



RINGHALS

- KYLVATTENUTSLÄPP I HAVET

Slutrapport från oceanografiska undersökningar
utanför Ringhals kärnkraftverk
med fyra aggregat i drift

RINGHALS - KYLVATTENUTSLÄPP I HAVET

Slutrapport från oceanografiska undersökningar utanför
Ringhals kärnkraftverk med fyra aggregat i drift

Per-Olof Skoglund och Carsten Peterson

Tryckt på SMHIs tryckeri
augusti 1988

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

sid

1 SAMMANFATTNING

1

2 UPPDRAGET

3

3 KATTEGATT

5

**4 RINGHALS KÄRNKRAFTVERK;
KYLVATTNET**

8

5 UNDERSÖKNINGARNA - EN TILLBAKABLICK

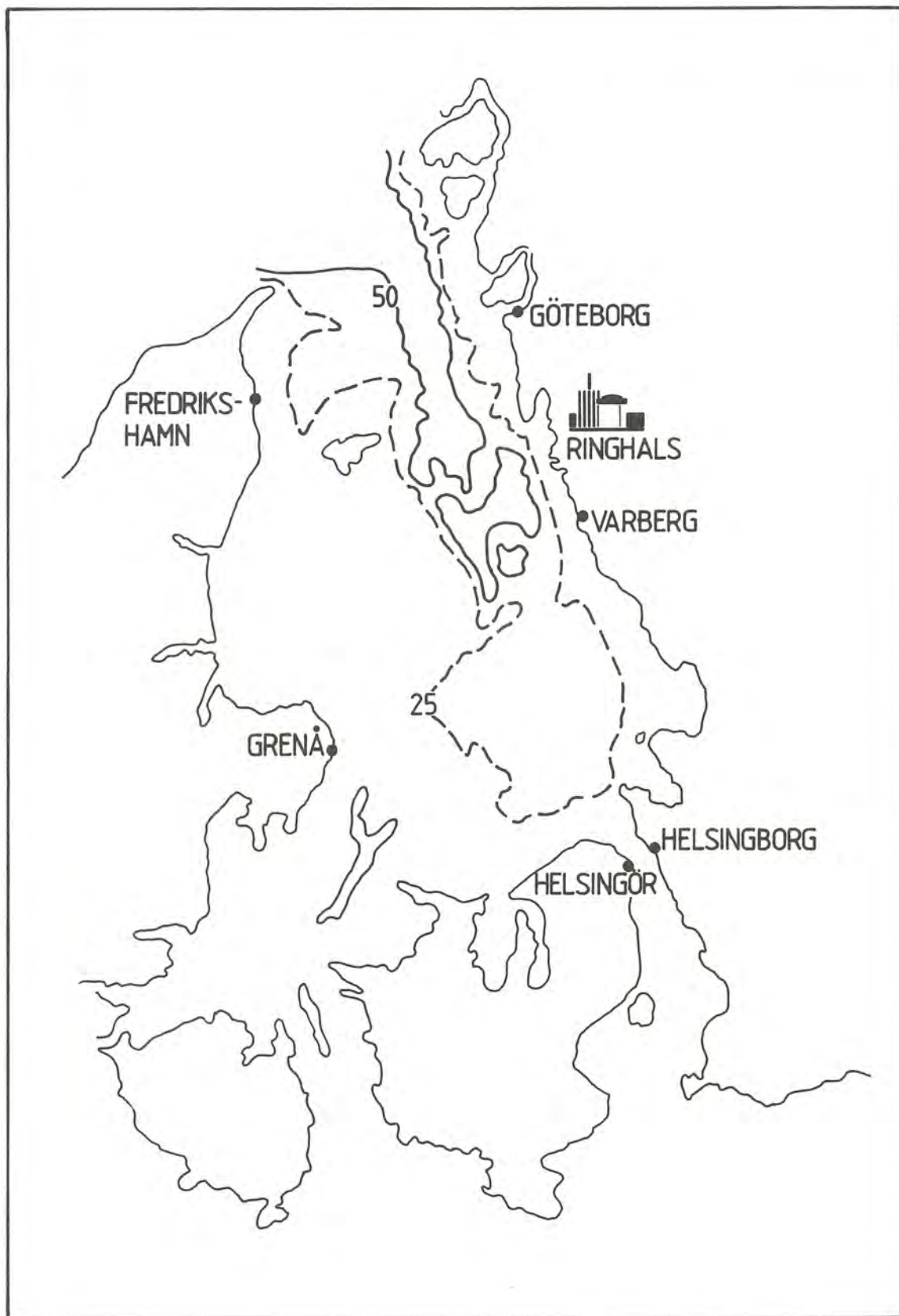
9

6 RESULTATEN

12

7 REFERENSFÖRTECKNING

23



SAMMANFATTNING

Ringhals kärnkraftverk, som är beläget på Väröhalvön i Varbergs kommun i Halland, började byggas år 1969. Kraftverket togs i drift för första gången 1975 och var färdigutbyggt med fyra aggregat hösten 1983.

Oceanografiska undersökningar har bedrivits i vattenområdet utanför Ringhals sedan 1966.

Resultaten från kontrollundersökningar med två block i drift presenterades i en slutrapport 1980.

Denna rapport, som också är en slutrapport, behandlar effekterna med alla fyra blocken i drift. Syftet är att beskriva hur stora ytor som påverkas av kraftverket, hur stora temperaturhöjningar som orsakas samt hur stora de horisontella temperaturskillnaderna är.

Kraftverket släpper vid full drift med fyra block ut 175 m^3 kylvatten per sekund, med en hastighet av 1.6 m/s. Kylvattnet värms upp ca 10°C vid passage genom kraftstationen.

Den totala effekten med alla fyra blocken i full drift är 3380 MW.

För att klarlägga kylvattenutbredningen utanför Ringhals med fyra block i drift har temperaturförhållandena studerats med automatiskt registrerande instrument i ett antal stationer under längre tid. Dessutom har kylvattenplymens utsträckning i horisontell och vertikal led kartlagts från fartyg vid ett antal tillfällen.

På grund av besvärlig issituation under flera vintrar i följd har den planerade mätverksamheten ej kunnat genomföras till fullo.

Undersökningarna visar att området med en övertemperatur på 5°C eller mer har ökar från 0.1 km^2 (två block) till $0.2 - 0.3 \text{ km}^2$ (fyra block). Området sträcker sig ca 800 meter sydvart och ca 350 meter västvärt från utsläppet.

Området som någon gång påverkas av minst 1°C övertemperatur har ökat med ca 30%, sedan ytterligare två block tagits i drift. Med alla fyra blocken i drift är detta område nu ca 16.2 km².

Temperaturdifferenser har beräknats mellan olika stationer: strax utanför utsläppet (Ringhals udde), norr om (Vendelsöfjorden) och söder om (Skomakarnäsan) detsamma. I medeltal var temperaturskillnaden +0.7°C på 0.5 meters djup mellan Ringhals udde och Skomakarnäsan samt +1.3°C mellan Ringhals udde och Vendelsöfjorden. Den maximala temperaturskillnaden uppgick till 9.5°C respektive 8.4°C.

De horisontella temperaturskillnaderna (gradienterna) har beräknats med utgångspunkt från kartläggningarna. I närområdet är den maximala temperaturskillnaden 1.9°C på 100 meter tvärs plymen och i fjärrområdet är maxvärdet 0.9°C/100 meter tvärs och 0.7°C längs plymen.

UPPDRAGET

I en dom den 19 februari 1969 förordnades Statens Naturvårdsverk (SNV) av vattendomstolen vid tingsrätten i Vänersborg att undersöka avloppsutsläppets inverkan på fisket i vattenområdet utanför Ringhals kärnkraftstation.

Domstolen meddelade att plan för bas-och kontrollundersökningarna, ävensom årliga arbetsprogram för undersökningsverksamheten skall uppgöras av Statens Naturvårdsverk och Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut (SMHI) i samråd med sökanden.

Den omedelbara ledningen av verksamheten skall handhas av SNV i samarbete med SMHI. I princip bör därvid SMHI svara för de hydrografiska undersökningarna och SNV för verksamheten i övrigt.

I samma dom meddelades även att SMHI skulle göra kontrollundersökningar av grumling i samband med muddertippning och muddringsarbeten. Dessutom skulle SMHI enligt tidigare i målet givet sakkunnighetsuppdrag utreda utsläppets verkningar genom ökad dimbildning.

Resultaten av undersökningarna skall redovisas till vattendomstolen vid utgången av en prøvotid om fem år, räknat från den dag då första aggregatet tages i drift.



Hallandskust.

Första aggregatet vid Ringhals kärnkraftstation togs i kommersiell drift den 1 maj 1975. Redan under 1974 inledde SMHI kontrollundersökningarna i samband med att kraftstationen sattes i testdrift.

Under ett antal år dessförinnan, med start 1966, hade SMHI undersökt vattenförhållandena utanför det planerade kraftverksläget, för att göra en bedömning av inverkan från utsläpp av uppvärmt kylvatten. Ett flertal rapporter redovisar resultaten från dessa undersökningar.

Grumlingsundersökningarna, som gjordes i anslutning till muddringsarbetena, har beskrivits i en särskild rapport.

Kontrollundersökningar utfördes under åren 1974 - 1979 och avrapporterades varje år. På grund av yttre omständigheter hade inte alla block tagits i drift vid utgången av den fastställda femårsperioden. Undersökningarna fram till 1979 gjordes med endast två block i drift, och en sammanställning av resultaten från dessa år har gjorts i en slutrapport som gavs ut i oktober 1980.

Vattendomstolen förlängde i juni 1983 den föreskrivna prøvotiden till april 1985. I oktober 1984 hemställde SNV om en ytterligare förlängning varvid domstolen beslöt att prøvotiden skulle förlängas till 1 juli 1987.

Denna rapport är en slutrapport för de hydrografiska/oceanografiska undersökningarna i Ringhalsområdet och beskriver konsekvenserna med alla 4 blocken i drift vid kraftstationen.

Hänvisningar till tidigare rapporter görs enligt nummersystemet i referenslistan på sidan 23.

Konsekvenser

Utsläpp av uppvärmt kylvatten från ett kondenskraftverk innebär påverkan av det biologiska livet i havet. Djur- och växtlivet kan på grund av inverkan från kylvattnets utbredning ytmässigt och djupmässigt förändras i det påverkade vattenområdet. Av detta skäl är det viktigt att undersökningarna av de oceanografiska förhållandena utförs i anslutning till undersökningarna av det utsläppta kylvattnets inverkan på ekosystemet.

KATTEGATT

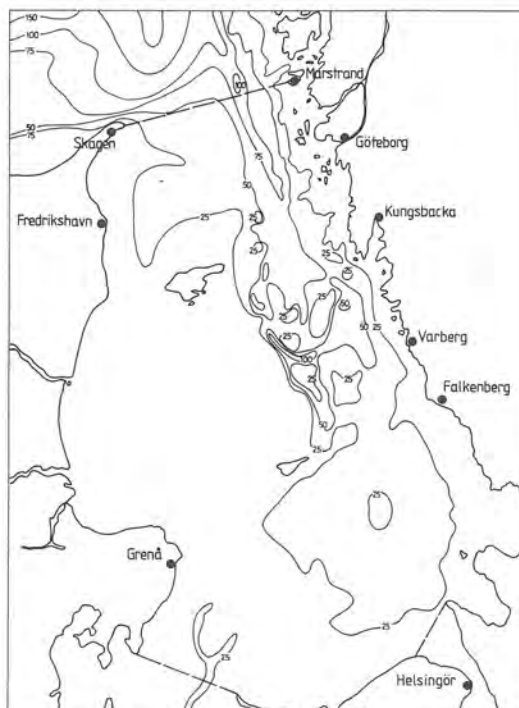
Havet

Kattegatt utgör en del av övergångsområdet mellan Östersjön och Nordsjön. Havet är mycket grunt, med ett medeldjup på 23 meter.

