

SMHI's UNDERSÖKNINGAR  
UTANFÖR FORSMARK 1988

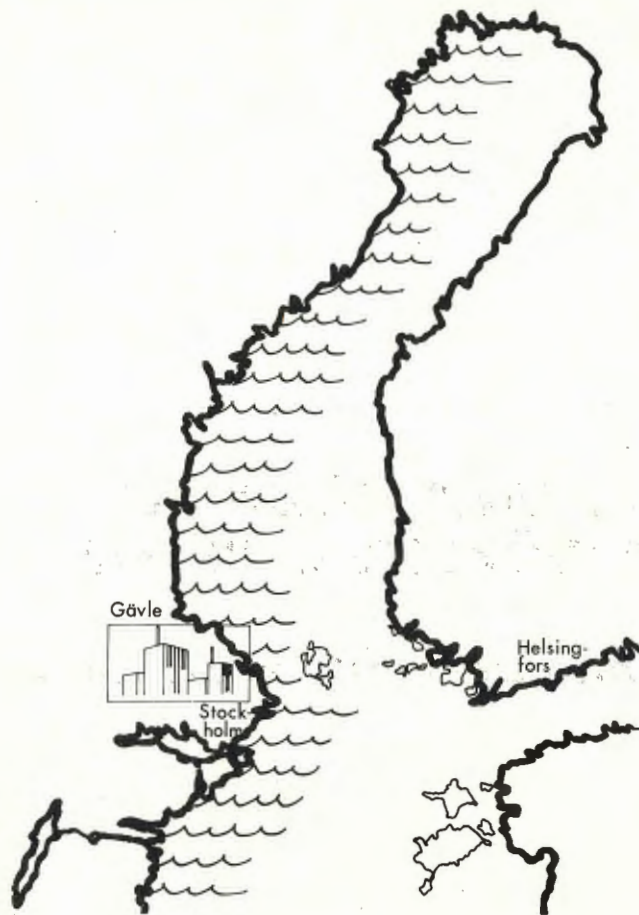
Ritarbete: Eva-Lena Ljungqvist

Utskrift: Gunilla Öhnell,

SMHIs tryckeri, Norrköping 1989

SMHI's UNDERSÖKNINGAR  
UTANFÖR FORSMARK 1988

Jan Andersson och Robert Hillgren



## INNEHÅLL

	sid
1. Sammanfattning	1
2. Driftsförhållanden, mätprogram och dataåterbäring	2
3. Resultat	
a) Tre-blocksdriften	6
b) Temperaturen i skärgårdsområdet	9
c) Satellitbildsinformation	10
4. Referenslista	15

### Bilagor:

Driftshistorik  
Temperaturkarteringar  
Temperaturförlopp vertikal S

Karta se pärmens bakre insida.

## Sammanfattning

1988 kan kraftverkets drift betraktas som normal med avseende på kylvattenflöde och värme. Samtliga tre block har haft ett högt driftutnyttjande.

Reservutskovet har dock nyttjats mer än föregående år, ca 3 månader.

Kontrollprogrammets målsättning har varit att kontinuerligt övervaka kylvattnets spridning i tid och rum. Av särskilt intresse har varit att se effekten av kylvattentillskottet från block 3 via ordinarie utlopp.

Följande slutsatser har dragits:

- Treblocksdriften under året har inneburit avkylningsytor av storleksordningen 8 - 16 km<sup>2</sup>. Den tidigare bedömningen från 1987; var 7 - 12 km<sup>2</sup>.
- Temperaturen i skärgårdsområdet har inte påverkats av treblocksdriften.
- Något märkbart läckage från F 3:s kylvattenkanal har inte observerats.

## SMHIs UNDERSÖKNINGAR 1988

Driftsförhållanden

Under år 1988 kan kraftverkets drift betraktas som normal med avseende på kylvattenflöde och värme. Samtidiga tre block har haft ett högt driftsutnyttjande (se bilaga 1).

Kylvattnet från F 1 och F 2, som på sin väg genom kraftverket uppvärms ca 10 °C, passerar Biotestanläggningen innan det når ut i Grepen. Tidigare år har reservutskovet måst utnyttjas frekvent p g a igensättning av fiskspärren i utloppet. Detta har då medfört att största delen av kylvattnet (90 m<sup>3</sup>/s vid full drift) släppts ut i skärgårdsområdet väster om Biotesten. Efter installation av rensmaskin 1985 har emellertid tiderna för reservutskovets utnyttjande avsevärt nedbringats. Under år 1987 användes det endast vid fyra tillfällen, totalt ca 10 dygn.

Vissa problem med rensmaskin under år 1988 har inneburit att reservutskovet använts oftare, 16 tillfällen, under drygt 3 månader.

Kylvattnet från F 3 går i en tunnel ut till Lilla Sandgrund och leds sedan via en öppen kylvattenkanal längs Biotestvallen till utloppet. Det tidigare konstaterade läckaget från kylvattenkanalen mot skärgårdsområdet tätades under hösten 1986.

## Mätprogram

Nedan redovisas samtliga mätinsatser gjorda under 1988. Översiktskartor finns i figur 1 sida 4 - 5.

### Kontinuerliga mätningar

Tidsperiod	Mätinsats	Kommentarer
jan - dec	temperaturmätning på flera djup i vert S	övervakning av ev långsiktig uppvärmning av skärgårdsområdet
jan - dec	pegel i Forsmarkshamn	registrering vattenstånd

### Övriga mätningar

islagd period	iskartering och temperatur mätning	övervakning av isutbredning i utsläppsområdet
isfri period	veckovisa och manuella plymkarteringar i utloppsområdet (temperaturmätning i ett femtiotal punkter)	regelbunden kontroll av kylvattnets spridning




Ett 40-tal satellitbilder "quick looks" har erhållits, varav en med full treblocksdrift har bearbetats vidare.

### Dataåterbäring.

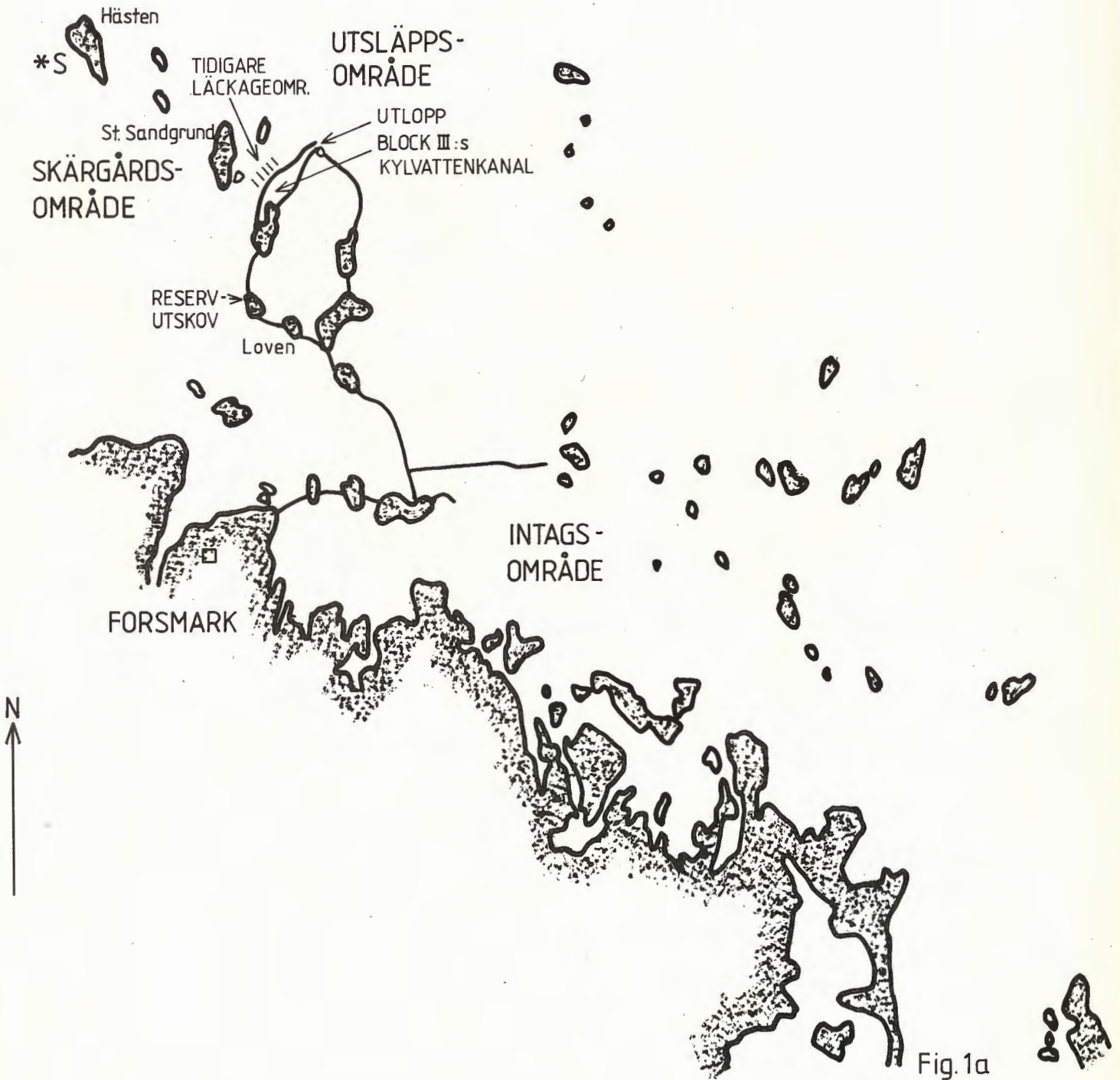
#### AUTOMATISKT REGISTRERANDE INSTRUMENT

Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----



-  Materialet användbart
-  Materialet ej användbart
-  Materialet ej bearbetat (dec)

