled.



→ · 20.0 m/s
 TORNE MYNNING FALL 11

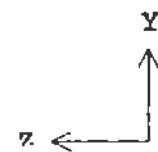
Figur 11 Simulerade strömmar i skiktet närmast under isen;
 fall 11, $W=+0.5$ m, $Q=2500$ m³/s, fast is, muddrad farled.



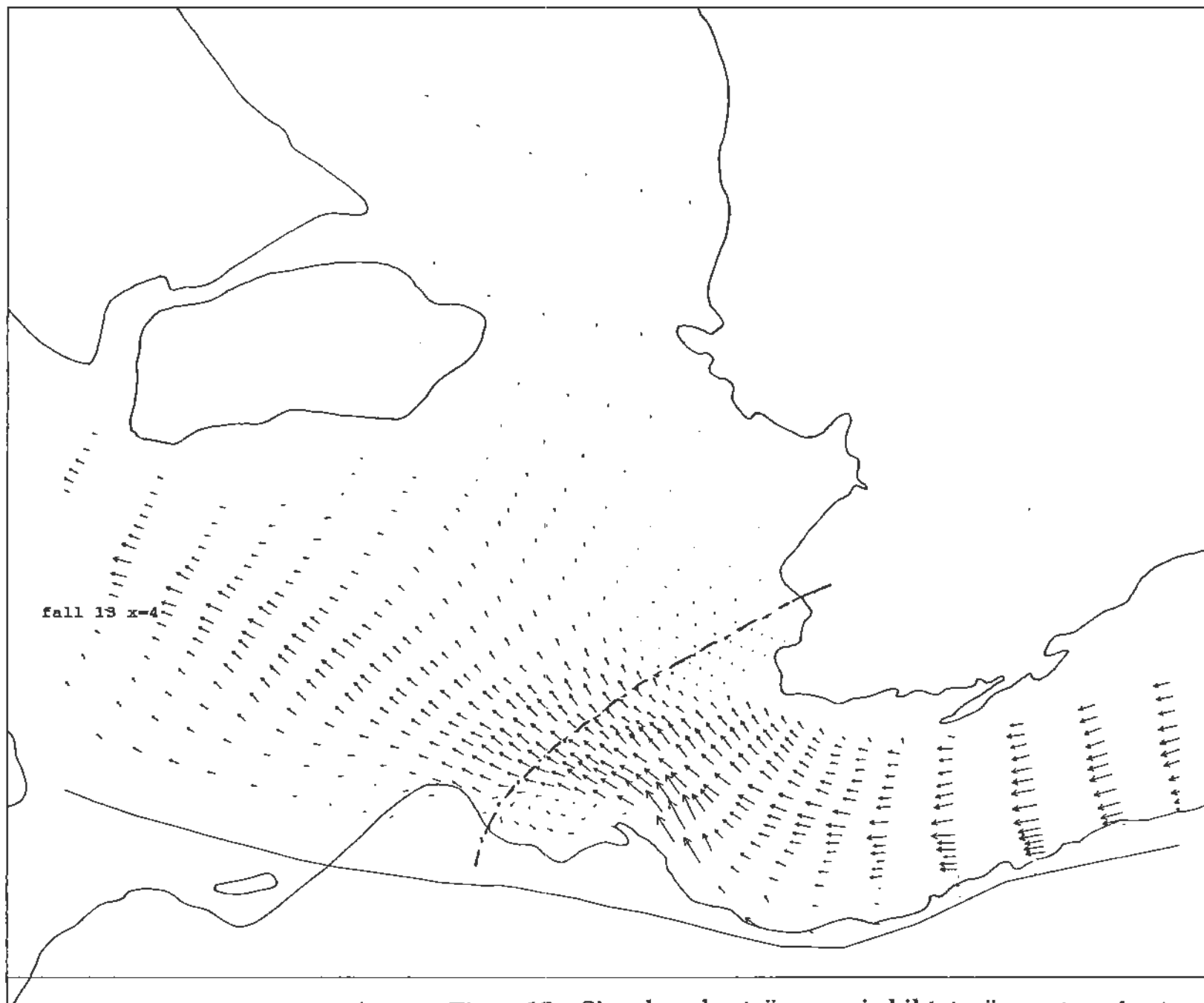
FALL 12 X=4

→ : 20.0 m/s.

TORNE MYNNING FALL 12



Figur 12 Simulerade strömmar i skiktet närmast under isen; fall 12, $W=+0.5$ m, $Q=2500$ m³/s, ej is, muddrad farled.



fall 13 x=4

→ · 20.0 m/s

TORNE MYNNING FALL 13

Figur 13 Simulerade strömmar i skiktet närmast under isen;
fall 13, $W=+0.5$ m, $Q=2500$ m³/s, bruten ränna, muddrad farled

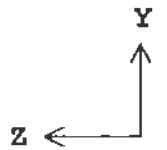


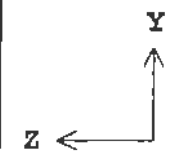
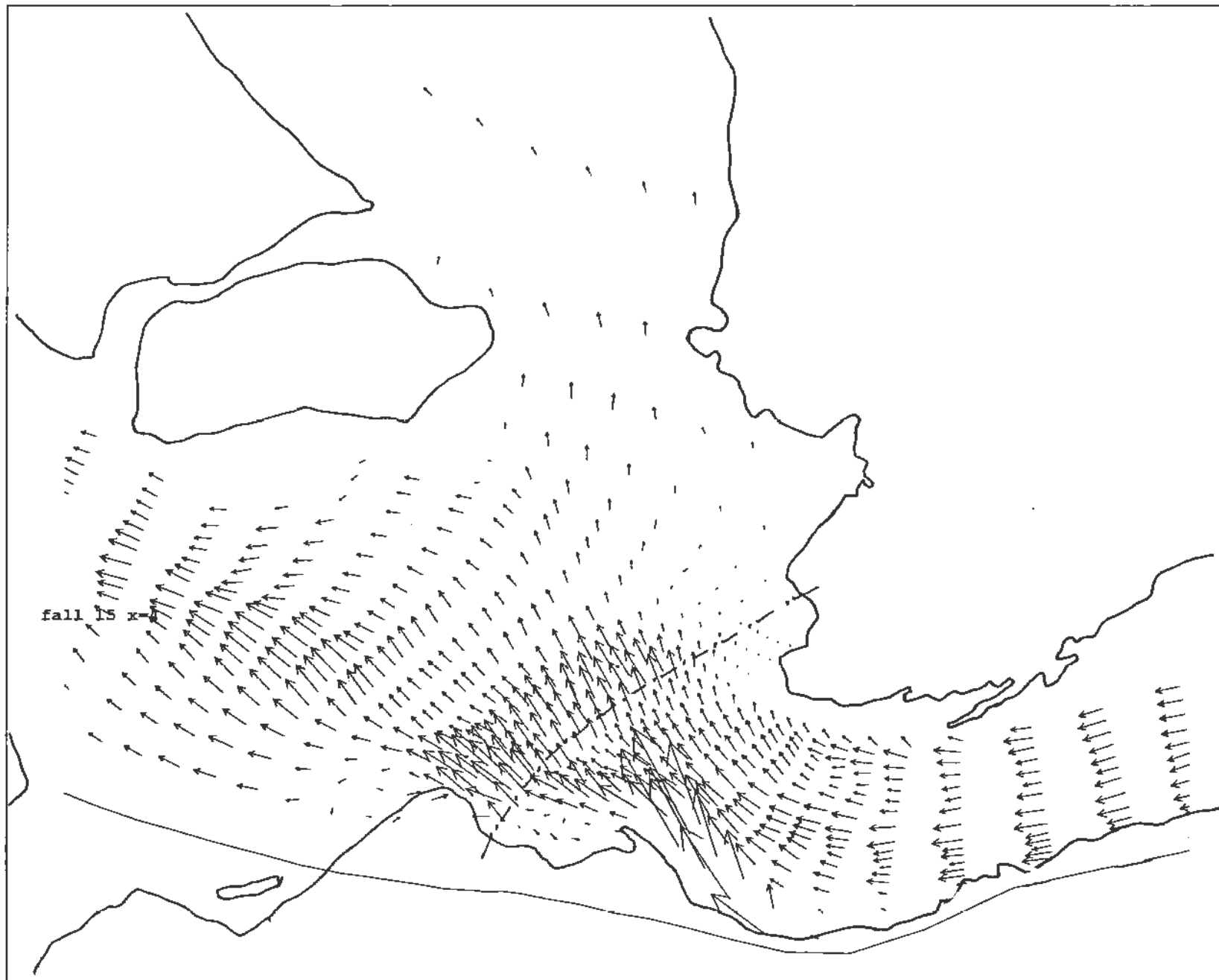
fall 14 x=4

→ : 20.0 m/s.

