

# LULEÅ INNERFJÄRDAR

## RAPPORT A: Vattenkvalitet • Bottenkvalitet • Vegetation



**PETER ERIXON**



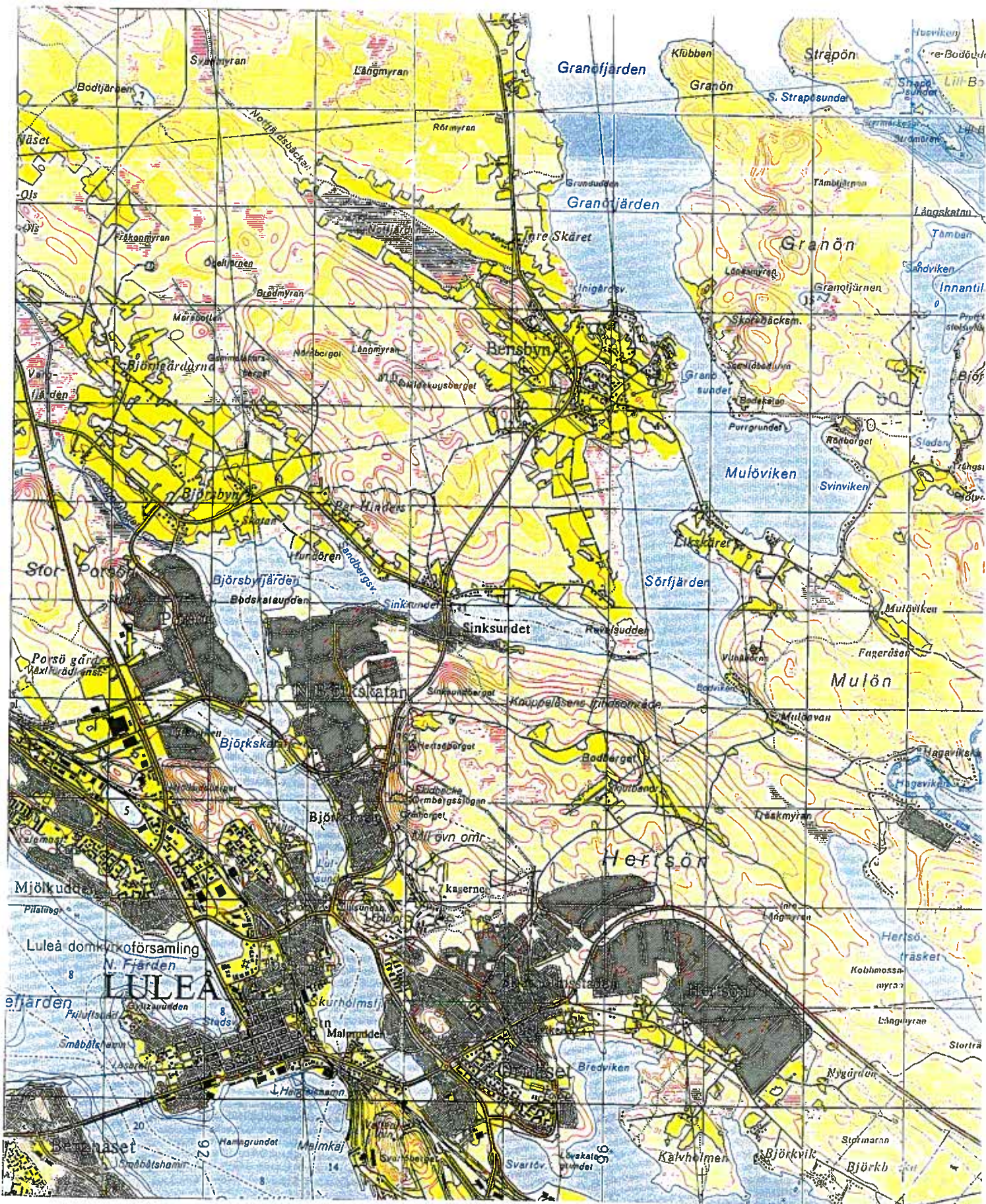
# **Luleå Innerfjärdar**

**Rapport A: Vattenkvalitet  
Bottenkvalitet  
Vegetation**

**Peter Erixon**







**Luleå innerfjärdar och dess närområde**  
 skala ca 1:50 000  
 (Utdrag från Gula kartan 24L:88 med tillstånd från Lantmäteriverket)





## Förord

På uppdrag av Luleå kommun, Tekniska Kontoret, har en utredning om Luleå innerfjärdars nuvarande status och framtid gjorts. Avrapporteringen av undersökningen sker i form av två rapporter. Rapport A, som undertecknad är ansvarig för, behandlar innerfjärdarnas vattenkvalitet, bottenkvalitet, vegetation, vegetationsutbredning och landtillvinning. För rapport B, som behandlar innerfjärdarnas hydrologi, är Patrik Andreasson vid avdelningen för Vattenteknik vid Högskolan i Luleå ansvarig.

Arbetet med utredningen har varit mycket stimulerande kanske till viss del beroende på att jag som gammal luleåbo har en speciell relation till de innerfjärdar som jag har växt upp med men kanske framför allt för att vår unika landhöjningskust genererar många spännande ekologiska frågor som väntar på svar.

På Tekniska Kontoret, Luleå kommun vill jag tacka följande personer som bidragit till undersökningens genomförande: Torbjörn Gustavsson för provtagningar och alla borrhål i isen, Marianne Liljenstrand för den vattenkemiska provtagningen, Stefan Marklund för ett bra samarbete, Per-Åke Nilsson för uppgifter om innerfjärdprojektets historik och Harry Persson för framtagandet av äldre fotografiskt material om innerfjärdarna.

Bo Gafvelin skall ha ett stort tack för att han svingade sig upp i luften och plåtade fantastiska bilder över fjärdarna, Milan Vnuk för att han fixade färgerna på vattenkemiska data och mina kollegor på avdelningen Tommy, Åke och Dieke för många givande diskussioner kring innerfjärdprojektet och Tommy igen för att jag fick låna hans dator när min svek mig när jag som bäst behövde den, och min kära Gunilla som korrekturläste på sena kvällstimmar. De kvarvarande stavfelen ansvarar jag själv för.

Jag vill slutligen tacka Patrik Andreasson för ett mycket gott samarbete och många givande diskussioner.

Luleå 26 april 1996

Peter Erixon





## Sammanfattning

Genom landhöjningen (9mm/år) och en ökad igenväxning förlorar Luleå innerfjärdar fria vattenspeglar och en rad rekreativa värden som möjligheter till bad, fiske och båtliv. I ett försök att förhindra detta genomför Luleå kommun ett vattentekniskt företag 1992-1993 som innebär att de fyra innersta fjärdbassängerna uppdäms genom att överfall byggs vid de två förbindelserna mot havet. Samtidigt muddras de naturligt trånga passagerna mellan fjärdbassängerna upp. För att utreda effekterna av de insatta åtgärderna och skaffa sig underlag inför framtida beslut och åtgärder får Högskolan i Luleå i uppdrag att göra en utredning om Luleå innerfjärdars nuvarande status och framtid när det gäller hydrologi (i rapport B, Andreasson 1996) och vattenkvalitet, bottenkvalitet och vegetation (i denna rapport A).

En bedömning av innerfjärdarnas vattenkvalitet, grundat på ett gediget kontrollprogram för åren 1990-1995, visar att innerfjärdarna är mycket eutrofierade med höga värden på tot-P, COD och färgtal. De högsta värdena uppvisar de centrala innersta delarna av systemet närmast Holmsundet för att sedan avta utåt mot förbindelserna med havet. Innerfjärdarna visar inga tecken på att allvarligt försuras.

Genom att använda konduktiviteten som markör för havsvatten visas att havsvattenstånd-inducerade inflöden har en betydelsefull vattenkvalitetshöjande effekt genom att sänka halterna av eutrofieringsparametrar förmodligen främst genom att verka spädande och ursköljande på innerfjärdarnas vatten. Den ventilerande effekten är störst under vinterhalvåret då de högsta vattenstånden i havet uppträder. Inflöden via den norra förbindelsen utgörs av tydligt bräckt vatten medan inflöden via den södra i princip är ett utsötat älvvatten.

Den årstidsbundna vattenkvalitetsvariationen i innerfjärdarna åskådliggörs och orsakerna till denna diskuteras. En genomgång av möjliga orsaker till det näringsrika, eutrofierade tillståndet görs.

För att göra en översiktlig bedömning av innerfjärdarnas bottenstatus gjordes en sedimentundersökning i mars 1995 vid 40 provpunkter. Resultaten visar att de övre sedimenten i huvudsak utgörs av en mjuk, lerig gyttja, där den organiska halten är relativt hög. Syrefria botten påträffades ej men relativt tunna oxiderade skikt hittades i Björsbyfjärden. Innerfjärdarnas sediment skulle kunna utgöra en fosforkälla dels på vintern om havsventileringen av någon anledning uteblir, dels på sommaren då uppvärmt och syrerikt vatten påskyndar nedbrytningen och/eller när höga pH-värden uppstår i vattenmassan på grund av en hög bioproduktion.

En kartläggning av vattenvegetationens utbredning, täthet och sammansättning har gjorts med hjälp av fältkarteringar och flygfotografier. Vegetationens nuvarande utbredning i innerfjärdarna presenteras i form av kartor där ett sätt att klassificera vegetationen efter bland annat dess olägenhetseffekt har framtagits. Resultaten visar att stora delar av innerfjärdarna har en tät och frodig vattenvegetation. Övervattensväxter dominerar i Björsbyfjärden, flytbladsväxter i Björkskatafjärden och undervattensväxter i Sörfjärden. Den vattenkvalitetsgradient som havet skapar har en artfördelningseffekt på vattenvegetationen. Björsbyfjärden hade på 1920-talet en rik undervattensvegetation som liknade den som den närmare havet liggande Sörfjärden har idag.

Genom studier av äldre flygfotografiskt material har vegetationsutbredningen och landtillvinningen under de senaste 50 åren kunnat följas. På många håll har stranden förflyttats med en hastighet av 2 meter/år och i extremfall under vissa tidsperioder hela 20 meter/år.



Bladvassen, som har brett ut sig koncentriskt med en hastighet av 1,1 - 2,2 meter/år, förefaller ha haft en central roll vid naturliga avsnörningars igenväxning och uppgrundning.

Orsakerna till att innerfjärdarna inte har haft några problem med besvärande alg tillväxt, trots att man av de höga fosforhalterna skulle kunna vänta sig det, diskuteras.

Effekterna av de gjorda vattentekniska åtgärderna i innerfjärdarna klargörs och ställs i relation till vad den naturliga lanhöjningssuccessionen skulle ha åstadkommit. Tre scenarier presenteras som visar hur innerfjärdarna ser ut år 2050 med avseende på arealer med fria vattenspeglar och vattenvegetation samt landtillvunnet område. De tre scenarierna är 1) naturlig utveckling, 2) efter genomförandet av nuvarande vattentekniska åtgärder samt 3) dammar bortplockade men muddringar kvar. Den minsta landtillvinningen och vegetationsutbredningen sker vid scenario-2, det enda alternativ där Sörfjärden finns kvar med fria vattenspeglar. Den snabbaste landtillvinningen och den största förlusten av fria vattenspeglar uppstår vid scenario-3.

En bedömning av de vattenkvalitetsförändringar som innerfjärdarnas olika delar skulle gå igenom vid de olika scenarierna görs, som visar att bassängerna innanför överfallen kommer att närma sig varandra i vattenkemiskt avseende medan skillnaderna till de utanför liggande vattensystemen ökar. Genom en "utanför vall effekt" som presenteras här visas att den utanför Likskär liggande Mulövikens påverkas av dammens tillkomst genom en minskad vattenomsättning och en förändrad vattenkvalitet som eventuellt kommer att missgynna slidnatens (*Potamogeton vaginatus*) rika förekomst i Mulövikens.

Om kontakten med havet öppnas under vinterhalvåret kommer den ökade havsventileringen, på grund av normalt höga vattenstånd under denna tid, att leda till de positiva effekterna att närsaltshalterna minskar, syreförhållandena som bör vara mest kritiska under denna tid förbättras, pH stiger och risken för besvärande alg tillväxt på sommaren minskar. Havets naturligt ventilerande effekt minskar dock med tiden och landhöjningen.

Principiella metoder att möta landhöjningen resp den ökade eutrofieringen på samt metoder/åtgärder speciellt anpassade för Luleå innerfjärdar och de syften som Luleå kommun har med innerfjärdprojektet behandlas. För att en långsiktigt hållbar plan för innerfjärdarna, med tillhörande åtgärdsplan, skall kunna tas fram är det viktigt att först göra en prioritering av de olika syften som finns med projektet och fastställa om samma prioriteringsordning gäller i alla delar av innerfjärdarna.

Det är ej möjligt att återskapa Luleå innerfjärdar till vad de en gång varit eller att för framtiden konservera nuvarande status men det kan vara möjligt att för en kortare eller längre period bevara en del av de nuvarande innerfjärdarnas landskapsestetiska och rekreativa värden.





# Innehåll

<b>1 Inledning</b>	<b>1</b>
1.1 Bakgrund	1
1.2 Luleå kommuns innerfjärdsprojekt	2
1.3 Utredningens syften och uppläggning	3
1.4 Den unika landhöjningskusten	3
<b>2 Vattenkvalitet</b>	<b>5</b>
2.1 Bedömning av tillstånd och påverkan	6
2.1.1 Näringstillstånd/Eutrofiering	6
2.1.2 Syretillstånd	12
2.1.3 Ljusförhållanden	12
2.1.4 Surhetstillstånd/Försurning	12
2.2 Havets roll som vattenkvalitetspåverkare	13
2.2.1 Förbindelse med havet - havsvattenståndsinducerade inflöden	13
2.2.2 Förbindelse med havet - vattenkvalitetspåverkan	15
2.3 Samvariation mellan vattenkvalitetsparametrar	19
2.4 Vattnets ursprung - tre vattenkvaliteter	20
2.5 Årstidsbunden vattenkvalitetsvariation	21
2.6 Orsaker till innerfjärdarnas näringsrika tillstånd	23
2.7 Innerfjärdarnas vattenkvalitet - en sammanfattning	24
<b>3 Bottenkvalitet</b>	<b>26</b>
3.1 Undersökningens uppläggning	26
3.2 Resultat - sedimentens nuvarande status	27
3.3 Sedimentens syresättning och havets roll	29
3.4 Sedimenten som närsaltsfälla eller källa	31
3.5 Innerfjärdarnas bottenkvalitet - en sammanfattning	32
<b>4 Vegetation och vegetationsutbredning</b>	<b>33</b>
4.1 Vegetationens nuvarande utbredning, täthet och sammansättning	33
4.1.1 Utbredningskartornas klassifikationssystem	33
4.1.2 Kommentarer och diskussion till vegetationens utbredningen	35
4.1.3 Skillnader i artsammansättning mellan innerfjärdarnas delar	40
4.2 Vegetationens förändringar under 1900-talet	41
4.2.1 Förändringar av vegetationens sammansättning	41
4.2.2 Förändringar i vegetationens utbredning	42
4.2.3 Om landtillvinning och vegetationsutbredningens hastighet	44
4.3 Alger och algblomningar	47



4.4 Innerfjärdarnas vegetation - en sammanfattning	48
<b>5 Effekter av innerfjärdsprojektets etapp 1</b>	49
5.1 Avsnörningar och avsnörningseffekter	49
5.2 Framtida förändringar av vegetationens utbredning och landtillvinning	50
5.2.1 Scenario 1 - innerfjärdarna år 2050, naturlig utveckling	50
5.2.2 Scenario 2 - innerfjärdarna år 2050, efter genomförandet av etapp 1	54
5.2.3 Scenario 3 - innerfjärdarna år 2050, fördämningar borttagna	56
5.3 Framtida förändringar av vattenkvalitet och bottenstatus	57
5.3.1 Vattenkvaliteten vid naturlig utveckling (scenario 1)	58
5.3.2 Vattenkvaliteten vid etapp 1 (scenario 2)	58
5.3.3 vattenkvaliteten vid "modifierad etapp 1"	60
5.4 Några effekter av muddringarna	61
5.5 Sammanfattande jämförelser mellan scenario 1, 2 och 3	62
5.6 Övriga effekter	62
5.6.1 Utlakning från upplagda muddermassor	62
5.6.2 Innerfjärdarna som närsaltsfälla	63
5.6.3 Vandringshinder för fisk	63
5.6.4 Fågelfaunan	63
<b>6 Åtgärder</b>	64
6.1 Principiella sätt att möta landhöjningen på	65
6.2 Principiella metoder att möta en ökad eutrofiering på	66
6.2.1 Åtgärder för att minska den externa belastningen	66
6.2.2 Åtgärder för att minska den interna belastningen	66
6.2.3 Vegetationsbegränsande metoder	67
6.3 Möjliga restaureringsåtgärder i Luleå innerfjärdar	68
6.3.1 Det optimala innerfjärdsystemet	68
6.3.2 Interaktioner	69
<b>7 Åtgärdsförslag</b>	70
7.1 Förslag på konkreta åtgärder	70
7.2 Slutord	71
<b>Referenser</b>	73
<b>Bilagor</b> 1: Historik över innerfjärdsprojektets etapp 1	
2: Konduktiviteten 20 januari 1995	
3: Konduktiviteten 23 oktober 1995	
4: Korrelationskoefficienter mellan vattenparametrar	
5: Vattenvegetationen i Luleå innerfjärdar	

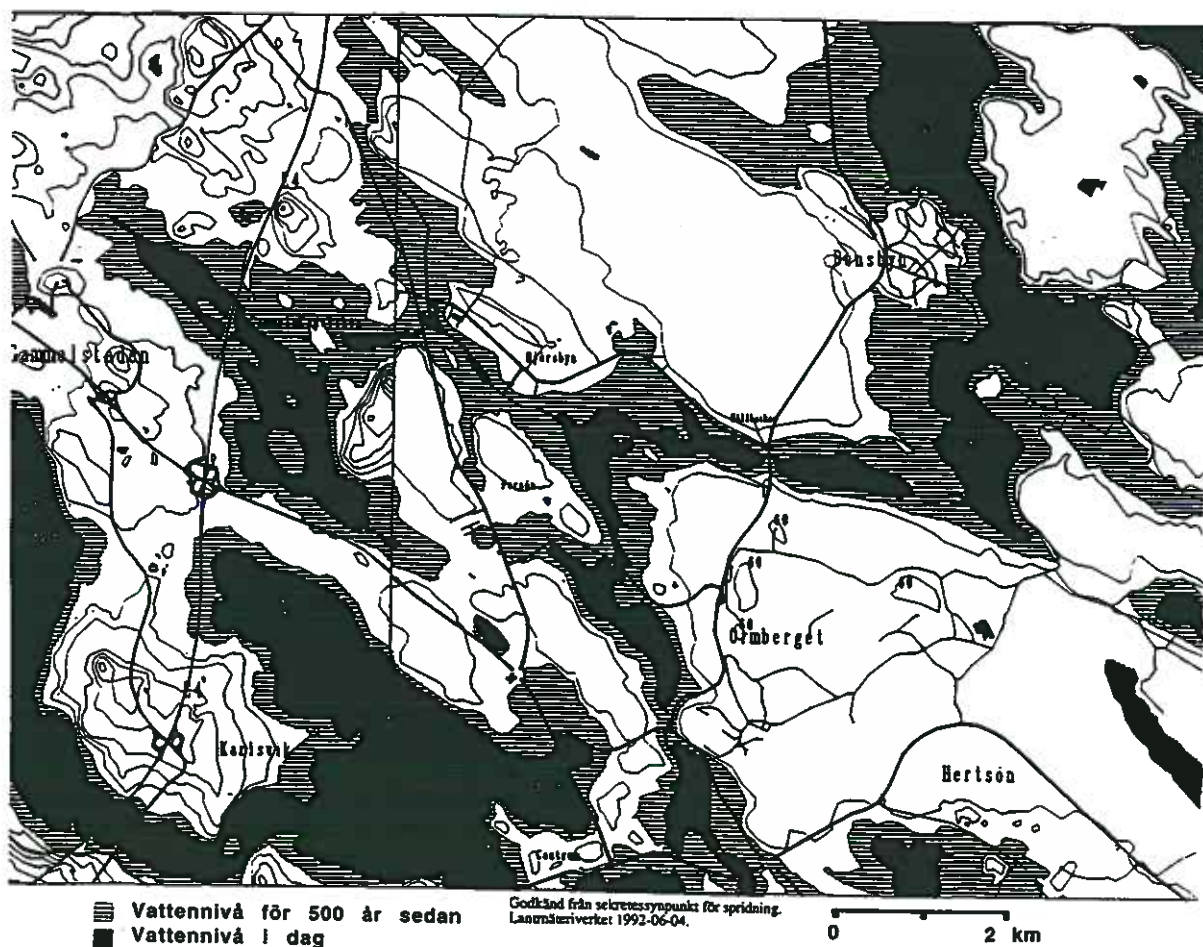




# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

För 20 000 år sedan låg en cirka 3 km tjock landis över Luleå och Skandinavien. För cirka 8 000 år sedan låg havsvattennivån drygt 200 meter över nuvarande Luleå stad. Efter ytterligare ett par tusen år började Ormberget och lite senare Mjölkuddsberget att sticka upp som små kobbbar över vattenytan, de yttersta utposterna i dåtidens skärgård. För 500 år sedan var stadens dåtida bebyggelse främst lokaliserad runt den gamla medeltida kyrkan i Gammelstad. Den fortskridande landhöjningen medförde att staden år 1649 flyttades till det nuvarande vackra läget på en halvö där luleälvens vatten möter Bottenvikens. Orsaken till flytten var att vattenfarleden till Gammelstad, genom Gammelstadsviken och nuvarande innerfjärdar, ej längre kunde nyttjas för den tidens handelssjöfart (se fig 1.1). Än idag är landhöjningen, cirka 9 mm/år, högst påtaglig. Inom de närmaste åren flyttar Luleå skeppningshamn ytterligare österut.