# ÖVERSIKTSKARTA





# TEMPERATURKARTERINGSBANA

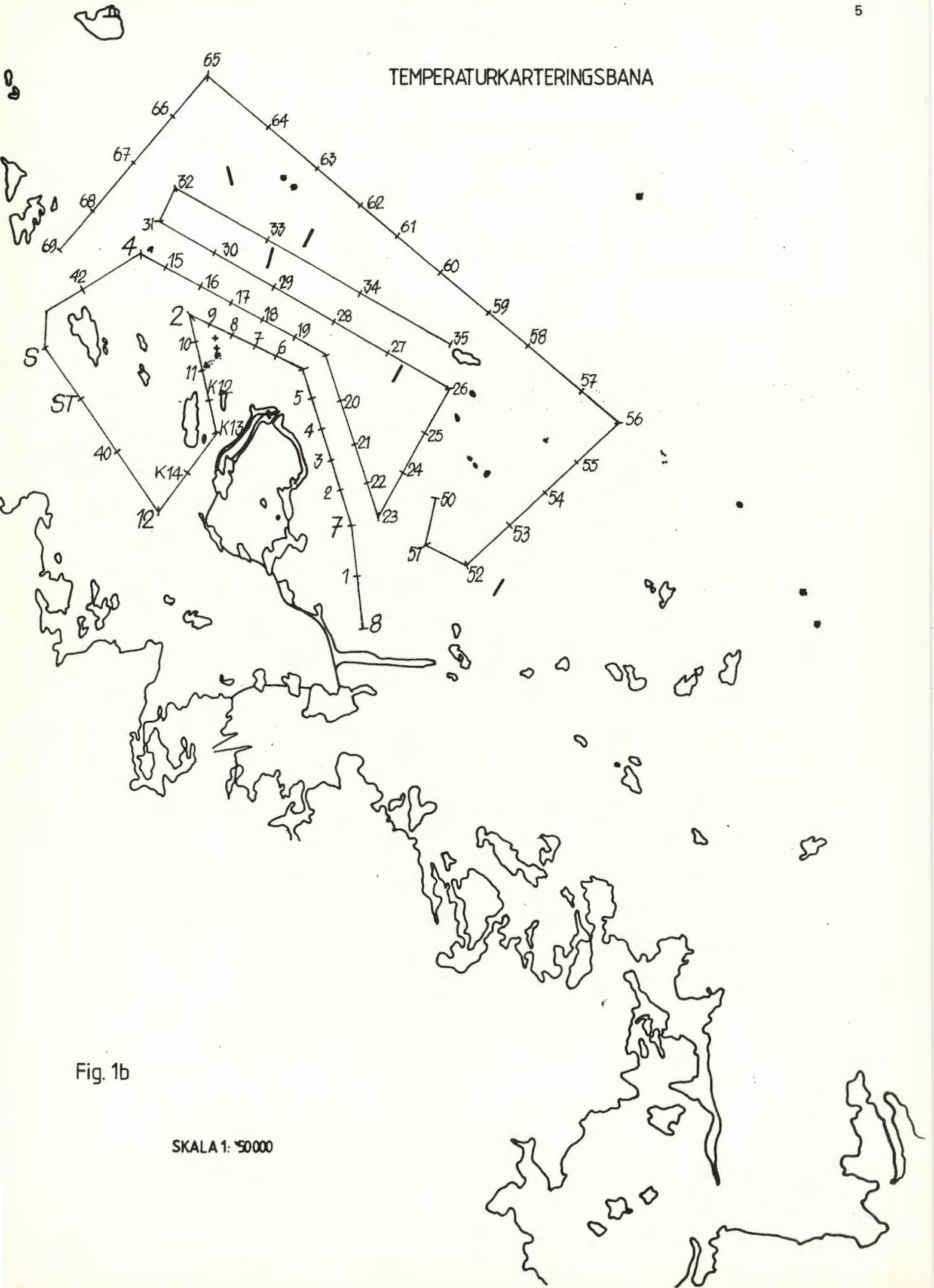


Fig. 1b

SKALA 1: 50000

## RESULTAT

### Treblocksdriften

Under den isfria perioden har 12 av planerade 25 temperaturkarteringar gjorts. Detta pga reservutskovet använts frekvent under 1988.

Merparten av tiden inföll under isfri tid efter revisionsperioderna dvs den tid under vilken de flesta temperaturkarteringar görs.

Det har inte ansetts meningsfullt att utföra en temperaturkartering när reservutskovet varit öppet pga att ca 75 % av kylvattnet från FI och FII då går ut den vägen.

Det totala kylvattenflödet från tre block vid full drift är cirka  $3 \times 45 \text{ m}^3/\text{s} = 135 \text{ m}^3/\text{s}$ , med en övertemperatur på cirka  $10^\circ \text{C}$ .

En temperaturkartering har ansetts som "mätning vid treblocksdrift" om det sammanlagda kylvattenflödet varit minst  $108 \text{ m}^3/\text{s}$ , vilket motsvarar att varje enskilt block har varit i minst 80 %:s drift.

Driften vid de olika mättillfällena har fördelat sig enligt följande:

Sammanlagd drift, tre block	100 %	>90	>80	>65
Antal mättillfällen	3	8	9	12

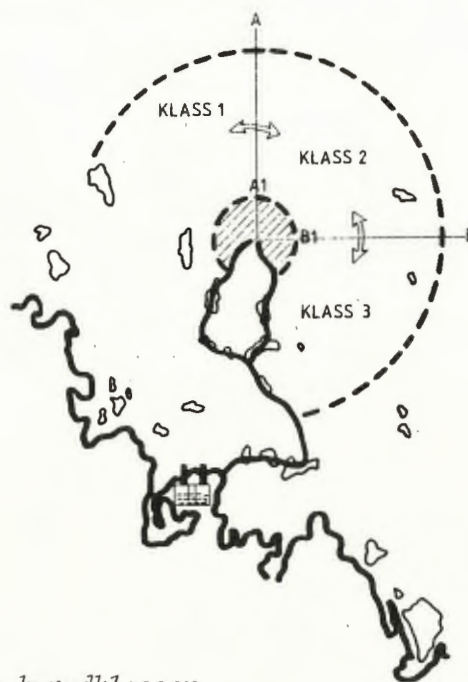
Av kylvattnet påverkad vattenyta är, en sådan som med säkerhet kan identifieras med en temperatur större än  $1^\circ \text{C}$  i förhållande till omgivningen, på 1 m djup. Denna definition har valts för att i möjligaste mån kunna utesluta den temperaturpåverkan som kan vara orsakad av naturliga temperaturvariationen.

Omgivnings- eller bakgrundstemperaturen har definierats som medeltemperatur från minst 2 av 4 ytterpunkter i temperaturkarteringsbanan som ej är påverkade av kylvattenplymen.

Klassindelning med avseende på kylvattenplymens huvudriktning är enligt vidstående tabell

Klass	1	2	3
Antal	4	7	1

Gränsfall har hänförs till den klass som större delen av plymen befinner sig i.



Figur 2:a *Plymernas huvudklasser*

Motsvarande något grova indelning av plymklasser har även erhållits vid tvåblocksdrift.

Av de 12 mättillfällen med treblocksdrift över 80 % har 2 tillfällen tagits bort på grund av att reservutskovet nyttjades samtidigt.

Resterande temperaturkarteringar ger följande plymytor, uttryckt i km<sup>2</sup>.

	<u>Konstaterad yta</u>		<u>Extrapolerad yta</u>		<u>Minsta yta</u>
	medelvärde	max	medelvärde	max	
10 till- fällen >80 % drift	7.9	12	11.6	16.2	3.5
medeldrift 90 %					

Extrapolering har gjorts vid de mättillfällen som hela plymytan inte täckts in av karteringsbanan med avseende på konstaterade temperaturgradienter och vindar.

I bilagorna 2:a - g redovisas plymutbredningen under olika vindförhållanden.

Förutom vindriktningar mellan SW och NW, kan även måttliga N-vindar ge en stor utbredning.

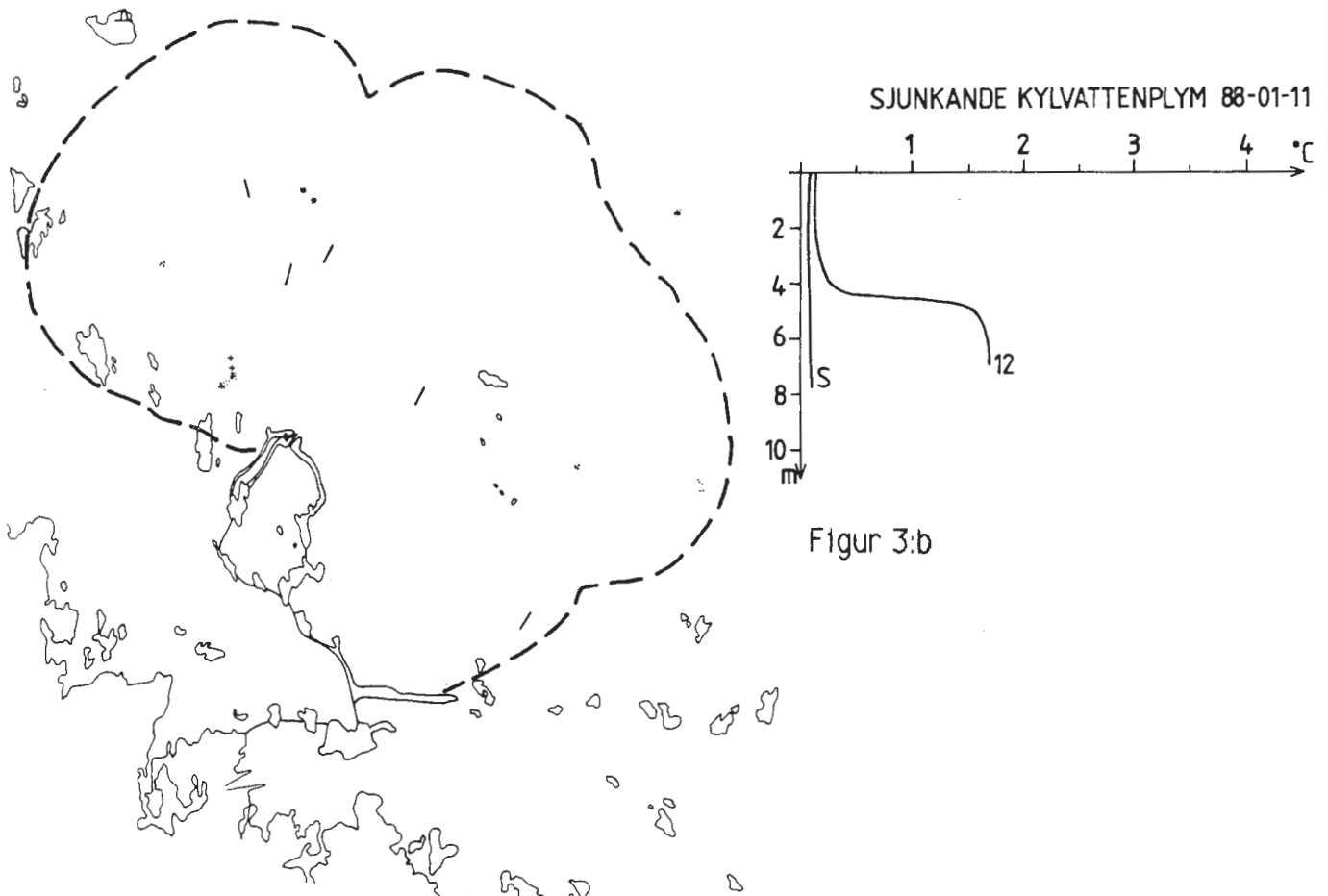
Under 1987 uppmättes plymytor mellan 7 - 12 km<sup>2</sup>. Under 1988 har, bortsett från satellitbildsinformationen, ytor mellan 7.9 - 13.5 km<sup>2</sup> observerats. En enstaka plym på 16.2 km<sup>2</sup> noterades 1988-04-28.

Den utökade temperaturkarteringsbanan har bidragit till att med större säkerhet kartera varmvattenplymen.