De största djupen återfinns i den östra delen, längs svenska kusten. Här löper Djupa rännan ner från Skagerrak.

I västra delen av Kattegatt, mot den danska sidan, är vattendjupet ringa.

I rapporten "Kattegatt - Havet i väster", skriven av Stig H Fonselius, redogörs mycket uttömmande om Kattegatts hydrografi. Rapporten ingår som delrapport i slutrapporteringen av undersökningarna vid Ringhals.



KATTEGATT-havet i väster

Området utanför Ringhals.

Havet utanför Ringhals utmärks av en stabil salthaltsskiktning. Vanligtvis förekommer två vattentyper med olika salthalt mellan ytan och botten.

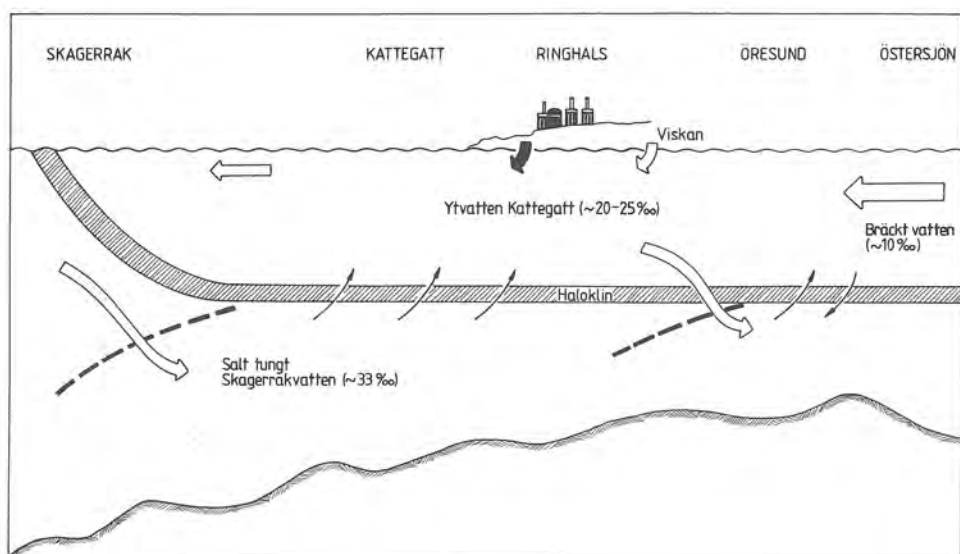


Fig 1. Längdsnitt.

Vattendraget Viskan, som mynnar i Klosterfjorden söder om Ringhals, ger vid tillfällen med sydlig vind och nordgående ström en utsötning i det översta, tunna ytskiktet. Skiljelinjen mellan dessa vattenmassor, salthaltssprångskiktet, ligger ofta mellan 8 och 25 meters djup, och i medeltal på 15 meter.

Vattendrag: VISKAN
Avrinningsområde 2160 km²

period \ m ³ /s	medel	max	min	anmärkning
1909-1987	33	301	1	max 1943 min 1974
1975-1987*	35	209	1	max 1977-11-25 min 1976-08-16

* kontrollperioden

Tabell 1. Viskans vattenföring.

Vattentemperaturen varierar i både vertikal och horisontell led. Vattnet ovanför salthaltssprångskiktet är under sommaren varmare än djupvattnet; under vintern är förhållandet motsatt.

Variationen i ytvattentemperaturen under året ligger mellan -1.5° C och +23° C. Den naturliga horisontella temperaturvariationen i ytvattnet är i allmänhet lägre än 1 grad. De största skillnaderna har uppmätts under vår och höst och har då uppgått till 2 a 3 grader.

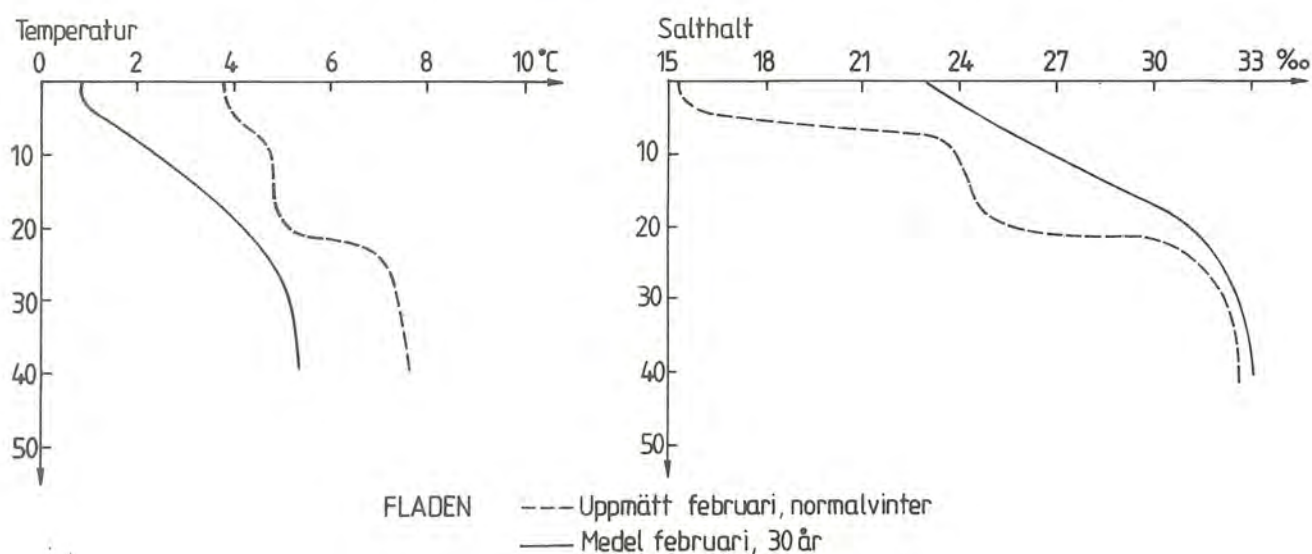


Fig 2. Temperatur och salthalt vid Fladens fyr i Kattegatt, rätt väster om Ringhals.

Strömmen utanför Ringhals är kustparallell, med tendens till virvelbildningar norr om Ringhals udde. Den åstadkommes av lufttrycksskillnader mellan Nordsjön och Östersjön.

I ytskiktet är nordgående ström vanligast, men byte av riktning från nord till syd och vice versa sker ofta, mer än en gång per dygn, till följd av tidvattenvågor.

Strömhastigheterna är relativt höga med maxhastigheter på 75 cm/sek i ytskiktet och 50 cm/sek under språngskiktet.

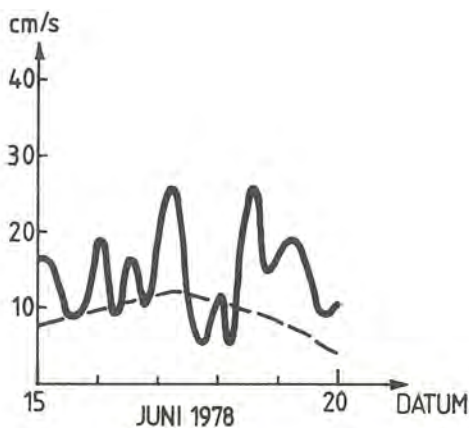


Fig 4. Tidvattenvågor utanför Ringhals. Den streckade linjen anger permanent ström åstadkommen genom lufttrycksvariationer (medelvärden under 72 timmar). Den hel-dragna linjen anger ström orsakad av tidvattenvågor (medelvärden under 6 timmar).

SMHI OCEANOGRAFISKA OBSERVATIONER VID RINGHALS NOV. 1979

DJUP3 METER

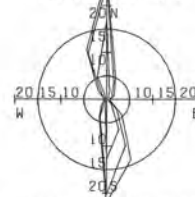
STRÖMROS PROCENT AV TOT ANTAL REG

V>0 CM:S. V>10 CM:S. V>20 CM:S

FREKVENSTABELL

STRÖMRIKTNING

GRADER PROCENT



STRÖMRIKTNING	GRADER	PROCENT
N	0-10	4.0
NNE	10-20	4.4
NNE	20-30	7.7
NNE	30-40	1.1
NNE	40-50	1.1
NNE	50-60	1.1
NNE	60-70	1.1
NNE	70-80	1.1
NNE	80-90	1.1
NNE	90-100	1.1
NNE	100-110	1.1
NNE	110-120	1.1
NNE	120-130	1.1
NNE	130-140	1.1
NNE	140-150	1.1
NNE	150-160	1.1
NNE	160-170	1.1
NNE	170-180	1.1
NNE	180-190	1.1
NNE	190-200	1.1
NNE	200-210	1.1
NNE	210-220	1.1
NNE	220-230	1.1
NNE	230-240	1.1
NNE	240-250	1.1
NNE	250-260	1.1
NNE	260-270	1.1
NNE	270-280	1.1
NNE	280-290	1.1
NNE	290-300	1.1

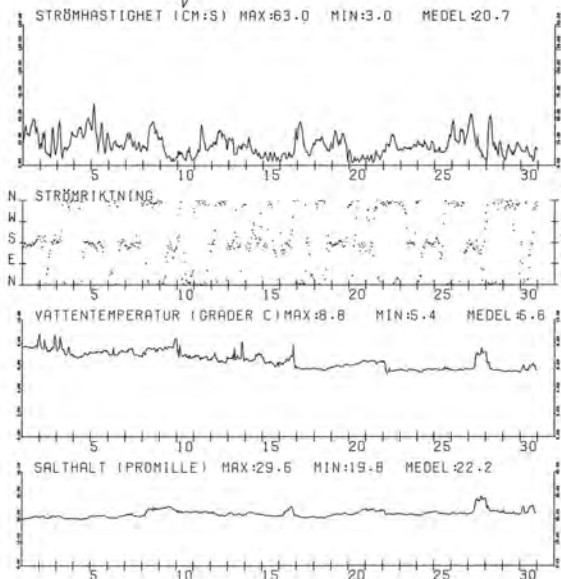


Fig 3. Månadsblad för ström- och skiktningsobservationer vid Ringhals.

