

SPRIDNINGSBERÄKNINGAR FÖR  
EKA NOBELS FABRIK I  
STOCKVIKSVERKEN



SPRIDNINGSBERÄKNINGAR FÖR  
EKA NOBELS FABRIK I  
STOCKVIKSVERKEN

Kjell Wickström och Robert Hillgren



## Innehållsförteckning

	Sida
1. Sammanfattning	1
2. Områdesbeskrivning	2
3. Utsläppsförhållanden	2
4. Temperatur- och salthaltsförhållanden	4
5. Strömförhållanden	6
6. Spårämnesundersökningar	9
Metodik	
Resultat	
7. Vindar	13
8. Resultat spridningsberäkningar	13



## 1 Sammanfattning

SMHI har på uppdrag av Casco Nobel AB utfört spridningsundersökningar i Sundsvallsbukten för att klarlägga spridningen av natriumklorat från EKA Nobels fabrik i Stockviksverken.

Vi har valt att kombinera resultaten från strömmätningar och en tredimensionell numerisk modell för att beskriva några typiska strömningsmönster för utsläppsområdet.

De olika spridningssituationerna som förekommer vid nordlig och sydlig vind samt under islagd tid beskriver cirka 90 procent av alla möjliga situationer.

För att verifiera modell- och beräkningsresultaten har spårämnesundersökningar genomförts under två dagar. Samtidigt har ström- och skiktningförhållanden kontrollerats.

Av resultaten framgår att spridningen av avloppsvattnet sker till övervägande del i ytvattnet och är koncentrerat till området innanför linjen. Essvikslandets norra udde och Alnös sydvästra hörn. Avloppsvattnet når framförallt strandzonen kring Essvikslandets norra del. Utspädningen av avloppsvattnet ger dock förhållandevis låga koncentrationer (cirka 0,01  $\mu\text{g/l}$ ).





## 2 Områdesbeskrivning

Det aktuella modell- och undersökningsområdet utgörs av Svartviksfjärden, Draget, Sundsvallsfjärden och inre delen av Sundsvallsbukten (se översiktskarta nästa sida). I norr begränsas området av Alnösundet och öster av ökedjan Spikarna-Storholmen- Juniskären. Utsläppet från EKA-Nobel sker i Svartviksfjärden vid före detta Stockviksverken. Området kännetecknas av sitt relativt öppna läge mot Bottenhavet och det förhållandevis stora botten- djupet. Medeldjupet är cirka 30 - 40 meter.

## 3 Utsläppsförhållanden

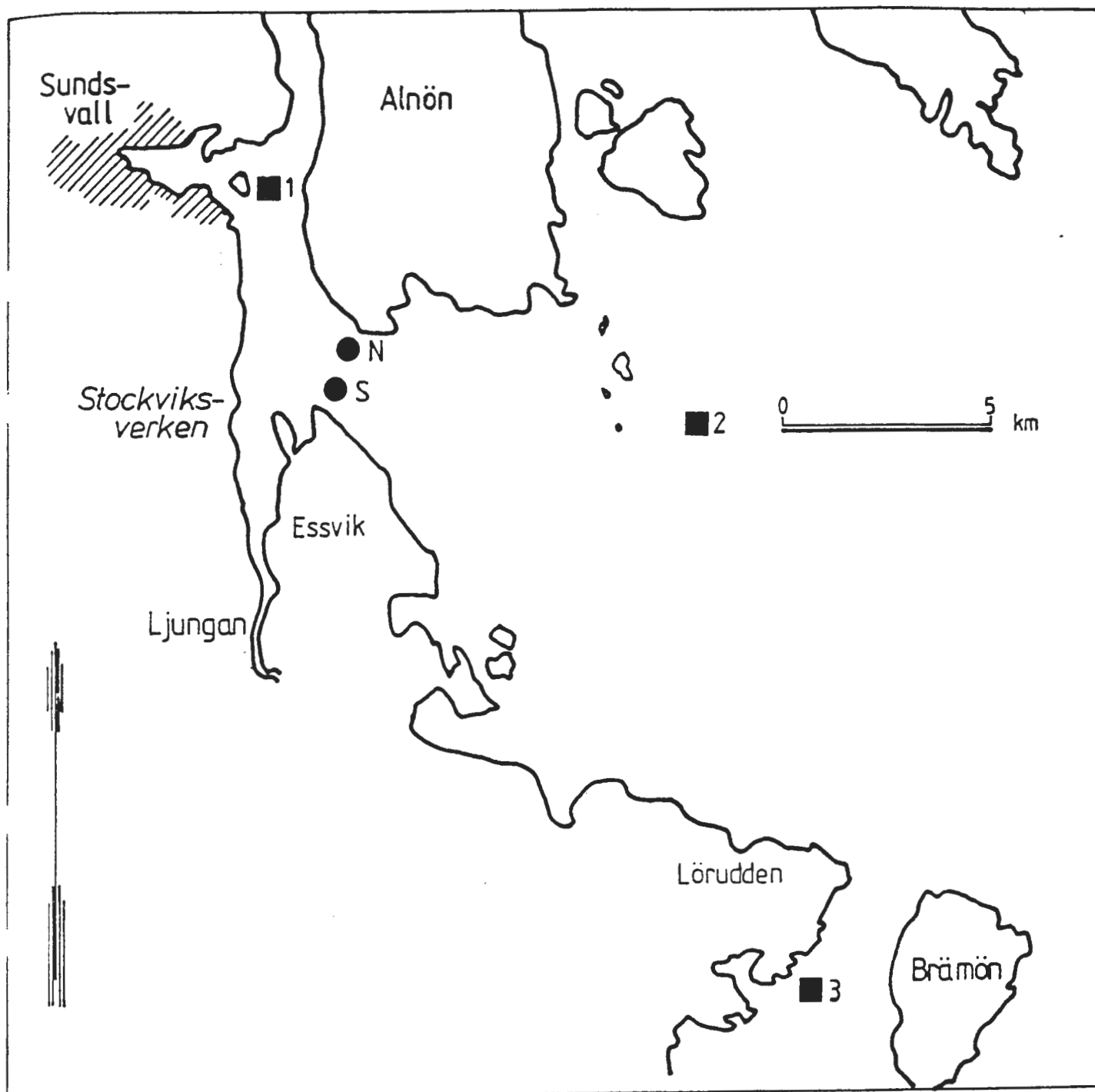
Avloppsvattnet från industrin leds via ett rör med diametern 0.6 meter ut i recipienten. Till en kubikmeter avloppsvatten tillförs 10 mg natriumklorat vilket inte påverkar densiteten. Röret mynnar cirka 5 meter från land, på några meters djup. Flödet i avloppsröret är 700 - 800 m<sup>3</sup>/tim  $\approx$  0.2 m<sup>3</sup>/s. Flödeshastigheten är cirka 0.7 m/s. Intaget sker cirka 500 meter nedström på 12 meters djup.

Avloppsvattnet har en övertemperatur på 4 °C när det släpps ut. En mindre densitetsskillnad mot recipientvattnet; både högre och även lägre kan alltså förekomma beroende på årstid.

Under högsommartid när temperatursprångskikten ligger under intags- djupets nivå kommer den påförda övertemperaturen att ge avloppsvattnet en lägre densitet och spridningen sker då ytnära i utsläppspunkten.

Vid våruppvärmningen bildas ett ytnära temperatursprångskikt. Vatten- intaget hamnar då under detta skikt. Processvattnet kan då få en densitet som överstiger recipientens ytvatten. Denna densitetsskillnad medför då en sjunkande avloppsvattenplym i närområdet.