TORNE MYNNING FALL 14

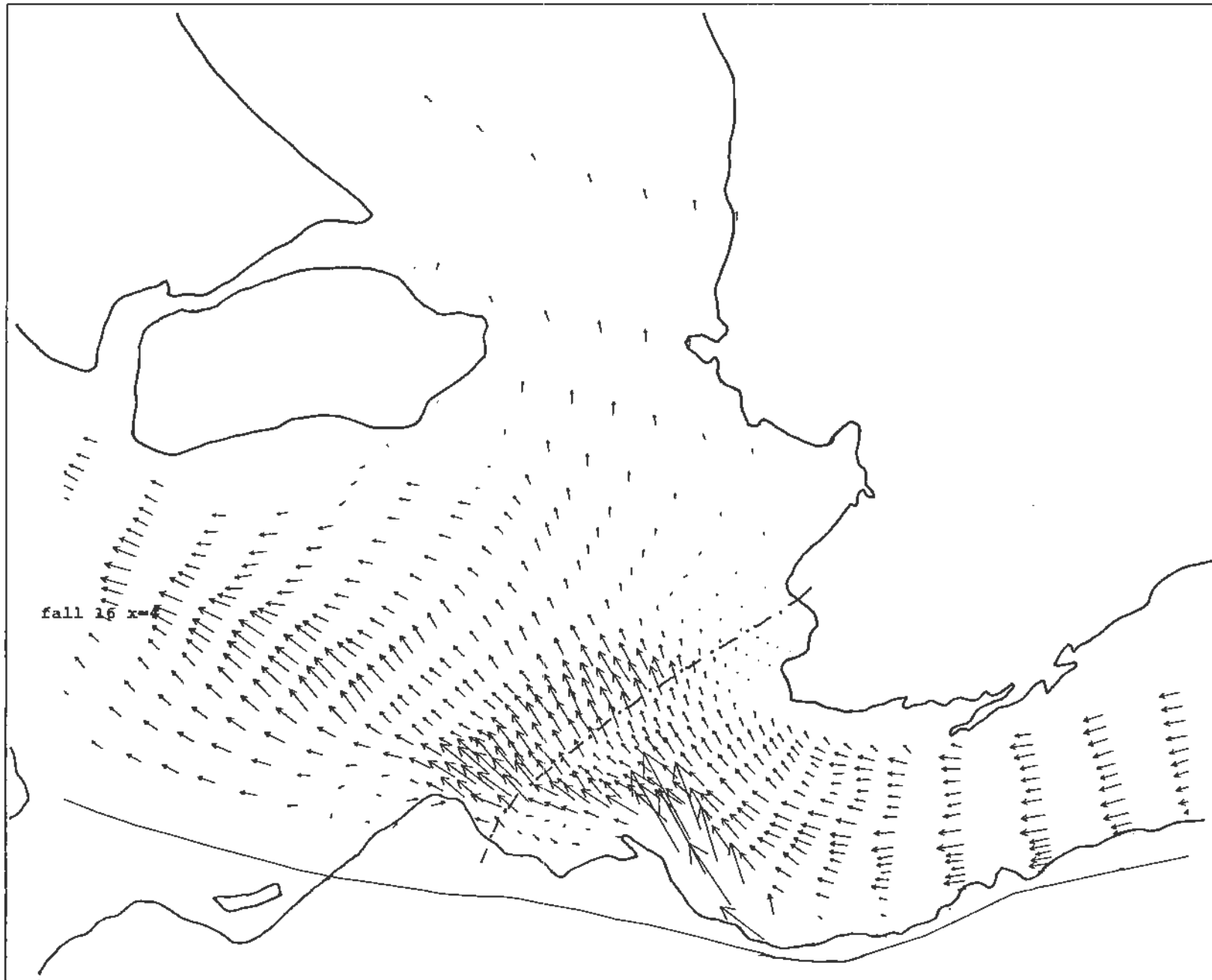
Figur 14 Simulerade strömmar i skiktet närmast under isen; fall 14, $W=-0.5$ m, $Q=3100$ m³/s, ej is, muddrad grop.





→ : 20.0 m/s.

Figur 15 Simulerade strömmar i skiktet närmast under isen; fall 15, $W=-0.5$ m, $Q=3100$ m³/s, fast is, muddrad grop.



→ : 20.0 m/s.

Figur 16 Simulerade strömmar i skiktet närmast under isen;
fall 16, $W=-0.5$ m, $Q=2500$ m³/s, fast is, muddrad grop.



fall 17 x=4

→ : 20.0 m/s

Figur 17 Simulerade strömmar i skiktet närmast under isen; fall 17, $W=+0.5$ m, $Q=2500$ m³/s, fast is, muddrad grop.



fall 18 x=4

→ : 20.0 m/s.

Figur 18 Simulerade strömmar i skiktet närmast under isen; fall 18, $W=+0.5$ m, $Q=2500$ m³/s, ej is, muddrad grop.

Bilaga 1

Erosions- och sedimentationseffekter av eventuell muddring i Torneälvens mynning.

Bilaga till studie av isproppsförebyggande muddring och dess inverkan på strömmarna i Torneälvens mynning, av Cecilia Ambjörn, SMHI.

av Gustaf Westring
Norrköping, 920430

Innehållsförteckning

	sida
1. INTRODUKTION	1
2. KORT OM SEDIMENTTRANSPORT	2
3. SEDIMENT I TORNEÄLVENS MYNNING	4
3.1 Sedimentprovtagning	4
3.2 Resultat av sediment provtagning	6
3.3 Torneälvens transport av sediment	13
3.4 Diskussion och analys	13
3.5 Sammanfattning	13
4. STRÖMMAR I TORNEÄLVENS MYNNING	14
4.1 Torneälvens flöde	14
4.2 Resultat av strömmodellering	14
5. MUDDRINGSEFFEKTER	16
6. SLUTSATS	17

1. INTRODUKTION.

Vid en eventuell muddring i Torneälvens mynning kommer strömmarna ändra riktning och hastighet. När detta sker riskerar de sediment som finns på botten i mynningen och de som förs med älven till mynningen att eroderas och/eller sedimenteras enligt nya mönster. Denna studie har som syfte att identifiera och kvantifiera dessa nya mönster.