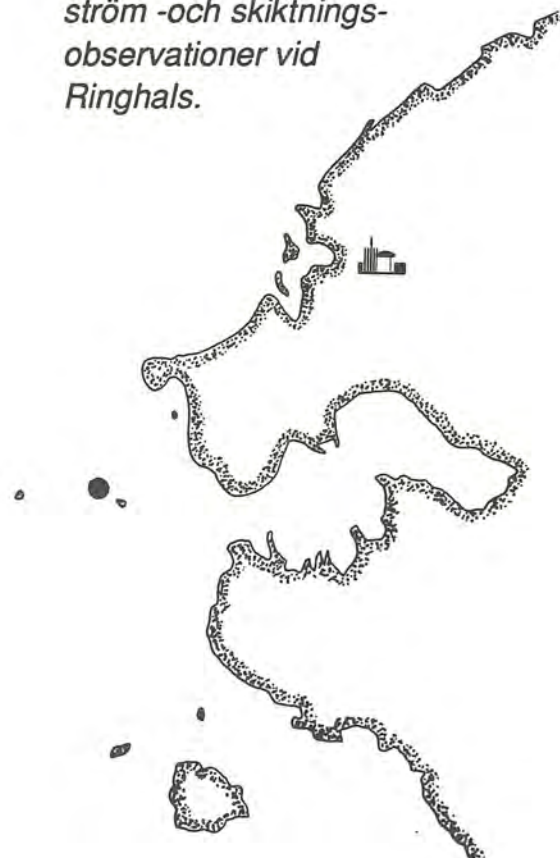


Fig 5. Mät punkt för ström.

RINGHALS KÄRNKRAFTVERK - KYLVATTNET

Ringhals kärnkraftverk är beläget på Väröhalvön strax norr om Båtfjorden i Varbergs kommun i Halland.

Kraftverket har fyra block för elproduktion, av vilka ett har en kokvattenreaktor och de övriga tre har tryckvattenreaktorer.

Verket började byggas år 1969 och togs i drift för första gången år 1975, då block 2 var färdigt. De övriga blocken togs i drift 1976, 1981 och 1983.

Den totala effekten med alla fyra blocken i full drift är 3380 MW.

Kraftverkets kylvattenintag är beläget i Vendelsöfjorden vid Stenskär, medan kylvattenutsläppet mynnar i grundområdet vid Stalpeskären, söder om Ringhalsudde.

Djupet i södra Vendelsöfjorden är omkring 17 meter, medan det uppe i den norra delen, innanför Vendelsö, endast är mellan 4 och 7 meter djupt.

Strax söder om utsläppet mynnar Båtfjorden och där utanför finns några mindre öar och skär. Vattendjupet i detta område är omkring 14 meter.

Längre sydvart, nedanför Skomakarnäsan finns några större öar.

Kylvattnet från Ringhalsverket släpps ut genom en tunnel nära stranden, söder om Ringhalsudde, i en sydlig riktning.

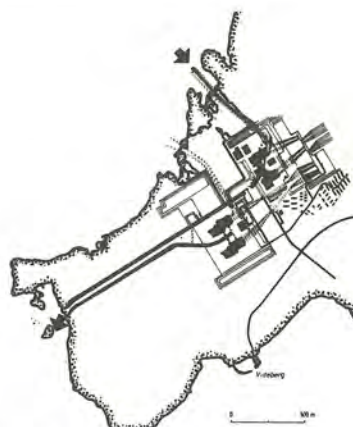


RINGHALS KRAFTSTATION

Drift - block 1 och 2 i funktion sedan hösten 1974
- block 3 och 4 i funktion sedan hösten 1983

Maximal elektrisk effekt	- 3380 MW
Kylvattenflöde	- 175 m ³ /s
Kylvattnets utsläppshastighet	- 1.6 m/s
Kylvattentemperatur	- ca 10° C över naturlig havsvattentemperatur

Areor i utsläppskulvert: blocken 1+2 = 49 m²; 3+4 = 58 m²



UNDERSÖKNINGARNA - EN TILLBAKABLICK

Undersökningarna i vattenområdet utanför Ringhals påbörjades under sommaren 1966 och pågick i ett första skede under ca 2 1/2 år. Det var ett förordnande från Västerbygdens vattendomstol som låg till grund för undersökningarna, och resultaten av dessa skulle mynna ut i en bedömning av inverkan på vattenförhållandena av Ringhals kraftstation.

I ett stort antal stationer gjordes mätningar av ström, salthalt, temperatur och grumlighet för att ge baskunskaper om de oceanografiska förhållandena i närområdet inför den planerade lokaliseringen. En kompletterande utredning i form av en spårämnesundersökning gjordes i slutet av 1967, för att få grepp om de naturliga blandningsförloppen i området.

Grumlingsförhållandena utanför kraftverksläget undersöktes mellan 1967 och 1971. Resultaten från dessa undersökningar redovisades i en särskild rapport.

Efter domen i vattendomstolen i februari 1969 påbörjades omfattande basundersökningar av ström-, temperatur- och skiktningförhållanden utanför Ringhals. Avsikten med dessa var att samla in data för en framtida jämförelse med data från då kraftverket tagits i drift och uppvärmt kylvatten påverkar området.

Basundersökningarna pågick från maj 1970 till november 1974 och innehöll, förutom automatisk registrering av vattentemperaturen från ytan till botten i ett antal mätstationer, ett stort antal synoptiska kartläggningar av ytskiktets temperatur i kustområdet vid Ringhals.

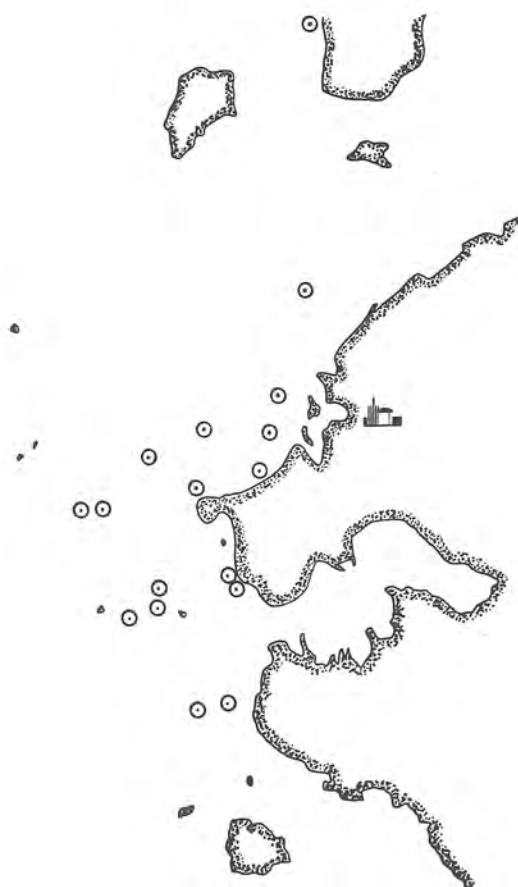


Fig 6. Mätvertikaler under bas- och kontrollperioderna.

Det första blocket vid Ringhals kraftverk togs i drift år 1975. Redan under 1974 inleddes kontrollundersökningarna i samband med stationens testdrift. Dessa undersökningar fortsatte under de kommande åren fram till 1979, och resultaten avrapporterades årligen.

Kylvattensspridningen i Ringhalsområdet med två block i drift behandlas i rapporten "Kylvattnet från Ringhals", som är en sammanfattning av fem års kontrollundersökningar.

Under kontrollperiodens andra del, dvs då fyra block var i drift, har undersökningar av kylvattensspridningen gjorts periodvis under åren 1984-1986.

Driften vid Ringhalsverket har ej någon gång uppgått till 100% av full drift med fyra block. I skriftväxling mellan Statens Vattenfallsverk och Vattendomstolen (Brev från Vattenfall till Vattendomstolen 1987-04-22, Dnr A 18/67, aktbil. 229) anger Vattenfall att 75% av full drift med alla fyra block skall vara representativt för full drift vid Ringhals kraftstation.

I figur 7 nedan redovisas verkets drift under åren 1983-1986.

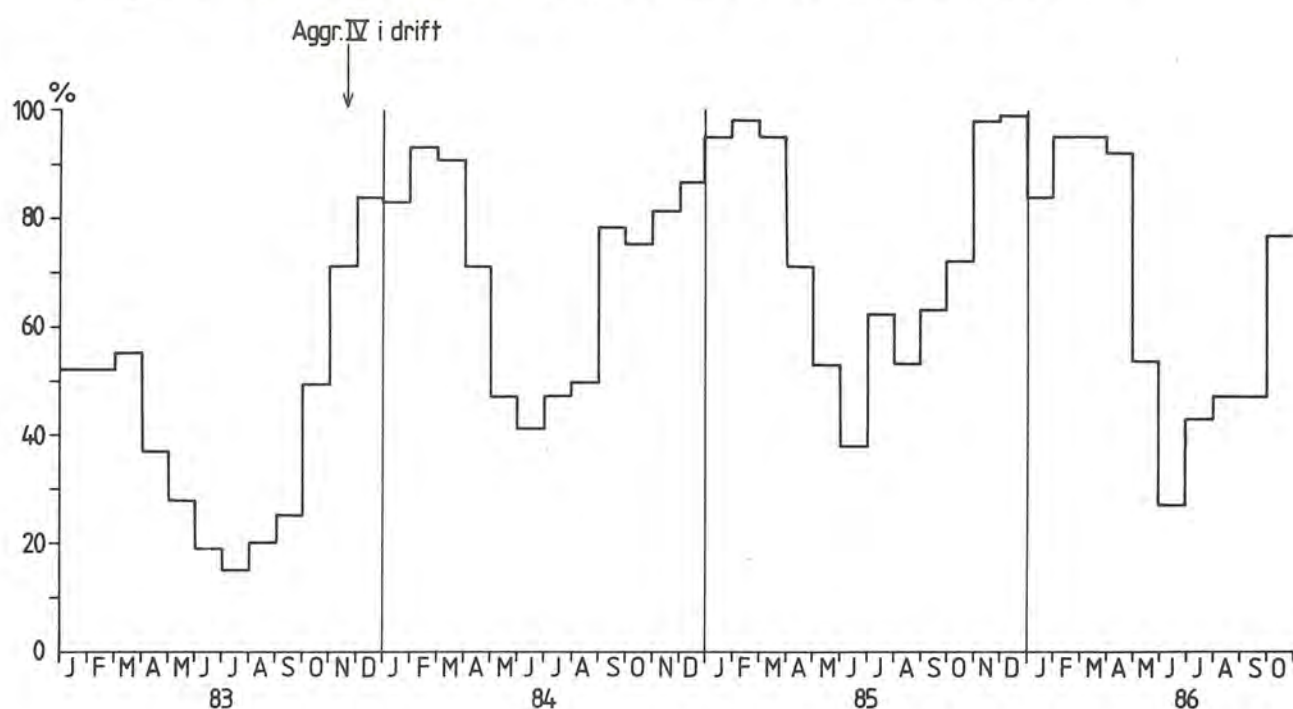


Fig 7. Driften vid Ringhals kraftstation 1983 - 1986; 4 block i drift.

På grund av den besvärliga issituationen under vintrarna 84-85, 85-86 och 86-87 kunde mätverksamheten inte genomföras i den utsträckning som var planerad.