Figur 1 ÖVERSIKTSKARTA

- N,S. Reg. strömmätare 1990-09-04--07
- 1,2,3 Reg. strömmätare 1989-08-02--10-03



#### 4 Temperatur- och salthaltsförhållanden

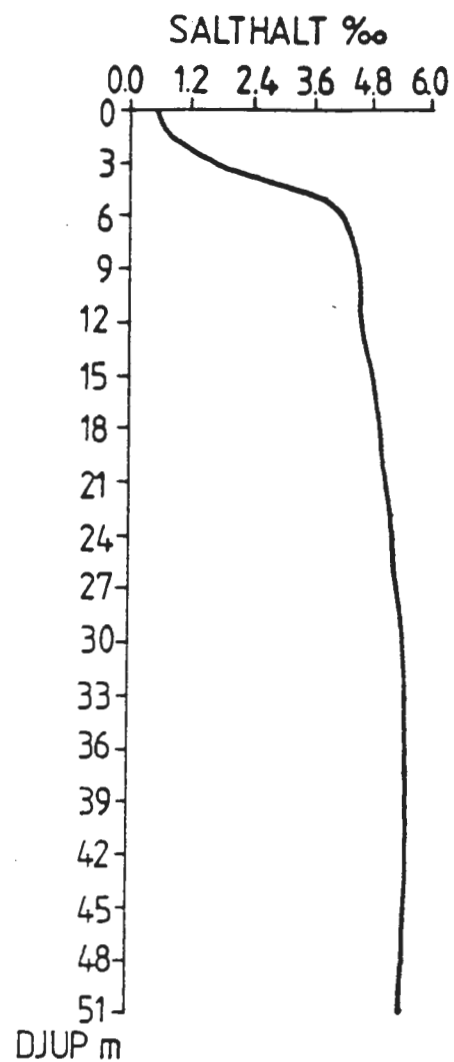
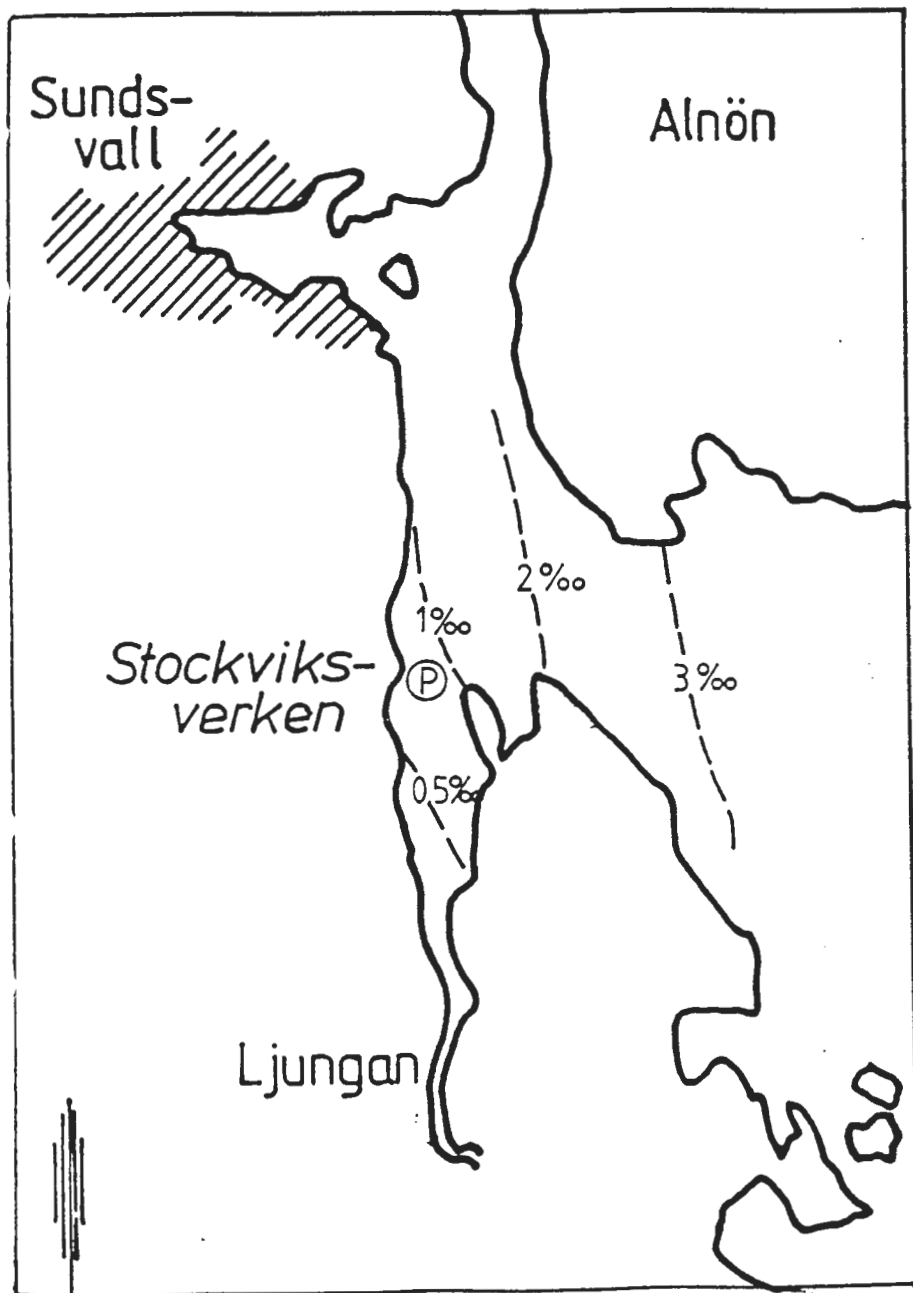
Den samlade sötvattentillrinningen från Indalsälven och Ljungan till Sundsvallsbukten är den största längs svenska kusten. Svartviksfjärden och Draget är därför typiska estuarier med ett tunt lager av sött älvvatten som överlagrar det saltare vattnet från Bottenhavet. Typisk horisontell och vertikal salthaltsfördelning illustreras i figur 2 nästa sida.

Temperaturmätningar utanför Tjuvholmen visar att det förekommer mycket kraftiga ändringar i temperatursprångskiktet. Ibland bildar ytvattnet med högre temperatur ett 20 - 30 meter tjockt skikt. Vid andra tillfällen har ytvattnet ersatts med djupvatten med lägre temperatur. Dessa förändringar kan ibland ske mycket snabbt 1 - 2 dygn. Mera normalt är perioder på cirka 20 dygn. Tillfällen med snabbt vattenutbyte inträffar oftast under höst, isfri vinter och tidig vår.

Under islagd tid bildar isen ett effektivt lock som förhindrar vindens påverkan på skiktningförhållandena. Skiktningen är då oftast skarp med ett tunt sötvattensskikt. Salthalt 0,5 - 1 promille och där under ett homogent vatten ända ned till botten med en salthalt på cirka 5 promille.



Nedan redovisas i figur 2 a - b ytsalthaltens utbredning samt en saltprofil från 1990-09-05 i punkten P. Nordlig vind (pålandsvind) rådde vid aktuella tillfället.



Figur 2 b Salthaltsprofil

Figur 2 a Horisontell ytsalthalt





## 5 Strömmar

SMHI har tidigare i samband med ett annat uppdrag gjort samtidiga strömmätningar i Brämösundet, syd om ön Storholmen i ökedjan syd från Spikarna och ost om Tjuvholmen.

Mätningarna visar att den årliga medeltransporten utanför kusten är sydgående. Karakteristiska strömhastigheter innanför Brämön är 5 - 20 cm/s.

Strömmarna i den yttre delen av Sundsvallsbukten har oftast inget direkt samband med de kustparallella strömmarna utanför Brämön. Under vissa perioder genererar dock den storskaliga kustströmmen en cirkulationsström som är motriktad huvudströmmen. Strömhastigheterna i den yttre bukten ligger huvudsakligen inom intervallet 0 - 10 cm/s med enstaka tillfällen med strömmar starkare än 20 cm/s. Strömhastigheten minskar oftast med ökat djup.