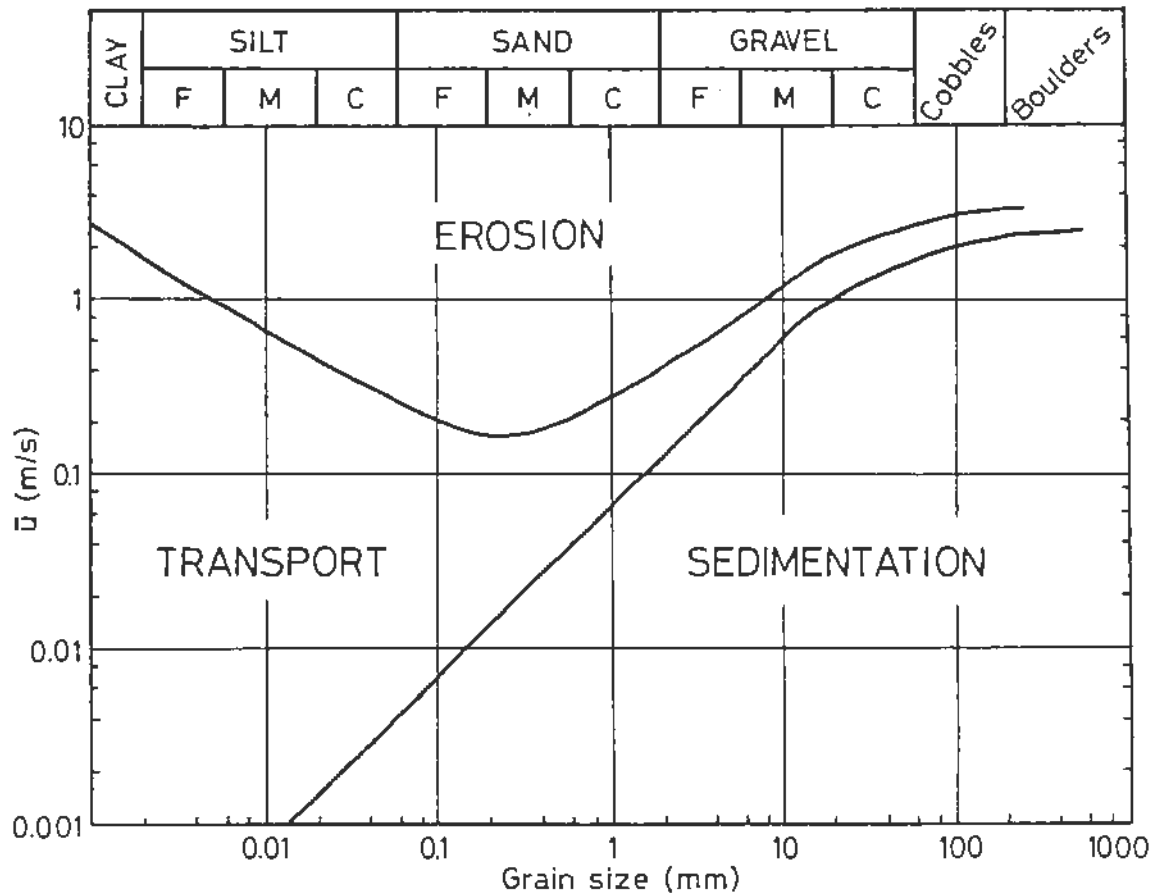
Till grund för studien ligger i huvudsak resultatet av Cecilia Ambjöms strömmodeller (en för nuvarande förhållanden, en för lokal muddring vid mynningen, och en för en muddrad ränna utmed nuvarande farled, se huvudrapporten för vidare uppgifter), samt sedimentprover tagna i mynningsområdet.

2. KORT OM SEDIMENTTRANSPORT.

Här följer här en kort beskrivning av erosion och sedimentation. Se figur 1. Antag att ett sandkorn som ligger på botten har en diameter på cirka 1mm. När vatten strömmar över komet påverkas det av krafter som dels försöker lyfta det och dels försöker skjuta det horisontellt med strömmen. När u (vattnets medelhastighet, från botten till ytan) överstiger cirka 0,23m/s lyfts sandkornet upp och förs med strömmen - i vad som kallas suspension. Om u skulle sjunka under 0,23m/s men fortfarande överstiga 0,06m/s skulle sandkornet fortsätta transporteras/vara i suspension. Det krävs alltså en högre strömhastighet för att få loss komet från botten än att hålla det kvar i suspension. Men när u sjunker under 0,06m/s sjunker också sandkornet tillbaka till botten.

På figur 1 syns också att det krävs ungefär lika stark ström för att erodera grus och sten som för att erodera silt och ler. Detta beror på att väldigt finkorniga sediment hålls samman av elektro-kemiska krafter (jämför med att forma en kruka av lera och en av sand). Har de dessutom fått ligga ett tag har mycket av porvattnet (vattnet mellan kornen) hunnit trängas ut och kornen har packats samman, vilket också bidrar till att göra dem svår-eroderade.

När sediment transporteras med ett flöde så sker förflyttningen på olika sätt beroende på partiklarnas storlek och flödets hastighet. Mindre sediment såsom ler, silt och i viss mån sand transporteras oftast i suspension - de hålls svävande i vattenmassan. Större sediment som grus och stenar studsar eller rullar fram på botten. Dessutom så är oftast större partiklars sjunkhastighet högre än mindre partiklars.



Figur 1: Förenklad bild av erosions- och sedimentationsgränser
Efter Hjulström, 1935.

3. SEDIMENT I TORNEÄLVENS MYNNING.

I denna del avhandlas distributionen av sediment i det aktuella området, tillförsehn av sediment via älven, och vilka delar som är erosions- och sedimentationsbenägna. Sedimentens karaktär ger värdefulla upplysningar om den hydrodynamiska miljö de befinner sig i.

3.1 Sedimentprovtagning.

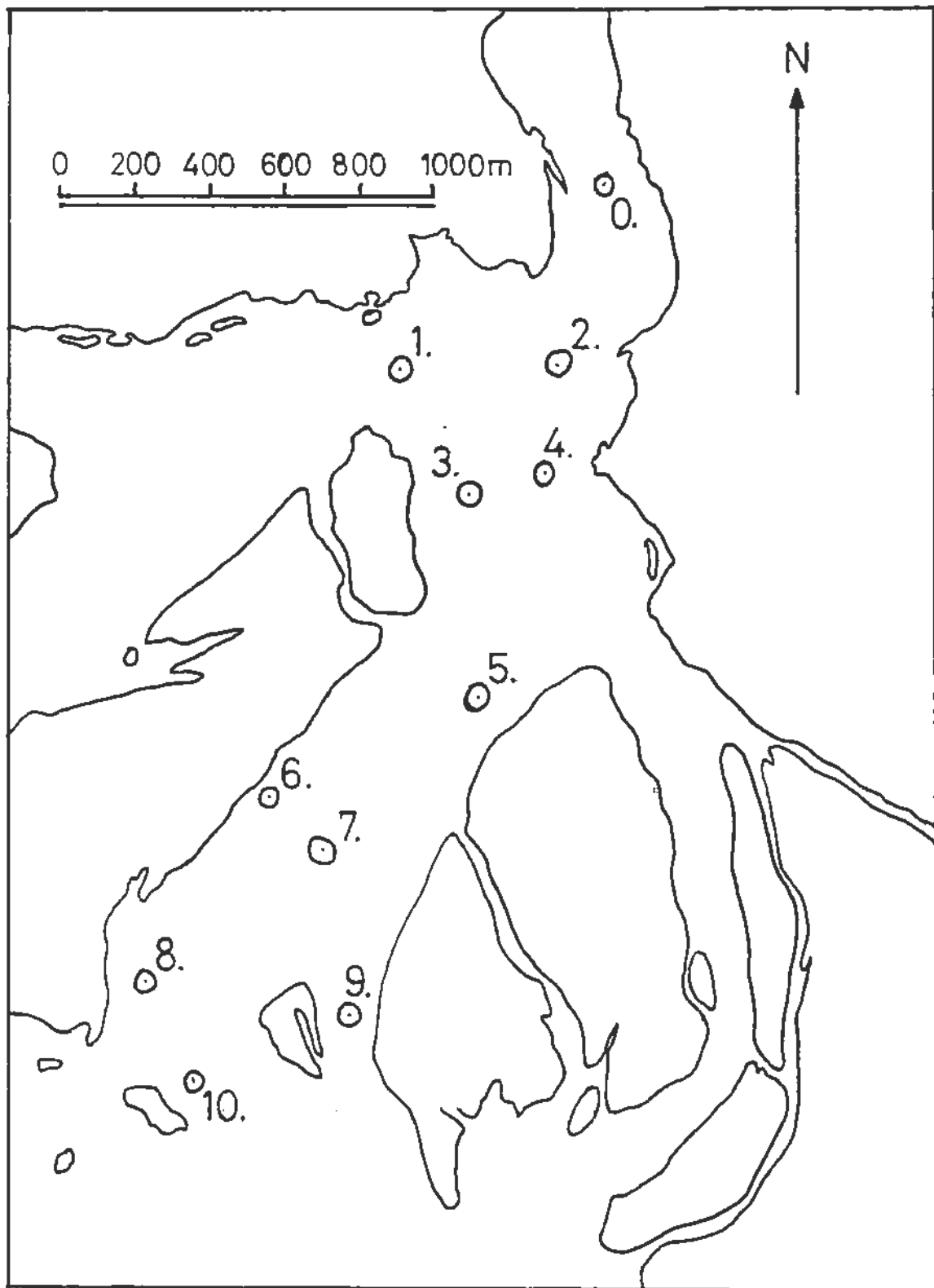
Sedimentprovtagningen utfördes den 21 april 1992 av Dan Blomkvist, Länsstyrelsen i Norrbotten, och Martin Danell, Haparanda Kommun, med hjälp av snöskoter, isborr och mosskammborr. En mosskammborr är inte ett idealiskt verktyg för sedimentprovtagning i havet men bedömdes vara tillräcklig i detta fall. Proverna hämtades från de översta 10 cm av sedimenten på botten. Isen var som tjockast cirka 80cm.