Figur 1.1 Landhöjningskarta över Luleå innerfjärdsområde (Eriksson J., Skogsvårdsstyrelsen, Luleå)

Dagens innerfjärdar var för 500 år sedan en öppen havsvik. I dag är samma område på grund av landhöjningen som ett pärlband av mer eller mindre avsnörda bassänger med Gammelstadsviken längst in. Via smala och trånga sund är innerfjärdarna förbundna med havet från

två håll, i söder med Stadsfjärden via Svartholmskanalen och i norr med Björköfjärden via Strapösunden. Under de senaste decennierna har landhöjningen gjort sig allt mer märkbar i innerfjärdarna genom en tilltagande uppgrundning, igenväxning och förlust av fria vattenspeglar. Gammelstadsviken är numera helt avsnörd från havet och kan inte längre betraktas som en fjärd utan är en grund kraftigt igenväxt sjö. Så sent som på 1960-talet kunde den i Björkskatafjärden liggande båtparken, med även relativt stora ruffade båtar, nyttja Lulsundskanalen för att nå havet. Möjligheterna att nyttja innerfjärdarna som båttrafikled idag är kraftigt beskurna.

Luleå stads innerfjärdar har historiskt sett utgjort en omistlig del i stadslandskapet och mycket bidragit till stadens karaktär. Förutom de landskapsestetiska värdena har innerfjärdarna varit en viktig källa för rekreation genom möjligheter till bad, fiske och båtliv. På vintrarna nyttjas de isbelagda fjärdarna till allehanda aktiviteter med bl a skid- och skridskoåkning. I takt med landhöjningen och en förmodad ökad närsaltsbelastning på innerfjärdarna minskar innerfjärdarnas landskapsestetiska och rekreativa värden allt mer.

## **1.2 Luleå kommuns innerfjärdsprojekt**

Diskussioner om att långsiktigt bevara innerfjärdarna började föras inom Luleå kommun redan på 1970-talet. I början av 80-talet framlades ett restaureringsförslag som innebar att vatten- omsättningen skulle ökas genom att skapa en vattenström genom hela systemet från norr till söder. Detta skulle åstadkommas genom att en fördämning i Strapösunden skulle styra Persöfjärdens vatten genom innerfjärdarna med utlopp i Stadsfjärden. Detta förslag blev aldrig realiserat.

År 1990 erhöles vattendom på ett nedbantat förslag där endast de inre delarna av fjärdarna blir föremål för restaureringsinsatser. Under åren 1992 till 1994 genomförs ett antal vattentekniska åtgärder i innerfjärdssystemet. Företaget, som här kallas "innerfjärdsprojektets etapp 1", innebär att överfallsdammar byggs vid Lulsundskanalens mynning i Skurholmsfjärden och vid Likskärsbanken mellan Sörfjärden och Mulövikens. Dämningsnivån skall ligga på ca - 40 centimeter i RAK 1900, dvs ca 45 centimeter över normalvattenståndet för året i havet. Dessutom utförs muddringsarbeten för att bl a trygga en småbåtsfarled genom hela innerfjärdssystemet. De största muddringsinsatserna läggs ner för att öppna de trånga vattenpassagerna med begynnande avsnörningar, dvs genom Revelsudden, vid Bodskataudden, Sinksundet och Porsöudden/Björskatagrundet. I bilaga 1 visas en kort historik över tidpunkter för olika vattentekniska åtgärder i innerfjärdarna åren 1988-1996.

Några omedelbara positiva effekter av de vidtagna åtgärderna kunde inte märkas under det närmaste året efter slutförandet av etapp 1. Under slutet av sommaren 1994 var istället vattennivåerna i det invallade systemet mycket låga, stundtals till och med lägre än det utanför vallen liggande havet. Orsakerna till de låga vattenstånden förmodades vara den ovanligt varma och torra sommaren men även ett läckage av okänd storlek genom vägbanken vid Likskär. Från de boende kring innerfjärdarna kom även uppgifter om dålig lukt och iakttagelser om en snabb igenväxning av vissa områden. Luleå kommun och Tekniska kontoret beslöt då, för att långsiktigt kunna fatta de riktiga besluten, att utföra en grundlig utredning av innerfjärdarnas nuvarande status och de effekter som verkställandet av innerfjärdsprojektets etapp 1 genererar. Utredningen utförs av avdelningen för Ekologi och miljövård och avdelningen för Vattenteknik vid Högskolan i Luleå.

### 1.3 Utredningens syften och uppläggning

Utredningens huvudsyften är:

- o Att öka kunskaperna om innerfjärdarnas nuvarande status när det gäller hydrologi, vattenkemi och ekologi samt öka kunskaperna om de hydrologiska, vattenkemiska och ekologiska förändringar som innerfjärdarna genomgår och kommer att genomgå som en följd av landhöjningen och innerfjärdprojektets etapp 1.
- o Att klargöra de positiva och negativa effekter som verkställandet av etapp 1 har fått / kommer att få, framför allt på vattenkvalitet och igenväxningsförlopp (dvs förändringar i vegetationens utbredning, täthet och artsammansättning) i hela fjärdsystemet. Effekterna sätts i relation till vad den naturliga landhöjningssuccessionen, utan verkställandet av etapp 1, hade åstadkommit .
- o Framtagandet av denna kunskap skall öka möjligheterna att föreslå framtida åtgärder för att minska de negativa effekter som kan ha uppstått som en följd av innerfjärdprojektets etapp 1 och visa om och i så fall hur det är möjligt att långsiktigt bevara innerfjärdarnas rekreativa status. Framtagandet av lämpliga åtgärder kan Luleå kommun göra i samråd med Högskolan i Luleå och den kompetens som finns på avdelningarna för Ekologi och miljövärd samt Vattenteknik.

Resultaten av utredningen framläggs i två rapporter. I denna rapport A behandlas främst innerfjärdarnas vattenkvalitet, bottenstatus och vegetationsutbredning samt landtillvinningen. Rapport B behandlar innerfjärdarnas hydrologi. Arbetet har utförts i ett nära samarbete mellan avdelningarna. Sålunda har de frågeställningar som ligger till grund för de hydrologiska undersökningarna formulerats ur ett ekologiskt helhetsperspektiv på innerfjärdarna (se fig 6.1). Därmed äger de hydrologiska resultaten en stor tillämpbarhet för de olika vattenkemiska och ekologiska analyser och bedömningar som är gjorda av innerfjärdarna.

De syften och den metodik som har använts för de olika delundersökningar gällande vattenkvalitet, bottenstatus och vegetation beskrivs under respektive avsnitt. Undersökningarna och bedömningarna är framför allt begränsade till de fjärdar som ligger innanför de uppförda överfallen samt den på var sin sida utanför liggande fjärden dvs från söder Skurholmsfjärden // Björskatafjärden, Björbyfjärden (till sinksundsbron), Sinkfjärden, Sörfjärden // Mulövikens.

### 1.4 Den unika landhöjningskusten

Kust- och skärgårdsområdet vid norrbottenskusten är ur många avseenden unikt både ur ett nationellt och ett globalt perspektiv vilket inbjuder till spännande hydrologiska och ekologiska forskningsområden. Anledningarna till detta är bland annat följande förhållanden och omvärldsfaktorer:

Östersjön är den största brackvattenreservoaren i världen, där för övrigt stora brackvattenområden är mycket sällsynta. I den avtagande salthaltsgradienten från Skageracks ytvatten på 30 promille via egentliga Östersjön och norrut utgör Bottenviksområdet den sista utposten med salthalter på cirka 3 promille. De stora älvarnas färskvattenutflöden kombinerat med kustrensans stora flikighet med långa vikar och många öar medför att på många håll kan gradvisa övergångar från svagt bräckta till rent limniska färskvattensystem uppträda.

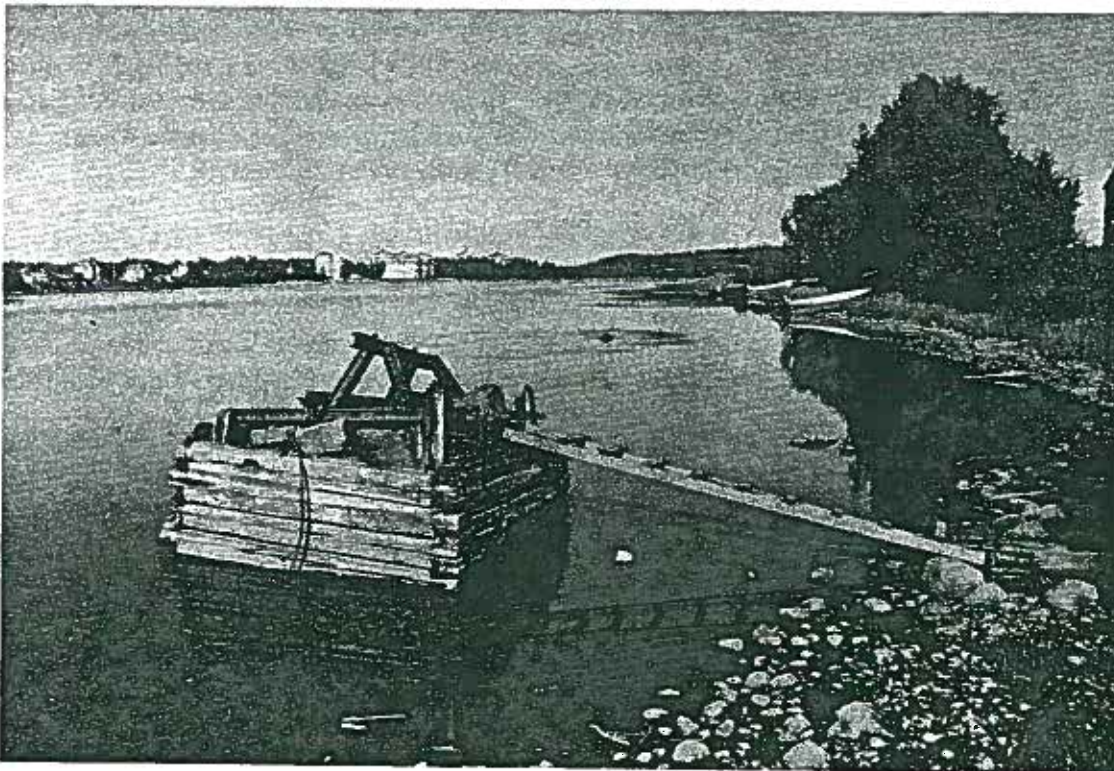


Landhöjningen tilltar mot norr för att i kustområdet mellan Luleå och Skellefteå nå sina högsta värden på cirka 9 mm per år. Eftersom landskapet samtidigt har en flack topografi innebär det att landtillvinningen blir mycket märkbar och inte har sina motsvarigheter någon annanstans i Europa.

Vattenståndsamplituden på årsbasis, skillnaden mellan högsta högvattenstånd och lägsta lågvattenstånd, ökar ju längre norrut man kommer i Östersjön. I Luleå-Kalix trakten kan den i extremfall uppgå till nästan tre meter.

I skärgårdsområdet vid Luleå och i regel i hela Bottenviken bildas det varje vinter ett 80 - 100 centimeter tjockt istäcke. Isen lägger sig oftast i december och islossningen inträffar vanligen i maj.

Till skillnad från egentliga Östersjön där kväve är begränsande för produktionen är det i stället fosfor som är begränsande i Bottenviken.

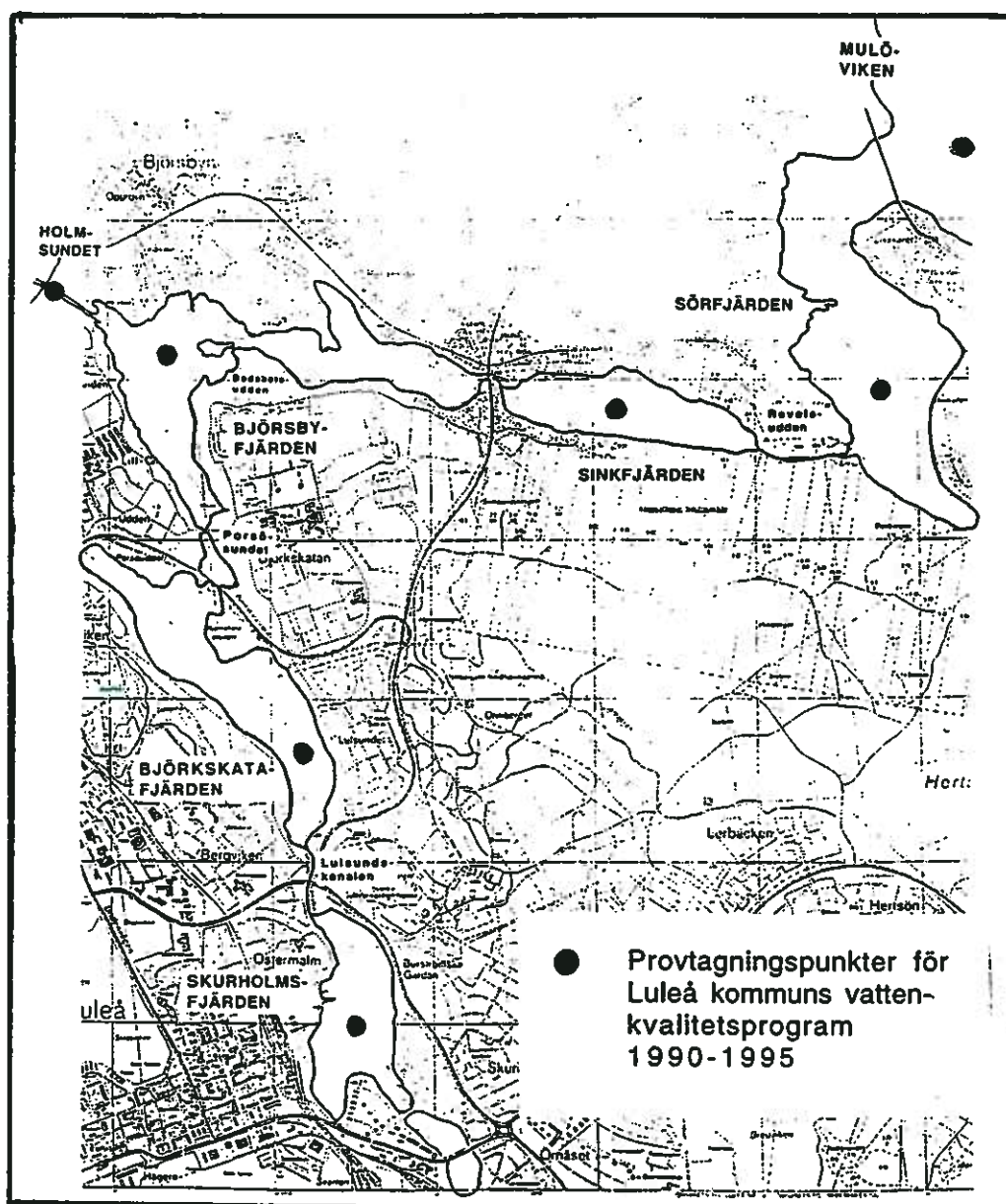


*Landhöjningen är märkbar på en mansålder. Skurholmsfjärden vid Svartholmskanalen.*



## 2 Vattenkvalitet

Luleå kommun inledde under hösten 1989 ett vattenkvalitetsprogram omfattande femton olika vattenkvalitetsparametrar. Kontrollprogrammet har pågått under de sex åren, 1990-1995. Varje år har det under perioden mars - augusti vid 4-5 tillfällen tagits vattenprover i de sju vattenbassängerna: Skurholmsfjärden, Björkskatafjärden, Holmsundet, Bjørsbyfjärden, Sinkfjärden, Sörfjärden och Mulövikén (fig 2.1). Vattenproverna har tagits på ett djup mitt mellan botten och ytan, vilket oftast har motsvarat ett provdjup på 0,5 - 2 meter. Undersökningsåret 1995 har detta kontrollprogram utökats med ytterligare tre provtagnings-tillfällen under perioden september - februari. Inalles innebär detta ca 3200 enskilda vattenkvalitetsdata. Alla dessa analyser är utförda av SVELAB i Luleå.



Figur 2.1 Provtagningspunkter för Luleå kommuns vattenkvalitetsprogram, 1990-1995.

Vid ytterligare ca 15 tillfällen har under perioden augusti 1994 till december 1995 vattenprover tagits i de olika bassängerna i samband med vattenståndsförändringar i havet för att belysa havets roll som vattenkvalitetspåverkare i innerfjärdarna. Analyser av dessa vattenprover är gjorda av SVELAB förutom konduktivitetsanalyser som avd för Ekologi och miljövård har utfört.

## **2.1 Bedömning av tillstånd och påverkan**

Helt enligt Naturvårdsverkets anvisningar (SNV 1990, Bedömningsgrunder för sjöar och vattendrag) har innerfjärdarnas olika delar bedömts med avseende på Näringstillstånd/Eutrofiering, Syretillstånd, Ljusförhållanden och Surhetstillstånd/Försurning.

### **2.1.1 Näringstillstånd / Eutrofiering**

I de flesta sjöar och vattendrag regleras växtproduktionen främst av tillgången på fosfor. Sjöar med en riklig fosfortillförsel brukar därför erhålla en kraftig tillväxt av svävande alger som grumlar vattnet, en ökad fastsittande alg tillväxt runt stränderna samt oftast en ökad tillväxt av rotade vattenväxter. I vissa sk högeutrofa vatten kan fosforhalterna vara så höga att i stället kvävetillgången tidvis kommer att reglera växtproduktionen.

En sammanställning av årsmedelvärden för totalfosfor och totalkväve i de olika bassängerna för perioden 1990-1995 presenteras i figurerna 2.2 a,b. Här framgår att av innerfjärdarnas olika delar, utgående från periodmedelvärden på fosfor, faller Holmsundet och Björnsbyfjärden under klassen "mycket näringsrikt tillstånd". De övriga bassängerna klassas som "näringsrikt tillstånd". Halterna av totalfosfor uppvisar en årsmedelvariation på 14 - 94 µg/l sett över hela fjärdsystemet. En klassifikation med avseende på kväve baserat på periodmedelvärden ger "höga kvävehalter" för Holmsundet och Björnsbyfjärden, "måttligt höga kvävehalter" för Björnskatafjärden, Sinkfjärden, Sörfjärden och Mulövikens samt "låga kvävehalter" för Skurholmsfjärden. Halterna av totalkväve uppvisar en årsmedelvariation på 0,35 - 1,0 mg/l.

För att avgöra om det är kväve eller fosfor som är begränsande för tillväxten har kvoten mellan total-kväve och total-fosfor framräknats. Vid kvoter större än 7-10 är det oftast fosfor som är begränsande. För innerfjärdarna under den aktuella perioden (90-95) är medelkvoten tot-N / tot-P 17 och har aldrig vid något tillfälle varit under 10. Därmed kan fastslås att det som styr den biologiska produktionen i innerfjärdarna med stor sannolikhet är tillgången på fosfor. Mot bakgrund av fosfors nyckelroll i innerfjärdssystemet kommer i fortsättningen näringstillståndet och graden av eutrofiering att behandlas utifrån vattnets halt av fosfor.

Vid en jämförelse med närliggande likartade sjösystem men med en lägre urban påverkan finner man att dessa uppvisar totalfosforhalter på 16-20 µg/l. Det betyder att en stor del av innerfjärdarna har fosforhalter som är ca 3 gånger högre än ursprungligt tillstånd dvs skall klassificeras som "mycket starkt påverkade" enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (SNV 1990).