### Strömmen i utsläppsområdet

Strömmen i Svartviksfjärden har karaktären av en estuarieström med utgående nordlig ström av sött vatten från Ljungan, och en inåtgående returström med saltare vatten. Ljungans medelvattenflöde på 140 m<sup>3</sup>/s ger en nordlig ytvattenström (0 - 4 meters djup) på cirka 15 cm/s i höjd med utsläppsläget. Returströmmens hastighet är i samma område cirka 2 cm/s. Ytströmmens hastighet avtar längre ut i Draget. Estuariecirkulationens strömningsmönster överlagras och störs ofta av vinddrivna vattenrörelser. Vindar från NW-E pressar in ytvatten i Sundsvallsbukten och vindar från sektorn SE-W driver ut ytvatten ur bukten. Strömningsmönster för ytvattnet vid frånlandsvind och pålandsvind visas i figurerna 3 a - b.

Under perioder med blåsigt väder speciellt under sensommar och höst sker ofta snabba variationer av språngskiktets djupläge. Strömhastigheterna och därmed vattenomsättningen ökar då betydligt jämfört med perioder med enbart estuariecirkulation.

Vid tillfällen med kraftig vind som varar några dagar eller längre byts praktiskt taget allt gammalt vatten mot nytt vatten med annan karaktär.



Nedanstående figur ger exempel på hur strömmarna oftast kan se ut i undersökningsområdet vid pålandsvind och frånlandsvind. Strömpilarna är inte något mått på hastigheterna utan visar den storskaliga fördelningen.