Provtagningen skedde på elva av SMHI bestämda platser, se figur 2. Tre provplatser kunde inte besökas, två eftersom där var öppet vatten och en för att den var otillgänglig. Följaktligen utfördes provtagning på åtta platser och på sex av dessa erhöles sedimentprover. Provtagarna redovisade arbetet på följande vis:

Sedimentprovtagning i Torne Älvs mynning

<u>Prov nr.</u>	<u>Djup (m)</u>	<u>Kommentar</u>
0	-	Öppet vatten, inget prov
1	1,4	
2	-	Öppet vatten, inget prov
3	1,0	
4	2,5	Ytsedimenten bestod av rel. löst grus varav en viss del kan ha spolats ur provtagaren vid upptagning av provet
5	-	Hård botten, inget prov
6	1,9	
7	2,5	
8	1,4	
9	-	Inget prov
10	-	Stenig botten, inget prov

Författarens kommentar: Sedimentprovtagaren (mosskammborren) kan ej få upp sediment med en diameter större än 1-1,5cm.



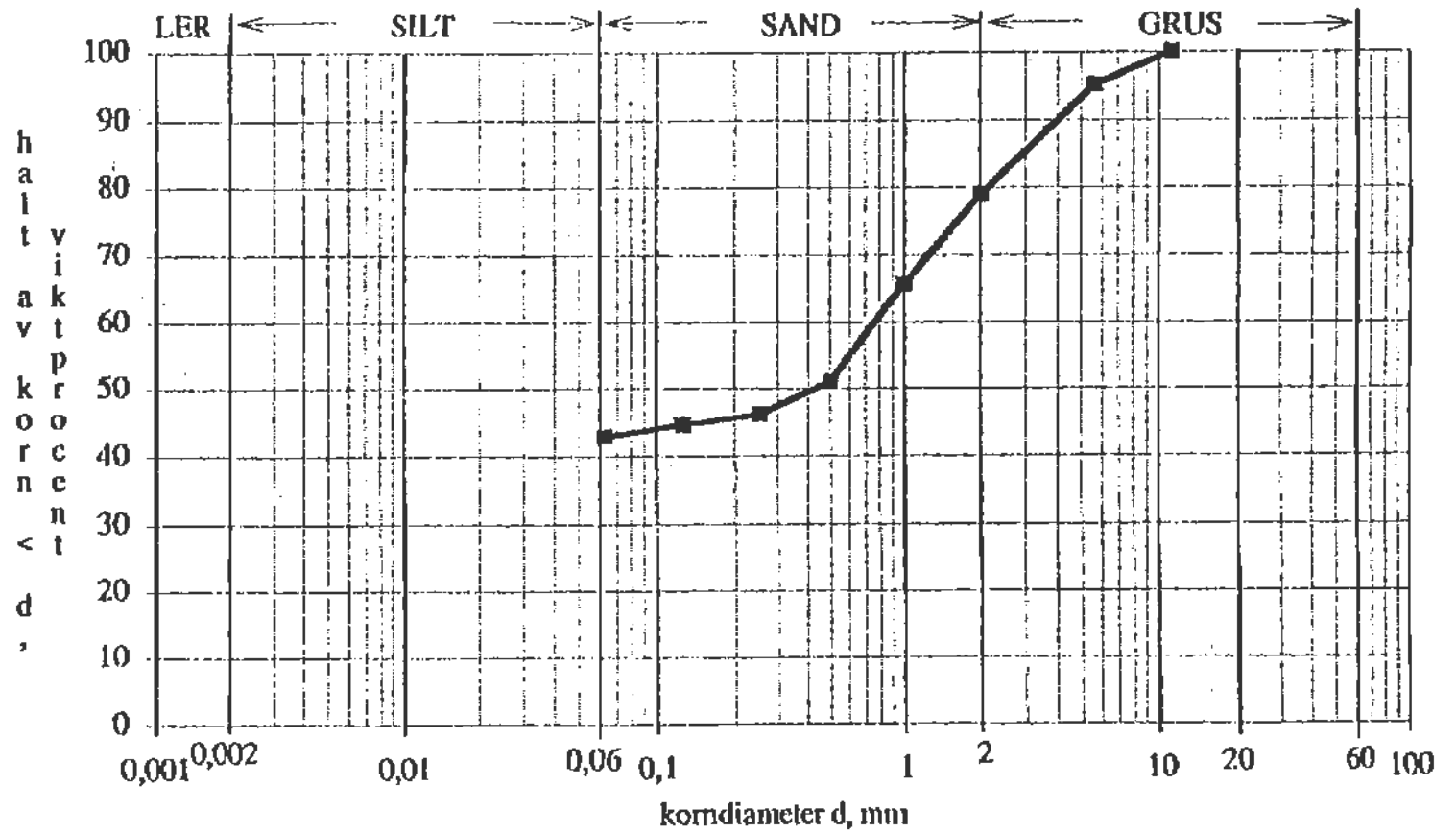
Figur 2: Torneälvens mynning.
Sedimentprovtagningstationer 0 - 10

3.2 Resultat av sedimentprovtagning.

Kornstorleksanalysen av sedimentproven utfördes av Kerstin Pousette, Högskolan i Luleå, Institutionen för anläggningsteknik, Avdelningen för Geoteknik under vecka 17. Kornstorleken bestämdes för sex prover - 1, 3, 4, 6, 7 och 8. Allaprover utom nr. 8 våtsiktades. För proven 8 och 3 gjordes en sedimentationsanalys för att bestämma kornstorleken på finjorden (<0,063mm). Kornstorlekskurvorna redovisas på sidorna 7 - 12.