I figur 3:a, visas det totala område som någon gång under 1988 påverkats av kylvatten mer än 1°C varmare i förhållande till omgivningen. Ytan är ca 32 km<sup>2</sup>.

Reservutskovet var vid ett tillfälle öppet 1988-01-10 --01-12. En temperaturkartering utfördes 1988-01-11.

Påverkan av detta varmvatten kan ses som en "sjunkande kylvattenplym" (dvs kylvattnets densitet är högre än omgivande vattnets), vertikal 12 är påverkad, men inte vertikal 5, se figur 3:b.

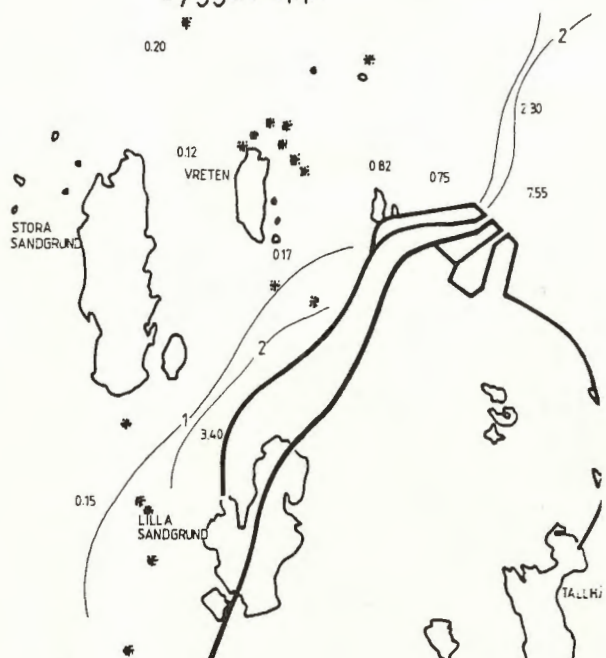


Figur 3:a

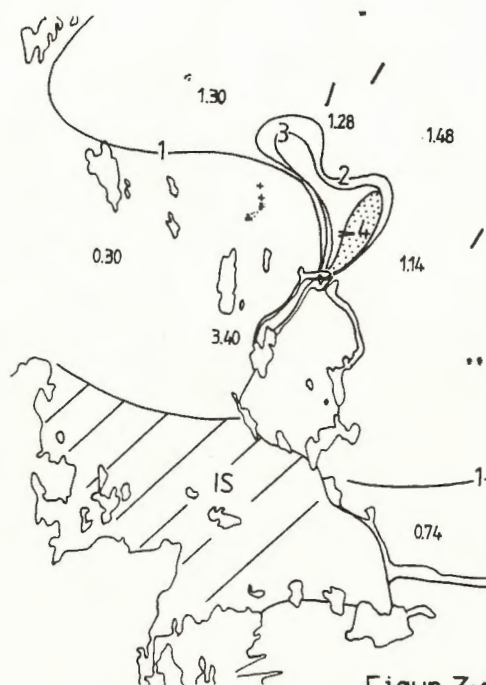
Figur 3:b

Med rådande SW-vind har även delar av detta vatten transporterats längs Lilla Sandgrund och brett ut sig längs kylvattenkanalen inom ett mindre område, se figurerna 3:c och 3:d.

I bilaga 2:f redovisas en temperaturkartering som gjorts samma dag reservutskovet öppnats. En "varmvattenbubbla" håller på att byggas upp.



Figur 3:c



Figur 3:d

### Temperaturen i skärgårdsområdet

Mätningen har pågått i vertikal S under hela året. Ur dessa har vi valt att redovisa temperaturutvecklingen på 1 respektive 7 m under den isfria perioden.

De speglar den allmänna temperaturutvecklingen med en varm försommar och en svalare sommar. Maximala ytvattentemperatur uppträder i början på juni.

Det går inte att konstatera någon påverkan från det f d läckageområdet vid F 3s kylvattenkanal.

Vad gäller påverkan av kylvatten från reservutskovet kan viss påverkan förmärkas särskilt efter öppningen 1988-10-08.

Det stämmer väl med de erfarenheter som gjorts under tidigare år då reservutskovet nyttjats flitigt. Från dessa mätningar framgår att temperaturpåslag kan ske i vertikal S efter några dygn sedan reservutskovet öppnats.

Temperaturmätningarna i vertikal S har skett på SNVs begäran för att bevaka temperaturen i skärgårdsområdet.

### Satellitbilsinformation

Enligt mätprogrammet ska satellitbilsinformation utnyttjas som komplement till de manuella plymkarteringarna.

Satelliten "LANDSAT-5" passerar i sin bana över mätområdet var 16:e dygn. Överlappning av banorna medför att det blir en passage var 8:e dygn.

"LANDSAT-5" har en banhöjd på 700 km, en minsta påvisbara temperaturupplösning på 0.5° C. Den geografiska upplösningen är 120 x 120 m. En så kallad "Quicklook"-bild täckande ett större område cirka 90 x 90 km kan då erhållas mot en mindre kostnad. Denna "Quicklook"-bild duger inte till vidare bearbetning utan är ett underlag för en bedömning om man ska beställa ett betydligt kostsammare och mer arbetskrävande databand med information från satellitpassagen. Det förhåller sig nämligen så att "LANDSAT-5:s" sensorer kräver att det ska vara molnfritt över mätområdet.

Under 1988 har ett fyrtiotal "Quicklooks" erhållits, varav cirka en fjärdedel uppfyller de meteorologiska betingelserna, och ur denna sista fjärdel är det vid ett tillfälle som alla tre blocken samtidigt var större än 80 % drift, se figur 4 motstående sida.

Från detta material har en bild valts.

Satellitbilden är från förmiddagen 1988-05-10. Tyvärr finns inte någon manuell temperaturkartering från denna dag.

Satellitbilden har kalibrerats mot erhållna temperaturdata från Biotesten.

Biotesten vinddata k1 01.00 07.00 13.00 19.00

Riktning m/s

1988-05-08	265°	1.2	159°	0.5	091°	4.7	094°	2.3
1988-05-09	038°	2.8	062°	1.7	065°	4.5	086°	4.3
1988-05-10	046°	2.8	072°	1.4	047°	4.3		

Bilden ger vid första intrycket en överraskande stor varmvattenutbredning. Plymen sträcker sig långt norrut ca 10 km från utloppet vid Biotesten.

Att det otvetydigt är kylvatten märks bl a på den "läeffekt" som syns vid Breddådan. Plymen är väl sammanhållen med en skarp gradient mot angränsande vattenområden.

Storleken på den yta som håller en temperatur högre än 1 °C än omgivningen är ca 30 km<sup>2</sup>. Alltså nästan dubbelt så stor yta än vad de manuella temperaturlinjer visar.

Det måste dock ytterligare en gång betonas att temperaturmätningen från satelliten endast sker i det absolut yttigaste skiktet, någon mm tjockt. Om den vertikala utbredningen ger satelliten ingen information.

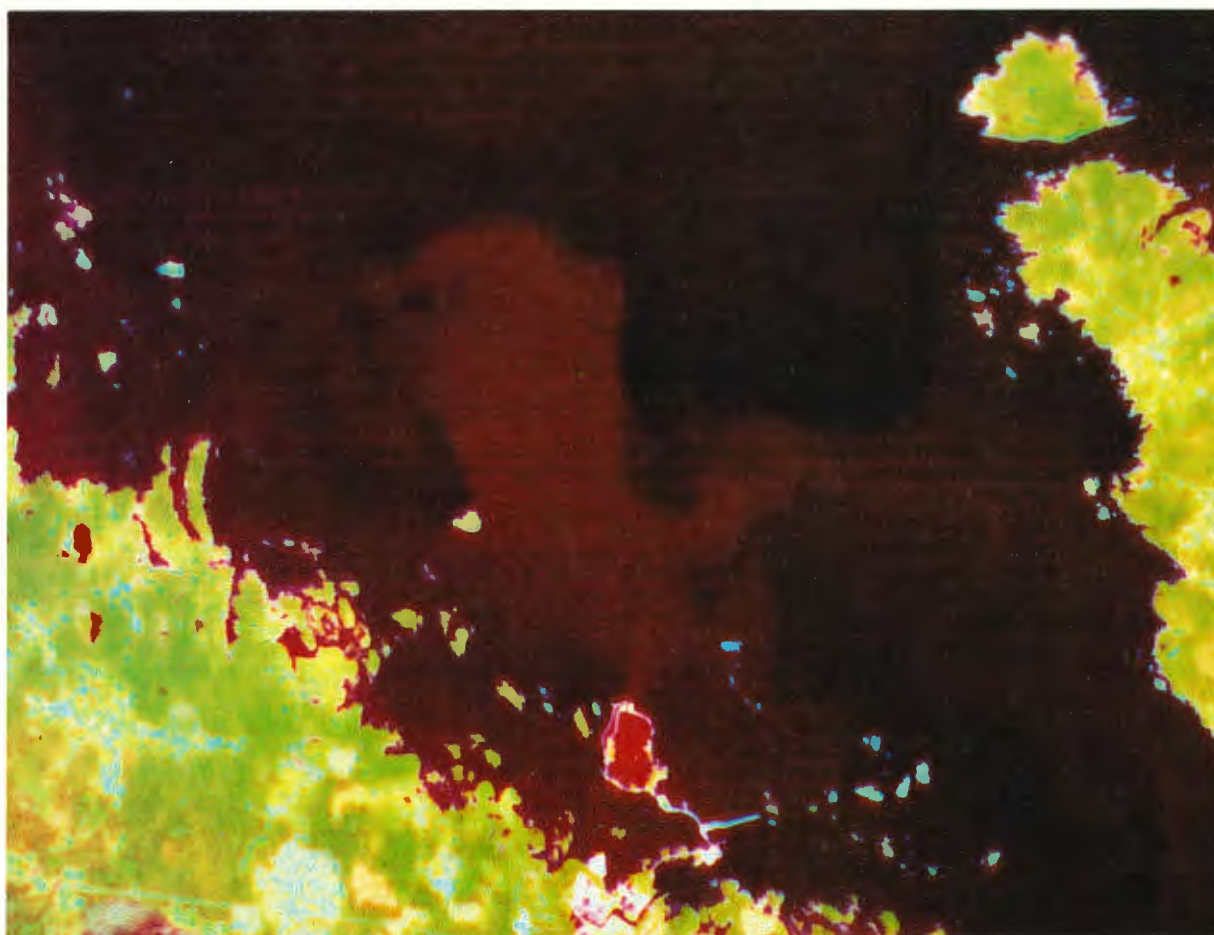
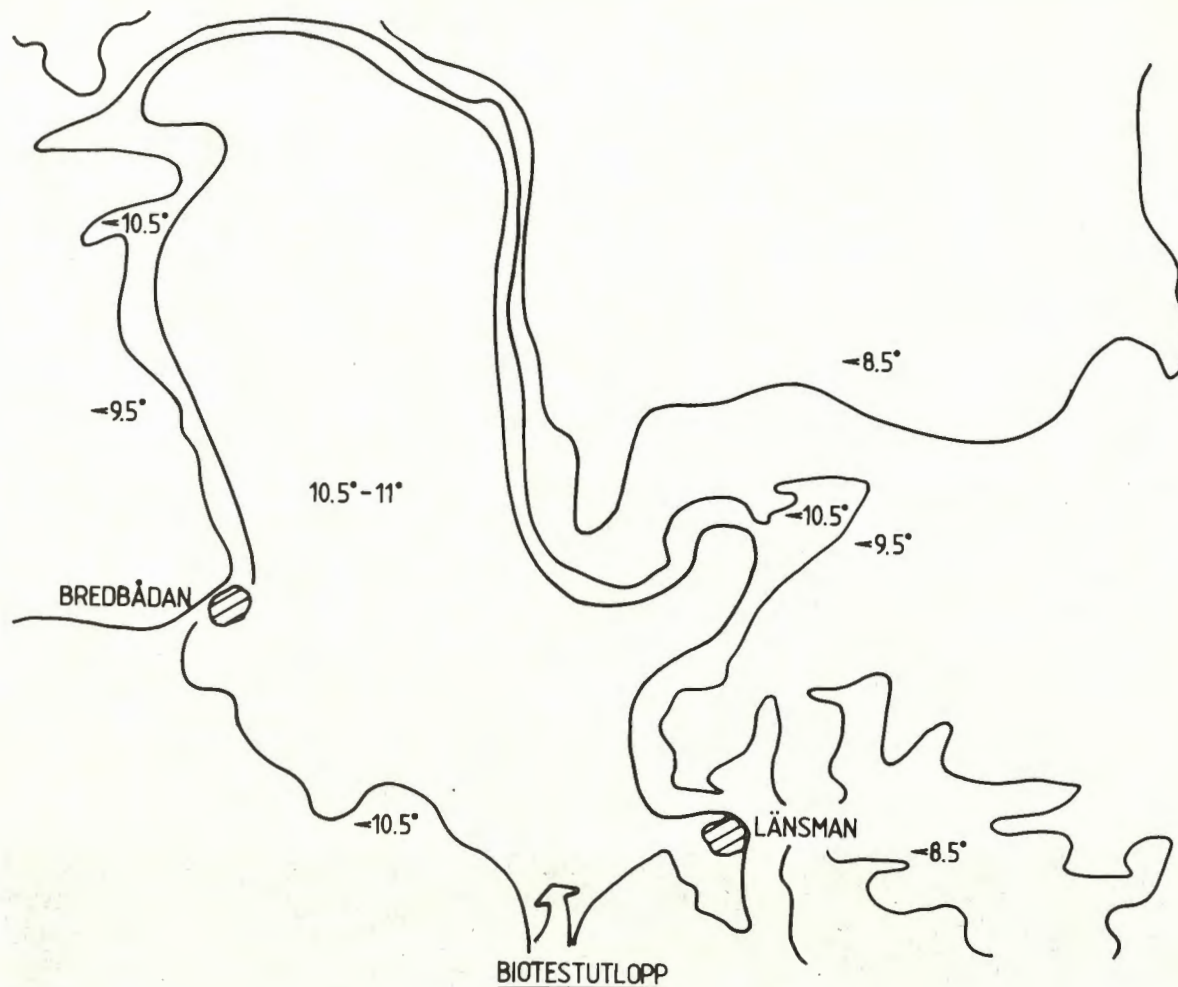