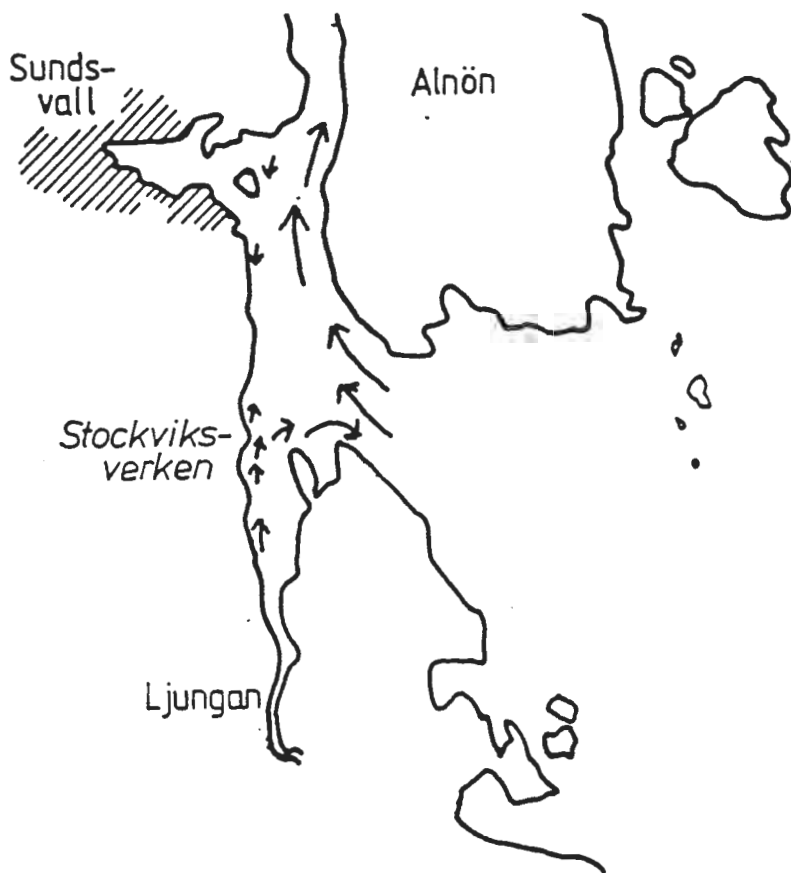


Fig 3 a Ström pålandsvind

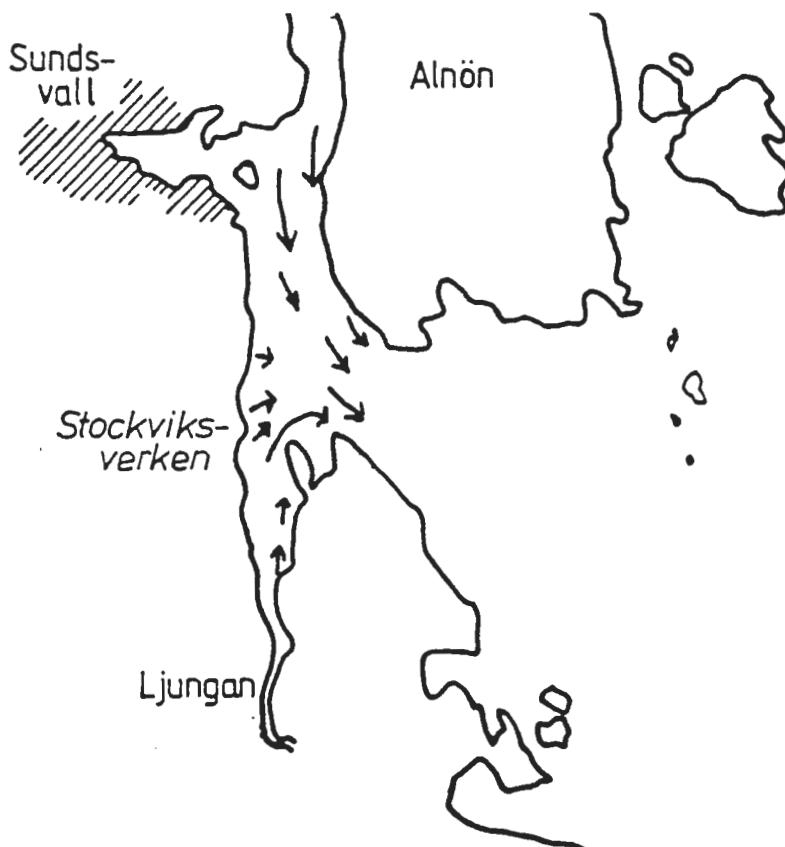


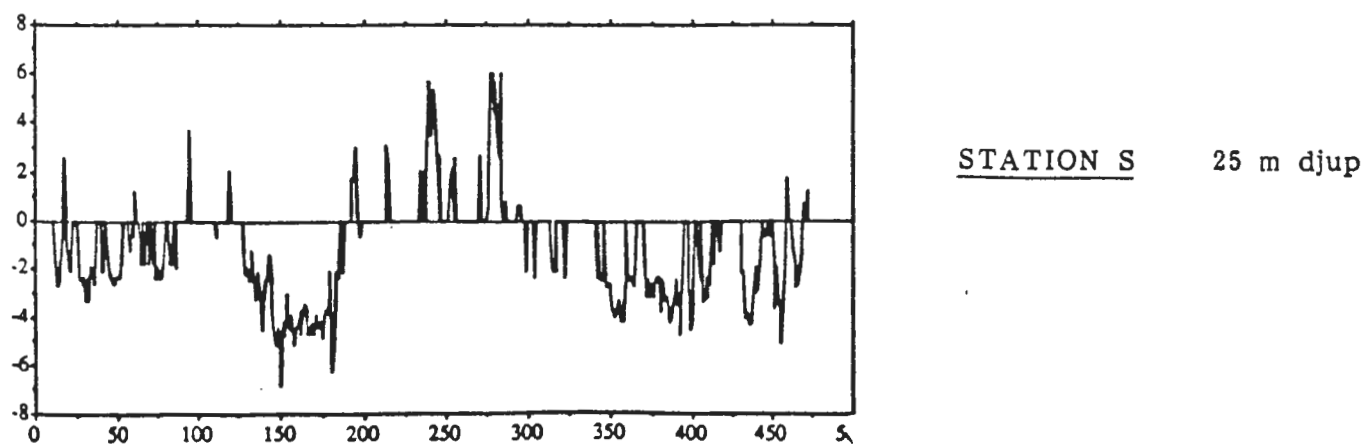
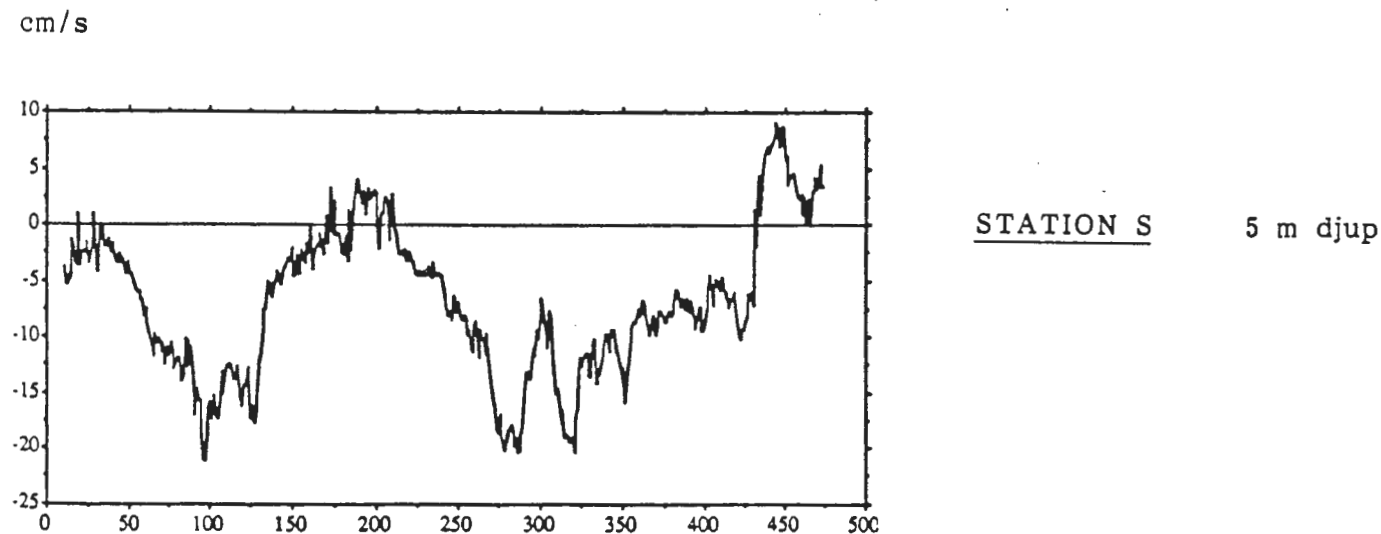
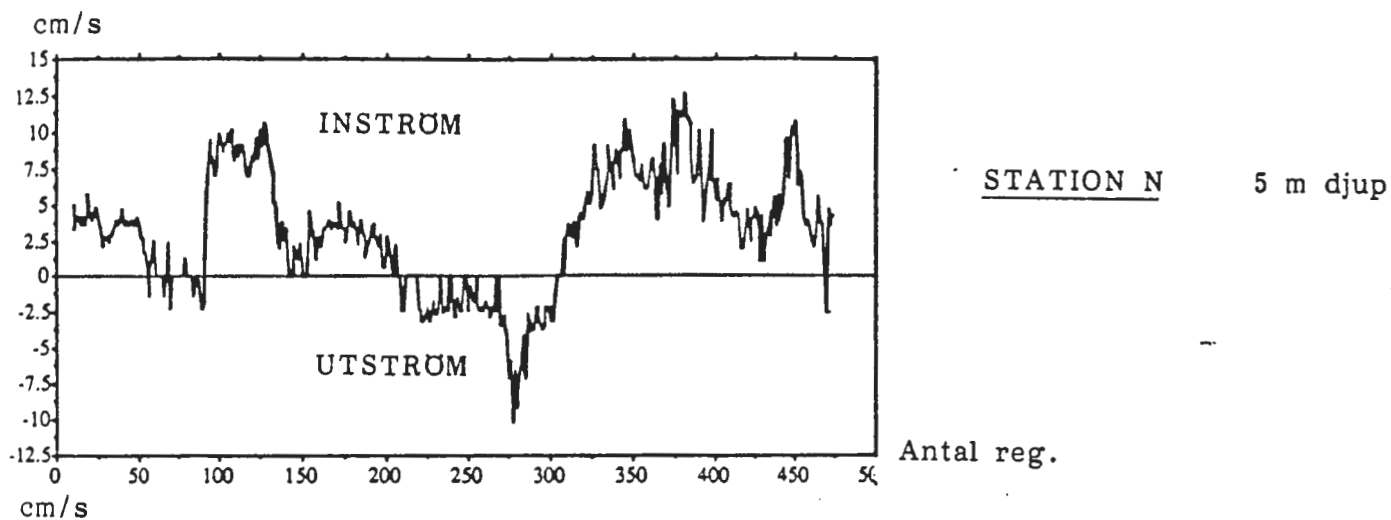
Fig 3 b Ström frånlandsvind



## Resultat från strömmätningarna 1990-09-04--07

Parallellt med spårämnesundersökningarna mättes strömmen med registrerande strömmätare. De var placerade i öppningen mot Sundsvallsbukten, se figur 1.

Riktning och hastighet registrerades var 8:e minut. Nedanstående figurer är en bearbetning av erhållna strömdata. Huvudriktning 300°. + = inström, - = utström. Hastighet i cm/s. Tidssteg 8 minuter.





## 6 Spårämnesundersökning

### Metodik

Vid studier av spridning och utspädning av avloppsvatten använder SMHI vanligtvis färgämnet rodamin B. Färgämnet är löst i ättiksyra till 40 procentig lösning vars densitet är direkt jämförbar med vatten. Lösningen kan därefter spädas med metanol till önskad utgångskoncentration, med i stort sett bibehållen densitet. Färgämnet är därför mycket lämpligt att märka avloppsvatten med.

Rodamin B är ett mycket starkt färgämne som är synligt även när utspädningen är mycket stor. Om man tillsätter en halv milliliter 40 procentig rodaminlösning till en 50 meters bassäng ( $50 \times 10 \times 2 \text{ m} = 1\,000 \text{ m}^3 = 1 \times 10^6 \text{ liter}$ ) ger denna koncentration ( $2 \times 10^{-10} \text{ kg/liter}$ ) utslag på fluorometern. Möjligheten att mäta låga koncentrationer beror på rodaminets fluorescerande egenskaper. När det belyses med ljus av viss färg (i fluorometern) lyser ämnet i en annan färg, med en ljusstyrka som är beroende av ämnets koncentration. Med hjälp av spårämnet kan man därför märka ett avloppsvatten och följa dess spridning och utspädning från utsläppspunkten.

Spårämnesundersökningen kan utföras enligt två metoder. Dosering kan ske med ett kontinuerligt mindre flöde under en längre tid varvid utspädningen i hela området mäts under samma tid. Dosering av spårämne kan också ske på så sätt att en betydligt större mängd tillförs under mycket kort tid varvid en starkt koncentrerad "fläck" uppstår som sedan följs och karteras. Den senare metoden har använts i detta fall.





### Resultat från spårämnesförsök

I en avloppsbrunn belägen cirka 75 meter från tubens mynning doserades 21 liter rodamin B (50 % metanol) under 30 minuter dag ett, och under 60 minuter dag två. Den fläck som uppstod karterades från en båt utrustad med genomströmningsfluorometer. Temperatur- och saltsondering utfördes under mät dagarna.

En timme efter doseringen kunde följande utbredning iakttagas, se figur 4 a. Figuren visar den momentana spridningsbilden. Den yttre linjen markerar gränsen för den minsta mätbara rodaminförekomsten. Den skuggade ytan visar den för ögat synliga utbredningen.