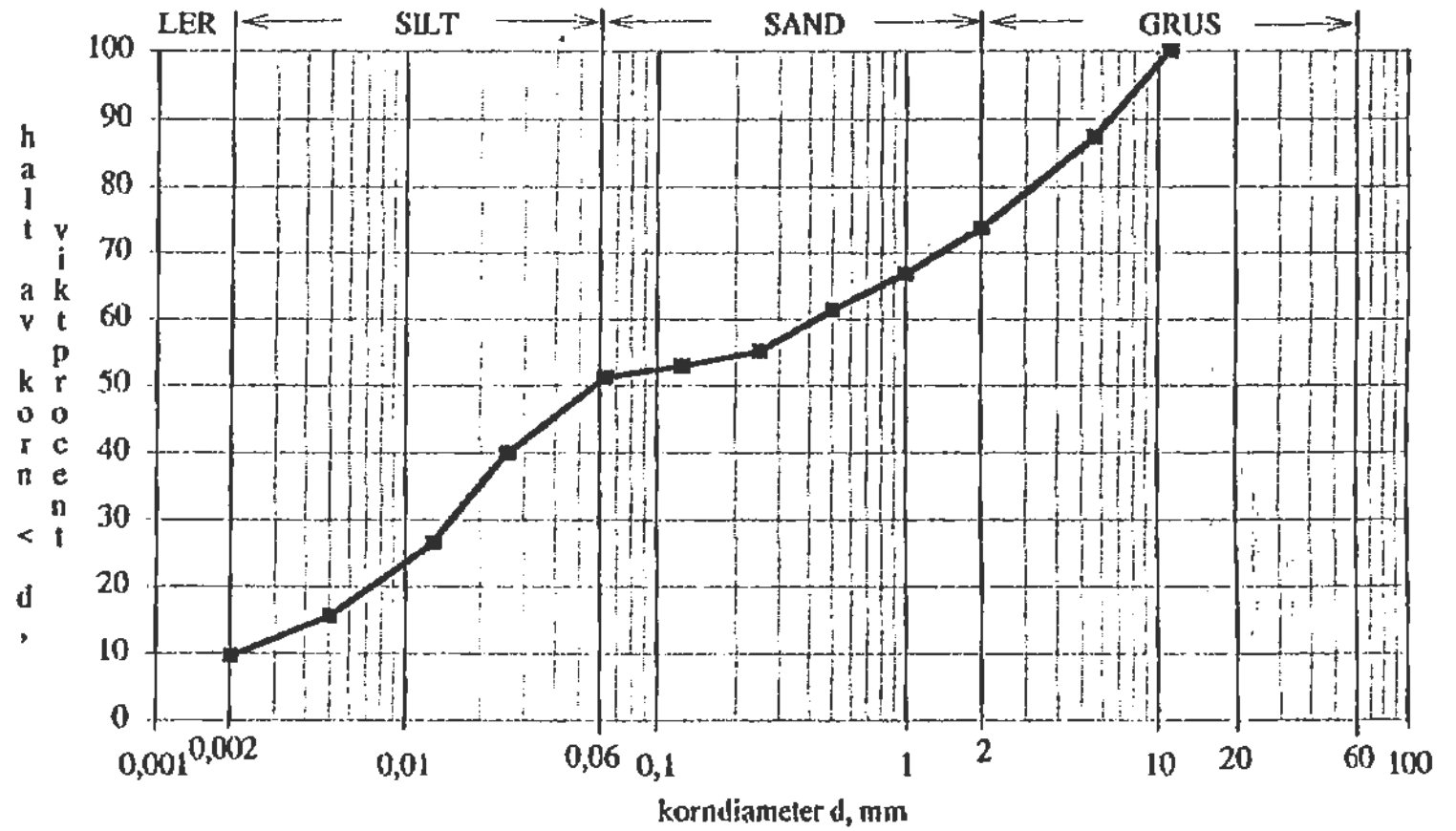
Proven klassificerades enligt nedan. För prov 1 och 6 är klassificeringen något osäker, eftersom kornstorleksfördelningen för finjorden ej analyserats. Men de är troligtvis ganska lika prov 3.

<u>Prov nr.</u>	<u>Diop (m)</u>	<u>Benämning</u>
1	1,4	grsaleSi (grusigsandiglerigSilt)
3	1,0	sagrlcSi (sandiggrusiglerigSilt)
4	2,5	grSa (grusigSand)
6	1,9	saleSi (sandiglerigSilt)
7	2,5	grsiSa (grusigsiltigSand)
8	1,4	siSu (siltig sulfidjord, innehåller mycket organiskt material)