Fig.2.2a			Halter	Färg	Benämning enl. SNV 1990		
<b>Tot-P (µg/l)</b> årsmedelvärden			< 7.5		Mycket näringsfattigt tillstånd		
			75-15		Näringsfattigt tillstånd		
			15-25		Måttligt näringsfattigt tillstånd		
			25-50		Näringsrikt tillstånd		
			>50		Mycket näringsrikt tillstånd		
	Skurh.	Björk.	Holms.	Björseb.	Sinks.	Sörfj.	Mulö
1990	14	18	25	32	35	28	28
1991	28	26	44	38	45	41	36
1992	29	28	94	77	41	45	37
1993	35	34	90	58	53	65	
1994	41	64	65	69	46	42	34
1995	24	32	46	35	26	20	28
1990-95	29	37	61	52	41	40	33

Fig.2.2b			Halter	Färg	Benämning enl. SNV 1990		
<b>Tot-N (mg/l)</b> årsmedelvärden			0.30		Mycket låga kvävehalter		
			0.30-0.45		Låga kvävehalter		
			0.45-0.75		Måttligt höga kvävehalter		
			0.75-1.50		Höga kvävehalter		
			>1.50		Mycket höga kvävehalter		
	Skurh.	Björk.	Holms.	Björseb.	Sinks.	Sörfj.	Mulö
1990	0.40	0.52	0.63	0.72	0.85	0.60	0.44
1991	0.35	0.58	0.83	0.80	0.66	0.50	0.52
1992	0.37	0.50	1.00	0.90	0.58	0.70	0.53
1993	0.38	0.57	0.95	0.64	0.70	0.71	0.63
1994	0.60	0.64	0.92	0.73	0.76	0.70	0.72
1995	0.41	0.65	0.75	0.74	0.54	0.63	0.45
1990-95	0.42	0.58	0.85	0.75	0.68	0.62	0.55

Fig.2.2c			Halter	Färg	Benämning enl. SNV 1990		
<b>COD<sub>(Mn)</sub> (mg/l)</b> årsmaxvärden			< 5		Obetydlig syretäring		
			5-10		Liten syretäring		
			10-15		Måttlig syretäring		
			15-20		Tydlig syretäring		
			>20		Stor syretäring		
	Skurh.	Björk.	Holms.	Björseb.	Sinks.	Sörfj.	Mulö
1990	3.5	3.7	20	10	5	6	6
1991	8	9	26	22	10	6	6
1992	7	9	19	19	12	12	11
1993	11	14	33	24	23	22	14
1994	12	18	45	27	23	17	15
1995	14	14	23	16	14	12	8
1992-95	11	14	30	21.5	18	16	12





Fig.2.2d  Färgtal (mg Pt/l) årsmedelvärden			Halter	Färg	Benämning enl. SNV 1990		
			< 10		Obetydligt färgat vatten		
			10-25		Svagt färgat vatten		
			25-60		Måttligt färgat vatten		
			60-100		Betydligt färgat vatten		
			>100		Starkt färgat vatten		
	Skurh.	Björk.	Holms.	Björnsb.	Sinks.	Sörfj.	Mulö
1990	26	31	69	62	40	27	30
1991	33	62	127	108	37	39	40
1992	52	76	190	188	107	85	77
1993	95	163	400	292	300	(292)	150
1994	139	210	475	300	210	154	138
1995	84	116	225	240	109	75	53
1990-95	72	110	248	198	134	112	81

Fig.2.2e  Alkalinitet (mekv/l) årsmedelvärden			Halter	Färg	Benämning enl. SNV 1990		
			> 0.5		Mycket god buffertkapacitet		
			0.1-0.5		God buffertkapacitet		
			0.05-0.1		Svag buffertkapacitet		
			0.01-0.05		Mycket svag buffertkapacitet		
			0.01		Ingen, obetydlig buffertkapac.		
	Skurh.	Björk.	Holms.	Björnsb.	Sinks.	Sörfj.	Mulö
1990	0.13	0.11	0.24	0.17	0.11	0.43	0.45
1991	0.11	0.13	0.32	0.25	0.13	0.32	0.34
1992	0.22	0.25	0.26	0.20	0.17	0.28	0.33
1993	0.28	0.39	0.90	0.51	0.74	0.49	0.77
1994	0.33	0.30	0.48	0.30	0.29	0.37	0.39
1995	0.23	0.11	0.34	0.70	0.39	0.32	0.31
1990-95	0.22	0.22	0.42	0.36	0.31	0.49	0.48

Fig.2.2f  pH årsmaxvärden			Halter	Färg	Benämning enl. SNV 1990		
			> 7.1		Mycket god buffertkapacitet		
			6.8-7.1		God buffertkapacitet		
			6.3-6.8		Svag buffertkapacitet		
			5.7-6.3		Mycket svag buffertkapacitet		
			<5.7		Ingen, obetydlig buffertkapac.		
	Skurh.	Björk.	Holms.	Björnsb.	Sinks.	Sörfj.	Mulö
1990	6.9	6.3	5.9	6.1	6.1	7.1	6.9
1991	6.6	6.1	6.0	6.0	6.5	7.1	7.0
1992	6.9	6.8	6.3	6.5	6.5	6.7	6.9
1993	6.9	6.8	5.9	6.6	6.6	6.6	6.7
1994	7.2	7.1	7.0	7.0	7.0	7.1	7.2
1995	6.7	6.7	6.7	6.5	6.5	7.1	6.9
1990-95	6.9	6.6	6.3	6.5	6.5	7.0	6.9





Fig.2.2g Konduktivitet (ms/m) årsmedelvärden		Halter		Färg		Benämning anpassad för innerfj.	
		< 25				Ingen-obetydligt brackvattenpåv	
		25-50				Någon brackvattenpåverkan	
		50-100				Tydlig brackvattenpåverkan	
		100-200				Stor brackvattenpåverkan	
		>200				Mycket stor brackvattenpåverkan	
	Skurh.	Björk.	Holms.	Björseb.	Sinks.	Sörfj.	Mulö
1990	19	32	34	44	103	250	259
1991	21	28	26	36	56	194	203
1992	21	31	26	29	63	109	133
1993	15	30	22	20	53		105
1994	16	17	22	19	21	23	45
1995	17	38	31	47	76	99	149
1990-95	15	29	27	33	62	135	149



*Holmsundet vid inloppet till Björbyfjärden.*

### 2.1.2 Syretillstånd

Vattnets syrehalt är av vital betydelse för ekosystemet. Syretillståndet kan variera mycket kraftigt under dygnet och året. Detta beror främst på produktionsförhållandena och på den organiska belastningen, inklusive naturliga humusämnen från avrinningsområdet. I näringsrika, högproduktiva vatten som är skiktade eller med dålig vattenomsättning finns det en risk att syrefria eller nästan syrefria förhållanden uppstår i vattenmassan, främst närmast botten. Detta kan leda till kritiska förhållanden för många botten- och vattenorganismer med bl a fiskdöd som följd. Andra olägenheter som de dåliga syreförhållandena medför är en försämrad vattenkvalitet med dålig lukt och ett ökat läckage av fosfor från bottensedimenten.

I den typ av grunda oftast oskiktade vattensystem som innerfjärdarna tillhör kan en betydande dygnsvariation förekomma i fråga om syrehalt. I sådana fall bör bedömningen av syretillståndet grunda sig på koncentrationen av syretärande ämnen (organiskt material) som COD<sub>Mn</sub> (SNV 1990).

En sammanställning av årsmaxvärden av COD i fjärdarnas olika delar under perioden 1990-95 visar en stor variation mellan de olika bassängerna (fig 2.2 c). Årsmaxvärden för COD ligger på 3,5 mg/l - 45 mg/l med en tydlig ökning mot de centrala delarna av innerfjärdssystemet, dvs Holmsundet och Björnsbyfjärden. En klassifikation grundad på årsmaxmedelvärden för perioden 92-95 visar att Holmsundet och Björnsbyfjärden har "stor syretäring", Sinkfjärden och Sörfjärden har "tydlig syretäring", Björkskatafjärden, Skurholmsfjärden och Mulövikens har "måttlig syretäring".

### 2.1.3 Ljusförhållanden

Ljusförhållandena påverkar livsbetingelserna direkt för många organismer. En förändrad ljusgenomsläpplighet i vattenmassan medför ändrade konkurrensförhållanden och fördelningar mellan olika typer av vattenvegetation och planktonalger. En ökad förekomst av löst och partikulärt material minskar exempelvis det största möjliga djup som undervattensvegetation kan etablera sig på.

Vattnets beskaffenhet i dessa avseenden anges här som färgtal i en brungul färgskala, vilken framför allt bestäms av förekomsten av lösta eller kolloidala humusämnen samt vattnets partikelinnehåll av lermaterial, humusflockar, plankton, mm.

Figur 2.2 d visar en sammanställning av färgtalet i fjärdarnas olika delar under perioden 1990-95. En klassifikation grundad på årsmedelvärden för perioden visar att alla delar av innerfjärdarna skall klassas som "starkt färgat vatten" utom Skurholmsfjärden och Mulövikens som har "betydligt färgat vatten". Färgtalet, som har en årsmedelvariation på 26 - 475 mg Pt/l, ökar betydligt mot de centrala delarna av innerfjärdarna.

### 2.1.4 Surhetstillstånd / Försurning

Vattnets surhetstillstånd är av stor betydelse för vattenlevande organismer eftersom dessa kan ha helt olika tolerans och överlevnadsmöjligheter för en ökad försurning. I många sjöar och vattendrag har artrikedomen reducerats på grund av den tilltagande försurningen med lägre pH i vattenmassan. Surhetstillståndet bestämmer också i vilken form och i vilka halter ämnen uppträder, exempelvis metaller, och har därigenom en indirekt betydelse för vattenorganismernas överlevnad. Vattnets förmåga att neutralisera surhet, dvs överskott av



vätejoner, är av stor ekologisk betydelse. Först då denna buffertkapacitet i det närmaste är förbrukad blir vattnet påtagligt försurat.

Surhetstillståndet bör i första hand anges med utgångspunkt från vattnets alkalinitet, eller i andra hand då alkalinitetsvärden saknas, dess pH-värde (SNV 1990). I fig 2.2 e och f presenteras en sammanställning av årsmedelvärden för alkalinitet och pH. En klassifikation grundad på årsmedelvärden för alkaliniteten under perioden 1990-95 visar att alla delarna av fjärdarna har "god buffertkapacitet", dock ligger Sörfjärden och Mulövikens mycket nära klassen "mycket god buffertkapacitet". Om klassificeringen istället grundas på pH blir bilden något annorlunda. Holmsundet, Björnsbyfjärden, Sinksundet och Björkskatafjärden bör då föras till "svag buffertkapacitet", de övriga bassängerna till "god buffertkapacitet". Den bristande överensstämmelsen i bedömningen av surhetstillståndet mellan de olika metoderna är inte ovanlig. Vanligen beror det på att nedbrytning av organiskt material, främst under icke produktionssäsong, ger en ökad kolsyrebildning som sänker pH utan att nämnvärt påverka alkaliniteten (SNV 1991).

Vid några tillfällen under perioden maj -juni har en surstöt kunnat registreras i främst Holmsundet och Björnsbyfjärden med pH-värden på 4,5 - 5,0. Sammanfattningsvis kan dock sägas att försurningen för närvarande inte förefaller vara något kritiskt hot mot innerfjärdarna. Näringsrika slättlandssjöar av den typ som innerfjärdarna är eller i varje fall håller på att utvecklas till har mycket bättre möjligheter att stå emot en ökad försurning än oligotrofa sjöar genom att de omgivande avlagringarna av finkorniga, lättvittrade jordarter kan tillföra vattnet betydande mängder neutraliserande ämnen. Detta styrks av att den sedan lång tid tillbaka avknoppade Gammelstadsviken uppvisade ett pH-värde på 7,0 den 22 mars 1990.

Extremt höga pH-värden (9,1-9,3) registrerades i Sörfjärden under tre tillfällen under perioden 17 augusti-8 september 1995. Även 14 augusti 1994 uppvisade Sörfjärden ett högt pH på 8,8. Eftersom inga yttre antropogena källor till denna pH-stegring har kunnat gå att finna är orsaken med stor sannolikhet en följd av en kraftig bioproduktion i Sörfjärden under denna period. Sörfjärden har nämligen en extremt rik och ymnig vattenvegetation. Det är inte ovanligt att i näringsrika vatten av denna typ pH-värdet kan stiga upp mot 9 och i extrema fall ännu högre under vegetationssäsongen (SNV 1991). Det beror dels på att växternas upptag av koldioxid driver kolsyrejämviktem mot högre pH och dels på att vegetationen under sin tillväxt på sommaren tar upp stora mängder näringsämnen, företrädesvis i form av nitrat och fosfatjoner. Dessa joner är negativt laddade, och som en kompensation för nitrat och fosfatupptagningen avger växterna en motsvarande mängd negativt laddade hydroxidjoner till vattnet, vilka höjer vattnets pH. Vid en luftning, magnetomrörning i 4 timmar, sänktes också mycket rikligt pH från 9,3 till 7,6.

## **2.2 Havets roll som vattenkvalitetspåverkare**

### **2.2.1 Förbindelse med havet - havsvattenståndsinducerade inflöden**

En icke avsnörd fjärd som står i förbindelse med havet är ur ekologisk synpunkt helt annorlunda än en fjärd som har tappat kontakten med havet. Förutom att den högre saliniteten, som en öppen förbindelse med havet ger, kan ha en direkt effekt på vegetationens sammansättning, utbredning och täthet så kan havsvattnet vara en vattenkvalitetspåverkare, främst genom att späda och skölja ur i fjärdvattnet lösta eller svävande ämnen.

Innerfjärdarna står i förbindelse med Bottenviken via två håll, i söder via Stadsfjärden och i norr via Brändöfjärden-Mulövikens. De hydrologiska mätningarna och resultaten som rör havets roll för vattenomsättningen i innerfjärdarna finns redovisade i rapport B (Andreasson 1996). En kompletterande information om havets betydelse utgör de konduktivitetmätningar som avd för Ekologi och miljövård har utfört och som presenteras här.

Bottenvikens vatten är bräckt med en salinitet på 3,5-2,5 promille, vilket motsvar konduktivitetvärden på 660 - 450 mS/m. De högre värdena kan påträffas närmare botten i djupare partier och de lägre närmare ytan och i innerskärgården (Sörlin et al 1994). Vid älvmyningar kan en fullständig gradient från 450 mS/m ner till 5 mS/m uppmätas, där det senare motsvarar ett rent älvvatten (Länsstyrelsen i Norrbottens län 1974). I sjöar i Norrbottens kustland som är helt avsnörda från havet har konduktivitetvärden på 3-22 mS/m uppmätts (Länsstyrelsen i Norrbottens län 1978). De grunda, om innerfjärdarna påminnande, lerslättisjöarna Persöfjärden och Sladan har konduktivitet på ca 15-22 mS/m. I Gammelstadviken har ett konduktivitetvärde på 35 mS/m uppmätts vid ett tillfälle. Ledningsförmågan (konduktiviteten) är alltså en utmärkt markör för att belysa och följa brackvatteninträngningar i fjärdssystemet.

Resultaten från konduktivitetmätningarna i Luleå kommuns kontrollprogram (1990-1995) redovisas i fig 2.2 g som årsmedelvärden. För att underlätta tolkningen av konduktivitetmätningarna har en för innerfjärdarna anpassad bedömningsklassificering framtagits (fig 2.2 g). Under perioden från november 1994 och ett år framåt har prover för mätning av konduktiviteten tagits vid 15 tillfällen i innerfjärdarnas olika delar. Dessa provtagningar har tagits vid varierande vattenståndssituationer i havet men främst i samband med stigande och höga vattenstånd i havet. Resultaten från några jämförbara mättillfällen redovisas i tabellform i figur 2.3 och ett par belysande mättillfällen i form av kartor i bilaga 2 och 3.

Datum	Svarth. kanal	Luls kanal	Björk -Björs	Holms. kanal	Sinks	Likskär	vatnst hav*	vattenståndshistorik
941008	↑ 44	↑ 45	30	↑ 29	↑ 50	↑ 310	+60	just fallande, 1004:-40,1007:+65,1010:+10
941021	↓ 8	↓ 19	30	↓ 62	↓ 195	↓ 378	+68	fallande, 941019: +120
950120	↑ 10	↑ 16	27	167	↑ 300	↑ 416	+72	950117:+106, 0118-0121:+69- +73
950325	↓ 7	↓ 13	48	108	↓ 196	↓ 367	+22	fallande, 950314:+108, 0321:-14, 0323:+34
950510	↓ 19	↓ 15	12	12	↓ 13	↓ 23	-22	950507-0512: -25 - -18
950522	↓ 23	↓ 14	11	12	↓ 12	↓ 20	-6	950519:+35, 0520:+8
950926	↑ 41	↑ 33	31	↓ 34	↓ 65	↑ 363	+20	stigande, 950921: -29, 0925:+5
951023	↑ 54	↑ 43	42	↓ 28	↑ 62	↑ 398	+46	stigande, 951021: -17

↑ = inström, mot Holmsundet och Gammelstadviken

↓ = utström, mot Mulövikens eller Stadsfjärden

\* = uppmätt vid Victoriahamnen relativt årets medelvattenstånd (= - 80 cm i RAK 1900)

**Figur 2.3** Konduktiviteten (mS/m) och strömriktningen i samband med vattenståndsförändringar i havet.

Analys och slutsatser från konduktivitetmätningarna är som följer:

1. Vid stigande och höga vattenstånd i havet har från Mulövikens inströmmande vatten konduktiviteten 300-450 mS/m. De första volymerna inströmmande vatten kan vara mindre bräckt än så men i stort är det ett tydligt bräckt vatten som kommer in denna väg.
2. Vid stigande och höga vattenstånd i havet har från Stadsfjärden inströmmande vatten haft konduktiviteten 10-54 mS/m. De lägre värdena, 10-20 mS/m, har uppmätts på vintern (december-mars) och de högre, 30-54 mS/m, under hösten (september-oktober). Eftersom Luleälvens vatten har en konduktivitet på ca 5 mS/m och havsvattnet ca 450 mS/m innebär detta att det ytliga stadsfjärdsvatten som kan tränga in genom Svartholmskanalen endast har en havsinblandning på 2 - 10%, dvs ett obetydligt bräckt vatten som i princip kan räknas som älvvatten.
3. Konduktivitetmätningarna antyder att vid stigande högvattenstånd i havet möter det inströmmande bräckta vattnet från Mulövikens inströmmande "söta" vattnet från Stadsfjärden i ett område mellan Björkskatagrundet i norra Björkskatafjärden och Lill-Ön i södra Björbyfjärden.
4. Vid höga vattenstånd i havet, främst under höst och vinter, kan det bli en märkbar brackvattenpåverkan högt upp i systemet. Under undersökningsperioden 94-95 har det inte varit ovanligt att Holmsundet nära utloppet i Björbyfjärden uppvisat konduktivitetvärden på 50-70 mS/m. Det skulle betyda att vid dessa tillfällen kan vattnet i grova drag till en tiondel bestå av havsvatten beräknat på att Holmsundet har en egen grundnivå på 25 mS/m utan havsvatteninfluens. Vid ett enstaka tillfälle (950120) uppmättes hela 167 mS/m i Holmsundet, vilket motsvarar en havsinblandning på drygt 30 %.

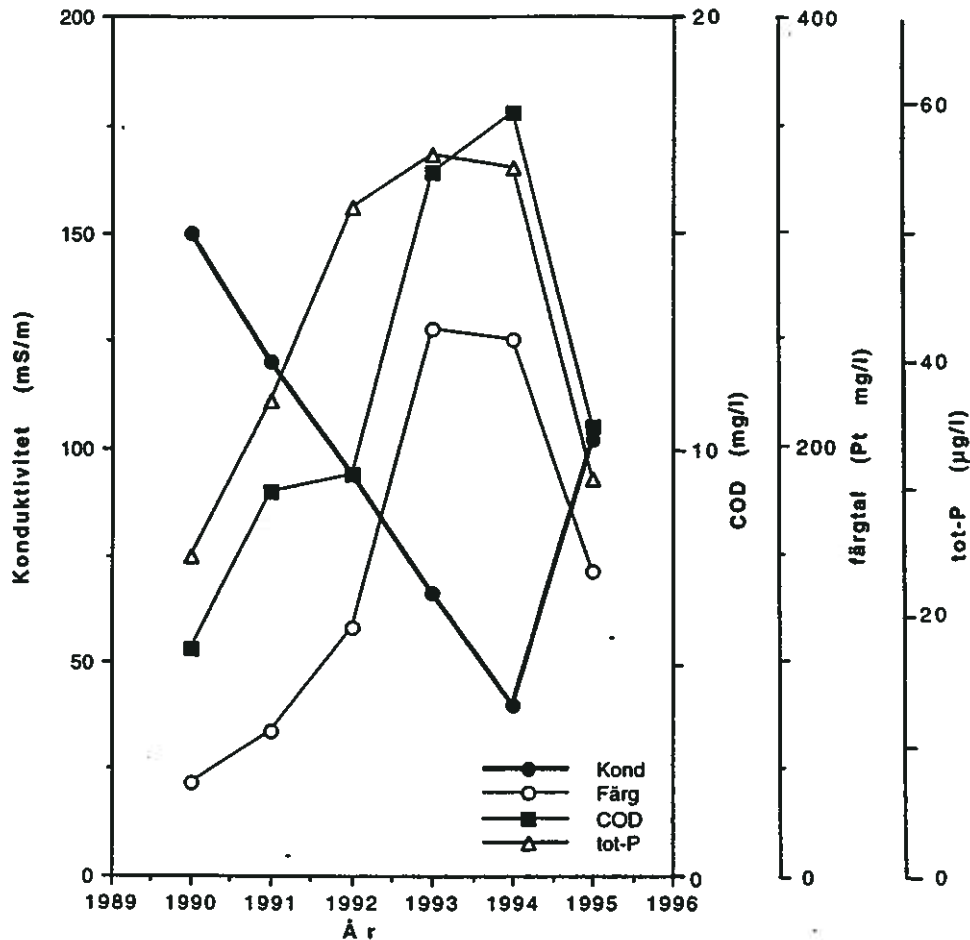
Sammanställningen av årsmedelvärden på konduktiviteten under perioden 90-95 (fig 2.2 g) styrker ovanstående slutsatser och visar en tydligt avtagande salinitetspåverkan från Mulövikens till Björbyfjärden. Skurholmsfjärdens låga konduktivitetvärden måste till stor del tillskrivas dess nära förbindelse med Stadsfjärdens "älvvatten". Observera att när brackvattenintrång sker via den norra havsförbindelsen sker samtidigt "sötvattenintrång" via den södra eftersom Stadsfjärdens vattenståndsförändringar helt följer havets.

Trenden att brackvattenintrången minskar mellan 1990 och 1994 för att därefter öka något igen under 1995 beror förmodligen främst på klimatologiska mellanårsvariationer med avtagande (färre och/eller lägre) högvattenståndssituationer under 90-94 och stigande 95. Ytterligare en anledning kan vara att den tillkomna fördämningarna 1993 har minskat utbytet med havet. De låga konduktivitetvärdena under 1994, dvs den ringa omsättningen med havet detta år, kan delvis bero på att vintern 93/94 är den enda hittills när överfallsdammarnas sättrar har suttit kvar.