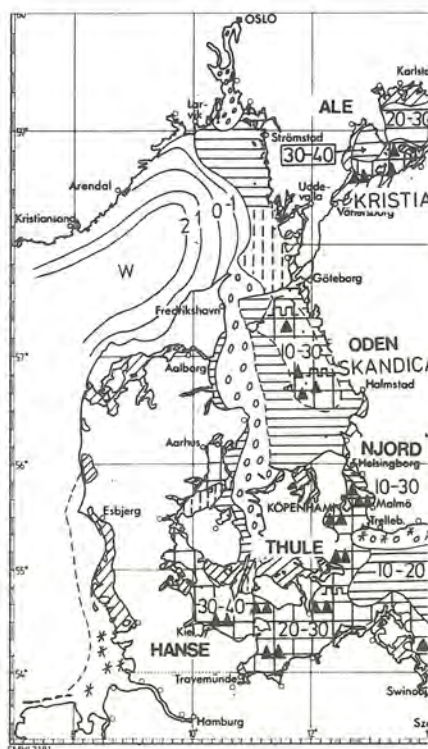


Fig 8. Isläget feb. 1985
Maximal isutbredning
84-85



Fig. 9 Isläget feb. 1986
Maximal isutbredning
85-86

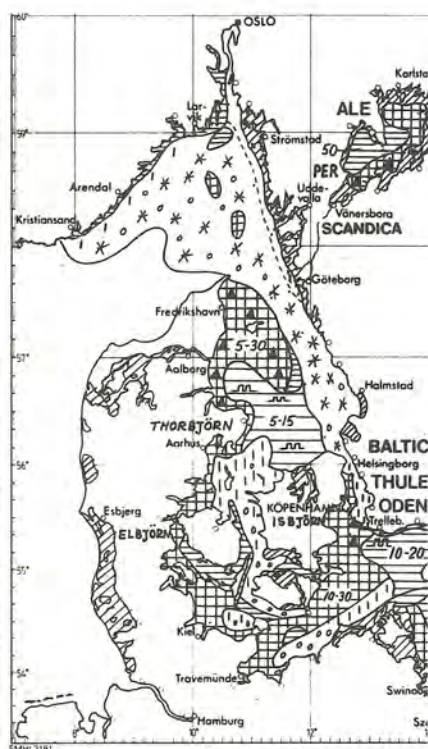


Fig 10. Isläget mars 1987
Maximal isutbredning
86-87

*

I det följande redovisas resultaten från undersökningarna med alla fyra blocken i drift (75% och däröver).

Svar ges på frågeställningarna:

- Hur stora ytor påverkas av kylvattnet?
- Hur stora temperaturhöjningar orsakas av kraftverket?
- Hur stora är de horisontella temperaturskillnaderna (-gradienterna)?

RESULTATEN

Kylvattenutbredning

För att klarlägga kylvattenutbredningen utanför Ringhals med fyra block i drift, gjordes under vintern 1984-85 en undersökning av temperaturförhållandena i åtta mätpunkter (se karta i fig 11). Inriktningen var att studera såväl horisontell som vertikal påverkan.

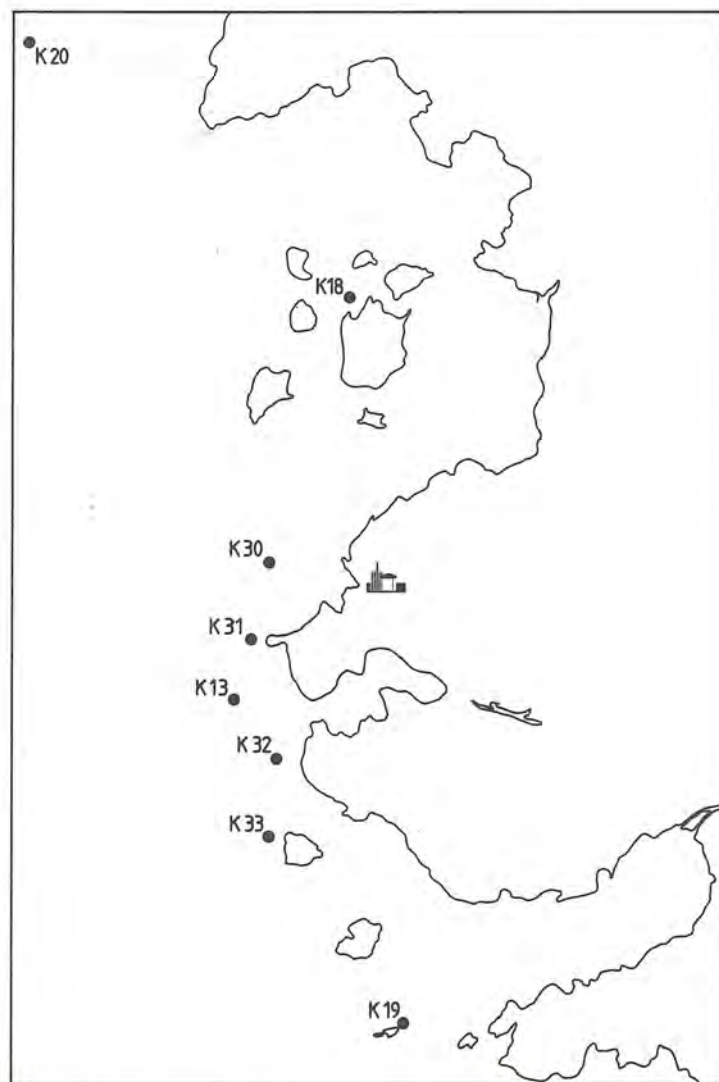


Fig 11. Mätpunkter för automatiskt registrerande instrument

I april 1986 gjordes sex temperaturkartläggningar från fartyg. Kylvattenplymens utsträckning i horisontell och vertikal led kartlades genom att under gång kontinuerligt registrera ytvattentemperaturen samt att i ett stort antal stationer mäta temperaturen och salthalten från yta till botten.

Med ledning av dessa undersökningar konstaterades att området nära utsläppet, med en övertemperatur på 5°C eller mer (närområdet), hade ökat i storlek efter det att ytterligare två block tagits i drift. Ytan på detta område uppskattas nu till 0.2 - 0.3 km², och sträcker sig ca 800 meter sydvart och ca 350 meter västvert från utsläppet.

En strömning för att kompensera borttransporten av det uppvärmda kylvattnet sker in mot utsläppspunkten, alldeles söder om Ringhals udde.

Med två block i drift uppskattades ytan av närområdet till 0.1 km².

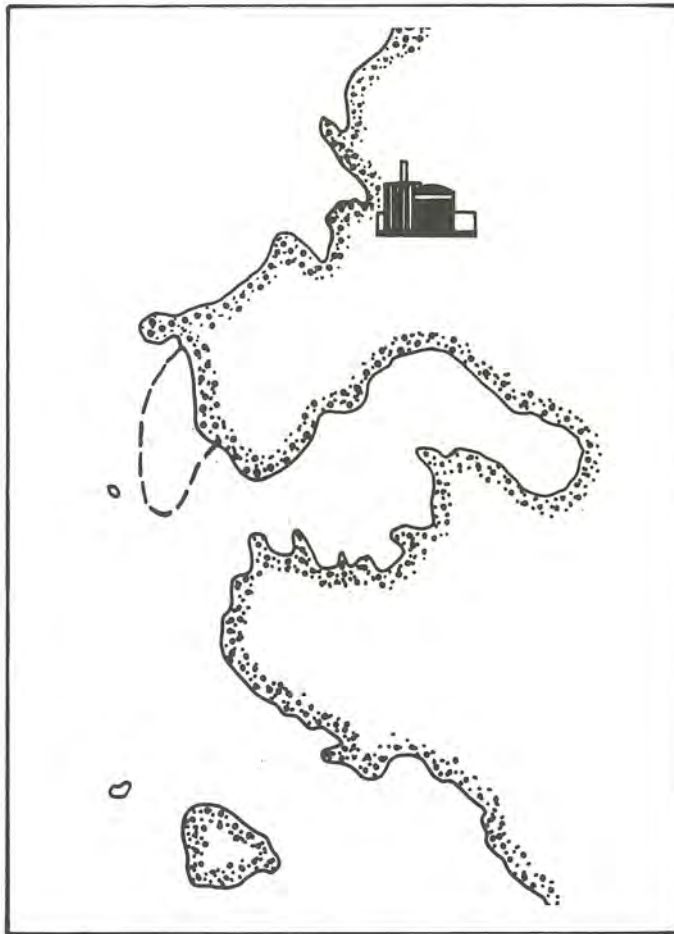


Fig 12. Området med 5° C eller mer övertemperatur (närområdet).

Rörelseenergin hos det utsläppta kylvattnet avtar med avståndet från utsläppsplatsen. Den kan anses förbrukad mellan 500 och 1000 meter från utsläppet.

Efter utsläppet blandas kylvattnet med det kallare havsvattnet, samtidigt som värmeavgivning sker till atmosfären. Intensiteten i blandningsförloppet påverkas av meteorologiska och oceanografiska förhållanden, såsom vind, avdunstning, in- och utstrålning, strömmar och vågor.

Genom sammanställning av temperaturmätningarna från april 1986, har ett område som någon gång påverkats av minst 1°C övertemperatur bestämts. Jämfört med då endast blocken 1 och 2 var i drift har arean av detta område ökat med ca 30%, till 16.2 km^2 .

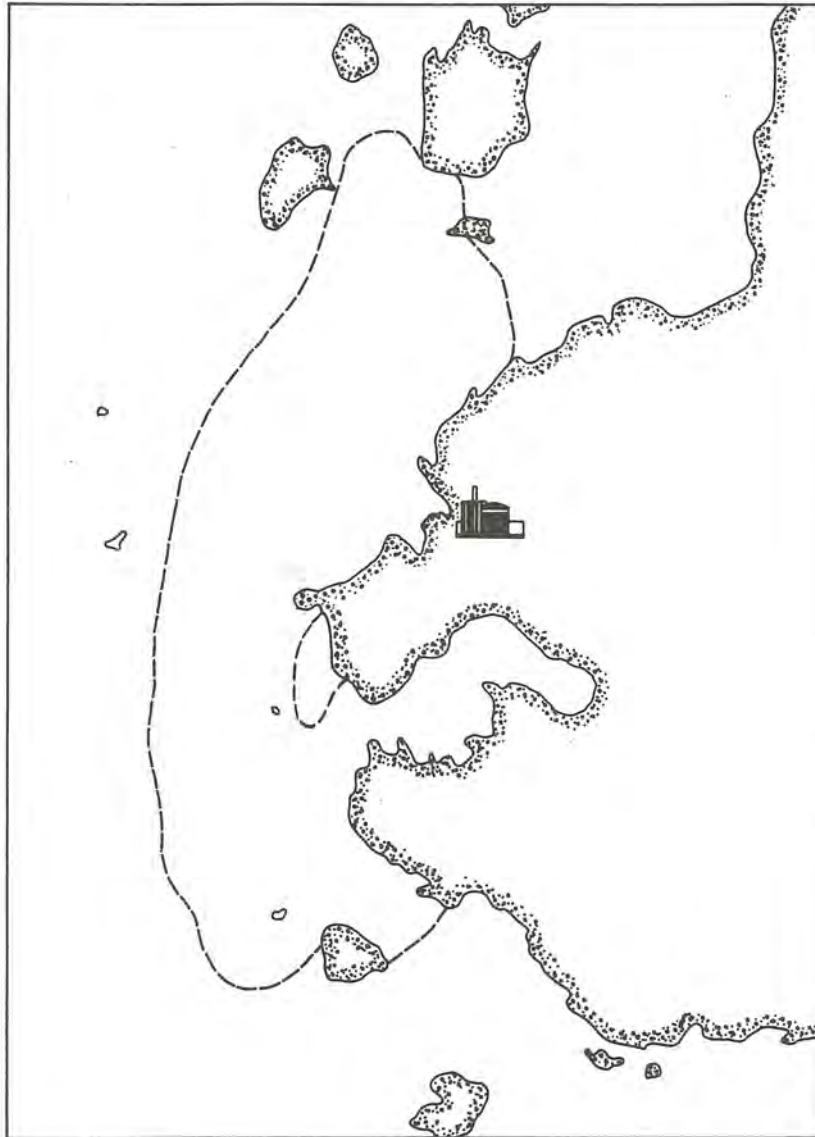


Fig 13. Området med 1°C eller mer övertemperatur (fjärrområdet).