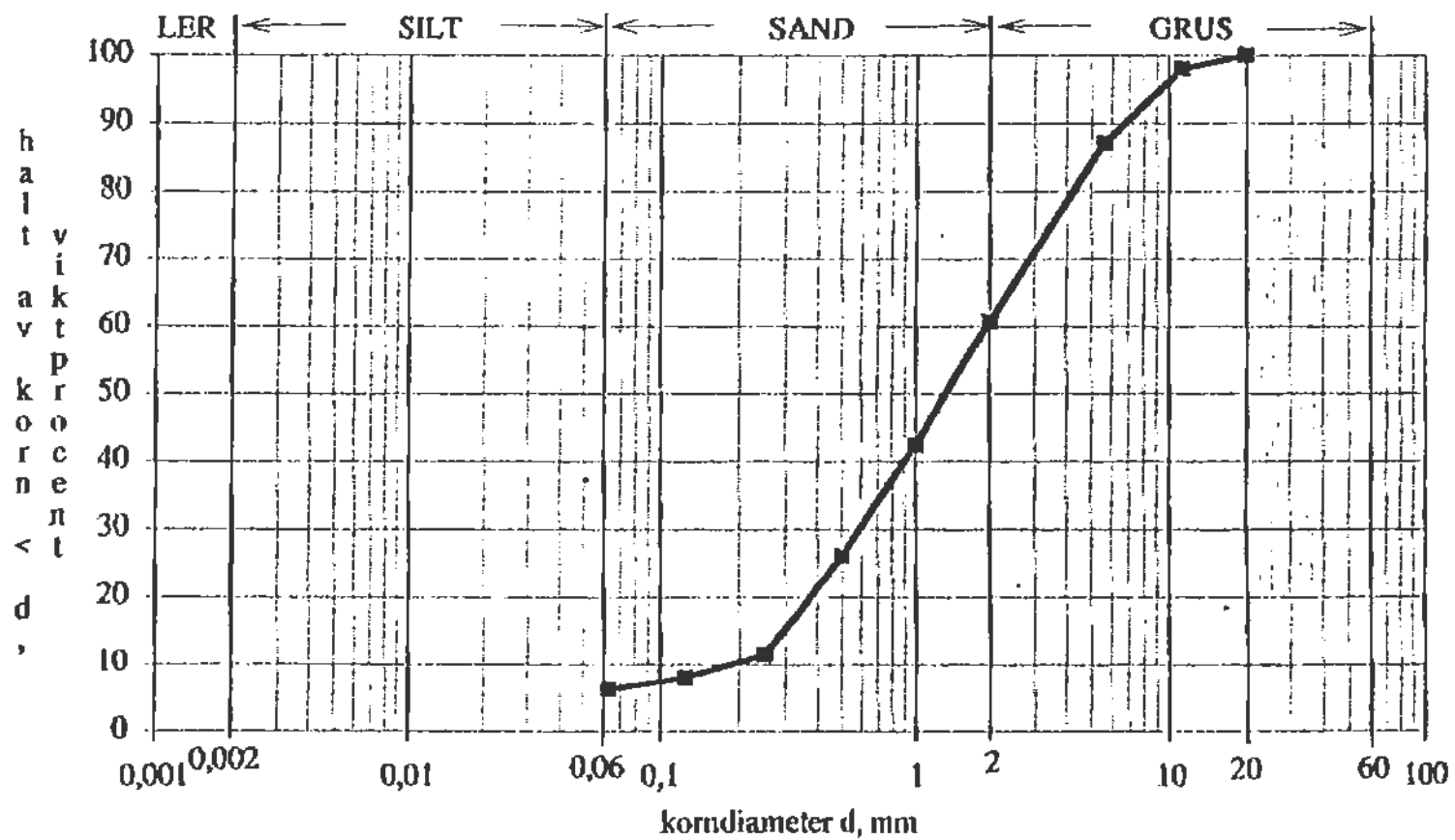


Figur 3: Kornstorlekskurva för prov 1

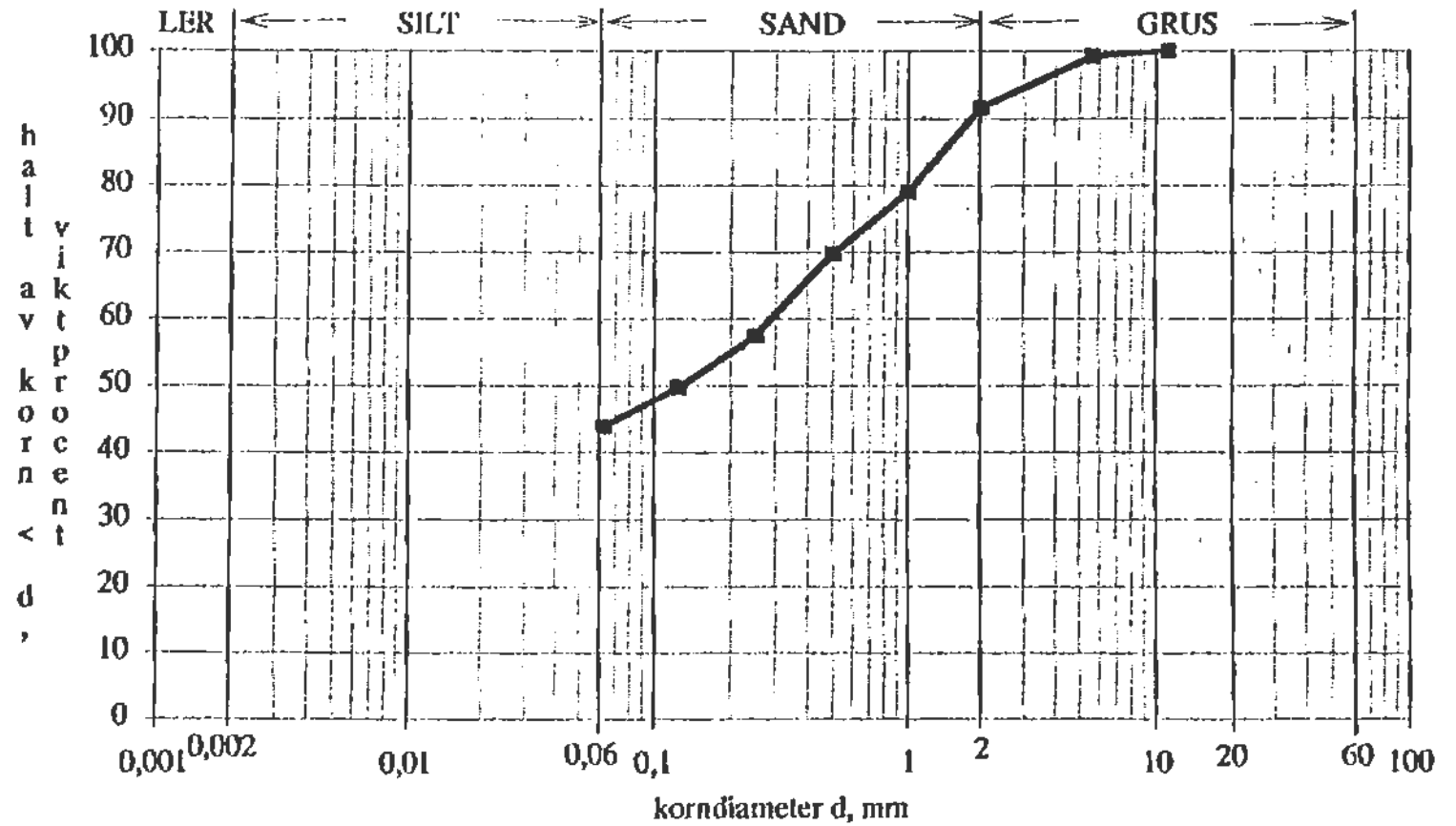
Figur 4: Kornstorlekskurva för prov 3



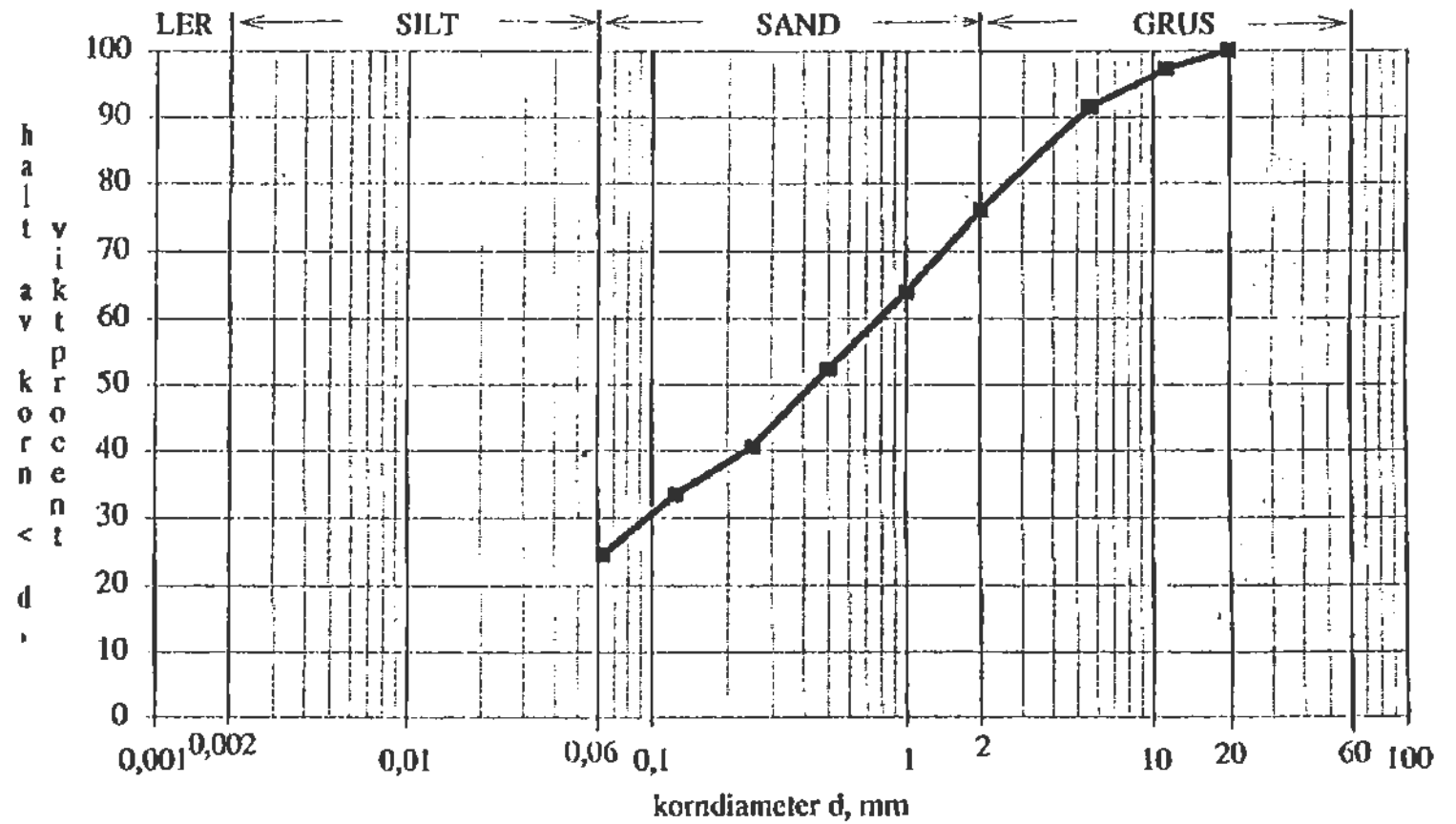
Figur 5: Kornstorlekskurva för prov 4



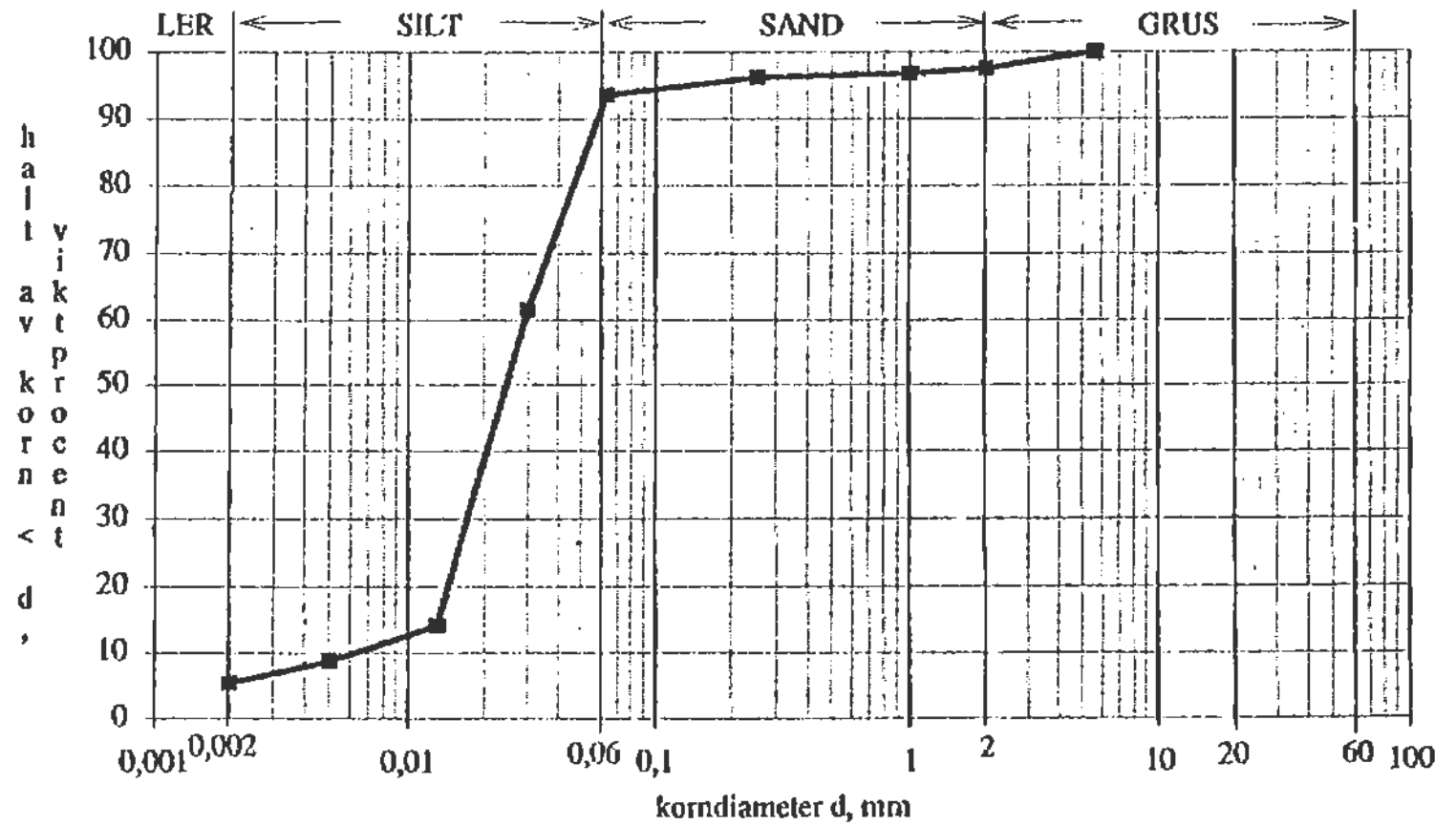
Figur 6: Kornstorlekskurva för prov 6



Figur 7: Kornstorlekskurva för prov 7



Figur 8: Kornstorlekskurva för prov 8



3.3 Torneälvens transport av sediment.

Torneälvens transport av suspenderat material till havet uppgår till i genomsnitt cirka 90.000ton/år oorganiskt material och cirka 35.000ton/år organiskt material. Några uppgifter om hur stora mängder sand och grus, som förs till mynningen rullande eller studsande på botten (alltså inte suspenderat material) har inte kunnat fastställas. Det kan dock inte röra sig om särskilt stora mängder med tanke på avrinningsområdets och mynning-sedimentens karaktär. Totalt uppskattas den mängd material (lösta ämnen ej inkluderade) som förs till havet till 60.000 - 80.000 kubikmeter/år. Detta är inte särskilt mycket och endast en viss del kan deponeras i anslutning till mynningen.

3.4 Diskussion och analys.

Resultatet av sedimentprovtagningen pekar på relativt väl sorterade sediment av sandstorlek i och utanför älvens mynning, se prov 4. Här deponeras det grövre material som älven fört med sig (strömhastigheten sjunker snabbt så fort älven mynnat), men finare partiklar deponeras inte i strömfårens mitt. Att döma av kornstorlekskurvan för prov 4, för inte älven med sig sediment grövre än sand/grus, och med tanke på områdets ringa storlek så kan det heller inte röra sig om någon större mängd.