### 2.2.2 Förbindelse med havet - vattenkvalitetspåverkan

Påverkar havsvattenstandsinducerade inflöden i innerfjärdarna eutrofieringsförutsättningarna, mätt som halter av tot-P, COD och färgtal? En jämförelse av periodens årsmedelvärden för konduktivitet och "eutrofieringsparametrarna" tot-P, COD och färgtal antyder klart att så är fallet (figurer 2.2 g,a,c,d). Under perioden 90-94 ökar halterna av eutrofieringsparametrarna i princip i innerfjärdssystemets alla delar medan konduktiviteten sjunker under samma tid. För

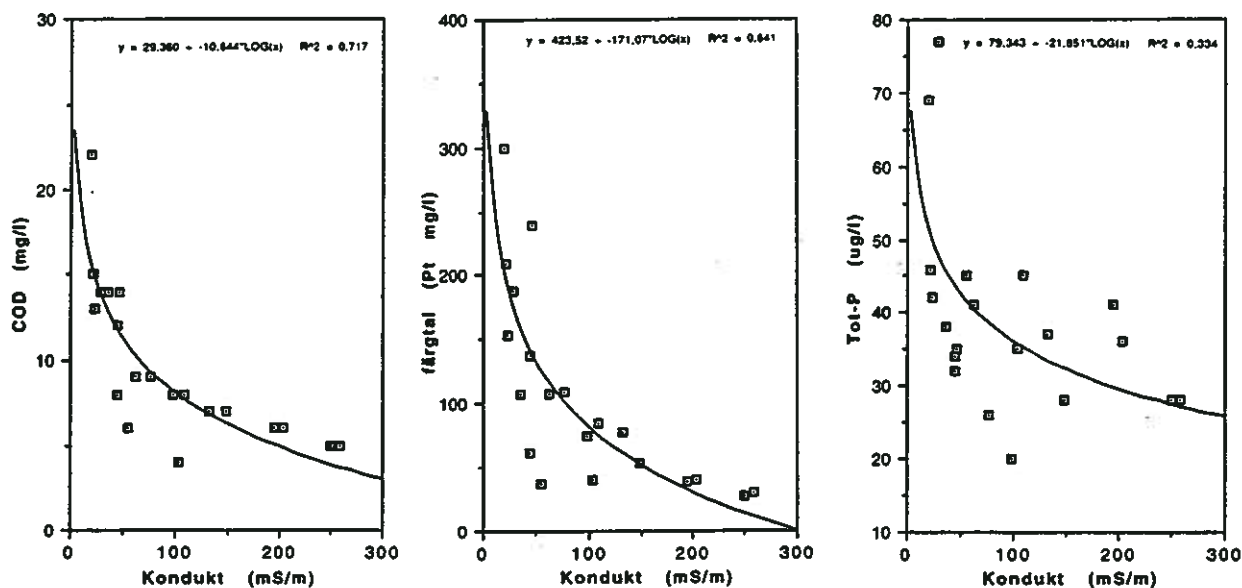
1995 ökar konduktiviteten något samtidigt som eutrofieringsparametrarna sjunker. Om hela innerfjärdssystemet betraktas som en helhet famgår ovanstående trend tydligt. Se figur 2.4, som för de aktuella parametrarna anger ett mätmedelvärde per år för innerfjärdssystemet som helhet (Skurholmsfjärden-Sörfjärden).



Figur 2.4 Årsmedelvärden för innerfjärdssystemet som helhet (dvs fem mättilfällen per år vid alla provpunkter) för parametrarna konduktivitet, COD, färgtal och tot-P.

När det gäller innerfjärdarnas norra delar (Mulövikens till Björksbyfjärden) existerar ett tydligt negativt samband mellan konduktiviteten (brackvattenintrång) och eutrofieringsparametrarna, främst COD och färgtal (fig 2.5). I den södra delen av innerfjärdarna, som vid höga havsvattenstånd erhåller jonsvagt vatten från Stadsfjärden, är det inte möjligt att söka och finna en liknande korrelation. Konduktiviteten kan ej tjänstgöra som markör för stadsfjärdsvattnet, en sådan saknas. Men, detta kan kringås på följande sätt. Låt konduktivitetens värden i Sörfjärden vara ett mått på vatteninträngningarnas storlek i fjärdssystemet både via den norra och den södra förbindelsen. Sörfjärden har valts eftersom denna fjärd både före och efter Likskärsvallens tillkomst på ett bra sätt borde indikera brackvatteninträngningar på grund av höga havsvattenstånd, och därmed samtidigt sötvatteninträngningar in i Skurholmsfjärden och Björkskatafjärden. Nu finner man vackra tydliga negativa samband mellan konduktiviteten i Sörfjärden och eutrofieringsparametrarna i Skurholmsfjärden resp Björkskatafjärden (fig 2.6).





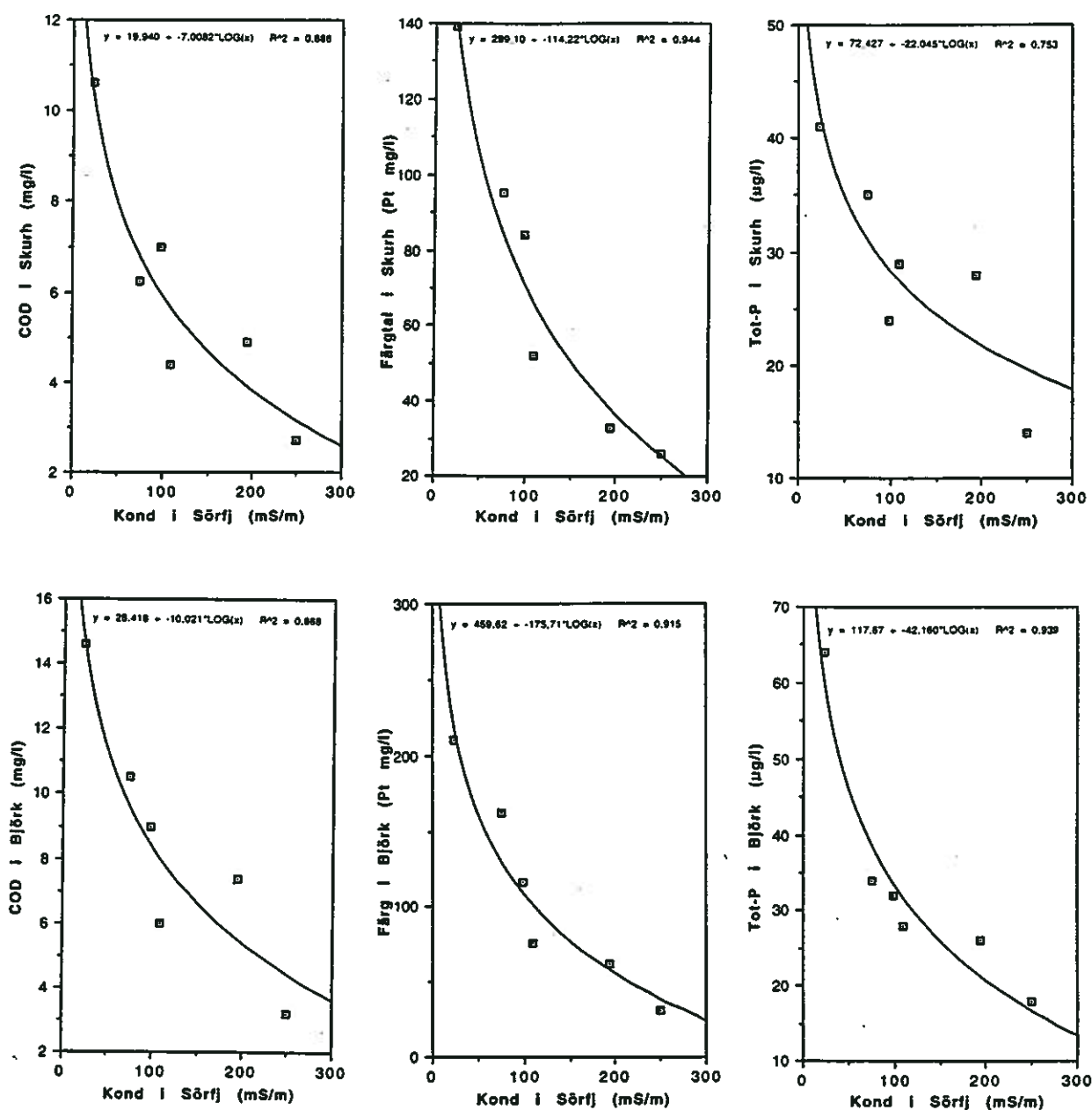
*Figur 2.5 Samband mellan konduktivitet och COD, färgtal och tot-P i den brackvatten - påverkade delen av innerfjärdssystemet (Mulövikén - Björbyfjärden). Årsmedelvärden för perioden 1990-1995.*

Varför sänker de havsvattenståndsinducerade inflödena halterna av eutrofieringsparametrarna? Följande hypoteser är gångbara:

- 1) en utspädningseffekt och/eller
- 2) en ursköljningseffekt och/eller
- 3) en undanträngningseffekt och/eller
- 4) en utfällningseffekt

Det är känt att humusrikt älvvatten "renas" när det möter havsvatten genom att humusämnen fälls eller flockas ut. Detta beror på havsvattnets högre pH och salinitet. Att det negativa sambandet mellan konduktiviteten och eutrofieringsparametrarna inte beskrivs bäst med en linjär utan ett logaritmisk funktion skulle antyda att det kunde röra sig om en utfällningseffekt. Men om detta vore fallet skulle man vänta sig att det vatten som tränger in via Stadsfjärden och som alltså saknar brackvattnets utfällande kvaliteter skulle ge upphov till en mer linjär spädning. Men sötvattensinträngningarna via den södra förbindelsen ger också närmast logaritmiska samband (fig 2.6). Därför är det troligt att det inträngande brackvattnet med sin låga salinitet och obetydligt högre pH ej har någon stor "utfällningseffekt" och att orsaken till att sambandet mellan konduktiviteten/vatteninträngningarna och eutrofieringsparametrarna bäst anpassas till en logaritmisk funktion måste vara en annan.

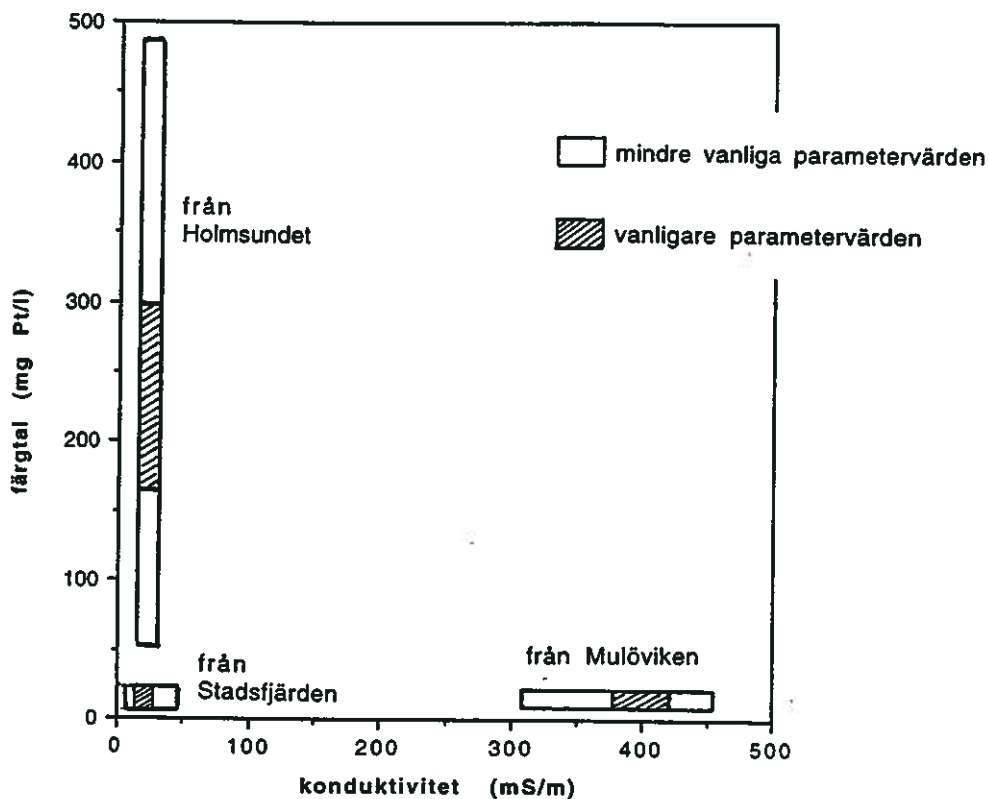
En anledning till att sambandet är icke linjärt kan vara en undanträngningseffekt. I innerfjärdarna rör det sig ej om vanliga blandningsförhållanden som om man blandar lösningar med olika koncentrationer i en och samma bytta. Högre konduktivetsvärden innebär samtidigt att en inträngande vattenström flyttar vattenmassor uppåt i systemet. Den ursprungliga absoluta mängden av ett visst ämne (ex COD) i en viss bassäng har troligen minskat vid påfyllningen. Vissa obearbetade resultat tyder på att denna undanträngningseffekt existerar i fjärdarna.



**Figur 2.6** Samband mellan konduktivitet i Sörfjärden och COD, färgtal och tot-P i Skurhomsfjärden (övre raden) och Björkskatafjärden (undre raden). Årsmedelvärden för perioden 1990 - 1995.

Ytterligare en anledning till att sambanden förefaller att vara icke linjära utan bäst anpassas till en logaritmisk funktion, kan vara att det inträngande vattnet har en grundnivå av halterna på COD, färgtal och tot-P. Samtidigt har innerfjärdsvattnet av "internt" ursprung en grundnivå på konduktiviteten på 20-30 mS/m (se fig 2.7).

Hur som helst, det i innerfjärdarna inträngande vattnet har en tydlig haltsänkande effekt på eutrofieringsparametrarna, som antagligen främst åstadkoms genom utspädning. Vatteninträngningarna har rimligen också en ventilerande, ursköljande effekt genom att i vattnet lösta ämnen och svävande partiklar följer med vattenmassorna ut ur systemet vid sjunkande och lägre vattenstånd i havet.



Figur 2.7 Skillnader i färgtal och konduktivitet mellan vatten som strömmar in till innerfjärdarna från Stadsfjärden (Lule älv), Mulövikens (havet) och Holmsundet.

### 2.3 Samvariation mellan vattenkvalitetsparametrar

I bilaga 4 visas en sammanställning av korrelationskoefficienterna för sambanden mellan olika parametrar i innerfjärdarnas vatten. Eftersom det vatten som kommer in via den södra och den norra förbindelsen har helt olika ursprung och vattenkvalitet redovisas sambanden för de södra fjärdarna (Skurholmsfjärden, Björkskatafjärden) och de norra (Björnsbyfjärden, Sink- sundsfjärden, Sörfjärden, Mulövikens) var för sig.

Sambanden mellan konduktiviteten och eutrofieringsparametrarna är redan behandlade men här framgår tydligt att starka samband helt logiskt endast kan hittas i de norra bassängerna, i de södra bassängerna är sambanden betydligt svagare om de överhuvud taget existerar.

Av bilaga 4 framgår det starka positiva sambanden som finns mellan parametergruppen COD, färgtal och delvis tot-P å ena sidan och mellan konduktivitet och sulfat å andra sidan. Mellan dessa båda grupper finns ett starkt negativt samband. Noterbart är att sambanden mellan eutrofieringsparametrarna (COD, färg och tot-P) förefaller vara starkare i Skurholmsfjärden och Björkskatafjärden än i de nordligare belägna fjärdarna. En anledning till detta kan vara att i de grundare norra fjärdarna kommer inströmmar och utströmmar av vatten att orsaka en omrörning av de översta lätta botten-sedimenten och därmed en ökad grumling av vattnet, som påverkar de tre eutrofieringsparametrarna. I de djupare södra fjärdarna kommer en ventilerings med havet att ge en omblandning av "rena" vattenmassor utan denna störande bottenpåverkan.

## 2.4 Vattnets ursprung - tre vattenkvaliteter

Ur vattenkvalitetssynpunkt måste innerfjärdarna betraktas som ett komplext system mycket på grund av de komplexa hydrologiska förhållanden som råder. Förutom de ovan beskrivna havsvattenståndsinducerade in- och utflödena av vatten från två håll erhåller innerfjärdarna tillrinnande vatten via Holmsundet. Det vatten som tillförs innerfjärdarna från dessa tre håll har helt olika vattenkvalitet (fig 2.7 och 2.8). Vattnet via Stadsfjärden och Mulövikens är ur vattenkvalitetssynpunkt väldefinierade med en relativt liten parameterspridning. Vattenkvaliteten på båda dessa vatten är mycket god med bl a låga färgtal och fosforhalter. Den främsta skillnaden är att Stadsfjärdens vatten har lägre pH och betydligt lägre salinitet än Mulövikens.

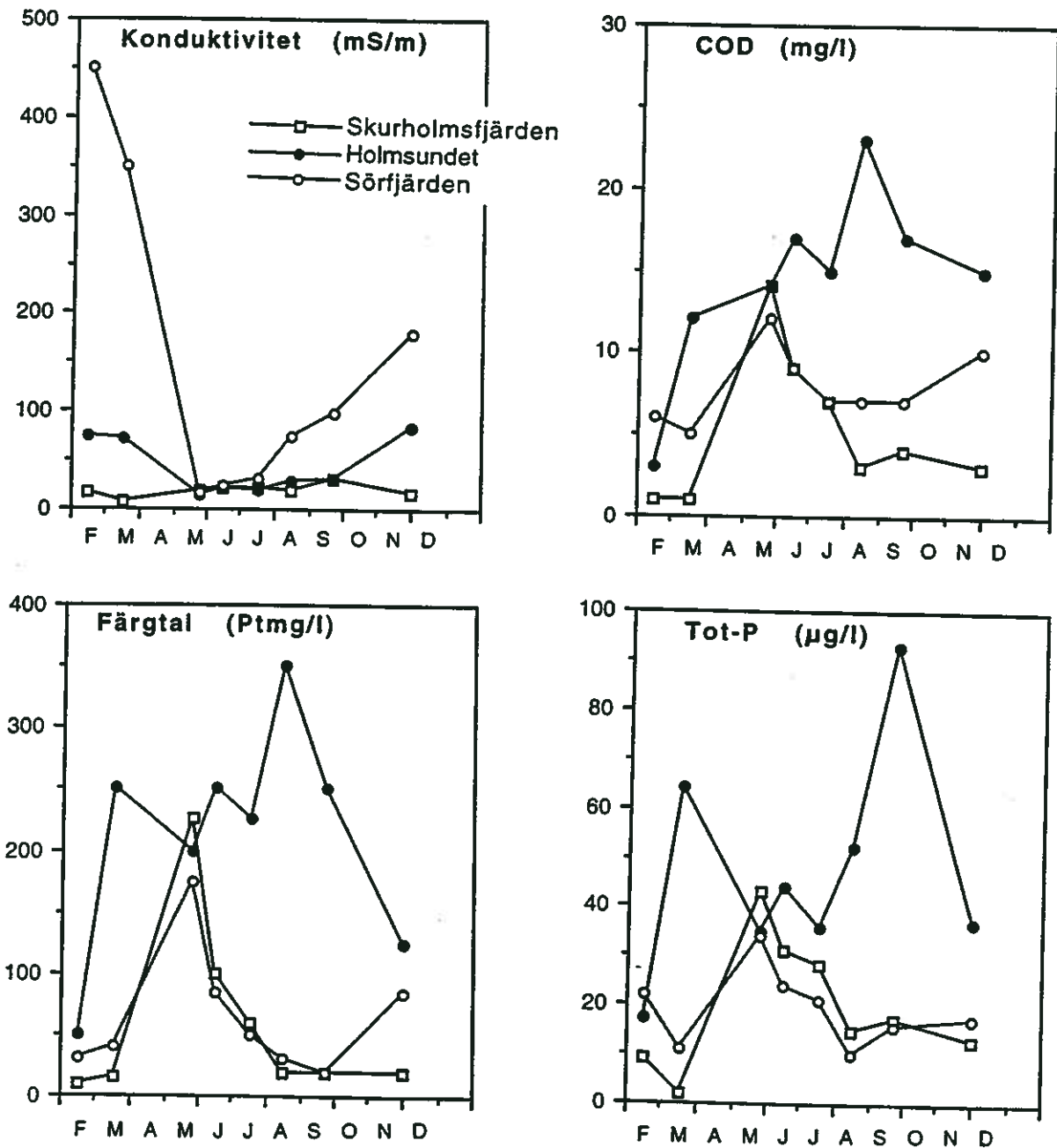
Det via Holmsundet inströmmande vattnet uppvisar en betydligt större vattenkvalitetsvariation mellan årstider och år. Detta vatten är betydligt mer näringsrikt med fosfor och färgtalvärden som genomsnittligt ligger tio gånger högre än det inträngande vattnet som orsakas av havsvattenståndet. Holmsundets vatten har ett lägre pH än Stadsfjärdens och ett betydligt lägre pH än Mulövikens vatten.

Det vatten som tränger in via Mulövikens kan ha något högre halter av närsalter än det rena havsvattnet på grund av att det i de utanför Mulövikens liggande fjärdarna sker en inblandning av näringsrikare vatten från bland annat Persöfjärden och dess avrinningsområde.