Inom det skuggade området och alldeles utanför detta var rodaminhalten så hög att den överskred fluorometerns övre mätgräns.

Resultatet visar att initialutspädningen sker långsamt. Först efter cirka 5 timmar efter dosering och när fläcken nått längre ut i recipienten sker utspädningen påtagligt snabbare.

Den vertikala utbredningen var i området närmast utsläppspunkten cirka 5 meter och i ytterområdet cirka 2 meter.

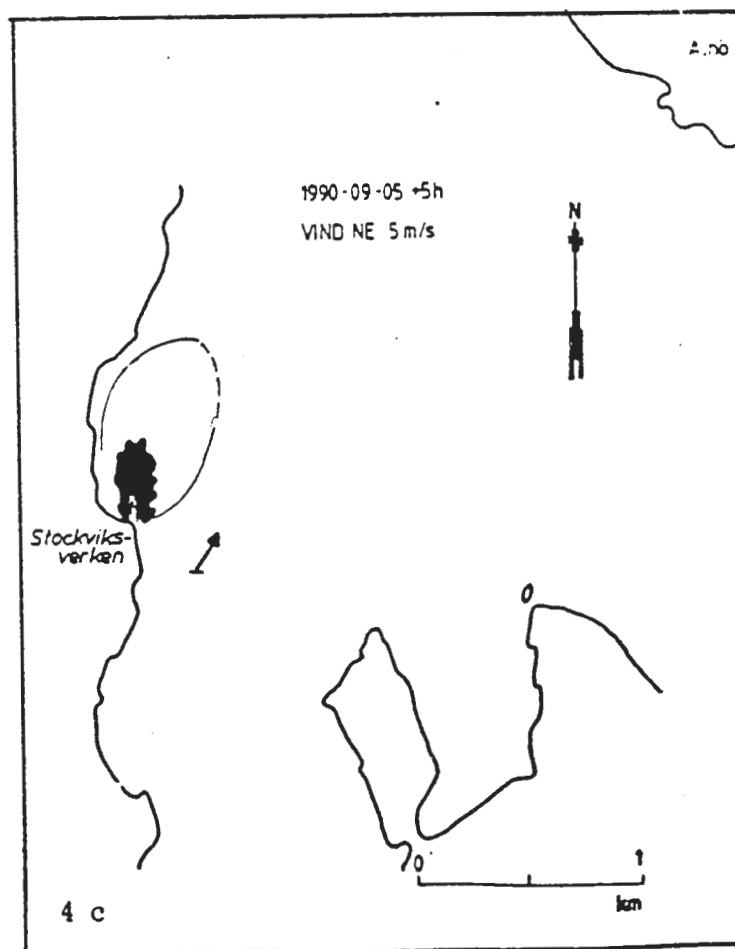
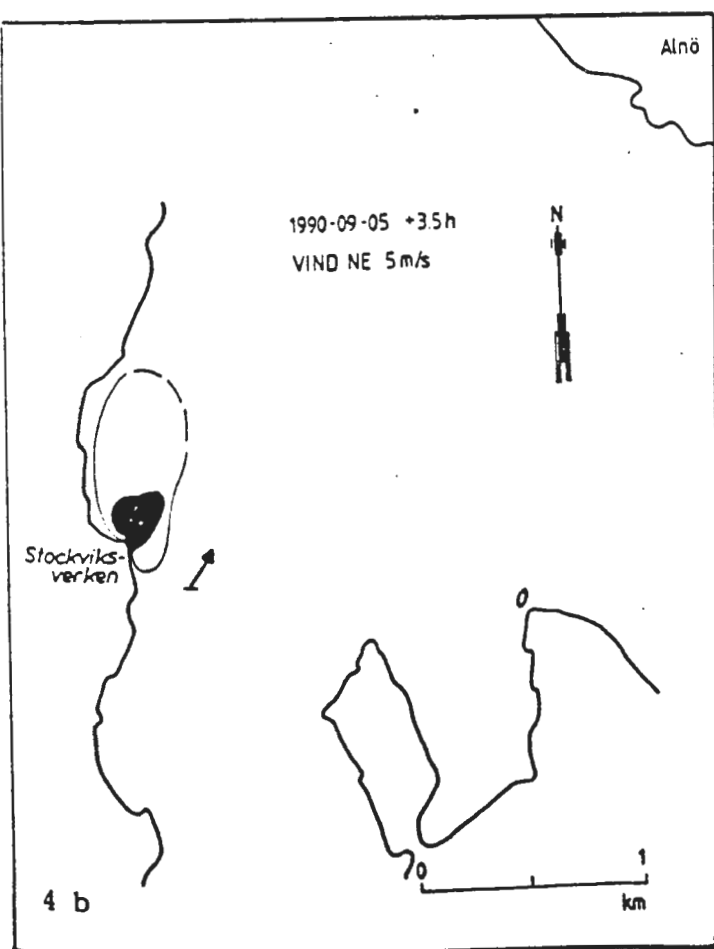
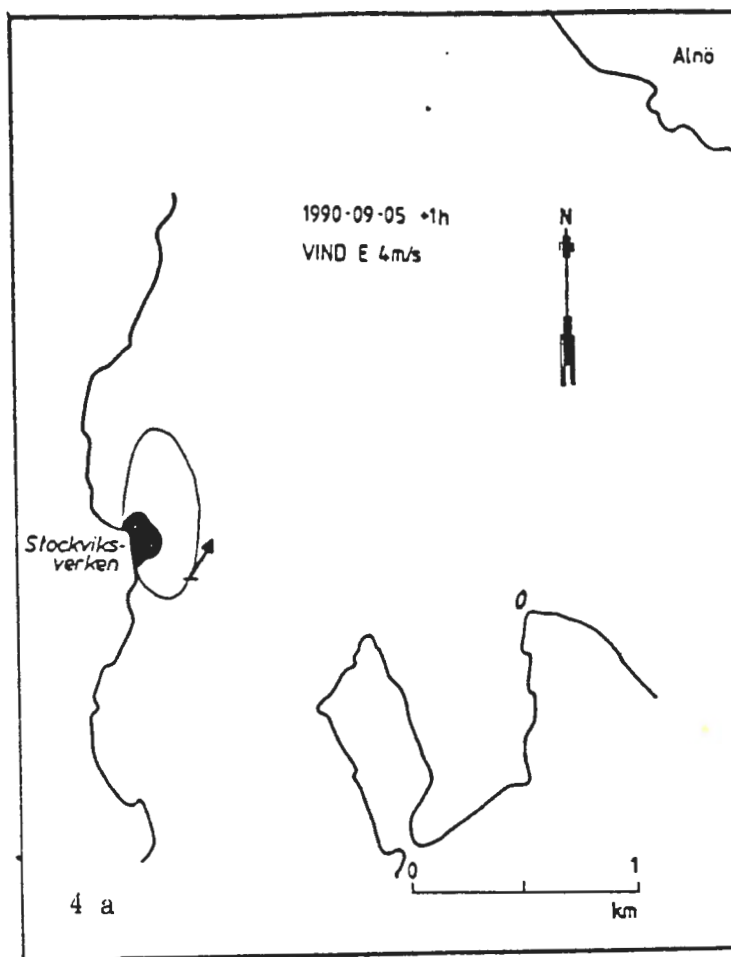
I figurerna 4 a - 4 g redovisas fläckens utbredning i olika tidssteg från de båda mättillfällena.

I samband med upptagningen av de registrerade strömmätarna den 7 september uppmättes rester av spårämnet, som en svag fläck i området nära sydvästra delen av Alnön.