Temperaturkartläggningarna under våren 1986 bekräftar de tidigare resultaten från drift med två block.

På de följande sidorna visas kylvattensspridningen vid de enskilda karteringarna 1986.

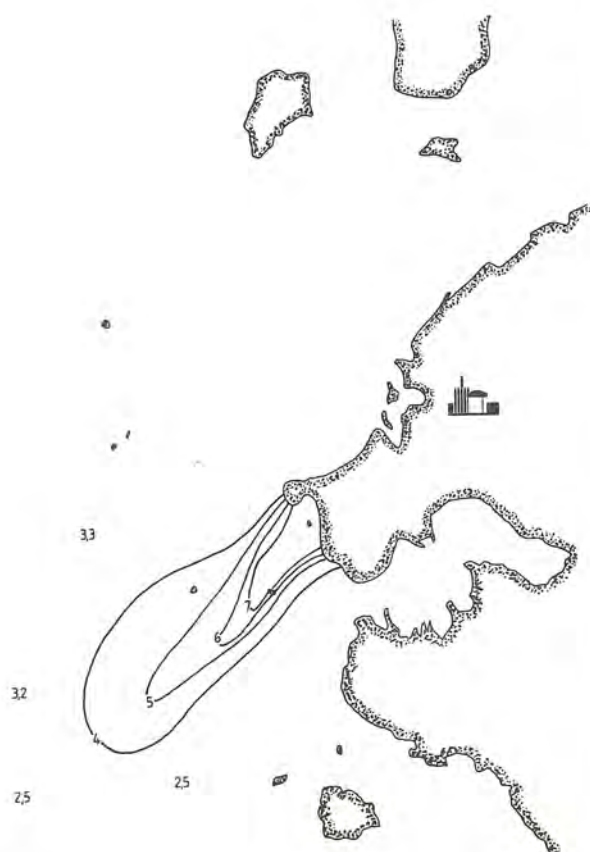


Fig 14. Temperaturkartläggning
86-04-10. NE 12 m/s

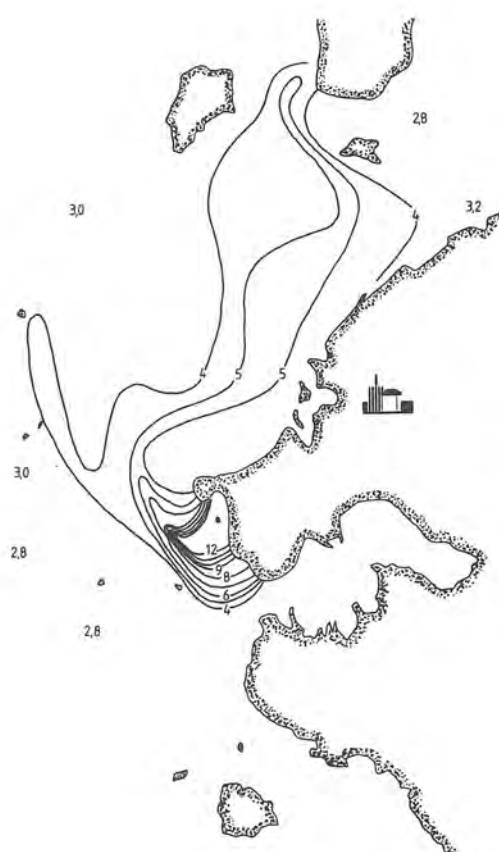


Fig 15. Temperaturkartläggning
86-04-15. E 8 m/s

Datum	I	II	III	IV	effekt av tot.
86-04-10	710	635	915	915	94% (3175)
86-04-15	700	635	915	910	94% (3160)
86-04-16	700	635	915	895	93% (3145)
86-04-22	670	635	910	850	91% (3065)
86-04-23	650	635	905	840	90% (3030)
86-04-24	650	635	900	830	89% (3015)

Total effekt med alla fyra blocken i drift är 3380 MW.

Tabell 2. Ringhalsverkets drift vid
temperaturkartläggningarna i april 1986.

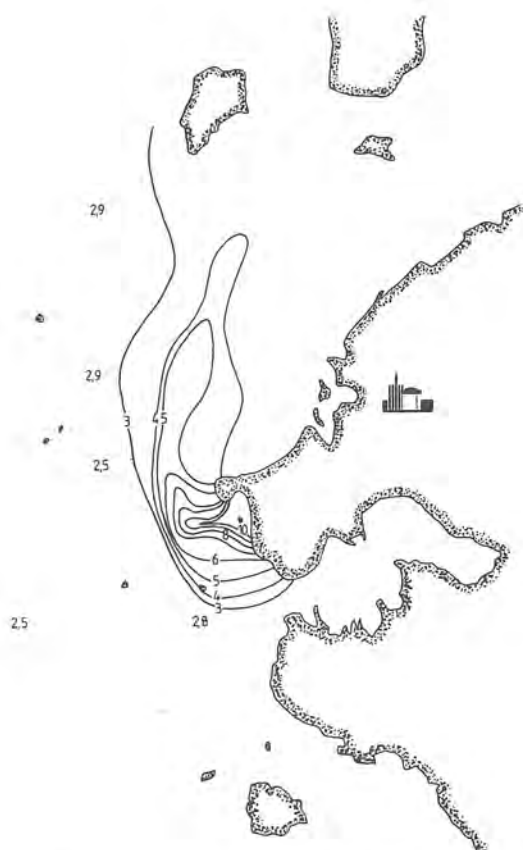


Fig 16. Temperaturkartläggning
86-04-16. E 10 m/s

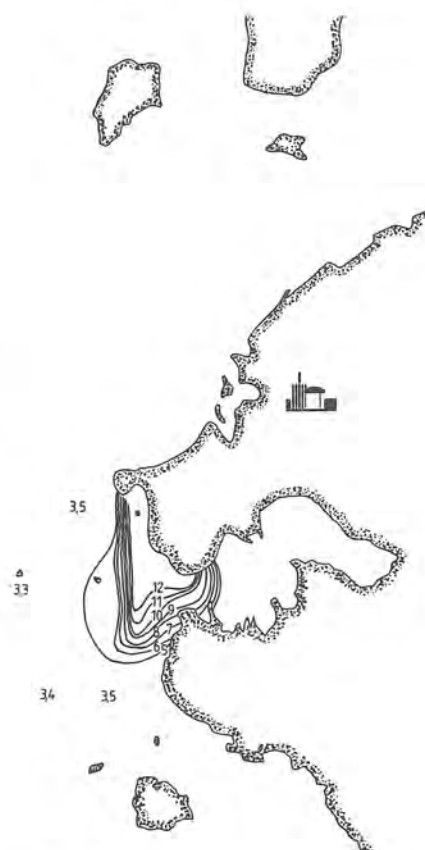


Fig 17. Temperaturkartläggning
86-04-22. S 4 m/s

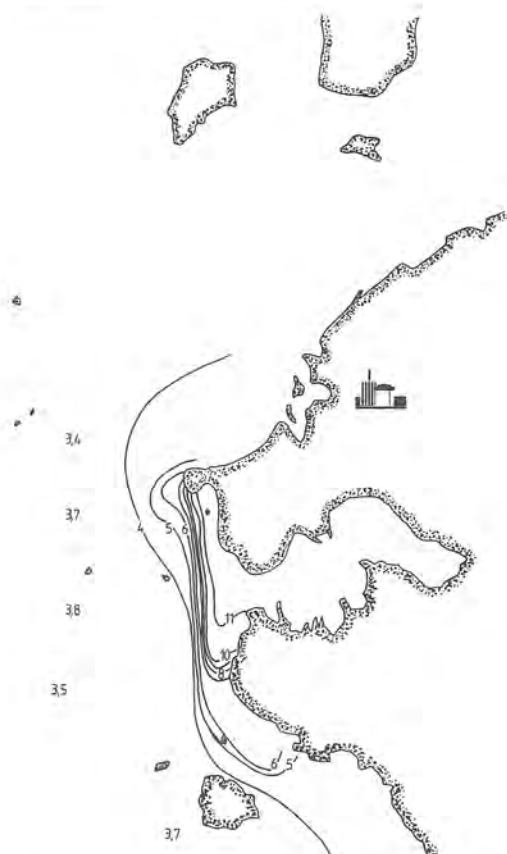


Fig 18. Temperaturkartläggning
86-04-23. S 2 m/s

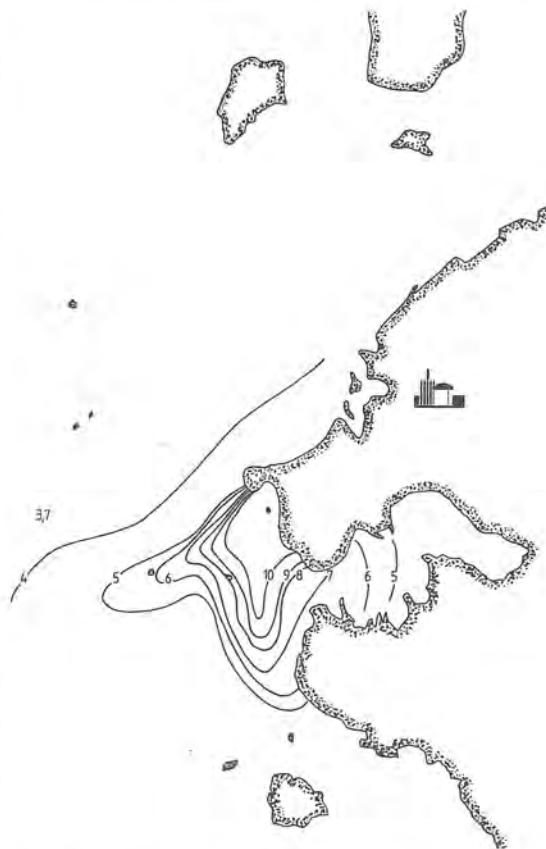


Fig 19. Temperaturkartläggning
86-04-24. Lugnt.

De faktorer som i första hand påverkar spridningsbilden är vind och ström.

Vertikala mätningar som företagits i samband med kartläggningarna våren 1986 visar att kylvattnet kan tränga ner till mellan 10 och 15 meters djup i den centrala delen av det område som omsluts av 1° C isotermen.

Salthaltsskillnaderna är mindre i vattenmassan under vinter och vår jämfört med sommar och höst. Detta innebär att sannolikheten för nerträngning till djupare nivåer är större under vinter och vår.