Fig nr 4 Bilden är sammansatt av tre kanaler varav den termiska är återgiven i det röda färgplanet. Högre färgintensitet innebär högre temperatur, se Biotestsjön.



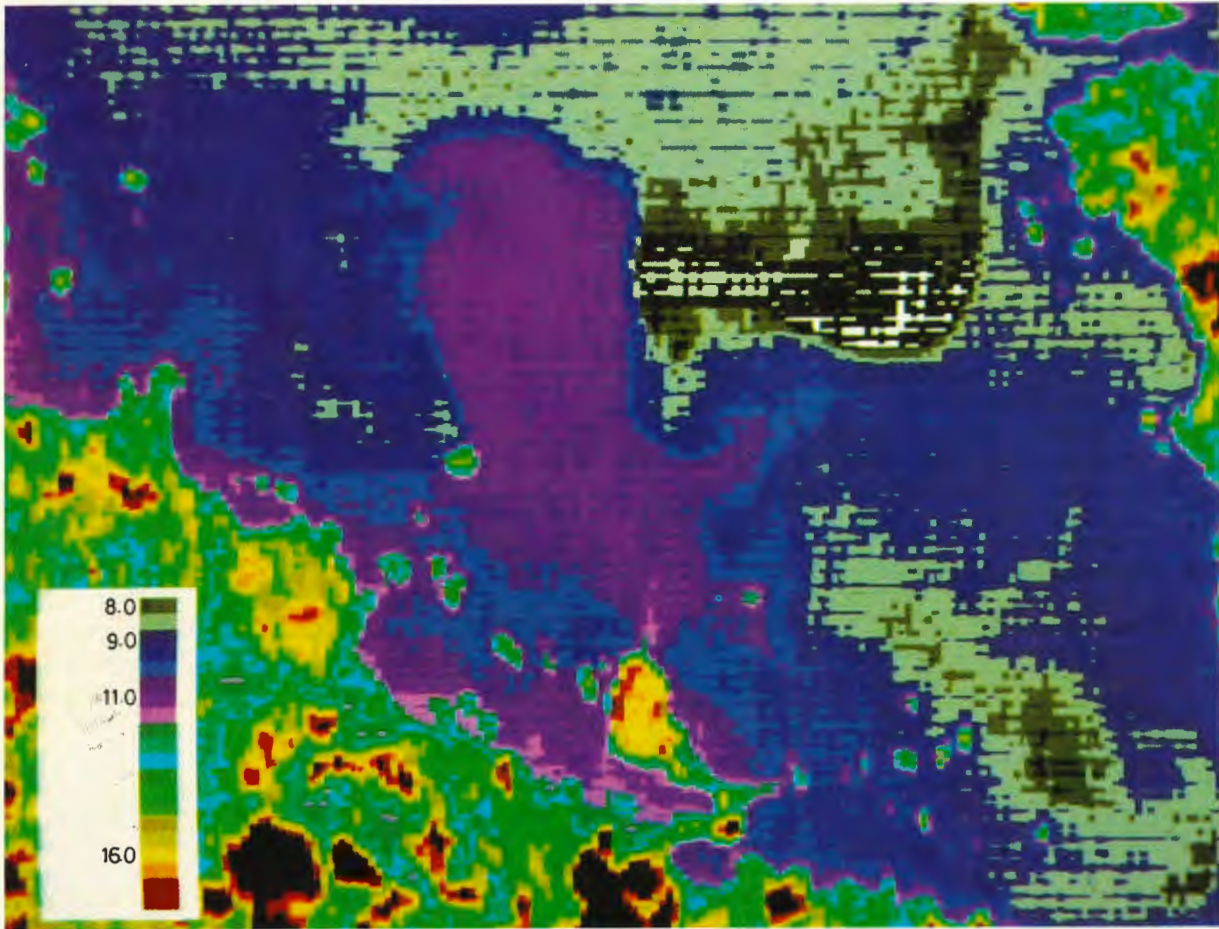
Figur 5a En bearbetning av satellitbilden med inlagda isotermer för att bättre visa den horisontella temperaturskiktningen.

Hur har då en sådan stor, men ändå sammanhållen temperatutbredning kunnat ske?

Om man tittar på de meteorologiska förhållanden som rått de 48 senaste timmarna, så har Biotesten en medelvind på 3.2 m/s, riktning ENE. Örskär 4.3 m/s E - N, medeltemperatur + 7 °C.

Plymens skarpa gräns mot det omgivande vattnet förklaras med att svaga vindar rått de senaste två dyggen, m a o ingen horisontell blandning mellan plym och omgivande vatten. Vad som är slående är att plymens yttemperatur, se figurerna 5:a - b, är nära konstant 11 °C inom hela plymen. Normalt finns det en horisontell temperaturgradient från utsläppsplatsen, biotest, till plymens front! En förklaring till att temperaturgradienten saknas är att plymen står i termisk jämvikt med atmosfären, m a o uppvärmningen från solen är lika stor som avkylningen till atmosfären (långvågsstrålning + sensibelt och latent värmefflöde). Detta stöds av de meteorologiska förhållanden som då rådde.





Figur 5b En bearbetad version av satellitbilden. Färgskalan anger temperaturdifferenser av  $0.5^{\circ}\text{C}$ , olika färgslag. Randigheten beror på en störning.

Hur stor kan den vertikala utbredningen vara i denna plym?

En vindinitierad bakgrundsström på  $6\text{ cm/s}$  (ca  $1.5\%$  av vindhastigheten) ger under 48 timmar upphov till en förflyttning runt  $9\text{ km}$ .

Den volym kylvatten som släpps ut under 48 timmar, motsvarar ett ca  $0.75\text{ m}$  jämntjockt skikt med arean  $30\text{ km}^2$ .

Temperaturerna på kylvattnet, plymen och omgivande vatten indikerar att plymens vatten är utspädd med ungefär två tredjedelar omgivande vatten, dvs plymens vertikala utbredning skulle då kunna sträcka sig ned till drygt  $2\text{ meter}$  i medeltal.

Troligen är plymen något tjockare i närheten av utsläppet och tunnare ut mot kanterna. Plymens vertikala utbredning är alltså begränsad till någon eller ett par meter och dess effekt på växt- och djurliv torde vara ringa.

Hur frekvent förekommer då dessa meteorologiska betingelser som ger förutsättningarna för denna utbredning av kylvattnet?

Studium av väderdata från Örskär perioden 1961 - 1988 visar att sammanhängande 48 timmars perioder med svaga ostvindar under april och maj förekom 28 respektive 41 gånger.

Om även förutsättningen att det ska vara i det närmaste molnfritt för maximala solinstrålning ska råda reduceras antalet till 7 respektive 25.

Statistiskt sett förekommer alltså dessa meteorologiska betingelser ungefär en gång om året.

Tidigare beräkningar (Forsmark rapport 1982 - 1983) över kylvattnets uppehållstid visar att klass 1 plymer (nordgående) med en uppehållstid mer än 24 timmar, endast förekom 1.8 % av tiden under sex mätperioder.

De sex mätperiodernas sammanlagda längd var 242 dygn.

Eftersom det översta mätdjupet var beläget på 1 meters djup, kan en extrem tunn ytvattenplym passera ovanför och inte registreras.

Förändrade vindförhållanden torde blanda upp denna plymen på kort tid.

Slutsats

Denna stora kylvattenutbredning,

- har ingen större vertikal utbredning
- den förekommer relativt sällan
- den bryts på kort tid ner vid ändrade vindförhållanden

den har därför ingen betydelse för den långsiktiga uppvärmningen.