Parameter	Lule älv	Stadsfj. inträng.	Holmsundet	Mulöv. inträng.	Hav
konduktivitet (mS/m)	3,6-5,4	10-54	20-30*	300-450	450
färgtal (Pt mg/l)	ca 20	5-20	50-500 mv 250	10-20	10-20 mv 11
tot-P (µg/l)	7-11	4-8	5-250 mv 60	7-20	3-7
tot-N (ug/l)	ca 220	* *	500-2000 mv 750	* *	250-350 mv 300
COD (mg/l)	* *	1-3	5-45 mv 20	4-5	* *
pH	6,8-6,9	* *	4,5-7,6 mv 6,4	* *	7,4-7,6

\* = vid situationer utan högvatten;      \*\* = uppgifter saknas

**Figur 2.8** En jämförelse av vattenkvaliteten i det vatten som svarar för de huvudsakliga infödena till Luleå innerfjärdar.



Figur 2.9 Årstidsvariation för 1995 för parametrarna konduktivitet, COD, färgtal och tot-P i Skurholmsfjärden, Holmsundet och Sörfjärden.

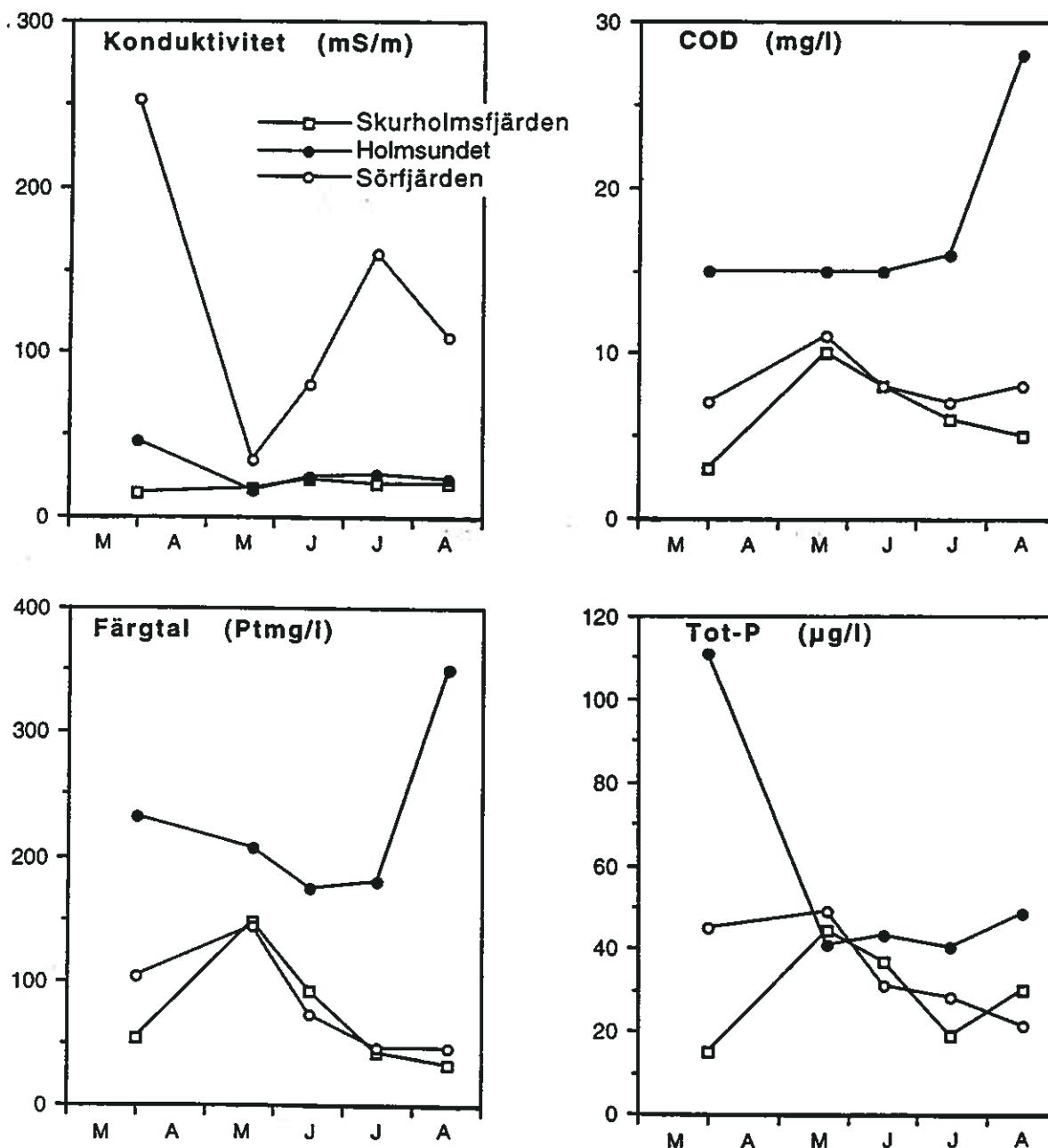
## 2.5 Årstidsbunden vattenkvalitetsvariation

För att kunna bedömma de vattenkemiska parametrarnas variation över året utökades under 1995 kontrollprogrammet till åtta mättillfällen spridda över hela året. Resultaten för konduktiviteten och eutrofieringsparametrarna redovisas i figur 2.9 för de tre mätpunkterna Skurholmsfjärden, Holmsundet och Sörfjärden. Generaliserbarheten av 1995 års resultat till andra år är osäker eftersom eutrofieringsparametrarna, som tidigare visats, är mycket beroende av graden av havsvattenståndsinducerade inflöden, som i sin tur styrs av meteorologiska förhållanden (lufttryck och vindar) som normalt uppvisar en stor mellanårsvariation.



För perioden april till augusti finns dock data från de sex åren 90-95 att tillgå. De trender som presenteras för denna vår- och sommarperiod i fig 2.10 bör därför äga en viss generalitet för innerfjärdssystemet. Här följer en kort sammanfattning och en rimlig tolkning av den årstidsbundna vattenkvalitetsvariationen:

1. Ventileringen med havet sker i största utsträckning under vinterhalvåret. Orsaken till detta är att det är fler och större brackvatteninträngningar denna tid (se rap B, Andreasson 1996). Konduktiviteten är lägst under maj-juni, då hela innerfjärdssystemet kan betraktas som helt utsötat beroende på den stora tillrinningen av sött vatten som fyller hela systemet och tränger ut det bräckta vattnet. Samtidigt är det vanligen mycket låga vattenstånd i havet under denna försommartid.



Figur 2.10 Årstidsvariation för perioden 1990-1995 för parametrarna konduktivitet, COD, färgtal och tot-P i Skurholmsfjärden, Holmsundet och Sörfjärden. De angivna värdena är medelvärdena för periodens sex år.

2. Genomgående för eutrofieringsparametrarna (Tot-P, COD, färgtal) gäller att de lägsta halterna påträffas under vintern (dec-mars). Orsaken till detta är att det under denna period är en låg tillrinning av näringsrikt vatten från Holmsundet och omgivande mark samtidigt som havets ventilerande effekt är som störst under denna tid.

3. I samband med våravsmältningen (april-maj) fyller Holmsundet på hela innerfjärds-systemet med näringsrikt vatten (se tot-P). De yttre delarna, Sörfjärden och Skurholmsfjärden, når sina högsta halter i slutet av maj/början av juni. Direkt efter "vårfloden" i slutet av maj är skillnaderna i vattenkvalitet mellan innerfjärdarnas olika delar allra minst. Vi har då ett utsötat och näringsrikt vatten i hela systemet.

4. Under perioden juni - augusti minskar halterna av eutrofieringsparametrarna i fjärd-systemets yttre delar (Skurholmsfjärden och Sörfjärden). Orsakerna till detta är bl a de högre växternas näringsupptag (tot-P), sedimentation (tot-P, färgtal, COD) och en viss ökad ventilering med havet.

5. I de centrala delarna (Holmsundet) ökar färgtalet och halterna av COD under juli-augusti (september) eller ligger åtminstone på en fortsatt hög nivå. Detta beror troligen på en låg vattenomsättning och en ökad produktion av svävande alger under denna period.

6. I de centrala delarna (Holmsundet) går fosforhalterna upp till sina högsta värden under senhösten, augusti-oktober, åtminstone för 1995. Orsaker till detta kan vara en ökad nederbördsinducerad avrinnig från omgivningen och en ökad mineralisering av årets sedimenterade produktion samt att planktonbiomassan med ingående fosfor är störst då.

## **2.6 Orsaker till innerfjärdarnas näringsrika till mycket näringsrika tillstånd**

Luleå stads innerfjärdar måste som helhet betecknas som mycket eutrofierade (se 2.1.1). Halterna av fosfor är genomgående höga. De högsta halterna har de innersta centrala delarna Holmsundet och Björsbyfjärden. Det nuvarande mycket näringsrika tillståndet är inte resultatet av enbart naturliga processer. Motsvarande sjösystem i en mindre urban och påverkad omgivning skulle förmodligen ha närsaltshalter på en tredjedel av dagens innerfjärdar (se 2.1.1). Eftersom vattenkvalitetsdata saknas före 1989 kan man endast förmoda att närsaltshalterna /närsaltsbelastningen successivt har ökat under 1900-talet.

I princip kan orsaken till ökande närsaltshalter i vattenmassan bero på en ökad extern och/eller intern belastning. Med intern belastning förstås att fosfor som varit fastlagda i botten-sedimenten frigörs (se 3.4) och med extern belastning alla yttre källor till ökande halter. I innerfjärdarnas fall talar vattenkvalitetsdata för att en stor del av den externa belastningen kommer via Holmsundet.

Möjliga orsaker till nuvarande höga närsaltshalter redovisas här i punktform:

1) Naturliga källor, jordartsförhållanden.

2) Ökade antropogena utsläpp från gamla och nya källor t ex:

- Rutviks handelsträdgård
- Stadsträdgården, Luleå kommun, klar 1991
- Stall, ridanläggning, Hushållningssällskapet, klar 1990 (ca 30 hästar)

- Rutviks golfbana, gödsling av greener.
- Jordbrukets näringsläckage
- Bebyggelsegenererade utsläpp, dagvatten, breddavlopp, enskilda avlopp

### 3) Tidigare muddringsarbeten.

I takt med att landhöjningen under de senaste århundradena har uppgrundat de ovanför Björnsbyfjärden liggande fjärdarna (ex Vargfjärden) har människan muddrat, grävt och kanaliserat vattenströmmen bl a för att tillskapa sig mer åkermark och för att förhindra översvämningar. Så sent som 1987-1989 utfördes upprensningar och muddringsarbeten i Holmsundet. Eftersom grunda och arealmässigt stora våtmarksområden fyller en viktig funktion som partikel- och näringsfälla innebär de gjorda muddringsarbetena att dessa områden har förlorat sin vattenrenande förmåga. Vattnet som kommer in i innerfjärdarna via Holmsundet kommer att innehålla högre halter av näringsämnen och ha ett högre färgtal.

### 4) Muddringsarbeten i samband med etapp 1.

Under verkställandet av etapp 1 utfördes under perioden februari 1992 till november 1993 muddringsarbeten i olika delar av innerfjärdarna. Trots att det mesta av muddermassorna har deponerats på land på speciella platser är det ofrånkomligt att de lösa övre organiska sedimenten kommer att röras om, uppblandas med vattenmassorna och därmed syresättas med risk för en ökad mineralisering och utläckage av näringsämnen.

### 5) Landhöjning och uppgrundning.

Den uppgrundning och minskande vattendjup som landhöjningen skapar i innerfjärdarna resulterar i en högre vattentemperatur på sommaren och även en bättre syresättning av vattenmassorna, vilket i sin tur resulterar i en snabbare nedbrytning av det organiska materialet i bottensedimenten och en ökad intern näringsbelastning.

Landhöjningen, vattennivåsänkningen, har även medfört att vass och vattenvegetation har kunnat breda ut sig genom att nya vatten- och strandområden har blivit tillgängliga. Därmed kan det tillgängliga näringsförrådet i innerfjärdarna öka på grund av att vassarna via rotsystemet tar upp näringsämnen som efter vassarnas nedbrytning åter blir tillgängliga i den fria vattenmassan.

### 6) Ökad produktion och igenväxning.

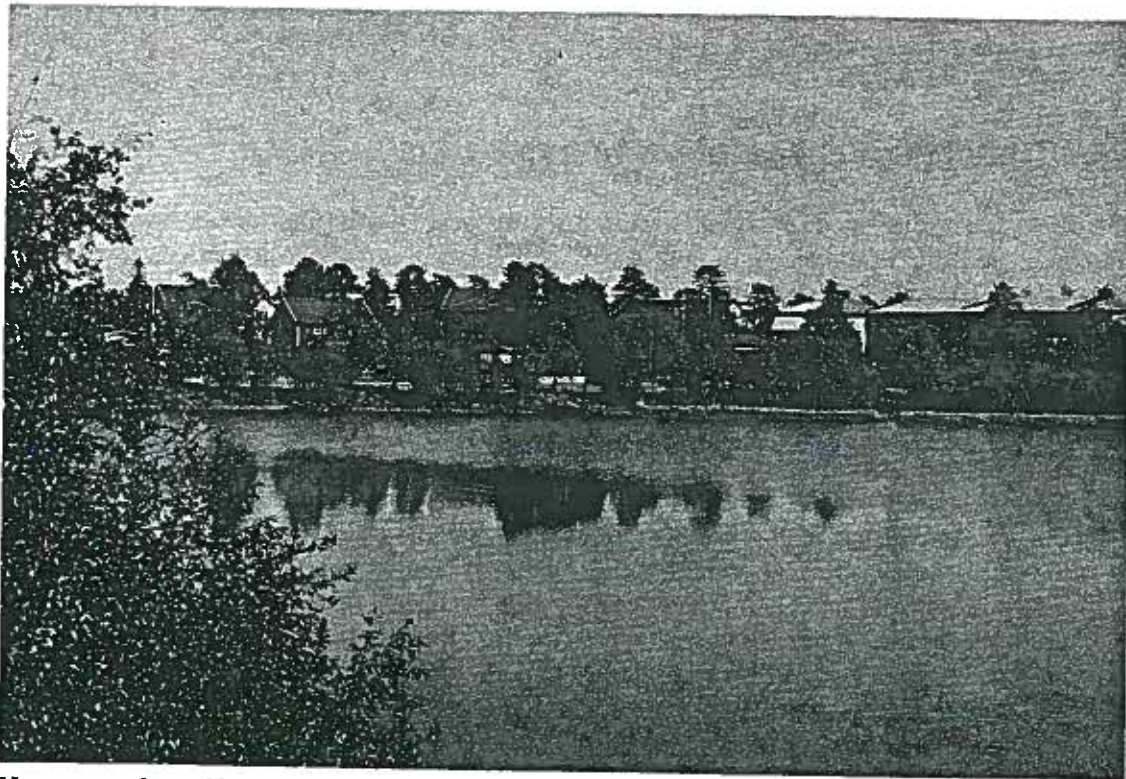
Den ökade produktionen och igenväxningen i innerfjärdarnas grunda vattensystem medför sommartid en ökad koldioxidassimilation med förhöjda pH-värden i den vattenmassa som står i kontakt med sedimenten som i sin tur gynnar fosforutflödet från sedimenten.

Det finns ytterligare faktorer som kan öka den interna näringsbelastningen i ett vattensystem som innerfjärdarnas (se 3.4) men dessa spelar förmodligen en underordnad roll.

## 2.7 Innerfjärdarnas vattenkvalitet - en sammanfattning

- o Innerfjärdarna måste betecknas som mycket eutrofierade med höga värden på tot-P, COD och färgtal. De högsta värdena uppträder i de centrala delarna närmast Holmsundet och avtar sedan utåt mot förbindelserna med havet.

- o Havet påverkar vattenkvaliteten genom att vattenståndsinducerade inflöden har en betydelsefull utspädande och ursköljande effekt på innerfjärdarnas vatten och därmed skapar en avtagande närsaltsgradient från de inre delarna och utåt. Den ventilerande effekten är störst under vinterhalvåret då de högsta vattenstånden i havet uppträder.
- o Havsvattenståndsinducerade inflöden via den norra förbindelsen utgörs av tydligt bräckt vatten medan inflöden via den södra utgörs av ett i princip utsötat älvvatten.
- o Innerfjärdarna visar inga tecken på att märkbart försuras.



*Vattenspeglar i Skurholmsfjärden.*



### 3 Bottenkvalitet

Bottensedimenten har en central och viktig roll i ett vattenekosystem. Det sker hela tiden ett utbyte av material och kemiska ämnen mellan sedimenten och den ovanförliggande vattenmassan. Organiskt material från vattenmassans produktion hamnar förr eller senare på sjöns botten där det kommer i kontakt med oorganiskt krossat berggrundsmaterial. Här kommer det organiska materialet normalt att brytas ned under förbrukning av i vattnet löst syre. I eutrofierade sjöar med hög produktion av främst planktonalger finns det en risk att det under stagnanta perioder, främst vinter och sommar, blir syrebrist vid botten när allt organiskt material skall brytas ned. Under dessa förhållanden kommer de bakterier som svarar för nedbrytningen att nyttja kemiskt bundet syre i sulfationer, vilket leder till en svavelvätebildning eller sulfidbildning i sedimenten.

Normalt fungerar sedimenten i en sjö som en fälla för näringsämnen, dvs att exempelvis fosfor fastläggs i sedimenten. Under vissa förhållanden, bl a vid syrebrist, kan sedimenten däremot tjänstgöra som en källa, flödet av fosfor från sedimenten är större än fastläggningen.

Sedimenten tjänstgör som bottensubstrat för vattenvegetationen. Om sedimenten ugörs av lös gyttja kan övervattensvegetationens etablering försvåras på grund av plaubildning. Detta fenomen behandlas under 4.1.2.

#### 3.1 Undersökningens uppläggning

För att kunna göra en översiktlig bedömning av innerfjärdarnas nuvarande bottenstatus gjordes en sedimentundersökning i mars 1995. Syftet med undersökningen var att översiktligt beskriva vilka typer av sediment som finns (täthet, kornstorlek och organisk halt) och sedimentens nuvarande syrestatus. Inga liknande undersökningar är tidigare gjorda i Luleå innerfjärdar.

Sedimentproven togs från uppborrade hål i isen med hjälp av ett långt (3,5 m) plexiglasrör med en diameter på 50 mm. Som ett mått på sedimentens hårdhet/täthet registrerades subjektivt den kraft som krävdes för att trycka ner röret 30 cm i sedimenten i en fyrgradig skala där 1= utan nästan någon kraft (mjuk botten), 2 = med viss kraft (måttligt mjuk botten), 3= med relativt stor kraft (fast botten) och 4 = omöjlig att tränga ner (hård botten).

Syrestatusen registrerades som avståndet mellan bottenytan och redoxklinen. Bottensedimentens översta centimetrar är vanligen ljust bruna och syresatta. Här oxideras det organiska materialet med hjälp av syre (en oxiderande, aerob miljö). Sedimentets undre skikt är vanligen mörkt svart, på grund av järnsulfid, där råder syrebrist (en reducerande, anaerob miljö). Gränsskiktet mellan det övre ljusa och det nedre mörka skiktet kallas redoxklinen. Redoxklinen är ett lättåtkomligt mått på graden och utbredningen av den organiska belastningen i ett område där partiklar sedimenterar. Vid ökad belastning stiger redoxklinen mot sedimentytan (Rosenberg 1983).