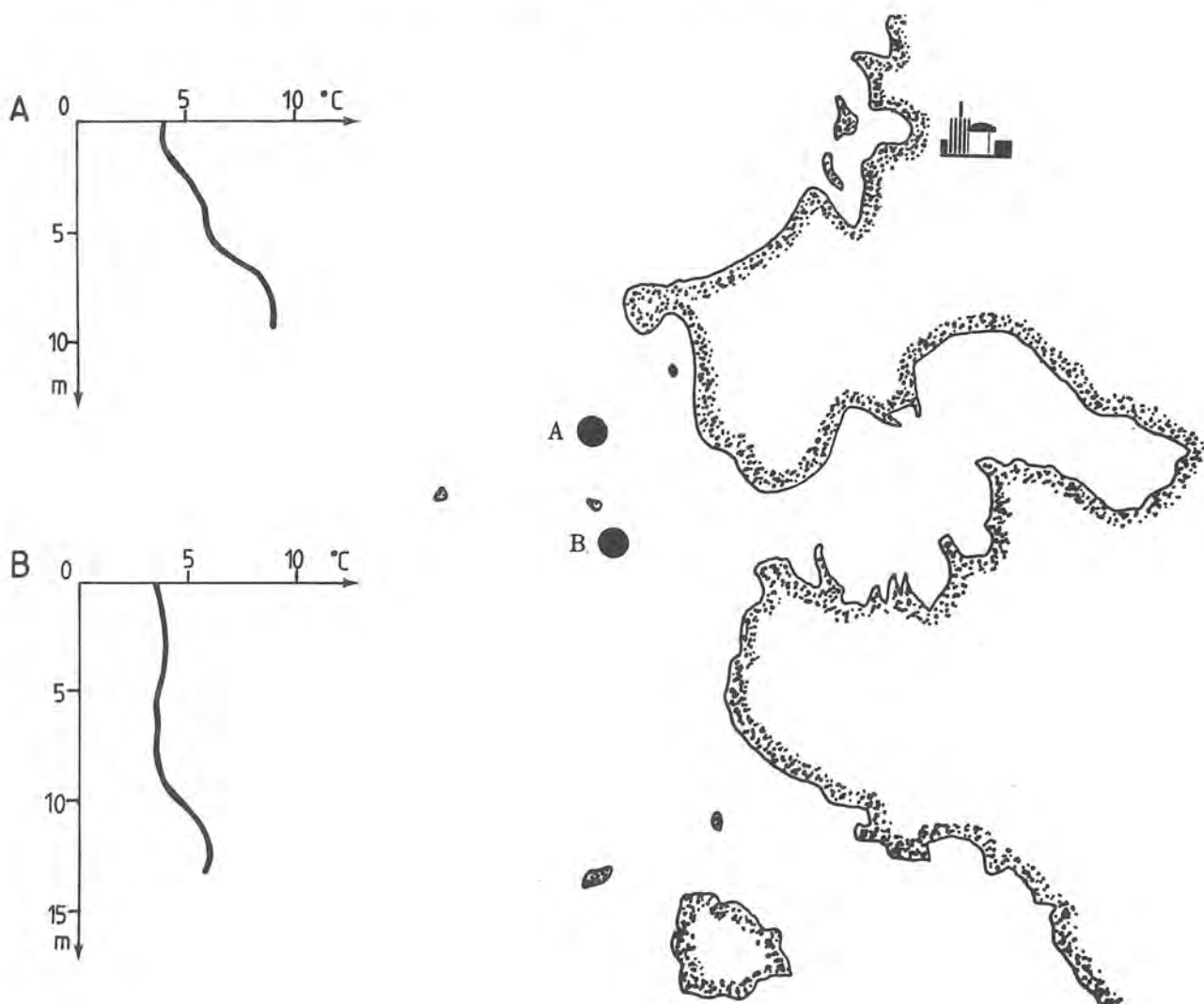


Fig 20. Exempel på vertikala temperaturmätningar utanför Ringhals.

TEMPERATURFÖRLOPP

En analys av temperaturdata från 0.5 och 10.5 meters djup från de automatiskt registrerande temperaturmätarna utanför kraftverket, (vid full drift), visar kylvattenplymens rörelser i tiden.

Av figur 21 nedan framgår att det förekommer en väl utvecklad sydgående kylvattenplym under den 21 och 22 december. Övertemperaturen vid Skomakarnäsan är 4.5°C .

Efter ett snabbt vändskede sprider sig kylvattnet nordvärt. Under 6 dagar är kylvattenplymen nordlig och når sitt maximum den 28, då de båda mätstationerna vid Ringhals udde och i Vendelsöfjorden är påverkade med en övertemperatur av 5.4°C respektive 3.7°C .

Under de följande dagarna varierar kylvattenplymens riktning mellan nord och syd.

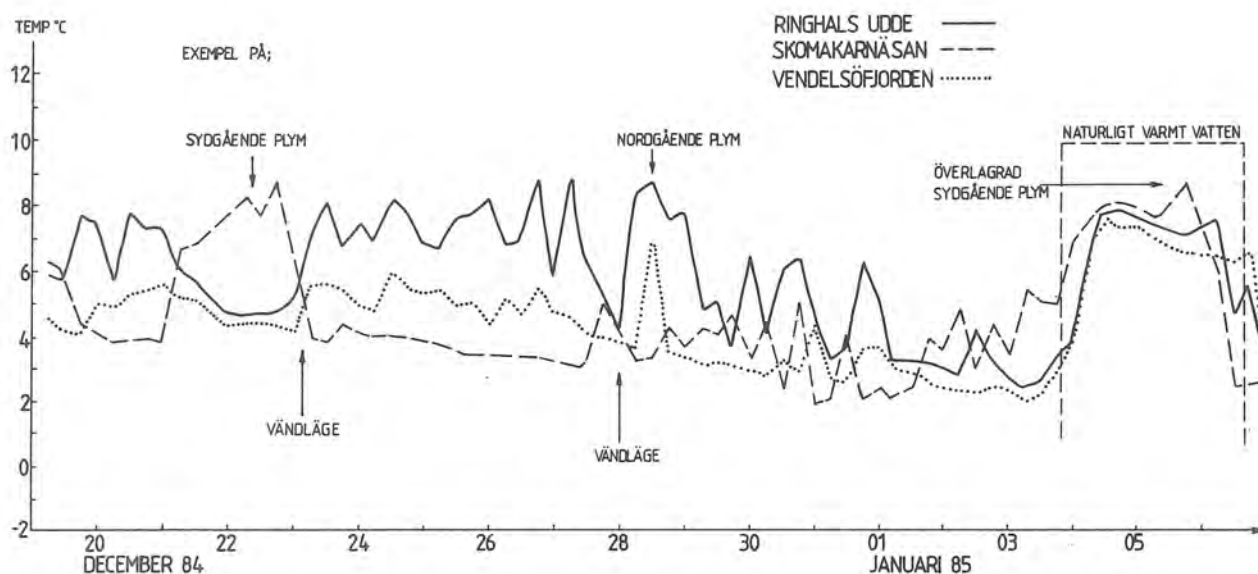


Fig 21. Temperaturförlopp på 0.5 meters djup.

Den 3 januari sker ett inbrott av varmt vatten. Temperaturen på 0.5 meters nivån höjs hastigt i samtliga mätstationer. Det sker en ökning av temperaturen från ca 3.0°C till ca 7.5°C , dvs en uppgång med 4.5°C . Denna temperaturhöjning består i åtminstone 48 timmar.

I figur 22, som visar temperaturförloppet på 10.5 meters djup, kan inte någon entydig påverkan från kraftverket utläsas under perioden fram till den 3 januari 1985. Skillnaderna i temperatur mellan de olika mätstationerna är relativt små.

Inbrottet av varmt vatten, som registrerades på 0.5 meters nivån, är lika entydigt på 10.5 meter.

Denna temperaturhöjning är av samma storleksordning och jämförbar med temperaturhöjningar orsakade av kraftverket.

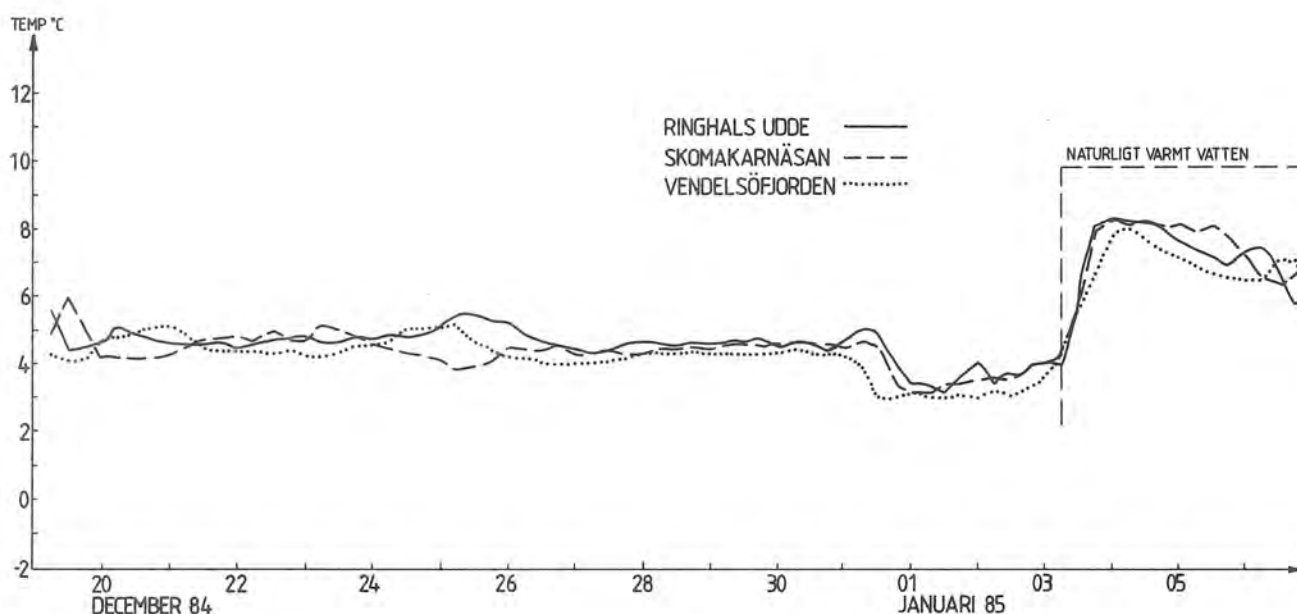


Fig 22. Temperaturförlopp på 10.5 meters djup.

Eftersom alla tre mätstationerna är utsatta för en samtidig och lika stor temperaturhöjning, oavsett nivå och geografiskt läge, innebär det att det varma vattnet kommer från annat håll än från kraftverket.

Den maximalt uppmätta temperaturskillnaden under 6 respektive 24 timmar, vid inbrottet av varmt vatten, framgår av tabellerna 3 och 4. Man kan här bl.a. utläsa att temperaturen i mätpunkten vid Ringhals udde ändras under 6 timmar med 6.61° och under 24 timmar med 10.64°.

max $\frac{\Delta T}{\Delta t}$ °C Vertikal	t= 6 timmar	t= 24 timmar
Skomakarnäsan	6.25	7.69
Ringhals udde	6.61	10.64
Vendelsöfjorden	4.19	5.68

Tabell 3. Maximalt uppmätta temperaturskillnader; djup 0.5 meter.

max $\frac{\Delta T}{\Delta t}$ °C Vertikal	t= 6 timmar	t= 24 timmar
Skomakarnäsan	3.30	6.67
Ringhals udde	3.93	5.06
Vendelsöfjorden	3.80	4.63

Tabell 4. Maximalt uppmätta temperaturskillnader; djup 10.5 meter.