## REFERENSLISTA

### SMHIs tidigare rapporter och utlåtanden rörande Forsmark

1971-07-21

Preliminärt yttrande angående de oceanografiska förhållandena i Öregrundsgrepen och inverkan på dessa av en vid Forsmark planerad kärnkraftstation, mål AD77/70, Å103/1970.

1974-03-07

Komplettering av preliminärt yttrande angående de oceanografiska förhållandena i Öregrundsgrepen och inverkan på dessa av en vid Forsmark planerad kärnkraftstation, mål AD77/70, Å103/1970.

1975-04-04

Rapport angående de oceanografiska förhållandena i Öregrundsgrepen 1972.

1976-04-08

Vattnets grumlighet i Öregrundsgrepen under 1974 och 1975 (i samband med muddrings- och tippningsarbeten för Forsmarks kärnkraftstation).

1976-05-31

Forsmarks kraftstation - oceanografiska undersökningar 1973 - 1974.

1977-04-25

Forsmarks kraftstation - oceanografiska undersökningar 1975 - 1976 samt vattentemperatur 1970 -76.

1977-09-02

Strömmar i Öregrundsgrepen - en sammanfattning av 1970 - 76 års mätningar.

1979-12-09

Forsmarks kraftstation - oceanografiska undersökningar 1977 -78.

1982-09-09

SMHIs undersökningar i Öregrundsgrepen 1979 - 81.

1985-01-15

SMHIs undersökningar i Öregrundsgrepen perioden 1982 - 1983.

REFERENSLISTAN forts

1986-04-22

SMHIs undersökningar i Öregrundsgrepen perioden 1984 - 1985.  
SMHI OCEANOGRAFI nr 4, 1986.

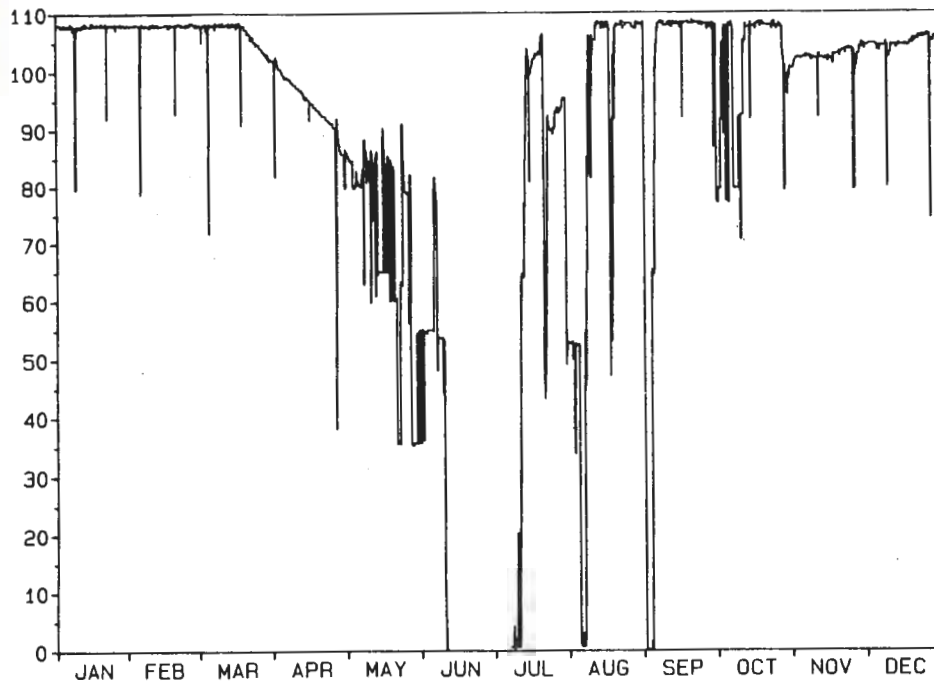
1987-04-28

SMHIs undersökningar i Öregrundsgrepen 1986.  
SMHI OCEANOGRAFI nr 13, 1987.

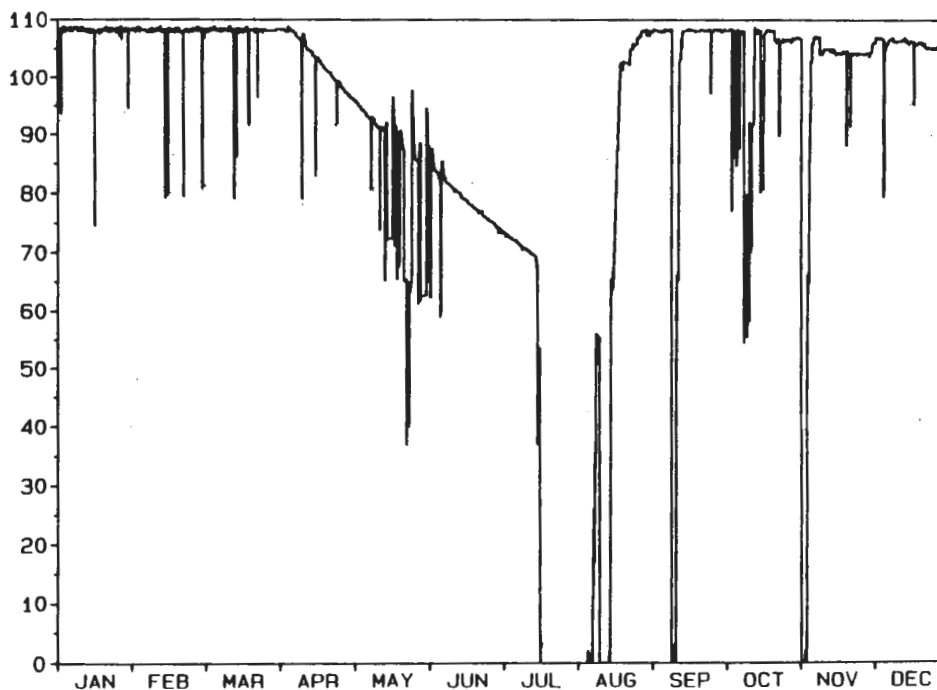
1988-04-29

SMHIs undersökningar i Öregrundsgrepen 1987.  
SMHI OCEANOGRAFI nr 24, 1988.