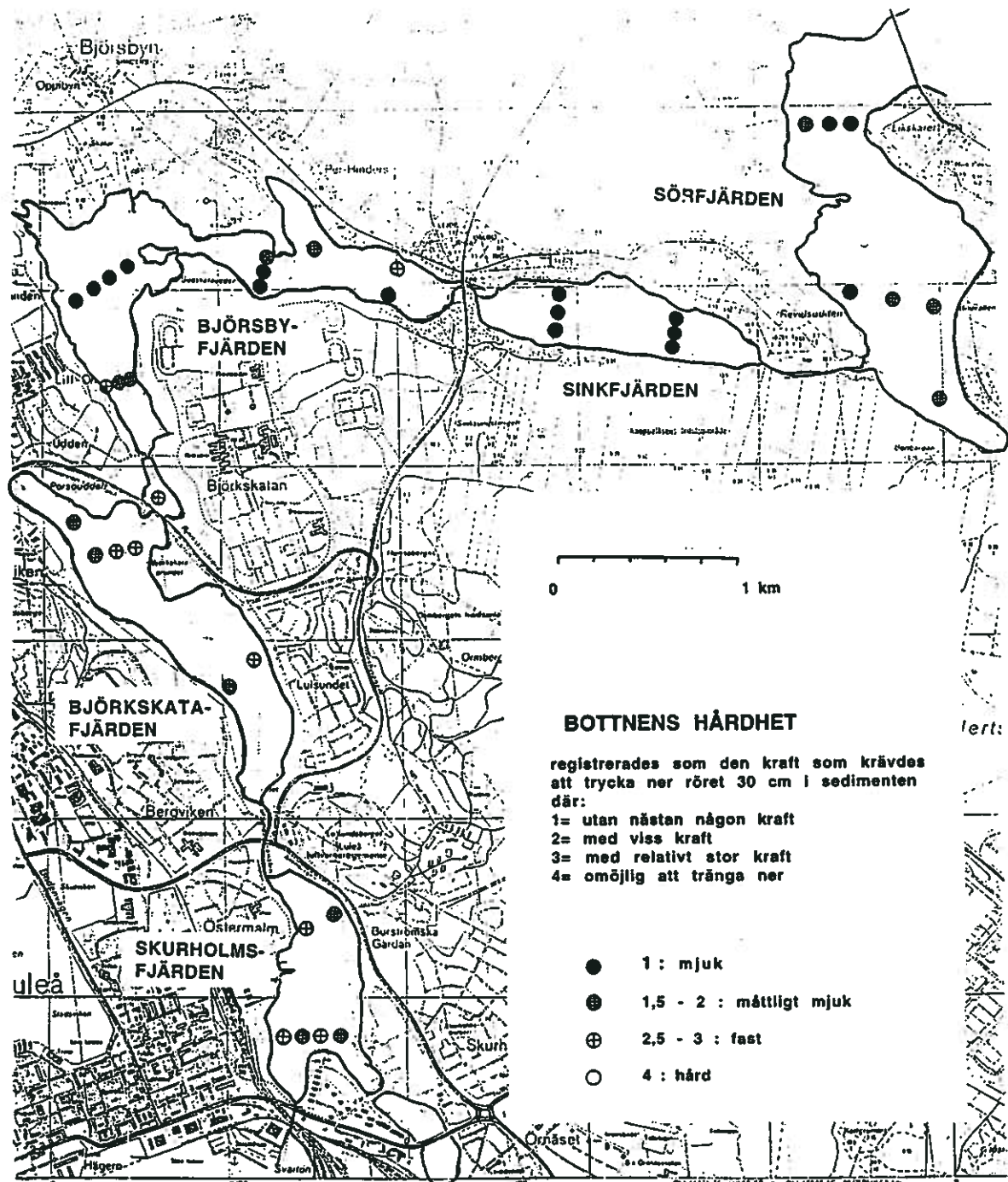
De översta fem centimetrarna av sedimentproppen hemfördes och genom gnuggning och okulär besiktning registrerades kornstorleken. Efter torkning av provet mättes glödgningsförlusten, som är ett bra mått på sedimentens halt av organiska ämnen (Håkanson et al 1982). Sedimentprover enligt ovan har tagits på 40 olika punkter fördelade på innerfjärdarnas olika delar.



### 3.2 Resultat - sedimentens nuvarande status

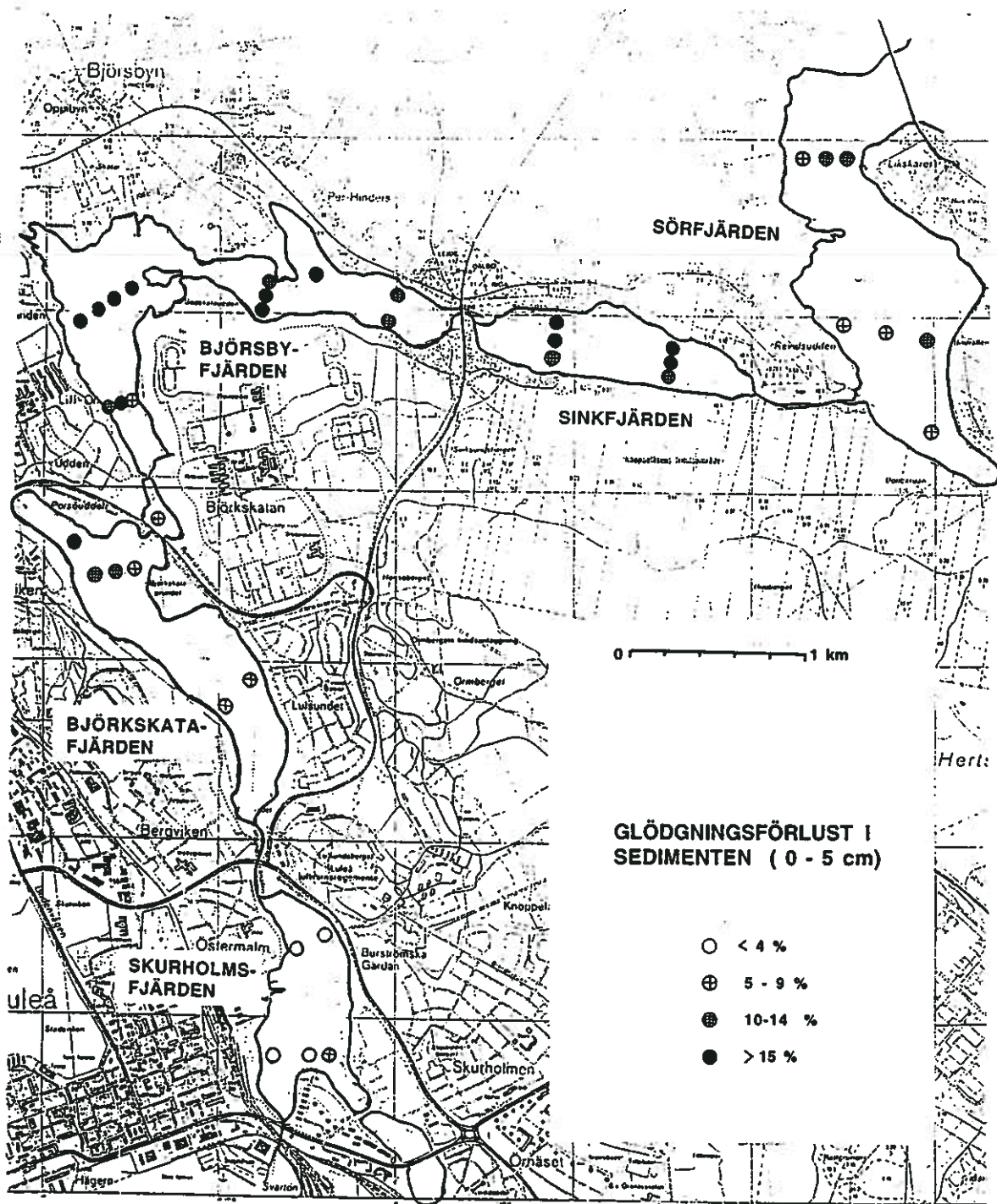
#### Hårdhet

Till stora delar måste bottenarna i innerfjärdarna betecknas som mjuka (fig 3.1). Hårdheten, enligt den använda klassificering ligger mellan 1 och 2 och endast i någon enstaka punkt klass 3. De mjukaste bottenarna hittar vi främst i Björnsbyfjärden och Sinksunds-fjärden och till viss del även i Sörfjärden. De mjukare bottenarna är ett tecken på att det här sker en ackumulation



Figur 3.1 Bottnarnas hårdhet i Luleå innerfjärdar 1995.

av organiskt och oorganiskt material. Eftersom inga hårda bottenar har påträffats är förmodligen vattenströmmarna och vattenrörelserna för små för att det skall bildas erosionsbottenar. Däremot förekommer givetvis transportbottenar där i vattnet suspenderat material under vissa tider ackumuleras för att under andra tider resuspenderas och transporteras vidare. Under vårflödet sker det en transport av partikulärt material innifrån och ut men vid andra tillfällen kan kraftiga inströmmar på grund av höga vattenstånd i havet föra partiklar innåt. Nettotransporten har rimligen en riktning innifrån och ut.



Figur 3.2 Glödgningsförlusten i sedimentens översta 5 centimeter.

Bottenkvaliteten i innerfjärdarna kan bäst karakteriseras som en lerig gyttja. Kornstorleken på det oorganiska materialet är genomgående mycket fin, och utgörs av fraktionerna lera, mjåla och finmo.

#### **Glödningsförlust / organisk halt**

Glödningsförlusten (fig 3.2) kan ses som ett mått på halten organiskt bundet kol i sedimenten. Det innebär att i de översta 5 centimetrarna i innerfjärdarnas sediment utgörs mellan 3 och 20 % av organiskt material, vilket är jämförelsevis höga värden på organisk halt i sediment. Ursprunget till det organiska materialet i sedimenten är antingen innerfjärdarnas egen bioproduktion eller ett inflöde av organiskt material från närliggande områden via vattendrag och landavrinning. Fördelningsbilden visar att de högsta värdena finns i Björsbyfjärden och i Sinksundsfjärden för att sedan avta utåt i systemet. De lägsta värdena har Skurholmsfjärden. Att Björsbyfjärden uppvisar de högsta organiska halterna är väntat eftersom denna fjärd kommer att tjänstgöra som en partikelfälla och sedimentationsbassäng för Holmsundets inströmmande vatten. Samtidigt har Björsbyfjärden med sina höga närsaltshalter (se 2.1.1) förutsättningar för hög egen produktion. Över huvudtaget är överensstämmelsen mellan totalfosforhalternas fördelning över fjärdarna (fig 2.2 a) och sedimentens organiska halt god.

#### **Syrestatus**

På alla provpunkter hade sedimenten ett översta skikt av syresatt, oxiderat material (fig 3.3). Redoxklinen låg på nivåer från 1-11 centimeter från bottenytan. Skillnaderna mellan närliggande punkter (ca 100 meter från varandra) var i vissa områden relativt stor, vilket antagligen beror på att det kan vara stora lokala variationer när det gäller bottenpografien, ackumulation av organiskt material och hur syresättande vattenströmmar går. De områden som hade de tunnaste oxiderade skikten, mindre än 2 centimeter, var de innersta delarna av Björsbyfjärden men även Sörfjärden. Att delar av Björsbyfjärden har bottensediment med relativt dålig syresättning är väntat. Här har eutrofieringen gått längst med en hög organisk belastning samtidigt som den syresättande ventilationen med havet är låg. Sörfjärdens relativt låga syresättning i sedimenten är möjligen mer oväntad och troligen en följd av den extremt rika undervattensvegetationen (se 4.1.2) som kräver mycket syre vid sin nedbrytning efter produktionssäsongen.

### **3.3 Sedimentens syresättning och havets roll - diskussion**

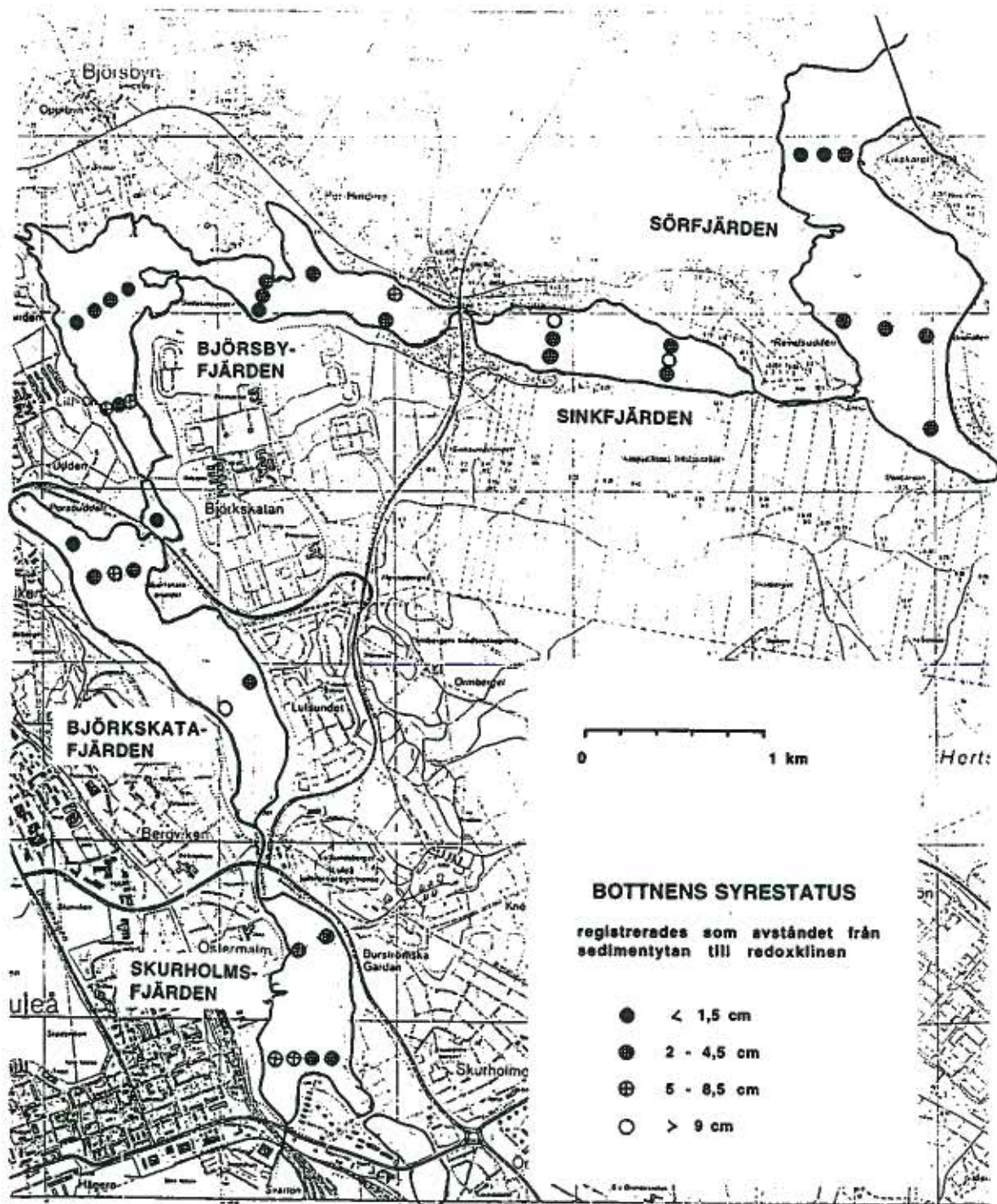
I sjöar brukar risken att syrefria förhållande uppstår i sedimenten vara störst under slutet av sommaren och under senvintern. Under dessa perioder sker det en skiktning och stagnation i vattenmassan, vilket medför att det syre som förbrukas vid nedbrytningen av organiskt bottenmaterial ej kan ersättas av syrerikt ytligare vatten. Under sommarhalvåret är dock risken för syrefria bottnar mycket liten i innerfjärdarnas grunda vattenområden. I innerfjärdarna har ingen temperaturskiktning kunnat noteras under denna tid och hela vattenpelaren måste i stort betraktas som homogen när det gäller temperatur, syrehalt och närsalter. I innerfjärdarna kan man vänta sig att de största problemen med syrefria bottnar uppstår under februari-mars, den tidpunkt då proverna togs, eftersom stagnationen då bör vara störst på grund av isläggningen.

Förbindelsen med havet gör dock att innerfjärdarna ej kan betraktas som en vanlig sjö (se 2.2.1). De havsvattenståndsinducerade inflödena, som är mest frekventa under vinterhalvåret, bryter stagnationen och medför att syrerikt vatten kan tränga långt in i systemet. Provtagningsstillfället i mars 1995 hade föregåtts av en lång tids rejäl havsvattenventilering på grund av kraftigt varierande och höga vattenstånd i havet samtidigt som sättorna vid överfallen var borttagna. Det betyder att sedimentens syreförhållanden kan ha varit mer kritiska tidigare år eller kommer att kunna bli det i framtiden när vattentekniska hinder



och/eller landhöjningens naturliga avsnörningar kommer att minska havets ventilerande effekt.

De havsvatteninducerade inflödena har en annan betydelse för syreförhållandena i sedimenten genom att det inträngande vattnet är sulfatrikt. Sulfatet tjänsgör som en syrekälla vid anaeroba förhållanden. Svavlet reduceras och bildar järnsulfid om järn finns närvarande och svavelväte om järn inte finns tillgängligt .



Figur 3.3 Bottnarnas syrestatus.



### 3.4 Sedimenten som närsaltsfälla eller källa - diskussion

En sjö fungerar normalt som en näringsfälla, dvs sedimenten ackumulerar och fastlägger närsalter. Det sker ett nettoinflöde av ex fosfor från vattnet till sedimenten. Om sjöns externa belastning under tidigare år har varit onormalt stor kan under vissa förhållanden och perioder sedimentens funktion som fälla övergå till en funktion som källa, dvs det sker ett nettoutflöde av fosfor från sedimenten. I försök att rädda kraftigt eutrofierade sjöar i Sverige brukar en första åtgärd vara att avlasta sjön från näringsutsläpp (Pettersson et al 1980), att minska den externa fosforbelastningen. Vid en del sådana restaureringsförsök har ingen positiv återhämtning kunnat märkas (Persson et al 1994). Fosforhalterna har fortsatt att vara höga på grund av ett utläckage från sedimenten. Vilka är förutsättningarna för att innerfjärdarnas sediment kan fungera som en fosforkälla?

1) Innerfjärdarna har och har haft en betydande extern tillförsel av fosfor (se 2.6). I de områden där sedimenten har en hög organisk halt (se 3.2) ligger med stor säkerhet betydande mängder fosfor bundna i sedimenten (Håkansson et al 1983). Under vissa förutsättningar och perioder kan detta fosfor läcka ut.

2) Under syrefria förhållanden vid botten sker ett utläckage av fosfor. I innerfjärdarna skulle detta endast kunna vara aktuellt under vintern eftersom syreförhållandena då kan bli kritiska framför allt om havsventileringen upphör (se 3.3). Av fjärdarnas olika delar är det förmodligen Björbyfjärden som först skulle kunna drabbas av detta fenomen. Under sommaren sker inget utläckage av fosfor från sedimenten på grund av syrebrist, eftersom syresättningen i innerfjärdarnas grunda vatten då är god.

3) I innerfjärdarna kan problemet med en stor intern fosfortillförsel vara störst under sommaren. Då blir vattnet i de grunda fjärdarna snabbt uppvärmt. När syrerikt och varmt vatten står i kontakt med sedimenten gynnar det en snabb nedbrytning och regenerering av fosfor från sedimenterat material (Persson et al 1994). Det är osäkert men inte osannolikt att detta kan ske i exempelvis Björbyfjärden. Nuvarande vattenkvalitetsdata kan ej ge svar på om vissa delar av fjärdarna fungerar som fosforkälla på detta sätt.

En annan faktor som gynnar fosforutflödet från sedimenten är när vattenmassor med höga pH-värden kommer i kontakt med sedimenten. Eftersom Sörfjärden, på grund av en extremt rik undervattensvegetation, under slutet av sommaren de senaste åren har erhållits pH-värden på 8,8-9,3 är det troligt att det här kan ske ett utläckage av fosfor under denna tid.

4) Sedimentfosfor kan mobiliseras till vattenmassan av stora bestånd av småvuxen mört och braxen genom deras födosök vid bottnarna och påföljande exkretion (Hamrin et al 1991). De ovannämnda fiskarterna finns i innerfjärdarna men beståndens storlek är svåra att uppskatta (Näslund et al 1980) och därmed även storleken på de fiskgenererade fosforutsläppen från sedimenten.

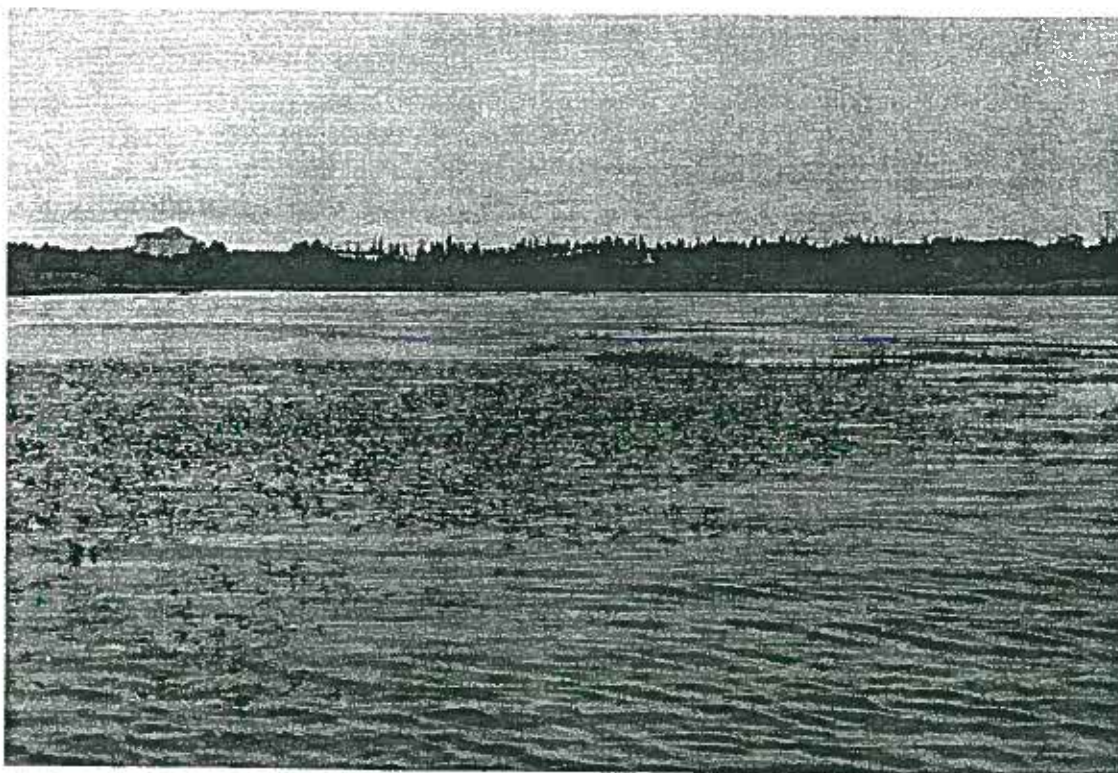
5) En annan biologisk faktor som kan mobilisera sedimentfosfor är stora bestånd av blågröna alger som kan övervintra inaktiva i sedimenten och som när nästa sommar kommer aktiveras och stiger upp i vattenmassan och därvid tar med sig ett fosforförråd upp i vattenmassan. Eftersom inga större mängder av blågröna alger ännu har konstaterats (se 4.3) har denna mekanism förmodligen en underordnad om alls någon betydelse i innerfjärdarna för närvarande.