Figur 4 a - c

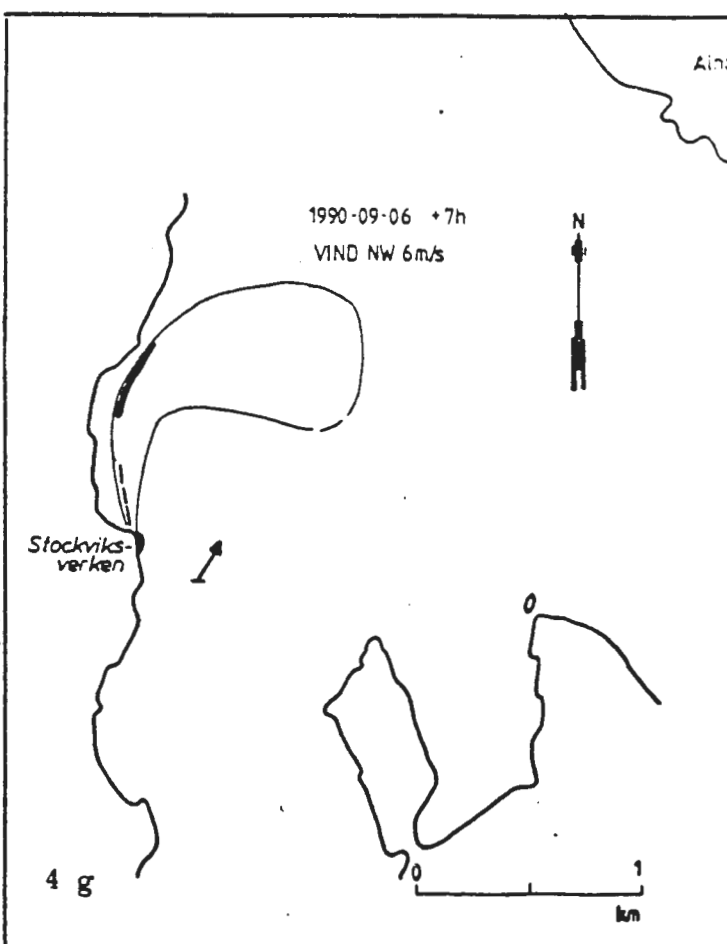
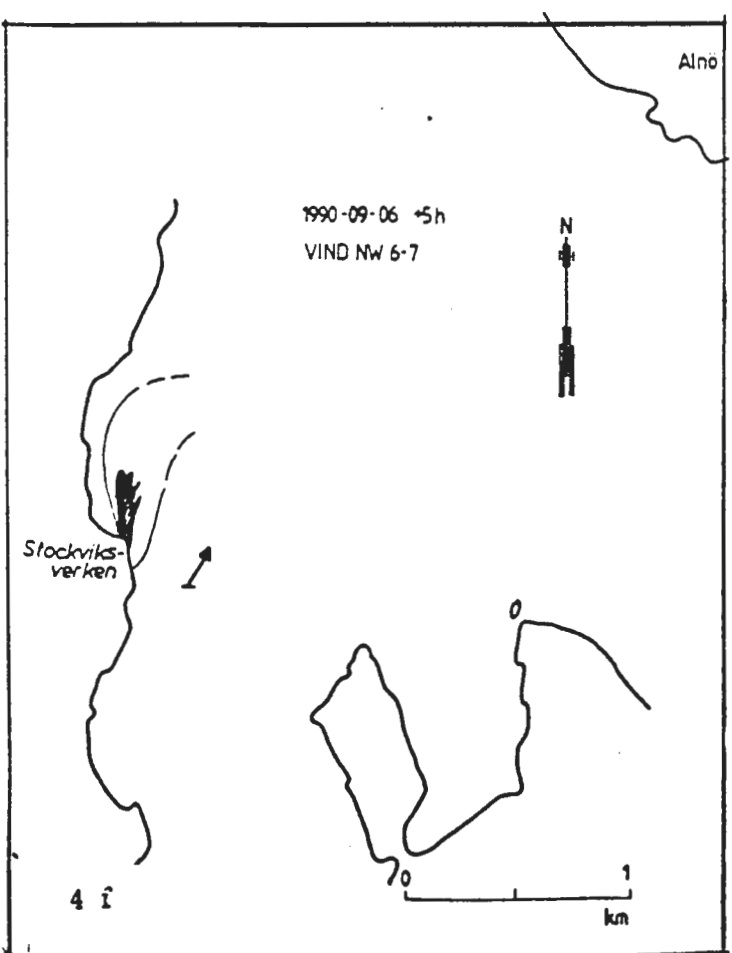
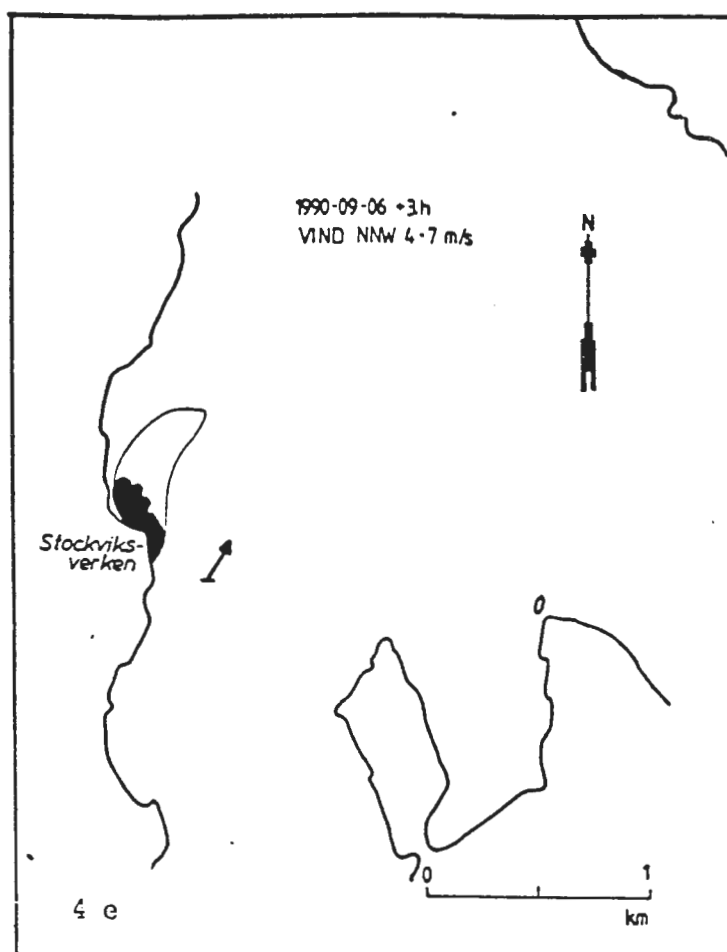
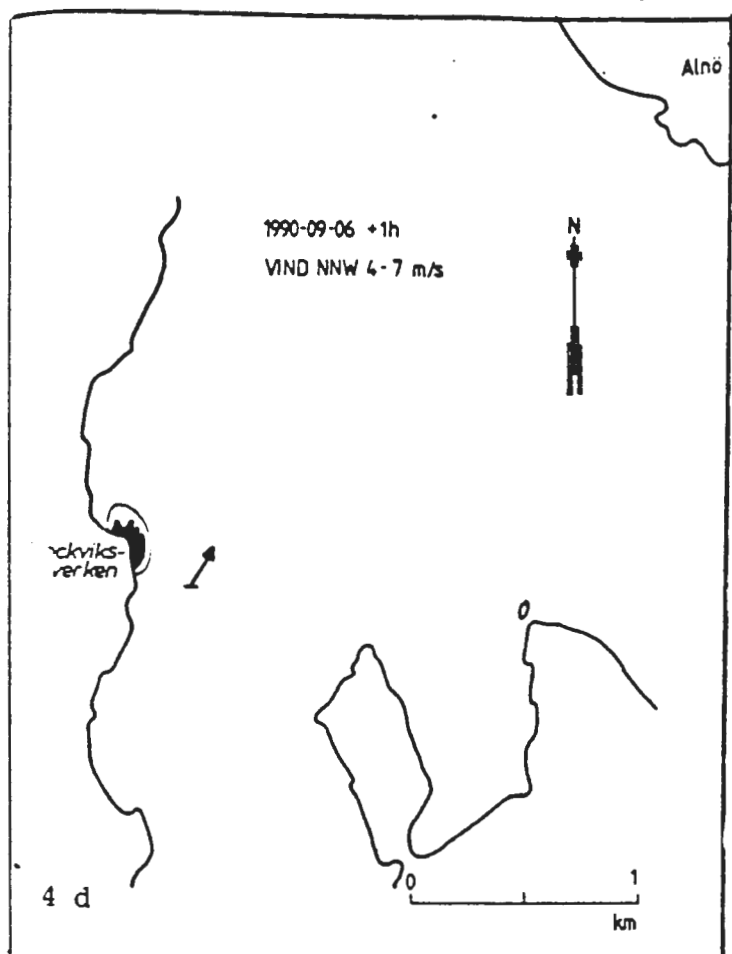
Spridningsbilder 1990-09-05