Proverna 1, 3, 6 och 7 visar en mycket blandad kornstorlek, ett tydligt tecken på neutrala sedimentationsförhållanden - sediment vare ackumuleras eller eroderas i någon större utsträckning. Med tanke på den snabba landhöjning (cirka 0,85cm/år), sker antagligen en svag erosion i huvudströmfåran. Dessa sediment är antagligen gamla (glaciala?).

Provpunkterna 5 och 10 med hård eller stenig botten där inga sedimentprover erhöles, indikerar att lagret med blandad kornstorlek inte är så tjockt eftersom det där har eroderats bort. Det kan också vara så att de gamla sedimenten ligger i lager med olika sammansättning.

Prov 8 med sitt höga organiska innehåll och ganska homogena kornstorlek är ett tydligt tecken på en depositionsbottnen. Om det bara är ett lokalt fenomen eller om man i sydligaste delen av provtagningsområdet börjar få deposition av det oorganiska och organiska material som älven för med sig är svårt att avgöra med så lite data. Troligtvis sker inte någon signifikant sedimentation förrän lite längre söderut, där skärgården öppnar sig.

3.5 Sammanfattning.

Torneälvens mynningsområde domineras av sediment med mycket blandad kornstorlek, från silt till grus, och litet organiskt innehåll. Detta visar att mycket lite deposition och erosion förekommer (gäller relativt öppna vatten, inte grunda kanaler och vikar). De mindre mängder av grövre sediment (icke suspenderade) som älven för med sig deponeras strax efter att den mynnat, i provområdets norra del. Merparten av de sediment som älven för med sig deponeras söder om provtagningsområdet - i skärgården och havet därutån.

4. STRÖMMAR I TORNEÄLVENS MYNNING.

I denna del presenteras resultatet av strömmodelleringarna översiktligt och med betoning på deras betydelse för sedimenttransport. Eftersom modelleringarna är gjorda för extremt höga flöden används resultaten som referensram för bedömningar av hur flödet är under normala förhållanden.

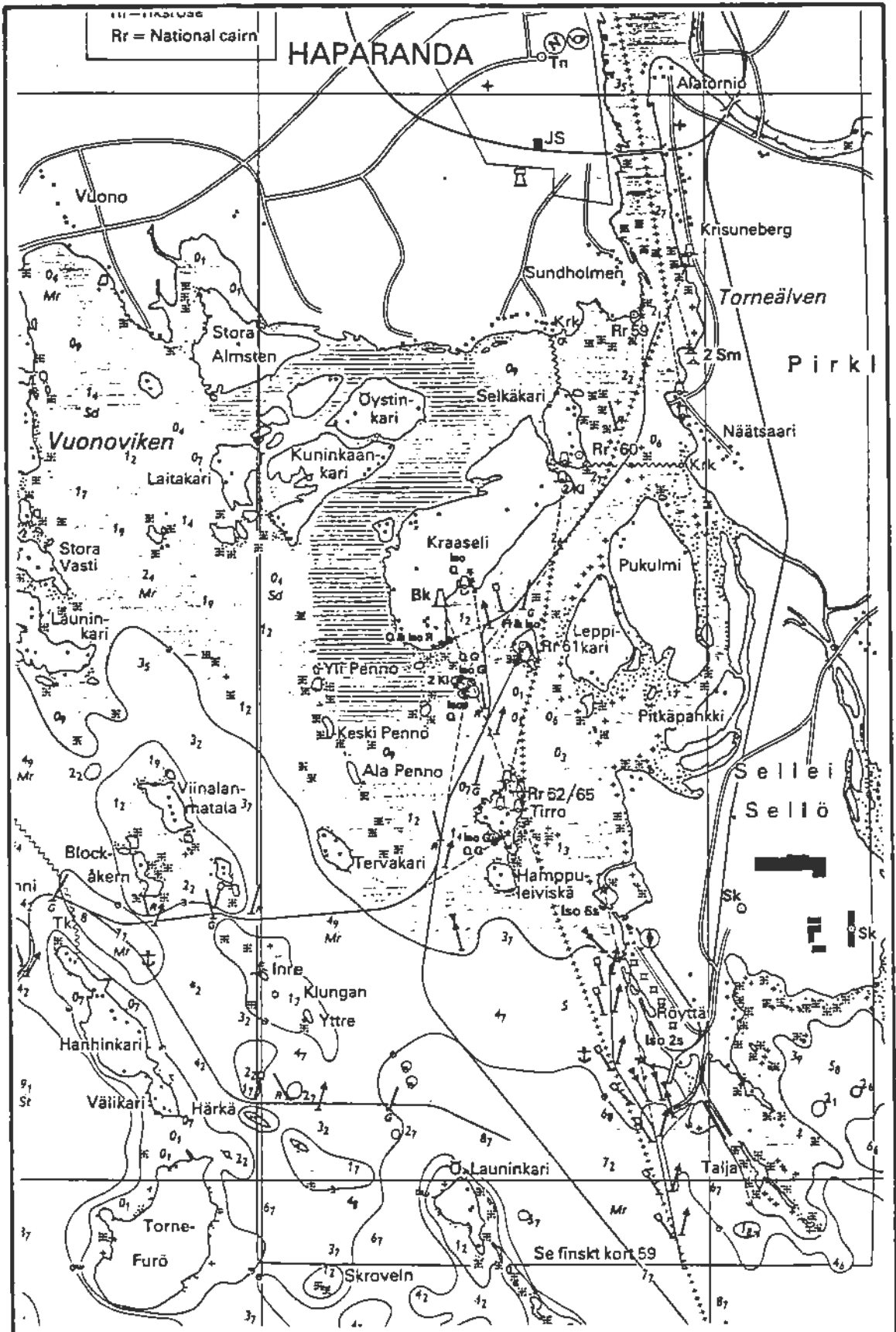
4.1 Torneälvens flöde.