6) Det finns undersökningar som tyder på att vattenvegetation kan tjänstgöra som en betydande fosforpump genom att den upptar fosfor från sedimenten som efter produktionssäsongen vid växternas nedbrytning kommer att frigöras till vattnet (Barko et al

1980). Eftersom vissa delar av innerfjärdarna har en mycket rik vattenvegetation skulle denna pumpeffekt kunna vara en faktor att räkna med.

### 3.5 Innerfjärdarnas bottenkvalitet - en sammanfattning

- o Innerfjärdarnas övre sediment utgörs i huvudsak av en mjuk, lerig gyttja, där den organiska halten är relativt stor och därmed förmodligen även fosforhalten. Längre ner består sedimenten av sulfidleror (svartmocka).
- o Syrefria bottenar har ej påträffats under undersökningsåret 1995. Björsbyfjärdens sediment hade de tunnaste oxiderade skikten.
- o Innerfjärdarnas sediment skulle kunna utgöra en fosforkälla dels på sommaren då uppvärmt och syrerikt vatten påskyndar nedbrytningen och/eller när höga pH-värden uppstår i vattenmassan på grund av en hög bioproduktion, samt under vintrar då havsventileringen av någon anledning uteblir.



*Tät flytbladsvegetation i norra Björkskatafjärden.*

## 4. Vegetation och vegetationsutbredning

### 4.1 Vegetationens nuvarande utbredning, täthet och sammansättning

Kartläggningen av vegetationens utbredning, täthet och sammansättning har skett med hjälp av: vegetationskartering i fält, flygfotografier och fotografier tagna från båt och land.

Under augusti - september 1995 utfördes en vegetationskartering i innerfjärdarnas olika delar. Målsättningen med karteringen var att ge en bild av de olika fjärdarnas dominerande växtbestånd och har främst koncentrerat sig på vattenvegetationen och den yttersta, närmast vattnet liggande strandvegetationen. Vid inventeringen, som skedde med båt, har varje fjärd överkorsats på ett systematiskt sätt samtidigt som data om växtart, täthet/täckningsgrad och utbredningsområde noterats. Bottenvegetation har vid några tillfällen kunnat fastställas med hjälp av en vattenkikare men har oftast tagits upp med hjälp av en kratta. Arternas relativa täthet uppskattades med en tregradig skala: 1 = sparsam, 2 = allmän och 3 = mycket allmän, dominerande.

Flygfotografier togs över området i september 1994 och augusti 1995. Totalt har ca 100 färgbilder tagits, varav 35 stycken har tagits upp till storformat, 30x45 cm. Dessa bilder ger inte bara en bra översiktlig information om vegetationens utbredningsområden utan förmår även efter tolkning att differentiera en stor del av vegetationen till art.

Som ytterligare dokumentation och ett komplement till vegetationsundersökningarna har ett stort antal färgfotografier tagits från båt i samband med växtkarteringen och från olika positioner på land.

Resultaten från sammanställningen av all vegetationsdata redovisas i form av utbredningskartor (fig 4.1 a-c). För att kunna presentera vegetationens utbredning på ett översiktligt och användbart sätt har ett klassifikationssystem som inte enbart baserar sig på vegetationens täthet och sammansättning utan även vegetationens olägenhetseffekt framtagits. Till de olägenheter som igenväxningen skapar räknas förlust av estetiskt tilltalande vattenspeglar, minskade möjligheter till båtliv och kanoting, minskade möjligheter för skridsko- och skidåkning. Det betyder att växtarter som har registrerats vid växtkarteringen men som är ovanliga, utrymmesmässigt obetydliga eller på annat sätt inte bedömts ha någon betydelse ur ovanstående olägenhetssynpunkt inte har redovisats i utbredningskartorna.

#### 4.1.1 Utbredningskartornas klassifikationssystem

##### 1. Övervattensvegetation (emersa makrofyter)

Kännetecknas av att de gröna skottdelarna växer upp ovanför vattenytan. I innerfjärdarna påträffas främst följande arter: bladvass (*Phragmites australis*), säv (*Schoenoplectus lacustris*), starr (*Carex* spp.), sjöfräken (*Equisetum fluviatile*) och vissa igelknoppsarter (*Sparganium* spp). Dessa växter finns främst i strandnära områden där de bildar en zon från strandlinjen och ut mot djupare vatten men vissa av övervattensarterna kan i innerfjärdarnas grunda vattenområden bilda stora ensartade bestånd ute i fria vattnet. Hit hör främst bladvass och säv som genom att bilda täta och upp till 2-3 meter höga bestånd avsevärt bidrar till att minska och skymma vattenspeglar.



### **1 A Tät övervattensvegetation**

Utgörs av bladvass och säv i täta, skymmande bestånd. Täcker mer än 40% av vattenytan. Vattenområdet ej möjligt att passera med roddbåt utan betydande svårigheter. Ger en betydande begränsning av vinteraktiviteter.

### **1 B Gles övervattensvegetation**

Utgörs av något av följande alternativ:

- Bladvass och säv i glesa, endast något skymmande bestånd. Täcker mindre än 40 % av vattenytan oftast som glest liggande ruggar.
- Fräken i ensartade bestånd oftast som en zon i vattnet utanför strandlinjen.

Områdena möjliga att passera med roddbåt. Ger obetydlig begränsning av vinteraktiviteter.

## **2. Flytbladsvegetation (nymphneider)**

Växter som är förankrade i botten med sina rötter. Alla blommor samt en del blad växer upp till ytan där de kan bilda täta mattor. I innerfjärdarna rör det sig främst om följande arter: Gäddnate (*Potamogeton natans*), Pilblad (*Sagittaria* spp), Näckrosor (*Nuphar lutea*, *Nymphaea alba*) och flotagräs (*Sparganium gramineum*). Dessa växter påträffas ofta som blandvegetation i områden med övervattensvegetation, främst säv, men även i ensartade bestånd som en bård utanför zonen med övervattensväxter.

### **2 A Tät flytbladsvegetation**

Utgörs av flytbladsväxter i täta, mattlika bestånd. Vattenområdet ej möjligt att passera med roddbåt utan betydande svårigheter. Vegetationen verkar ej skymmande men vattenspegeln försvinner eller blir betydligt mattare. Ingen begränsning av vinteraktiviteter

### **2 B Gles flytbladsvegetation**

Flytbladsvegetation i glesa bestånd som lätt kan överkorsas med roddbåt och endast ger en obetydlig mattning av vattenspegeln.

## **3. Undervattensvegetation**

Dessa växter, som finns nere i vattnet, kan indelas i två grupper. Kortskottsväxter, som vanligen bildar mer eller mindre täta mattor på botten, redovisas endast i undantagsfall. Däremot långskottsväxter som växer från botten och ofta ända upp till ytan. I innerfjärdarna är följande arter de vanligaste: Vattenpest (*Elodea canadensis*), slingeväxter (*Myriophyllum* spp), ålnate (*Potamogeton perfoliatus*) och sköldmöja (*Ranunculus peltatus*). Sköldmöjan räknas normalt till en flytbladsväxt men växtsättet i innerfjärdarna gör att den har placerats här.

### **3 A Tät undervattensvegetation**

Undervattensvegetation i täta, kompakta bestånd som når upp till ytan. Kan ej passeras med roddbåt utan vissa svårigheter. Vattenspegel ej påverkad förutom att lätta vindars krusningar upphör. Ingen begränsning av vinteraktiviteter.

### **3 B Gles undervattensvegetation**

Undervattensvegetation som endast förekommer närmast botten (kortskottsväxter) eller om den når upp till ytan (långskottsväxter) endast som glesa bestånd.



#### 4.1.2 Kommentarer och diskussion till vegetationens utbredning

Som framgår av utbredningskartorna (fig 4.1 A-C) är stora delar av dagens innerfjärdar mycket frodiga och vegetationsrika. Det gäller främst Björsbyfjärdens centrala och norra delar, de norra delarna av Björkskatafjärden och stora delar av Sörfjärden. Vegetationens sammansättning skiljer sig dock åt mellan dessa olika områden. I Björsbyfjärden är det hög och skymmande övervattensvegetation i form av vass och säv som dominerar. I Björkskatafjärden är det en rik och tät flytbladsvegetation och i Sörfjärden en extremt tät undervattensvegetation av främst vattenpest som dominerar. Här följer en kort redovisning av en del faktorer som orsakar och förklarar innerfjärdarnas nuvarande vegetationsstatus.

##### Vattendjup / strandprofil

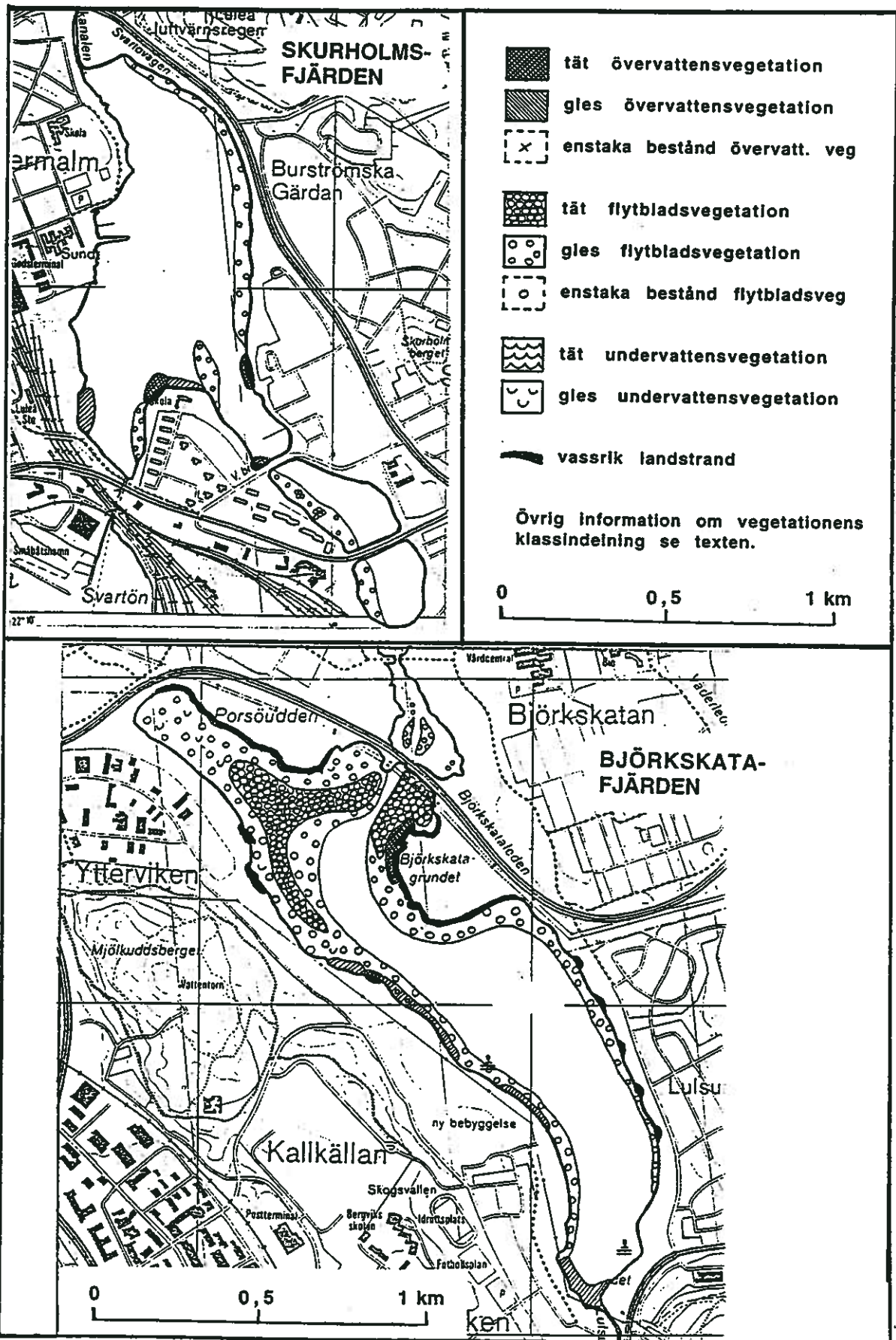
Sambandet mellan vegetationsutbredning och vattendjup (rap B, Andreasson 1996) är tydligt. Endast i undantagsfall påträffas vegetation i innerfjärdarna på ett större vattendjup än 1 meter relaterat till normalvattenståndet i havet 1995, dvs - 80 cm i RAK 1900. Anledningen till att Skurholmsfjärden och Sinkfjärden är förhållandevis vegetationsfria är bl a att de är relativt djupa. Den vattenvegetation som finns i dessa båda fjärdar påträffas därför endast i strandnära, grundare områden. Vegetationsutbredningen blir på grund av vattendjupets centrala roll, mer märkbar där stranden är flack och långsluttande än där den är brantare.

##### Jordart

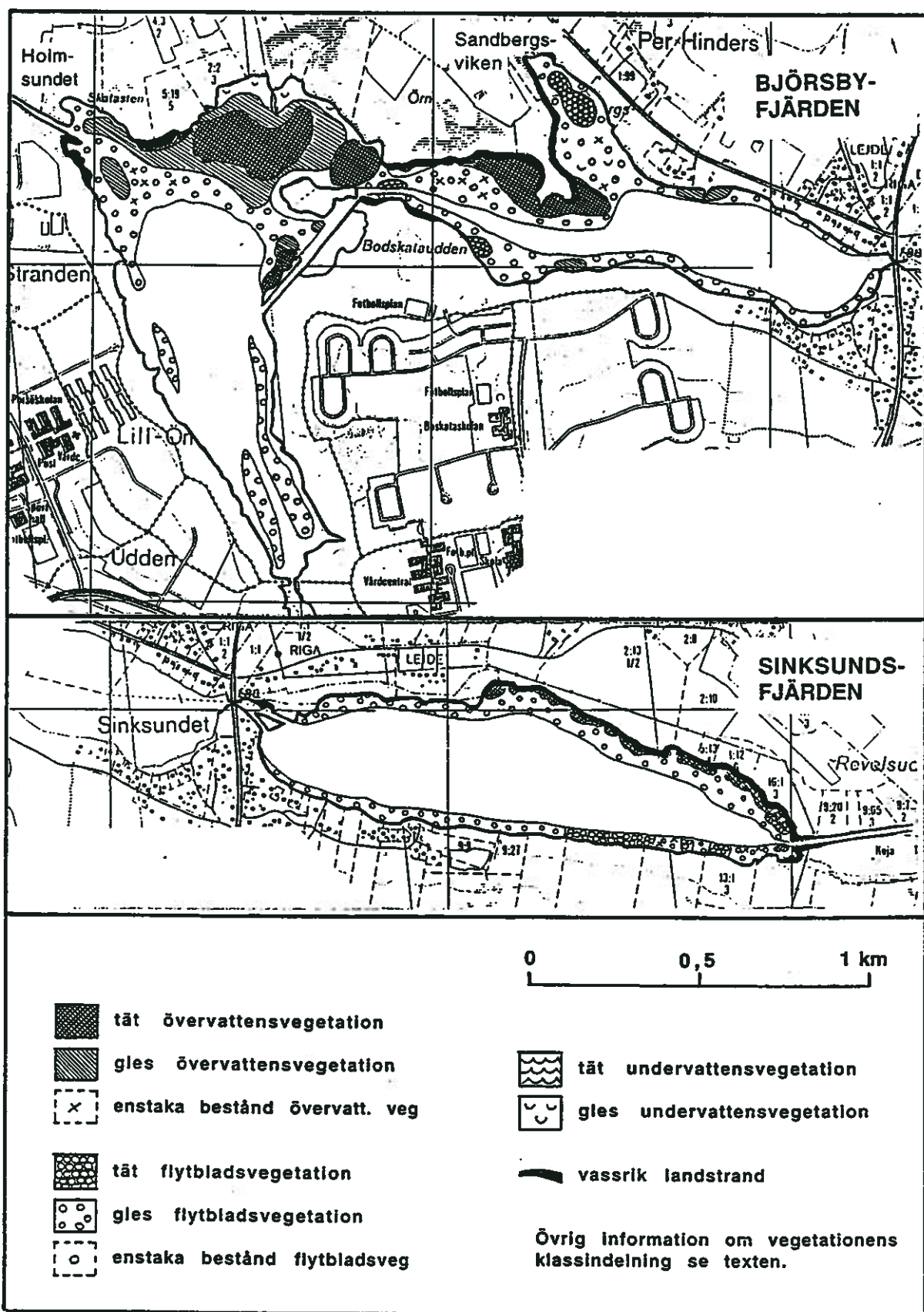
Ytterligare ett förhållande som påverkar vegetationsutbredningens omfattning är vilken typ av jordart som finns i de aktuella botten- och strandområdena (se Jordartskarta 24L NO). Om stranden består av finkorniga havssediment i stället för grovkornigare morän eller svallsediment ger detta förutsättningar för en snabbare och frodigare vegetationsutbredning dels på grund av att de finkornigare sedimenten oftare bygger upp en mer långsluttande strandprofil men även att dessa sediment ger upphov till rikare och bättre näringsförhållanden. Ett bra exempel på detta är Björsby- och Sinkfjärden vars norra stränder har en betydligt tätare och mer utbredd strand- och vattenvegetation än den södra mot Björkskatan och Sinksundsberget.

##### Vattnets ljusgenomsläpplighet

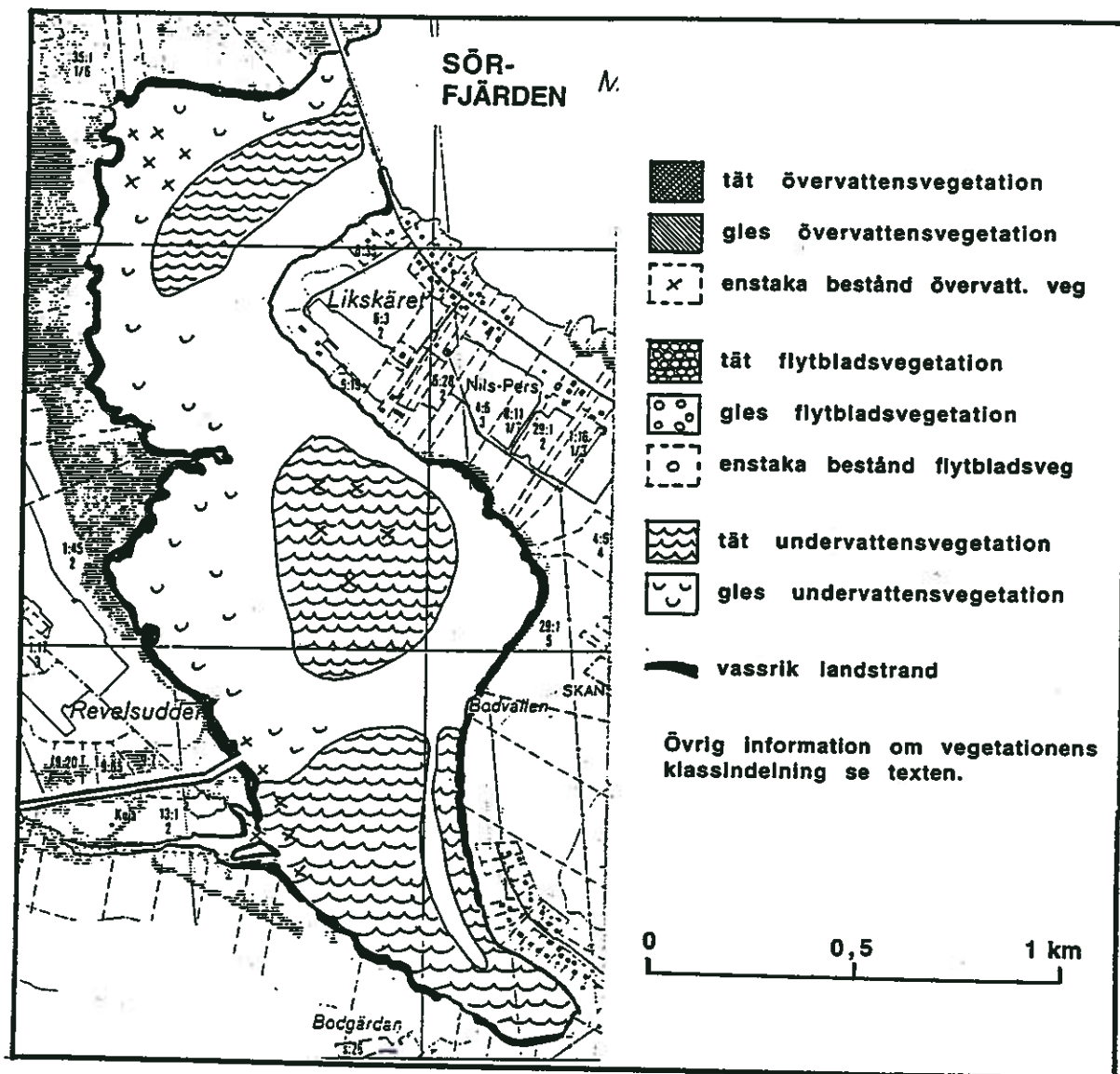
Vid en jämförelse mellan Björsbyfjärden, Sörfjärden och Mulöviken finner man stora skillnader när det gäller vattenvegetationens utbredning och sammansättning. I Björsbyfjärden finns det förhållandevis lite undervattensvegetation och där den påträffas är det i regel på ett djup under 3-4 decimeter oftast utanför den rena strandvegetationen. I djupintervallet 0,4 - 1 meter dominerar säv och flytbladsväxter (se fig 4.2). I Sörfjärden är flytbladsvegetation relativt ovanlig, istället är det undervattensarten vattenpest som totalt dominerar djupintervallet 0,4 - 1 meter, lokalt tillsammans med undervattensarterna Knoppslinga (*Myriophyllum sibirica*) och Sköldmöja. Orsaken till dessa skillnader måste till stor del tillskrivas skillnader i vattnets förmåga att släppa igenom ljus. I Björsbyfjärdens färgade vatten (se 2.1.3) resulterar det dåliga ljusklimatet i att undervattensvegetationens utbredning begränsas till grundare områden. Det dåliga ljusklimatet påverkar inte övervattens- och flytbladsvegetationen eftersom skotten hos dessa arter utnyttjar upplagrad näring för att nå upp till vattenytan på våren. I Sörfjärdens havsventilerade och klarare vatten är förutsättningarna för undervattensvegetation betydligt bättre. I den utanför Sörfjärden liggande Mulöviken med ett ännu klarare vatten växer långskottsväxterna slidnate (*Potamogeton vaginatus*) och långnate (*P. praelongus*) lokalt rikligt på ett djup av 2 meter.