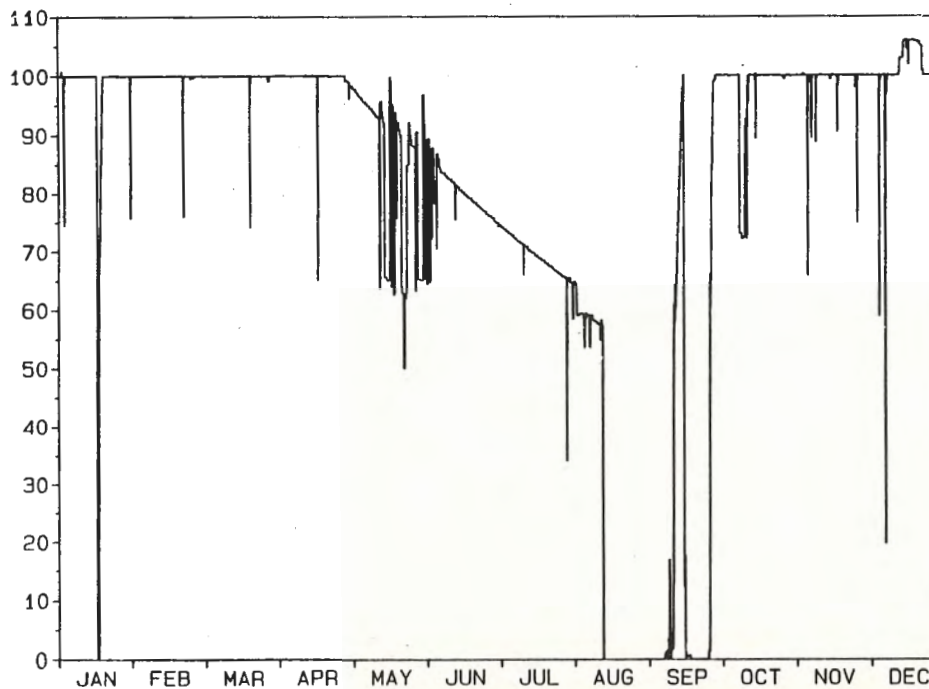
F1



F2

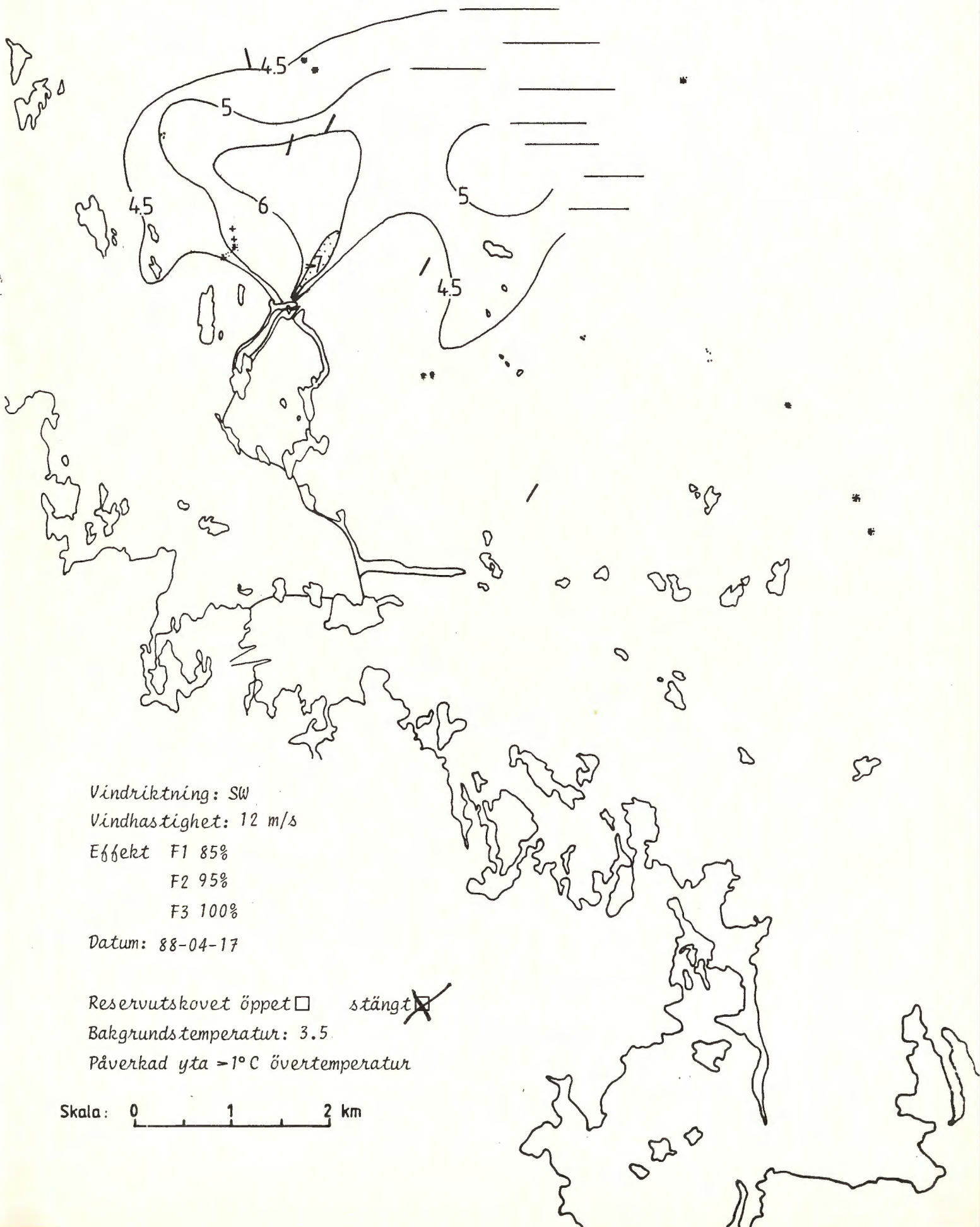


F3





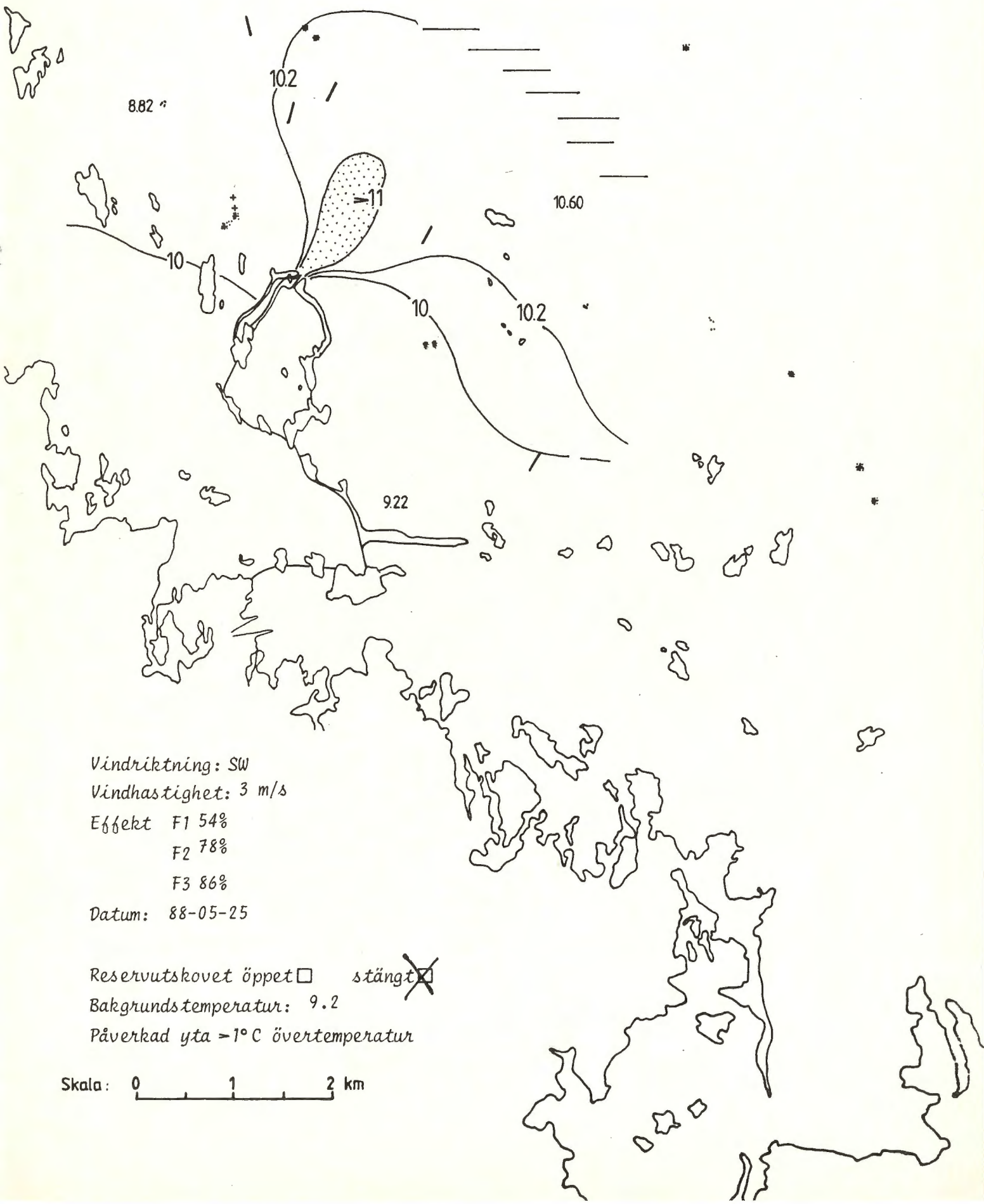
## FORSMARK - TEMPERATURKARTLÄGGNING på 1m djup







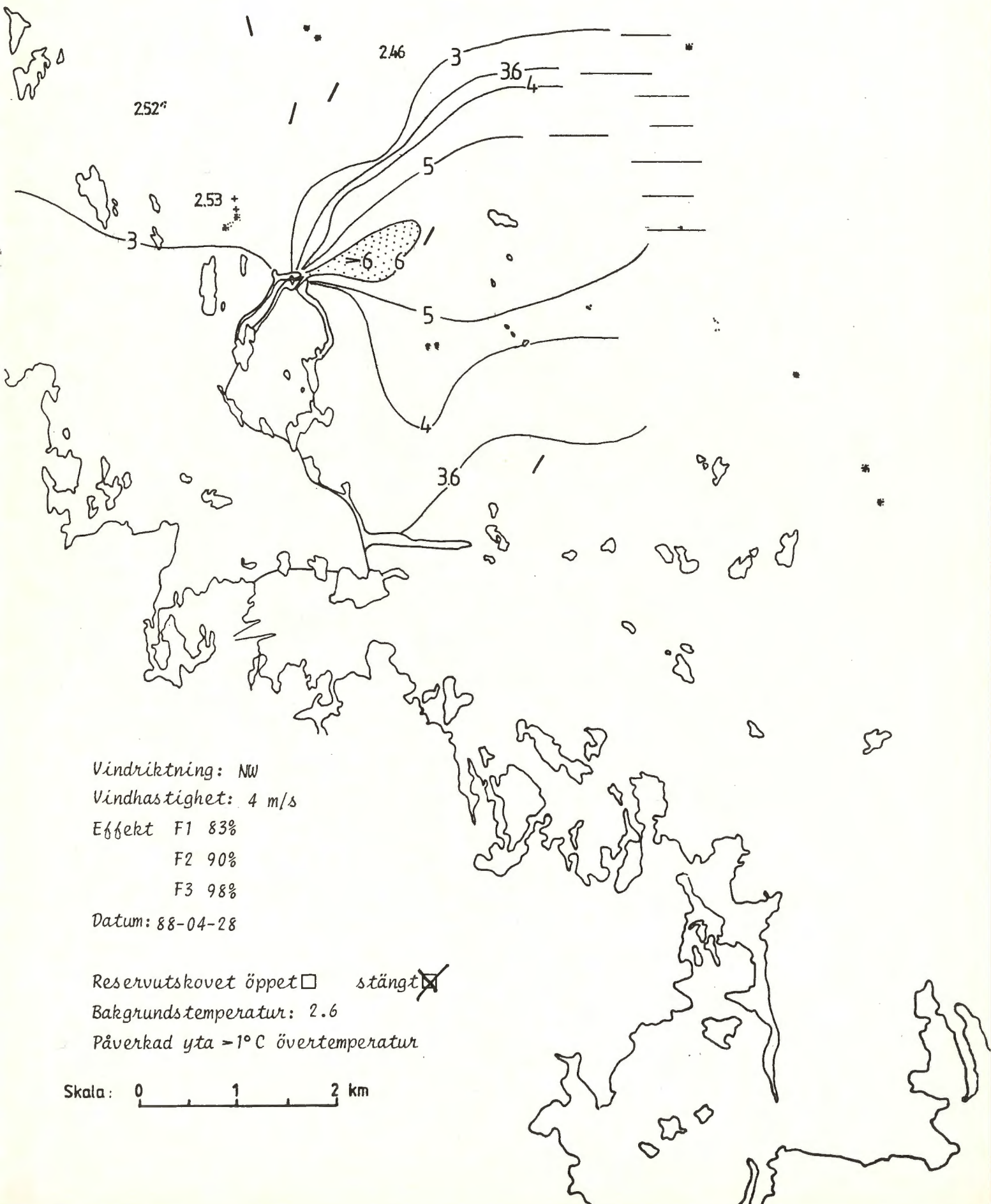
## FORSMARK - TEMPERATURKARTLÄGGNING på 1m djup