HORISONTELLA SKILLNADER MELLAN DISKRETA VERTIKALER.

För att få en uppfattning om hur mycket det kan skilja i temperatur mellan de olika mätstationerna har temperaturdifferenser beräknats.

Tabellerna nedan visar temperaturskillnader mellan mätstationerna vid Ringhals udde och Vendelsöfjorden, samt mellan Ringhals udde och Skomakarnäsan. Här kan bl.a utläsas att skillnaden i temperatur mellan Ringhals udde och Skomakarnäsan i medeltal är 0.7°C på 0.5 meters djup. Detta gäller för perioden december 1984 - januari 1985.

För samma period gäller även att den maximala temperaturskillnaden mellan dessa två mätstationer är 9.5° (Ringhals udde - Skomakarnäsan).

$\begin{array}{c} ^{\circ}\text{C} \\ \text{Djup} \end{array}$	Medel- värde	(Ri u - S) max	(S - Ri u) max
0.5 m	+0.7	9.5	7.0
10.5 m	+0.04	5.6	3.3

Tabell 5. Temperaturskillnader mellan Ringhals udde (Ri u) och Skomakarnäsan (S)

$\begin{array}{c} ^{\circ}\text{C} \\ \text{Djup} \end{array}$	Medel- värde	(Ri u - V) max	(V - Ri u) max
0.5 m	+1.3	8.4	3.8
10.5 m	+0.6	8.0	3.3

Tabell 6. Temperaturskillnader mellan Ringhals udde (Ri u) och Vendelsöfjorden (V).

HORISONTELLA SKILLNADER I KYLVATTENPLYMEN - GRADIENTER.

De horisontella temperaturskillnaderna i kylvattenplymen har beräknats med temperaturkartläggningarna under 1986 som underlag. Kartläggningarna har genomförts vid full drift och på 0.5 meters djup. Full drift innebär 175 m³/s och 10°C.

I nedanstående tabell redovisas största (max), genomsnittliga (medel) och minsta (min) horisontella temperaturskillnader som har förekommit i de centrala delarna av när- och fjärrområdena. Beräkningarna har gjorts dels tvärs kylvattenplymen, dels längs densamma.

I den centrala delen av närområdet har några längsberäkningar ej genomförts.

område °C/100m	näromr.		fjärromr.	
	tvärs	längs	tvärs	längs
max	1.9	-	0.9	0.7
medel	1.5	-	0.6	0.3
min	1.0	-	0.3	0.1

Tabell 7. Horisontella temperaturskillnader.

REFERENSFÖRTECKNING

- 1 SMHIs yttrande 1968-06-19. Preliminärt yttrande angående inverkan på de hydrografiska förhållandena av Ringhals kraftstation.
- 2 SMHIs yttrande 1968-08-29. Tillägg till preliminärt yttrande angående inverkan på de hydrografiska förhållandena av Ringhals kraftstation.
- 3 SMHIs yttrande 1972-04-10. Kompletterande yttrande angående ansökan från Statens Vattenfallsverk beträffande utsläpp av uppvärmt kylvatten från tredje och fjärde aggregatet vid Ringhals kraftstation.
- 4 SMHIs yttrande 1972-12-07. Grumlingsundersökningar utanför Ringhals kraftstation juli 1967 - september 1971.
- 5 SMHIs rapport 1976-04-26. Kompletterande rapport rörande oceanografiska undersökningar i vattenområdet utanför Ringhals kraftstation 1968-1971.
- 6 SMHIs rapport 1976-05-10. Rapport rörande oceanografiska undersökningar i vattenområdet utanför Ringhals kraftstation 1973 och 1974.
- 7 SMHIs rapport 1977-01-31. Rapport rörande oceanografiska kontrollundersökningar i vattenområdet utanför Ringhals kraftstation 1974-1975.
- 8 SMHIs rapport 1977-11-23. Oceanografiska kontrollundersökningar i vattenområdet utanför Ringhals kraftstation 1976.
- 9 SMHIs rapport 1978-06-06. Oceanografiska kontrollundersökningar utanför Barsebäcks kärnkraftstation 1977.
- 10 SMHIs rapport 1978-10-13. Oceanografiska kontrollundersökningar utanför Ringhals kraftstation 1977.

- 11 SMHIs rapport 1979-08-17. Oceanografiska kontrollundersökningar utanför Ringhals kraftstation 1978.
- 12 SMHIs rapport 1980-09-30. Oceanografiska kontrollundersökningar utanför Ringhals kraftstation 1979.
- 13 SMHIs rapport 1980-10-29. Slutrapport från oceanografiska kontrollundersökningar 1974-1979 utanför Ringhals kraftstation - block 1 och 2.

HB-RAPPORTER

Nr	Titel	
1	Hydrologiska undersökningar i Kasejööns representativa område Meddelande nr III: Vattenomsättningen i Lilla Tivsjöns område 1966/67 - 1972/73 av A Waldenström Stockholm 1974	26 Strömmätningar i Himmerfjärden 1976 av E Bergstrand Norrköping 1977
2	Hydrologiska undersökningar i Lapträskets representativa område Meddelande nr IV: Nederbörd och vattenomsättning av M Persson Stockholm 1974	27 Oceanografiska observationer i Östersjön 1977 med kustbevakningens båtar av U Ehlin och B Juhlin Norrköping 1978
3	Oceanografiska observationer i Östersjön 1973 med kustbevakningens båtar samt från isbrytare av U Ehlin och B Juhlin Stockholm 1974	28 Slutrapport över hydrologiska undersökningar i Velens representativa område av A Waldenström Norrköping 1977
4	Oceanografiska undersökningar i Ålands hav Meddelande nr 1: Mätningar juni - september 1973 av U Ehlin och C Ambjörn Stockholm 1974	29 Slutrapport över hydrologiska undersökningar i Kasejööns representativa område av A Waldenström Norrköping 1977
5	SMHI-rapport Verification of heated water jet numerical model by James G Weil Stockholm 1974	30 Oceanografiska undersökningar i Ålands hav Meddelande nr 5: Mätresultat 1977, vatten- och materialtransportberäkningar ur 1974 och 1975 års mätningar av C Ambjörn Norrköping 1978
6	Hydrologiska undersökningar i Lapträskets representativa område Meddelande nr V: Markvattenstudier av T Milanov Stockholm 1975	31 Basnät för vattentemperatur Stationsförteckning 1978-01-01 av O Cabelis och A Moberg Norrköping 1978
7	Hydrologiska undersökningar i Lapträskets representativa område Meddelande nr VI: Vattenomsättningen 1968-73 med feluppskattning av M Persson Stockholm 1975	32 Operational Hydrological Forecasting by Conceptual Models av S Bergström, M Persson och B Sundqvist Norrköping 1978
8	Hydrologiska undersökningar i Kasejööns representativa område Meddelande nr IV: Snötaxering 1974 och vattenomsättning 1969-73 av A Waldenström Stockholm 1975	33 Slutrapport över hydrologiska undersökningar i Lapträskets representativa område av M Persson Norrköping 1978
9	Snösmältningen i en punkt som funktion av meteorologiska data av S Jönsson Stockholm 1975	34 Oceanografiska observationer runt svenska kusten med kustbevakningens båtar av U Ehlin och B Juhlin Norrköping 1979
10	Oceanografiska undersökningar i Ålands hav Meddelande nr 2: Mätningar okt-dec 1973 och juli - sept 1974 av U Ehlin och C Ambjörn Stockholm 1975	35 Utvärdering av 1979 års vårflödesprognoser av S Bergström och S Jönsson Norrköping 1979
11	Oceanografiska observationer i Östersjön 1974 med kustbevakningens båtar samt från isbrytare av U Ehlin och B Juhlin Stockholm 1975	36 Oceanografiska observationer i Östersjön 1979 med kustbevakningens båtar av U Ehlin och B Juhlin Norrköping 1980
12	Vattenomsättning och flöde i Stormyra-området av L Liljequist och L Sterner Stockholm 1975	37 Vårflödesvolymprognoser baserade på analys av nederbördskartor av S Jönsson Norrköping 1980
13	Hydrologiska undersökningar i Lapträskets representativa område Meddelande nr VII: Avrinningen och dess variationer inom området av M Persson Norrköping 1976	38 Resultat och erfarenheter av försöksverksamhet med utökad vattenprovtagning från kustbevakningens båtar av B Juhlin och B Carlsson Norrköping 1980
14	Vattenomsättningsstudier m m i Velens och Kasejööns representativa områden av A Waldenström Norrköping 1976	39 Sedimenttransport i svenska vattendrag 1979 av M Brandt Norrköping 1980
15	Strömmätningar i sundet mellan Värmlandssjön och Dalbosjön, Väner Vänerundersökningen. Meddelande nr 1 av B Carlsson och M Brandt Norrköping 1976	40 Sluttransport till Miljödatanämnden över projekt MI - 01:2. Systemutredning rörande samordnade uttag av information ur MI och SMHIs maskinella register av T Milanov och B Sundqvist Norrköping 1980
16	Oceanografiska observationer i Östersjön 1975 med kustbevakningens båtar samt från isbrytare av U Ehlin och B Juhlin Norrköping 1976	41 Användning av vädersatellitdata för att studera ytvattentemperatur av G Wennerberg Norrköping 1980
17	Oceanografiska undersökningar i Ålands hav 1975 Meddelande nr 3: Mätningar 1974-75. Vattentransporter av U Ehlin och C Ambjörn Norrköping 1976	42 Nordisk hydrologi i utveckling. Tillägnad Ragnar Melin av A Forsman, J Otnes, M Falkenmark, E Kuusisto, R Lemmelä och J Lundager-Jensen Norrköping 1980
18	Tillämpning av HBV-2 modeller på regleringsmagasin i Ångermanälven av S Bergström och S Jönsson Norrköping 1976	43 Beräkning av en föroreningstransport och blandning i en grund istäckt sjö av U Ehlin, I Bork och J Svensson Norrköping 1980
19	Grundvattenståndsmätningar i Ångermanälvens övre tillrinningsområde av T Milanov Norrköping 1976	44 Utvärdering av 1980 års vårflödesprognoser av S Bergström, M Häggström och M Persson Norrköping 1980
20	Beräkning av frekvenser av torrår av L Gottschalk Norrköping 1976	45 Mätningar av sjötemperatur vid SMHI av A Moberg Norrköping 1981
21	Hydrografi och sandavgivning av M Brandt Norrköping 1976	46 Oceanografiska observationer runt svenska kusten med kustbevakningens båtar 1980 av B Juhlin Norrköping 1981
22	Hydrologiska undersökningar i Lapträskets representativa område Meddelande nr VIII: Vattenomsättning och avdunstning under perioden 1968-76 av M Persson Norrköping 1976	47 Temperaturmätningar vid Visby av B Broman samt Spridning av utsläppt vatten av B Vasseur Norrköping 1981
23	Oceanografiska observationer i Östersjön 1976 med kustbevakningens båtar av U Ehlin och B Juhlin Norrköping 1977	48 Användning av satellitdata från Landsat för studium av vattengränslinor av G Wennerberg Norrköping 1981
24	Oceanografiska undersökningar i Ålands hav Meddelande nr 4: Mätningar 1975-76, vatten-, värme- och materialtransportberäkningar av U Ehlin och C Ambjörn Norrköping 1977	49 Utvärdering av 1981 års vårflödesprognoser av S Bergström, M Häggström och M Persson Norrköping 1981
25	Ström- och vattentransportstudier i norra Öresund, sydöstra Kattegatt och i Skälderviken av M Brandt Norrköping 1977	50 Oceanografiska observationer runt svenska kusten med kustbevakningens båtar 1981 av B Juhlin Norrköping 1982
		51 Sedimenttransport i svenska vattendrag 1980 av M Brandt Norrköping 1982
		52 The areal precipitation index method - A simple method to forecast the spring flood volume by M Häggström Norrköping 1982
		53 Vågdata från svenska kustvatten 1981 av J Svensson Norrköping 1982