Torneälvens medelflöde i mynningen är cirka 360 kubikmeter per sekund. Maxflödena inträffar under maj eller juni och kan nå över 3000 kubikmeter per sekund. Minflödena på nedåt 50 kubikmeter per sekund inträffar under servintern. Resten av året är flödet ungefär som medelflödet, men lite högre under hösten.

4.2 Resultat av strömmodellering.

Vid en jämförelse av strömhastigheterna för nuvarande förhållanden och lokal muddring märks ingen signifikant skillnad (ur sedimentationssynpunkt) i större delen av det modellerade området. Det är bara kring den lokala muddringen som hastigheterna sjunker lite. Vad gäller strömningsmönstret märks i princip ingen skillnad någonstans.

Jämförs nuvarande förhållanden med de för en muddrad ränna är skillnaderna större. Rännan koncentrerar flödet till sin sträckning i huvudströmfåran (mellan fastlandet/Pukulmi/Leppikari och Kraaseli/Selkäkari - se figur 9). Strömhastigheterna i strömfåran norr om öarna Selkäkari och Kraaseli minskar signifikant (20 - 25%). Strömhastigheterna i huvudströmfåran ökar lite (5 - 10%). Strömningsmönstret förblir dock detsamma.



Figur 9: Torne Älvs mynningsområde.

5. MUDDRINGSEFFEKTER.

Slutsatserna om effekterna av de två muddringsalternativen baseras bland annat på strömningsmodelleringarna. Dessa är gjorda för extrema flöden som förekommer sällan och har därför liten effekt på det totala sedimentationsmönstret. Det är dock rimligt att anta att de relativa förändringar av strömmarna som sker vid extrema flöden också gäller under normala förhållanden.

Den relativt snabba landhöjning som sker i nordligaste Sverige gör att man redan nu kan förutspå besvär med igenslamning av vissa grundare vikar och sund. Problem av denna art har förekommit, förekommer och kommer att förekomma. Denna studie tar inte hänsyn till detta fenomen utan varnar bara för att det kan vara svårt att utreda om eventuella effekter av muddringar beror på dessa eller landhöjningen. Till exempel så kommer flodfåran norr om Selkäkäri och Kraaseli vara helt tilltäppt inom ungefär 100 år.

5.1 Nuvarande förhållanden och lokal muddring.

Eftersom strömmarna bara förändras där den lokala muddringen eventuellt sker, kommer med stor sannolikhet ingen förändrad sedimentation ske i resten av mynningsområdet. De minskade strömhastigheterna i det lokala muddringsområdet kan tänkas leda till en ökad deposition av grövre sediment (sand/grus). Det mesta av detta grövre material kommer dock liksom i nuvarande fall att fällas ut på bottenarna söder och sydväst därom, där strömhastigheterna avtar ordentligt. Den lokala muddringen sker i anslutning till två redan existerande "djuphål" (en och ett par meter djupare än omgivningen) som tydligen inte visar tendenser att fyllas igen.

På grund av, att sedimentationstakten på platsen är låg/ingen, att strömmarna trots muddring ändå kommer vara relativt höga, att strömmarna inte avtar ordentligt förrän söder om den tänkta lokala muddringen, och eftersom det redan finns fördjupningar, är det sannolikt att det muddrade hålet inte fylls i alls, eller i långsam takt. Som mest kan underhållsmuddring uppskattningsvis behöva utföras var tionde år.

5.2 Nuvarande förhållanden och muddrad ränna.

Detta muddringsalternativ leder till högre strömhastigheter än för nuvarande i huvudströmfåran. Förhöjningen är dock så liten att det inte kommer leda till några erosionsproblem. Den lite starkare strömmen skulle hjälpa till att hålla rännan öppen (förutsatt att rännan ligger i linje med strömriktningen). Underhållsmuddring går dock inte att utesluta, som mest ungefär var 5 - 10 år.

De minskade strömhastigheterna i fåran norr om Selkäkäri och Kraaseli skulle ha kunnat leda till depositionsproblem om det inte vore för att området är så grunt. Redan i dagens läge hålls sedimenten delvis i suspension av de vattenrörelser som vågor orsakar. Viss deposition, eller ökning av deposition, får man dock räkna med norr och nordost om Selkäkäri - i värsta fall uppåt en centimeter per år.

En följd, om än knappt märkbar vad gäller sedimentation, är att mer vatten följer huvudströmfåran om man muddrar en ränna, och då kommer mer suspenderat material föras ut i den delen av skärgården än tidigare.

6. SLUTSATS.

Sannolikheten för att något av muddringsalternativen ska leda till depositionsproblem är mycket liten. Viss deposition går dock inte att utesluta, och även om det rör mindre områden och handlar om små mängder kan underhållsmuddring bli nödvändigt var tionde år för båda alternativen. Om ett val ska göras med endast denna studie som underlag, rekommenderas det lokala muddringsalternativet såsom det minst miljöpåverkande och det minst arbetskrävande på både lång och kort sikt.

För att rapportens slutsatser och rekommendation ska gälla, förutsätts att eventuella muddringar inte lägger i dagen lättroderade sediment under de som idag finns såsom ytsediment i mynningsområdet. Inga av slutsatserna gäller grunda och instängda vattenområden, där landhöjningseffekter lätt kan bli märkbara utan att ha något med eventuella muddringar att göra.

Bilaga 2**Översiktlig bedömning av muddringens inverkan på
isproppsrisk**

av Jan-Eric Lundqvist
SMHI

Muddrad farled och bruten isränna

Isen som bryts upp i själva rännan kan fastna i rännan och bilda en propp. Detta är främst aktuellt där rännan svänger, risken är mindre i ett rakt parti av rännan. Risken är allmänt sett mindre genom att strömhastigheterna är så höga. Isflaken tenderar att fastna i varandra och mot rännans kant. Isflaken har sinsemellan olika hastigheter beroende på storleken.

Vid isrännans slut kan vind hålla kvar isen i rännan, vilket dock har liten sannolikhet eftersom det kräver en bestämd vindriktning som har en viss varaktighet.

I rännans övre del, dit isflaken från floden kommer, så kan isflaken fastna på ömse sidor om rännan. De byggs sedan successivt på mot rännan och kan efterhand täppa igen rännan.

Den här åtgärden bedöms bidra till att minska effekterna av en ispropp jämfört med oförändrade förhållanden.

Muddrad grop på ömse sidor om fastiskanten

Grundklackar på stort avstånd från fastiskanten ger endast en lokal ishög. Grundklackar nära iskanten ökar risken för ispropp genom att isen hejdas på sin väg in under istäcket. Successivt bildas en ispropp från grundklacken och fram mot iskanten. Isflaken finns på alla nivåer i vattenmassan och stöter därför mot botten vid ett grund. Det är därför bra att få bort eventuella grundklackar, som kan komma att ligga nära fastiskanten.

I den muddrade gropen blir strömhastigheten lägre än före muddringen. Det betyder att trycket minskar, vilket medför att isen inte trycks ner lika lätt som tidigare. Isflaken breder därför lättare ut sig horisontellt åt det håll där vattnet är öppet, d v s uppströms. Det kan då innebära att vattnet kan fortsätta gå in under havsisen längre tid innan öppningen täpps igen av isflaken.

Muddrad grop bidrar till minskade effekter av ispropp, jämfört med oförändrade bottenförhållanden.