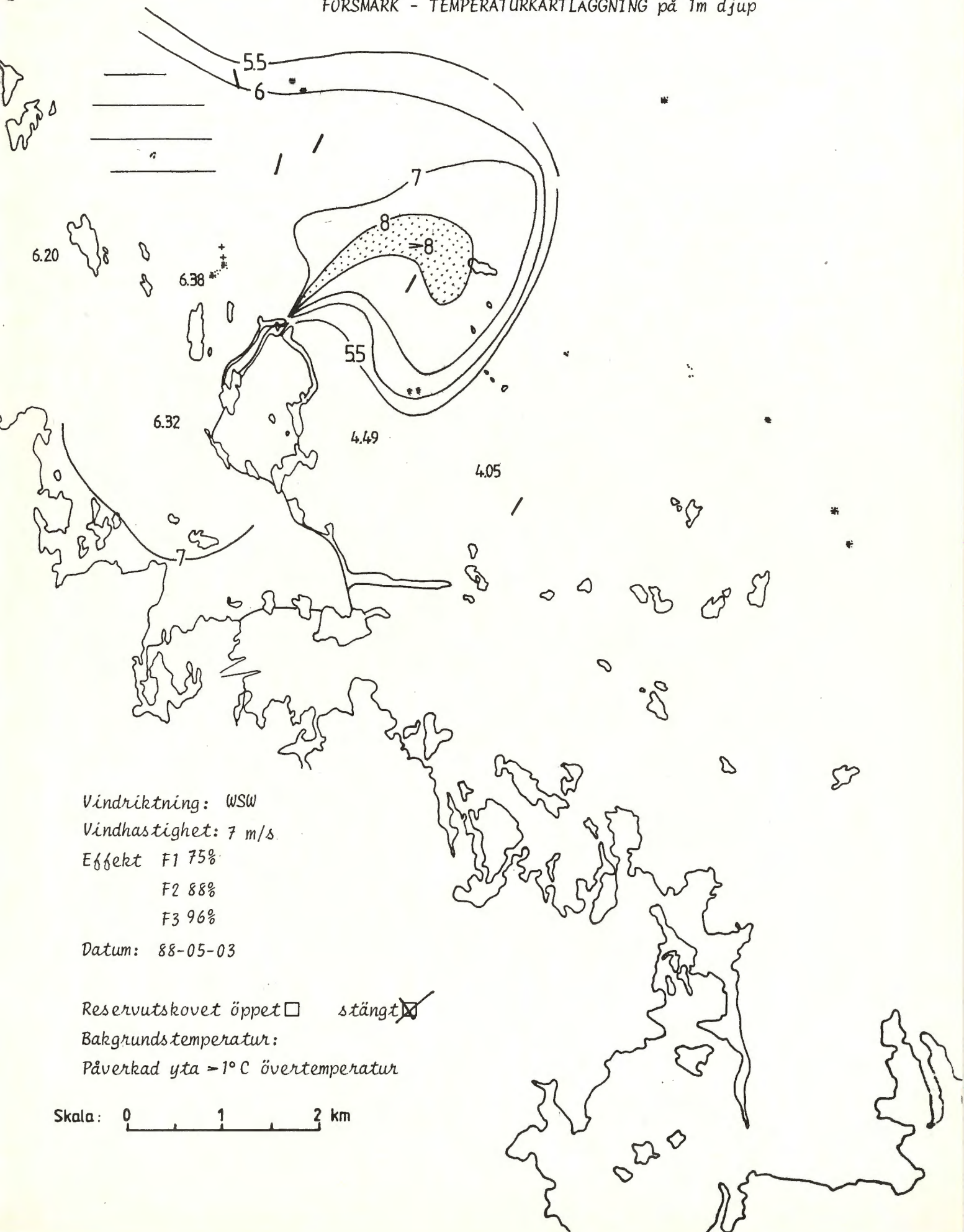
259

## FORSMARK - TEMPERATURKARTLÄGGNING på 1m djup





FÖRSMARK - TEMPERATURKARTLÄGGNING på 1m djup



Vindriktning: WSW

Vindhastighet: 7 m/s

Effekt F1 75%

F2 88%

F3 96%

Datum: 88-05-03

Reservutskovet öppet  stängt

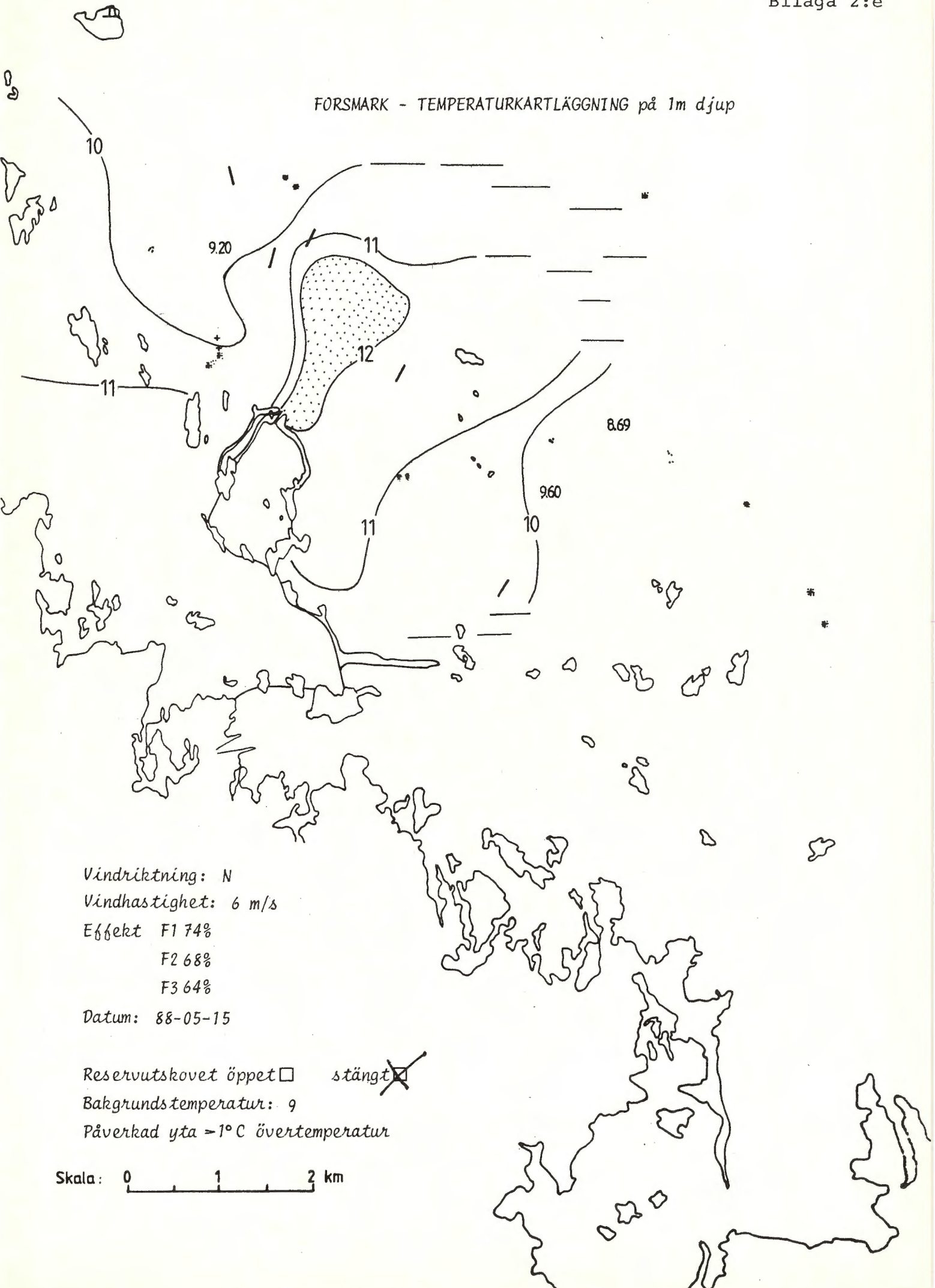
Bakgrundstemperatur:

Påverkad yta >1°C övertemperatur

Skala: 0 1 2 km



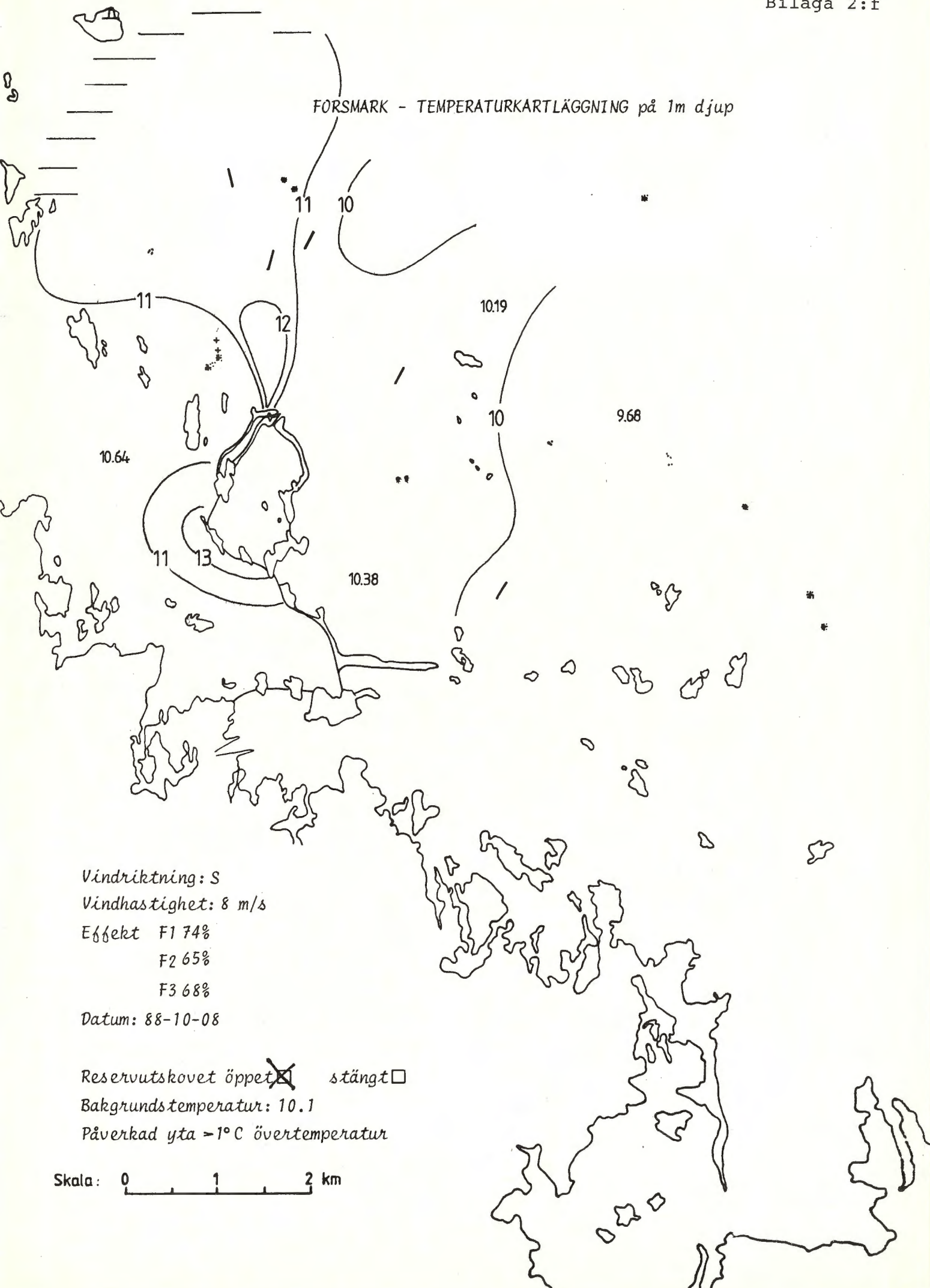
## FORSMARK - TEMPERATURKARTLÄGGNING på 1m djup