1, 3,5 och 5 timmar  
efter dosering



Figur 4 d - g

Spridningsbilder 1990-09-06  
1, 3, 5 och 7 timmar efter dosering





## 7 Vind

Vindarna i Sundsvallsbukten styrs av kustens topografi. Vindmätningar vid Brämön visar två huvudriktningar SE och NW. Den normala huvudriktningen över land är vanligtvis SW. Observationer vid Lörudden visar att vindar i intervallet NN-NE förekommer 40 procent av tiden och vindar i intervallet SW-SE 41 procent av tiden. En normal vinter ligger isen 3 - 4 månader i de inre delarna av Sundsvallsbukten. Lugnt väder inträffar företrädesvis under sommaren. Sammanlagt under året är det lugnt cirka 5 procent av tiden.

Det innebär att de redovisade spridningsbilderna täcker cirka 90 procent av alla fall.

## 8 Resultat spridningsberäkningar

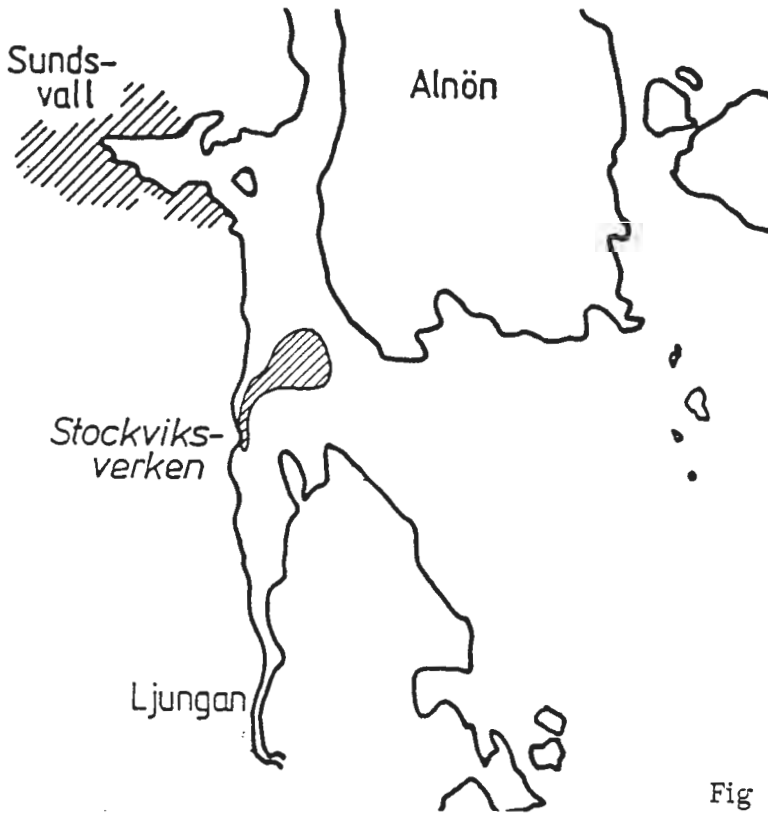
Inre Sundsvallsbukten är ett vattenområde med en komplicerad dynamik. Det kraftiga sötvattenflödet som skapar estuariecirkulationen, i kombination med vindstress, tryckgradienter, vattenståndsrörelser och corioliseffekter skapar komplicerade strömsituationer. Det är svårt att enbart med en numerisk modell återskapa typiska strömsituationer för olika vädersituationer. Vi presenterar i denna rapport ett resultat som utgörs av en sammanvägning av modellresultat, teoretiska beräkningar och mätningar.

Vi har valt följande typfall; (se figur 5 a - d)

- Nordlig vind som med tanke på kusttopografin bör vara representativ för vindintervallet NW-NE (pålandsvind).
- Sydlig vind som på motsvarande sätt är representativ för vindintervallet SW-SE (frånlandsvind).
- Islagd tid och vindstilla.
- Vårsituation med sjunkande avloppsvatten.
- Totalt utbredningsområde inkluderande samtliga typfall, se figur 5 e.



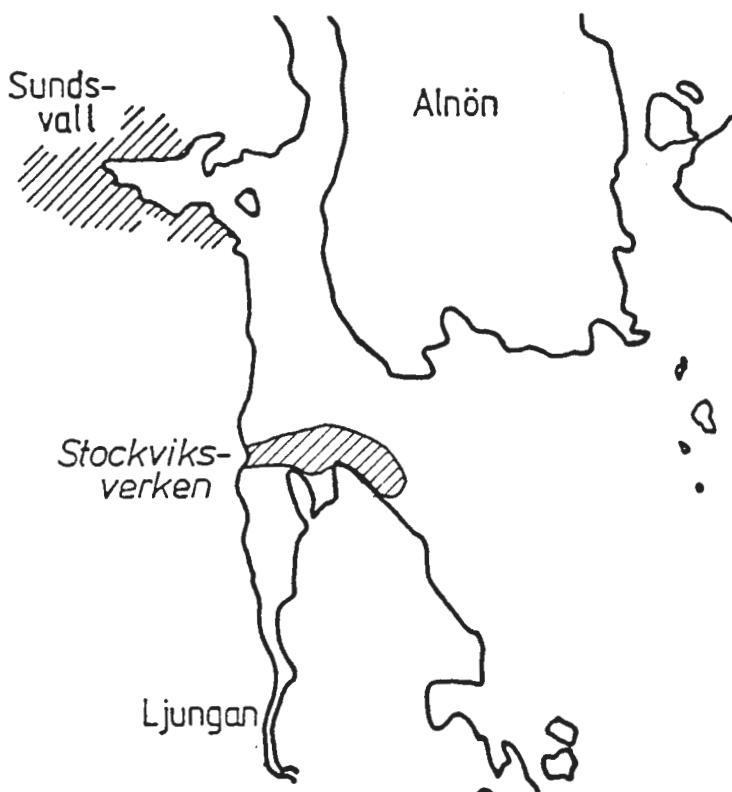




### Nordlig vind

Sötvattnet från Ljungan för avloppsvattnet norrut samtidigt som vinden pressar vattnet in mot land. Ytvattnet från yttre Sundsvallsbukten strömmar upp i Alnösundet och ger en nordgående ström utefter Alnön. Det är vid förhållandevis få tillfällen som avloppsvattnet når Alnön. Det har då en utspädning på mellan 1 - 2 000 gånger.