HO-RAPPORTER

Nr	Titel	Nr	Titel
1	Metod för homogenitetskontroll av meteorologiska och hydrologiska observationsserier av Sven-Erik Westman Norrköping 1982	18	Vattenståndsprognoser för Hammarsjön - Helge Å. En utredning för Kristianstad län av Barbro Johansson
2	Utvärdering och modellsimulering av grundvatten- mätningarna i Ångermanälvens övre tillrinningsområde av G Sandberg Norrköping 1982	19	Utvärdering av 1984 års vårflödesprognoser av Martin Häggström Norrköping 1984
3	Oceanografiska observationer runt svenska kusten med kustbevakningens båtar 1982 av B Juhlin Norrköping 1983	20	Svenskt Sjöregister - Uppdatering av Torbjörn Lindkvist och Christina Thoms-Hjärpe Norrköping 1984
4	Utvärdering av 1982 års vårflödesprognoser av M Häggström och M Persson Norrköping 1983	21	Snösmätning med flygburen gammaspektrometer i Kultsjöns avrinningsområde 1980 - 1984 av Sten Bergström och Maja Brandt
5	Vågdata från svenska kustvatten 1982 av Jonny Svensson Norrköping 1983	22	PROBE - An Instruction Manual by Urban Svensson Norrköping 1984
6	The new harbour in Landskrona - oceanographic investigations by Jonny Svensson Norrköping 1983	23	Kartläggning av ytvattentemperaturen med satellitdata av Thomas Thompson Norrköping 1985
7	Operational hydrological forecasting in Sweden by Magnus Persson Norrköping 1983	24	Oceanografiska observationer runt svenska kusten med Kustbevakningens fartyg av Bo Juhlin Norrköping 1985
8	Vattenutbyte mellan Bottniska Viken och Östersjön av Cecilia Ambjörn Norrköping 1983	25	Vindförluster vid mätning av snönederbörd med SMHI- nederbördsräknaren av Bengt Carlsson Norrköping 1985
9	Var vintern 1982/83 extrem? En jämförande studie av vattentemperatur i några mellansvenska sjöar av Gun Zachrisson Norrköping 1983	26	Svenskt Vattendragsregister av Torbjörn Lindkvist Norrköping 1985
10	Sedimenttransport i svenska vattendrag 1981. Resultat från sedimenttransportnätet av Maja Brandt Norrköping 1983	27	Svenskt Sjöregister av Kurt Ehlert (projektledare) Norrköping 1983
11	Försök med automatisk vattenprovtagning i Marviken av Bo Juhlin Norrköping 1983	28	Aplicación del modelo HBV a la cuenca del Lago de Arenal en Costa Rica av Barbro Johansson, Magnus Persson, Göran Sandberg och Edgar Robles (ICE) Norrköping 1985
12	Värmeuttag ur Helgasjön - Möjligheter och konsekvenser av Gun Zachrisson och Barry Broman Norrköping 1984	29	Beräknat markvattenunderskott i Simlångens avrinnings- område 1934-83 av Gun Grahn, Barbro Johansson och Barbro Norlander Norrköping 1985
13	Oceanografiska observationer runt svenska kusten med kustbevakningens fartyg 1983 av Bo Juhlin Norrköping 1984	30	Beräknat markvattenunderskott i Emåns avrinningsområde 1934-83 av Gun Grahn, Barbro Johansson och Barbro Norlander Norrköping 1985
14	Åtgärder mot försurning i Velen. Erfarenheter från utförd behandling med kalk och soda samt förslag till fortsatta åtgärder. En utredning för Töreboda kommun av Ingemar Holmström Norrköping 1984	31	Application of the HBV-model to pilot basins in Burma av Ohn Gyaw och Magnus Persson Norrköping 1985
15	Vågdata från svenska kustvatten 1983 av Jonny Svensson Norrköping 1984	32	Vattenbalanskartor över Sverige - månadsmedelvärden för 1931 - 1960 av nederbörd, avdunstning och av- rinning av Todor Milanov Norrköping 1985
16	Beräkning av daglig vattenföring vid Ulva kvarn i Fyrisån 1951-82 av Magnus Persson och Sven-Erik Westman Norrköping 1984	33	Vågdata från svenska kustvatten 1984 av Jonny Svensson Norrköping 1985
17	Utvärdering av 1983 års vårflödesprognoser av Martin Häggström och Magnus Persson Norrköping 1984		

Nr	Titel	Nr	Titel
HYDROLOGISKA RAPPORTER		OCEANOGRAFISKA RAPPORTER	
1	Hydrokemiska data från de svenska fältforskningsområdena av Bengt Carlsson Norrköping 1985	1	En hydrodynamisk modell för spridnings- och cirkulationsberäkningar i Östersjön - Slutrapport av Lennart Funkquist Norrköping 1985
2	Utvärdering av 1985 års vårflödesprognoser av Martin Häggström och Magnus Persson Norrköping 1986	2	Spridningsundersökningar i yttre fjärden Piteå av Barry Broman och Carsten Pettersson Norrköping 1985
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	3	Utbyggnad vid Malmö hamn; effekter för Lommabuktens vattenutbyte av Cecilia Ambjörn Norrköping 1986
4	Skåneprojektet - Hydrologisk och Oceanografisk information för vattenplanering - ett pilotprojekt av Barbro Johansson, Erland Bergstrand och Torbjörn Jutman Norrköping 1986	4	SMHI:s undersökningar i Öregrundsgrepen perioden 84/85 av Jan Andersson och Robert Hillgren Norrköping 1986
5	Översiktlig sammanställning av den geografiska fördelningen av skador främst på dammar i samband med septemberflödet 1985 av Martin Häggström Norrköping 1986	5	Oceanografiska observationer utmed svenska kusten med kustbevakningens fartyg 1985 av Bo Juhlin Norrköping 1986
6	Vattenföringsberäkningar i Södermanlands län - ett försöksprojekt av Barbro Johansson Norrköping 1986	6	Uppföljning av sjövärmepump i Lilla Värtan av Barry Broman Norrköping 1986
7	Areella snöstudier av Maja Brandt Norrköping 1986	7	15 års mätningar längs svenska kusten med kustbevakningen (1970 - 1985) av Bo Juhlin Norrköping 1986
8	PULS-modellen: Struktur och tillämpningar av Bengt Carlsson, Sten Bergström, Maja Brandt och Göran Lindström Norrköping 1987	8	Vågdata från svenska kustvatten 1985 av Jonny Svensson Norrköping 1986
9	Numerisk beräkning av vågor i kraftverksdammar av Lennart Funkquist Norrköping 1987	9	Oceanografiska stationsnät Svenakt Vattenarkiv av Barry Broman Norrköping 1986
10	Application of the HBV-Model to Bolivian Basins av Barbro Johansson, Magnus Persson, Enrique Aranibar och Roberto Llobet Norrköping 1987	10	PROBE - An instruction manual av Urban Svensson Norrköping 1986
11	Monthly streamflow simulation in Bolivian Basins with a stochastic model av Cecilia Ambjörn, Enrique Aranibar och Roberto Llobet Norrköping 1987	11	Spridning av kylvatten från Öresundsverket av Cecilia Ambjörn Norrköping 1987
12	De svenska huvudvattendragens namn och mynningspunkter av Kurt Ehlerst, Torbjörn Lindkvist och Todor Milanov Norrköping 1987	12	Oceanografiska observationer utmed svenska kusten med kustbevakningens fartyg 1986 av Bo Juhlin Norrköping 1987
13	Analys av avrinningsserier för uppskattning av effektivt regn av Göran Lindström Norrköping 1987	13	SMHI:s undersökningar i Öregrundsgrepen 1986 av Jan Andersson och Robert Hillgren Norrköping 1987
14	Modellberäkning av extrem effektiv nederbörd av Maja Brandt, Sten Bergström, Marie Gardelin och Göran Lindström Norrköping 1987	14	Impact of ice on Swedish offshore nighthouses. Ice drift conditions in the area at Sydostbotten - ice season 1986/87 av Jan-Erik Lundqvist Norrköping 1987
15	Sjökarte- och sjöuppgifter. Register 1987 av Håkan Danielsson och Torbjörn Lindkvist Norrköping 1987	15	Fasta förbindelser över Öresund - utredning av effekter på vattenmiljön i Östersjön av SMHI/SNV Norrköping 1987
16	Utvärdering av 1986 års vårflödesprognoser av Martin Häggström och Magnus Persson Norrköping 1987	16	Undersökning av vattenmiljön vid utfyllnaden av Kockums varvsbassäng. Slutrapport för perioden 18 juni - 21 augusti 1987 av Cecilia Ambjörn och Kjell Wickström Norrköping 1987
17	Skogsskador - klimat av Bertil Eriksson, Barbro Johansson, Katarina Losjö och Håldo Vedin Norrköping 1987	17	Östergötlands skärgård - Vattenmiljön av Erland Bergstrand Norrköping 1987
18	Bestämning av optimalt klimatstationsnät för hydrologiska prognoser av Maja Brandt Norrköping 1987	18	Kattegatt - Havet i väster av Stig H. Fonselius Göteborg 1987
19	Utvärdering av 1987 års vårflödesprognoser av Martin Häggström och Magnus Persson Norrköping 1988	19	Recipientkontroll vid Breviksnäs fiskodling 1986 av Erland Bergstrand Norrköping 1987
20	Frysförkluster av vatten av Todor Milanov Norrköping 1988	20	Bedömning av kylvattenrecipienten för ett kolkraftverk vid Oskarshamnverket av Kjell Wickström Norrköping 1987
21	Application of the HBV model to the upper Río Cauca basin av Martin Häggström, Göran Lindström, Luz Amelia Sandoval och María Elvira Vega Norrköping 1988	21	Förstudie av ett svenskt modellsystem för kemikaliespridning i vatten av Cecilia Ambjörn Norrköping 1987
		22	Vågdata från svenska kustvatten 1986 av Kjell Wickström Norrköping 1988
		23	A permanent traffic link across the Öresund channel - A study of the hydro-environmental effects in the Baltic Sea av SMHI (Jonny Svensson) / National Swedish Environmental Protection Board (SNV) Norrköping 1988
		24	SMHI:s undersökningar utanför Forsmark 1987 av Robert Hillgren Norrköping 1988
		25	Kylvattnet från Ringhals 1974-86 av Carsten Peterson och Per-Olof Skoglund Norrköping 1988
		26	Oceanografiska observationer runt svenska kusten med kustbevakningens fartyg 1987 av Bo Juhlin 1988



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