FORSMARK - TEMPERATURKARTLÄGGNING på 1m djup



Vindriktning: S

Vindhastighet: 8 m/s

Effekt F1 74%

F2 65%

F3 68%

Datum: 88-10-08

Reservutskovet öppet  stängt

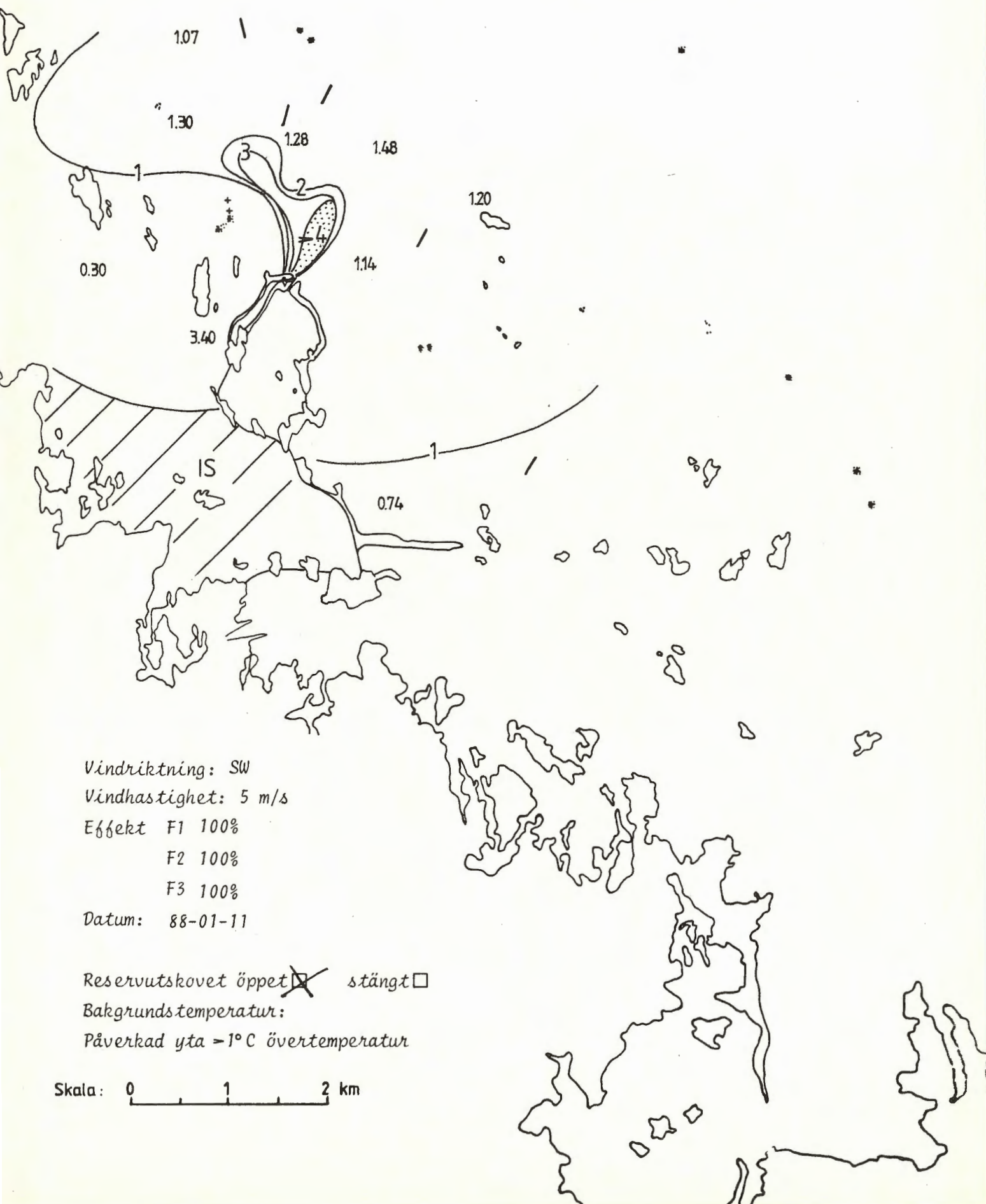
Bakgrundstemperatur: 10.1

Påverkad yta >1°C övertemperatur

Skala: 0 1 2 km



## FÖRSMARK - TEMPERATURKARTLÄGGNING på 1m djup





# TEMPERATURFÖRLOPP VERT S





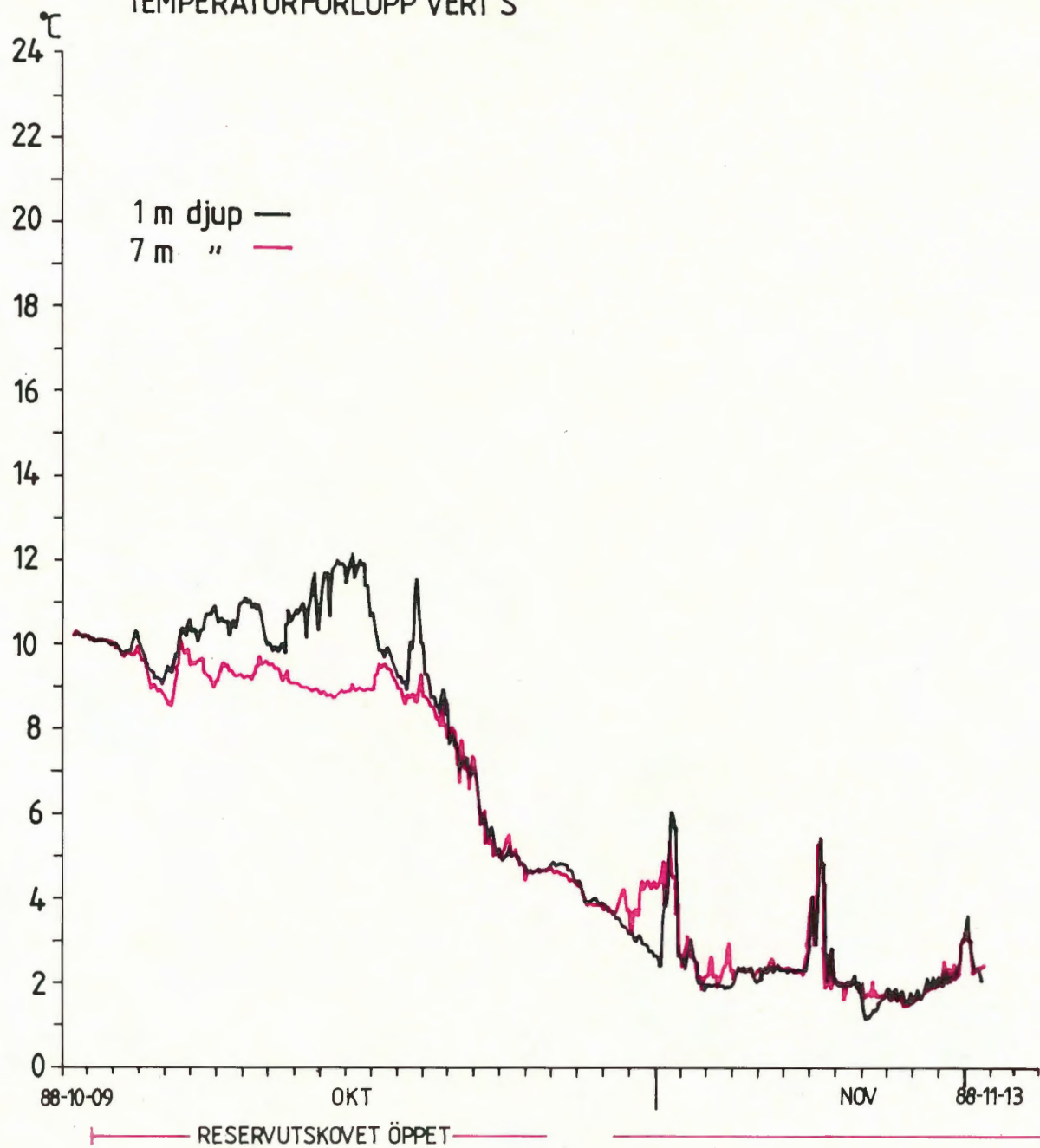
# TEMPERATURFÖRLOPP VERT S



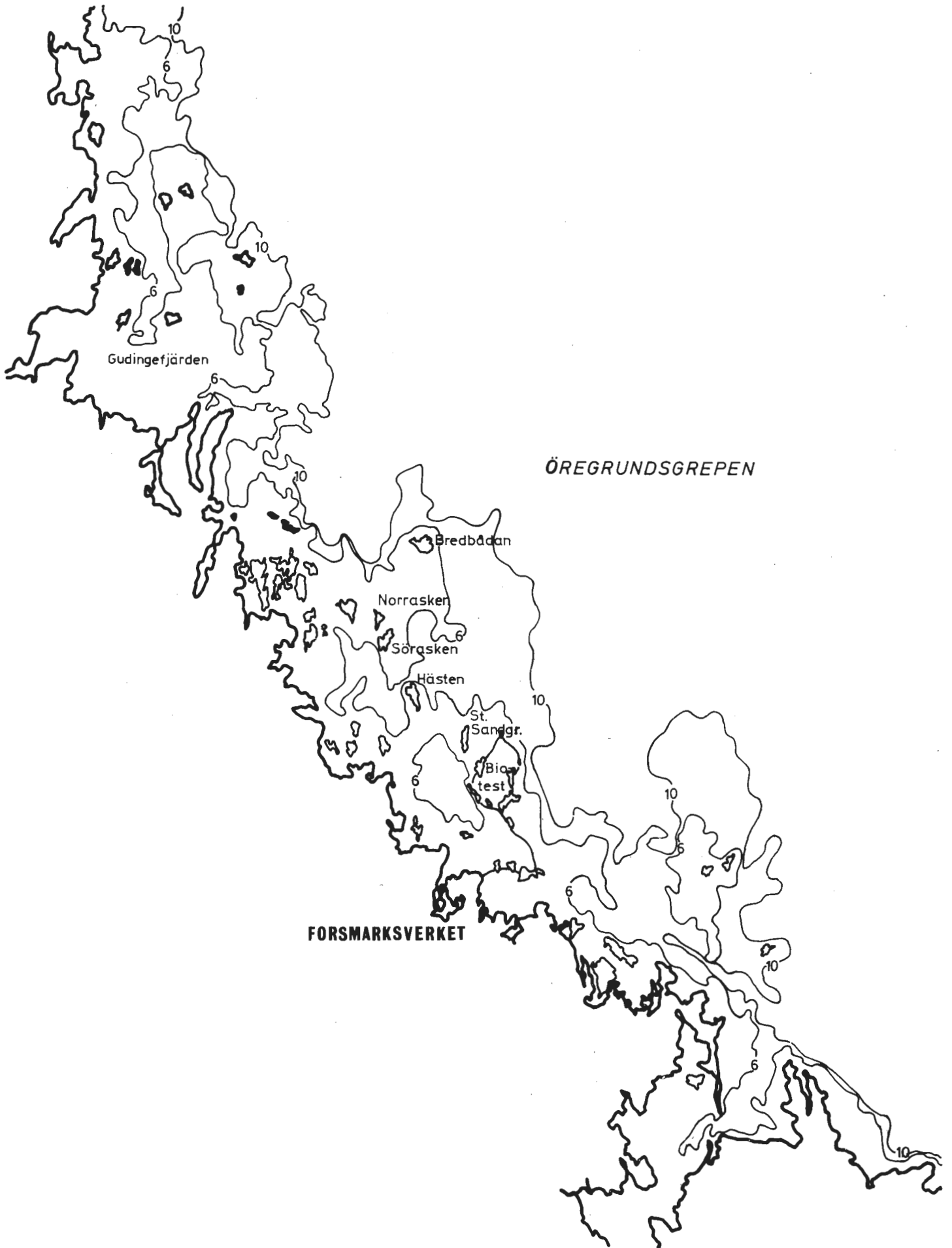




# TEMPERATURFÖRLOPP VERT S









Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut  
601 76 Norrköping. Tel 011-158000. Telex 64400 smhi s.