Fig 5 a

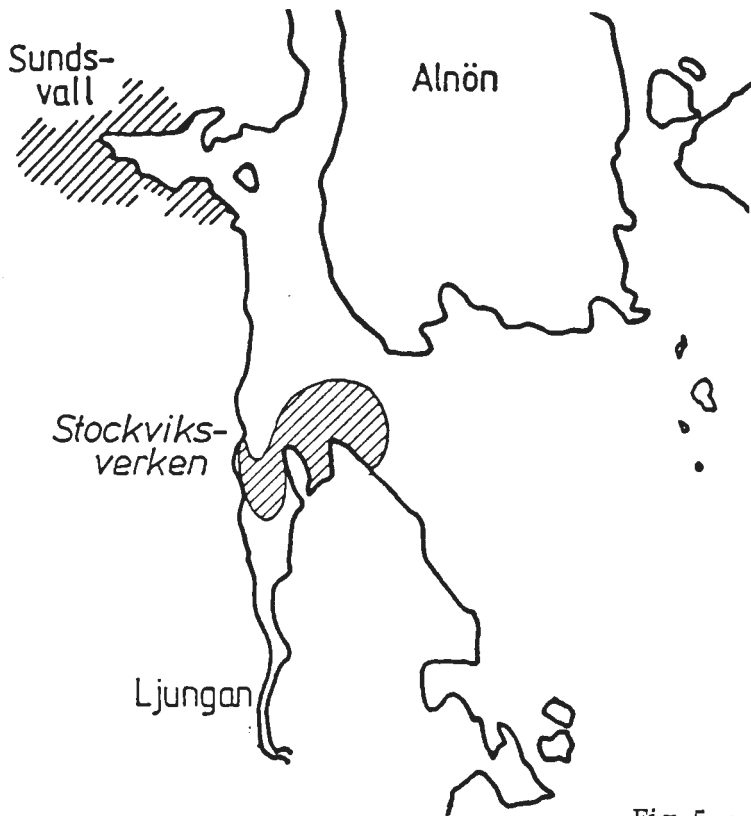


### Sydlig vind

Sötvattnet från Ljungan pressas av vinden mot Essvikslandet. Allmänt strömmar ytvattnet ut ur Sundsvallsbukten. Avloppsvattnet förs av vinden österut och förenas därefter med vattnet från Indalsälven och Ljungan sydostvart från Hamnbergsudden.

Fig 5 b

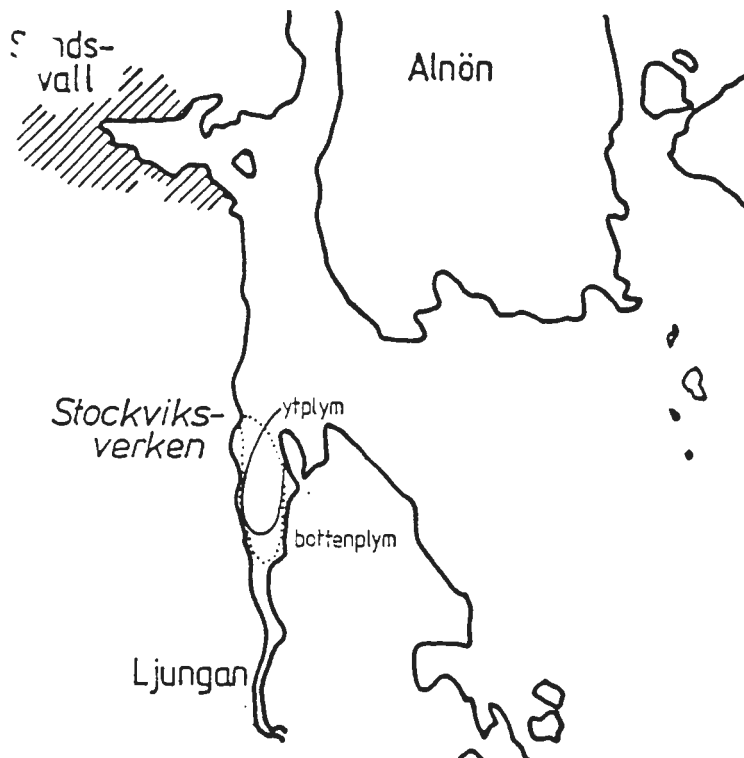




### Islagd tid och vindstilla

Ljungans vatten förs av coriolis-effekten (på grund av jordrotationen) mot Essvikslandet. Vattnet från Indalsälven följer fastlandssidan österut. Avloppsvattnet strömmar först söderut in i Svartviksfjärden för att därefter fångas upp av Ljungans vatten för vidare transport runt Hamnbergsudden ut i Sundsvallsbukten. Under islagd tid när strömmarna är svaga erhålls en större horisontell utbredning än under övrig tid. Avloppsvattnet bildar ett tunt lager alldeles under isen.

Fig 5 c



### Vårsituation sjunkande plym

Under våren kan intagsvattnet vara så kallt att det trots uppvärmningen under processen blir tyngre än det varmare ytvattnet. Avloppsvattnet sjunker då och förs med Ljunganvattnets returström in i Svartviksfjärden på en djupare nivå. Det blandas därefter successivt med sötvattnet från Ljungan och förs därefter ut mot Sundsvallsbukten.

Fig 5 d



## Total utbredning

En sammanvägning av samtliga vädersituationer har gjorts, se nedanstående figur. Den streckade ytan beskriver det område som någon gång påverkas av avloppsvatten med en utspädning  $\leq 1\ 000$  gånger.

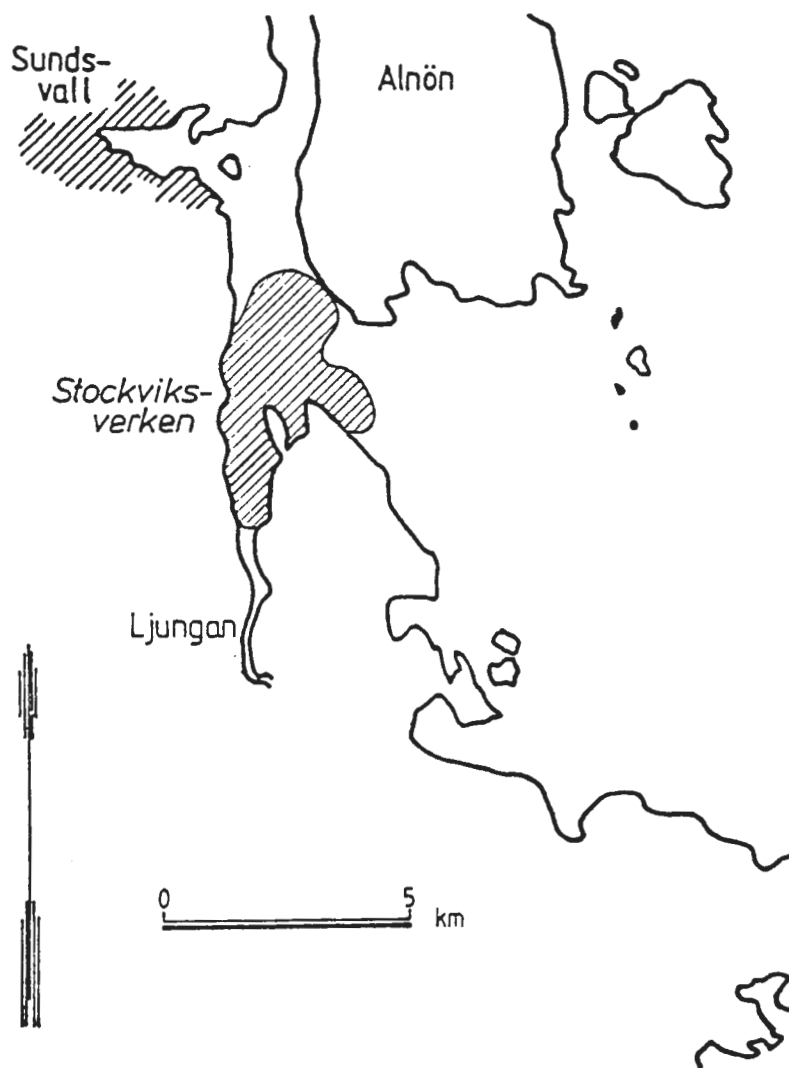


Fig 5 e