Figur 4.1 A Vegetationens utbredning i Skurholmsfjärden och Björkskatafjärden 1995. För ytterligare information om vegetationens klassificering se texten.



Figur 4.1 B Vegetationens utbredning i Björnsbyfjärden och Sinksunds-fjärden 1995.



Figur 4.1 C Vegetationens utbredning i Sörfjärden 1995.

#### Näringsförhållanden / närsalter

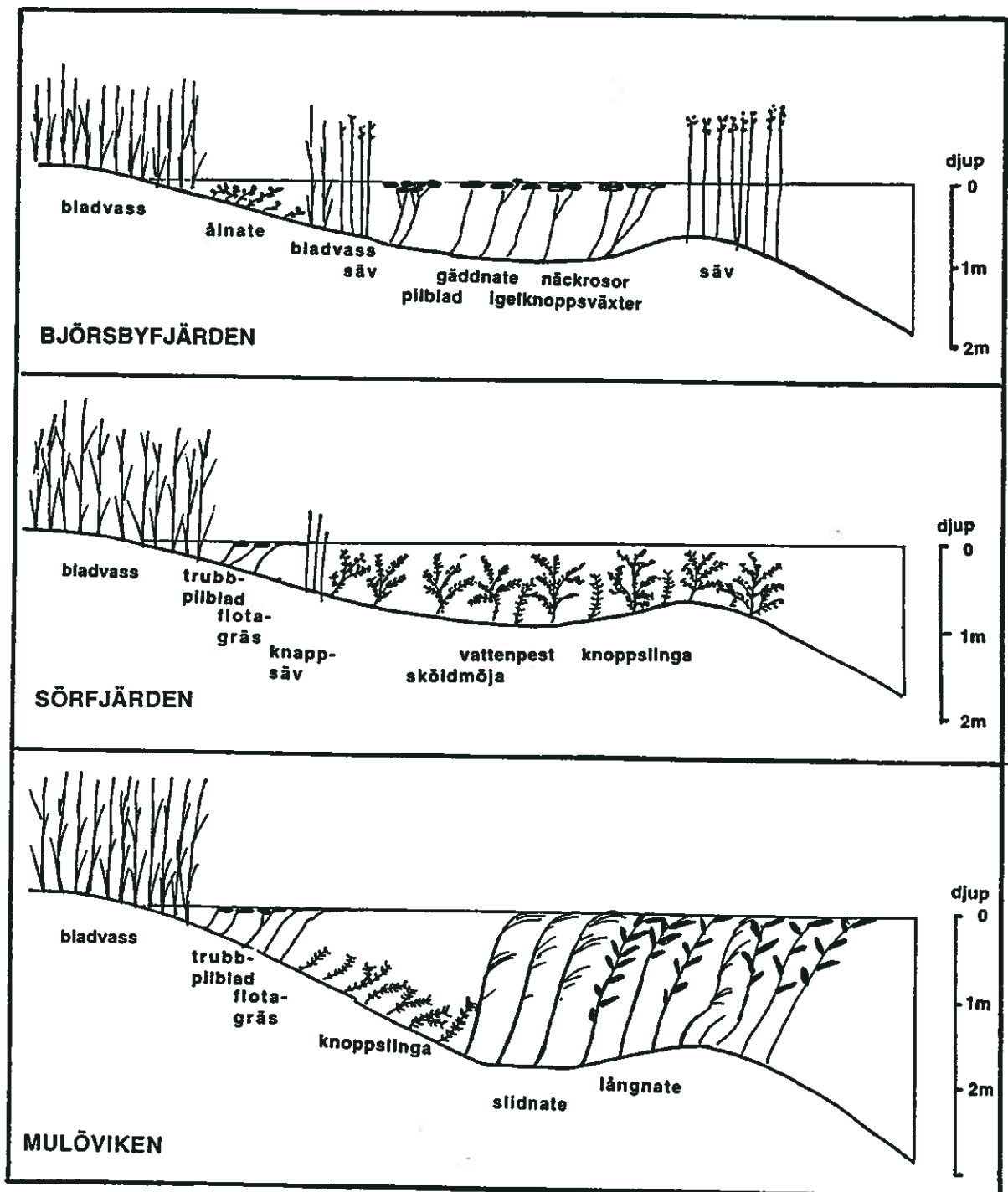
Den bild av innerfjärdarna som vegetationsstudierna ger, med den välutvecklade och rika vattenvegetationen, stämmer väl överens med bedömningen av vattenkvaliteten som visade på ett näringsrikt till mycket näringsrikt tillstånd (se 2.1.1). Förutom den frodiga vattenvegetationen kantas ofta stränderna av breda och täta vassbälten vilket också är en god indikation på ett näringsrikt tillstånd i innerfjärdarna. Av innerfjärdarnas delar har Björnsbyfjärden den kraftigaste igenväxningen vilket kan bero på att Björnsbyfjärden är den del som först möter Holmsundets näringsrika vatten samtidigt som havets ursköljande effekt är som minst i denna del av fjärdsystemet.

#### Bottens hårdhet - plaubildning

Bottens hårdhet/täthet påverkar vattenvegetationens utbredning. Strandbottnar som är hårda, grusiga och steniga vilket ofta beror på en hög exponering har i regel en gles vattenvegetation om den inte helt saknas. I Innerfjärdarna är denna botten typ ovanlig. I alltför lös gyttja avbryts övervattensvegetationens utbredning innan den har nått sitt maximala djup på grund



av plaurbildning, dvs de lösa bottnarna kan ej förankra växterna utan de flyter upp till ytan med rötter och allt (Björk 1967). En annan faktor som försvårar övervattensvegetationens etablering i lösa organiska bottnar är en ökad känslighet mot betning av fisk (Weisner 1991). Att de grunda vikarna Sandbergsviken och Ytterviken inte i större utsträckning är bevuxna av vass beror förmodligen på att bottnarna här är för lösa.



Figur 4.2 Den dominerande vegetationen och deras förhållande till djupet i Björnsbyfjärden, Sörfjärden och Mulövikens.

### Vattenståndamplitud

Graden av vattenståndsförändringar i ett vattensystem under året påverkar strand och vattenvegetationens utbredning. En stor vattenståndsamplitud försvårar vegetationens etablering och utbredning. En stabiliserad vattennivå leder till en undervattensvegetation med kraftig produktion av växtmaterial som påskyndar landbildningen (Pehrsson 1980). Frånvaron av vattenståndsvariationer i många reglerade sjöar bidrar också starkt till igenväxning av framför allt bladvass (Pehrsson 1992).

Under de senaste decennierna har de inre delarna av fjärdarna, främst Bjørsbyfjärden och Sinksunds-fjärden haft en betydande vattenståndsvariation under året. De tilltagande avsnörningarna (se 6.2.2) mellan bassängerna har medfört att de inre delarna under och efter våravsmältningen har haft vattenstånd som har legat ca 80 centimeter över vattenståndet i de yttre delarna (Bengtsson 1986) och ännu mer över havets nivå vid denna tid. Den stora vattenståndsamplituden har förmodligen haft en återhållande effekt på strand- och vattenvegetationens utbredning i främst Bjørsby- och Sinksunds-fjärden.

#### 4.1.3 Skillnader i artsammansättning mellan innerfjärdarnas delar

I bilaga 5 visas en fjärdvis sammanställning över en del av de arter som påträffats under fältkarteringen. Många arter finns i princip i fjärdsystemets alla delar, hit hör bl a bladvass, sjöfräken, flotagräs och ålnate. Arter som tillkommer eller blir mer allmänna innåt (mot Holmsundet) är näckrosor, gäddnate och säv. Arter som upphör eller blir mindre allmänna innåt är bl a blåsäv, slidnate, långnate, vattenpest, sköldmöja samt kortskottsväxterna sylört, länkar och slamkrypor.

Orsakerna till dessa skillnader i artsammansättning beror framför allt på skillnader i miljöförhållanden mellan fjärdarna. Som tidigare visats (2.1-2.2) uppvisar innerfjärdarna från de yttre förbindelserna med havet respektive älven in mot Holmsundet/Bjørsbyfjärden tydliga gradienter med bland annat:

- stigande närsaltshalter / tot-P ( se 2.1.1)
- försämrat ljusklimat / Stigande färgtal (se 2.1.3)
- mjukare botten med högre organisk halt (se 3.2)
- avtagande salinitet från Mulövikens (se 2.2.1) dock inte från Stadsfjärden
- något sjunkande pH (se 2.1.4)

Det är rimligt att antaga att dessa gradienter och skillnader mellan fjärdarnas delar resulterar i de skillnader i vattenvegetationens sammansättning som vi kan se. Havet, som är orsaken till många av dessa gradienter, har därför en viktig roll som vegetationsfördelare i innerfjärdssystemet. Det kan däremot vara svårt att fastställa de enskilda faktorernas del i de påträffade skillnaderna mellan fjärdarna. Vilken betydelse har exempelvis salthaltsgradienten? Näckrosor och kolsäv är arter som normalt föredrar sött vatten (Ericsson 1979) och som inte påträffas i bräckt. Detta skulle indikera att Sinkfjärden och de innanförliggande fjärdarna ur växtekologisk synpunkt måste betraktas som utsötade och att den salinitetsökning som brackvattenintrången skapar här ur denna artfördelning synpunkt måste betraktas som marginella. Vegetationen i Sörfjärden och de utanför liggande fjärdarna har en sammansättning som är vanlig i innerskärgården och visar på en brackvattenpåverkan. Anmärkningsvärt är att ett bestånd av klapperstarr (*Carex glareosa*), som fanns på Björkskatagrundets västra strand på 1920-talet (Svenonius 1925) fortfarande finns kvar på samma lokal. Denna art hittas normalt på strandängar längre ut i skärgården i en betydligt mer brackvattenpåverkad miljö. Att klapperstarr finns i Björkskatafjärden kan ej tas som en indikation på att havet fortfarande har en stor brackvattenpåverkan i Björkskatafjärden, det har

det inte (se fig 2.2 g) och har förmodligen inte haft under de senaste decennierna. I stället måste våra kunskaper om klapperstarr och dess miljökrav möjligen omrevideras något.

Förbindelsen med havet kan också påverka vegetationsutbredningen genom att skapa en stor vattenståndsvariation i innerfjärdarna. Långvariga högvattenstånd medför att strandväxter som inte tål en längre tids rotblöta och vattenövertäckning kommer att stoppas eller hämmas i sin utbredning. Genom onormalt höga vattenstånd kan flytbladsväxter utsättas för stora påfrestningar genom att de till luft anpassade bladen inte hinner växa upp till ytan utan växten dränks (Wallsten et al 1988). Förmodligen är denna dränkande effekt av mindre betydelse i innerfjärdarna eftersom det under produktionssäsongen är ovanligt med långvariga höga havsvattenstånd.

## 4.2 Vegetationens förändringar under 1900-talet

Ett av syftena med denna rapport är att göra en bedömning över hur vegetationens framtida utveckling kommer att arta sig i innerfjärdarna. Ett sätt att få kunskap om hur det kommer att bli är att titta tillbaka och se hur det var och hur det blev. För 500 år sedan var dagens innerfjärdar en öppen havsvik (se fig 1.1). Idag är samma område på grund av landhöjningen som ett pärlband av mer eller mindre avsnörda bassänger med Gammelstadsviken längst in. Det är rimligt att antaga att de vegetationsförändringar som nu sker i en bassäng närmare havet liknar de förändringar som tidigare har ägt rum i bassänger närmare Gammelstadsviken. Denna studie koncentrerar sig på förändringar under 1900-talet och främst under dess senare hälft.

### 4.2.1 Förändringar av vegetationens sammansättning

Antalet botaniska undersökningar som är gjorda i innerfjärdarna är lätt räknade. Ett värdefullt bidrag utgör Herman Svenonius arbeten från 1920-talet (Svenonius 1925). Han har relativt noggrant noterat sina botaniska iakttagelser från bl a Skurholmsfjärden, Björkskatafjärden, Björsbyfjärden och Gammelstadsviken. Övriga arbeten som är gjorda är Elming 1980 över innerfjärdarna och Hallman 1973 över Gammelstadsviken. Kompletterande artförteckningar kan hittas hos Svenonius 1940, Hannerz 1956, Persson 1964.

En jämförelse mellan åren 1920 och 1995 av Björkskatafjärdens/Björsbyfjärdens vegetation visar bland annat:

	1920-1925 (Svenonius)	1995
bladvass	"kraftiga bestånd"	kraftiga bestånd
säv	saknas!	kraftiga bestånd
trubbpilblad ( <i>S. natans</i> )	"stora mängder"	allmän
pilblad ( <i>S. sagittifolia</i> )	saknas	allmän
vattenpest	"riklig mängd"	ovanlig

Denna sammanställning visar att för 70 år sedan hade Bjørsbyfjärden/Björkskatafjärden en betydligt rikare undervattensvegetation bestående av vattenpest och att övervattensväxten säv saknades. Idag domineras vegetationen av övervattens- och flytbladsväxter medan bottenväxter för en tynande tillvaro. Detta visar att vegetationens sammansättning i Bjørsbyfjärden för 70 år sedan såg annorlunda ut jämfört med idag. Dåvarande Bjørsbyfjärden påminnde förmodligen mycket om dagens Sörfjärden (se fig 4.2). En förklaring till denna vegetationsförändring är ca 60 cm landhöjning med en minskad ventilering med havet som följd, stigande närsaltshalter och ett sämre ljusklimat i vattnet. Som tidigare berörts (4.1.2) medför dessa miljöförändringar att övervattens- och flytbladsväxter gynnas före undervattensväxter. Att pilblad (*Sagittaria sagittifolia*), som fanns i Gammelstadsviken 1920, har tillkommit i Bjørsbyfjärden talar för att en utsötning av denna fjärd har skett. Trubbpilblad (*S. natans*), som kan hittas i brackvattenpåverkade vikar vid norrbottenskusten, verkar ha ett bredare toleransområde för salthalten.

I Gammelstadsviken fann Svenonius på 20-talet cirka "100 exemplar" av bredkaveldun (*Typha latifolia*). Idag har den blivit mycket vanligare och spridit sig ner till Sellingsundet. Inom en framtid kan man förmodligen hitta de första exemplaren i Bjørsbyfjärden. Detta gäller också andmat (*Lemna minor*) som påträffades i Gammelstadsviken för 70 år sedan och som nu finns i stor mängd i Sellingsundet.

#### 4.2.2 Förändringar i vegetationens utbredning

Luleå kommun förfogar över stora, svart-vita flygbildsfotografier över Luleå stad med omnejd tagna åren 1945, 1956, 1963, 1967 och 1973. Fotografierna, som är i skalan 1:20000, är av mycket bra kvalitet med hög detaljskärpa. Den på fotografierna tydligt framträdande strand- och vattenvegetationen tyder på att de är tagna i augusti månad. Eftersom exakt datum saknas och därmed också de aktuella dagarnas havsvattenstånd är det ej möjligt att på de fotografiska kartorna exakt fastställa strandlinjens läge vid normalvattenstånd. Däremot är det möjligt att följa enskilda växtbestånds utbredning främst av bladvass och säv men även i vissa fall av flytbladsvegetation.

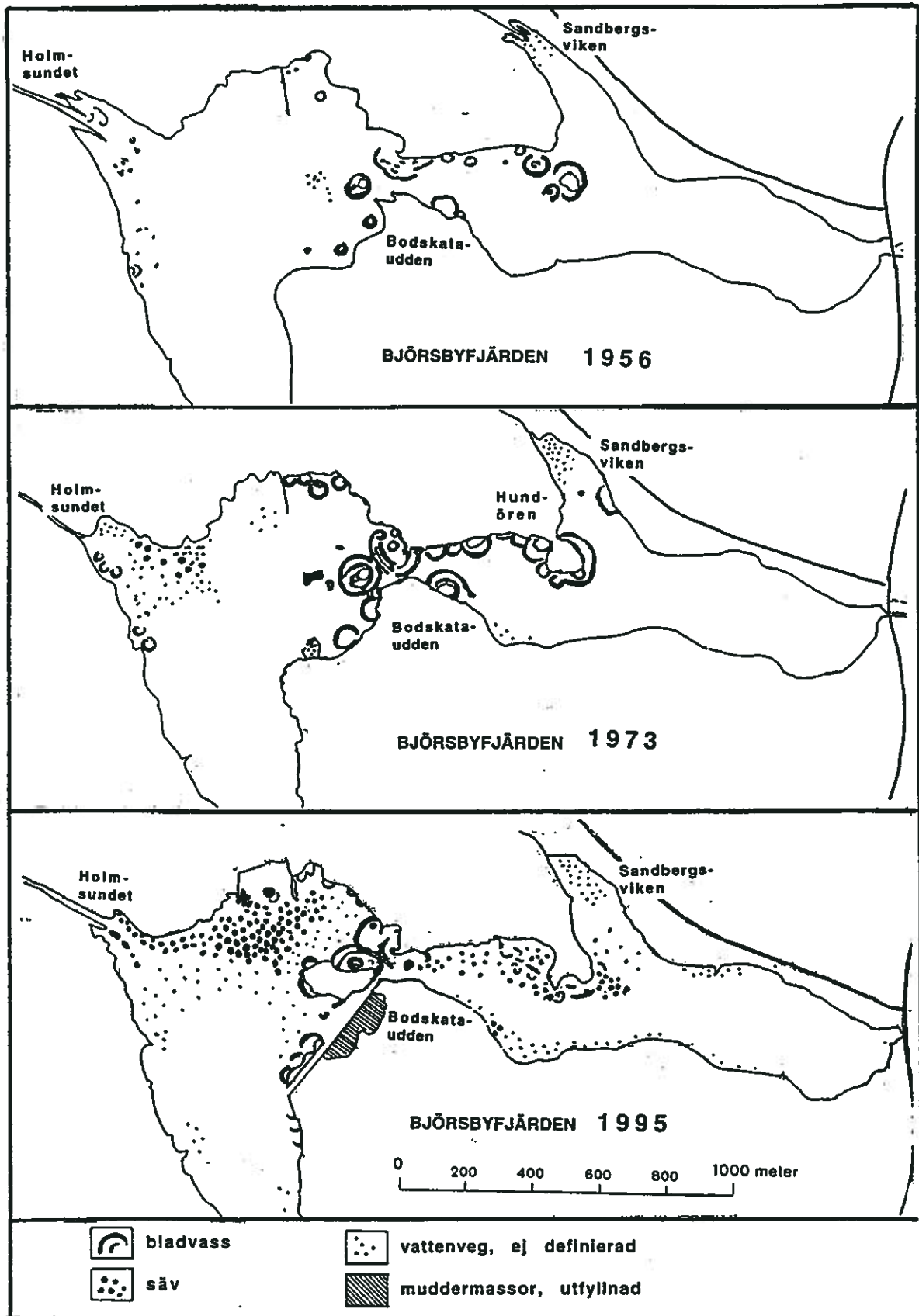
Flygfotokartorna tillsammans med flygfotografierna tagna 1994-1995 gör det möjligt att följa strand- och vattenvegetationen utveckling under de senaste femtio åren. Det är famför allt tre områden i innerfjärdarna som har utmärkt sig genom en stor och märkbar vegetationsutbredning och landtillvinning. I alla dessa tre områden, Bjørsbyfjärden, Revelsudden och Björkskatagrundet -Porsöudden innebär igenväxningen att det har bildats eller håller på att bildas naturliga avsnörningar mellan de olika bassängerna.

#### Förändringar i Bjørsbyfjärden

År 1945 var sundet norr om Bodskataudden relativt öppet och fritt från vegetation. En viss antydning till utbredning av bladvass som koncentriska cirklar från stranden kan märkas. Av den nuvarande "Bodskataholmen" syns ingenting ovan vattenytan, endast ett litet grunt område. Av Hundörens nuvarande yttre udde syns endast några mindre vassbestånd. Ingen säv i Bjørsbyfjärden.

Drygt tio år senare 1956 har vassringarna brett ut sig (fig 4.3). Både "Bodskataholmen" och Hundörens yttersta del har börjat titta upp i centrum av koncentriskt expanderande vassringar. Fortfarande ingen säv i Bjørsbyfjärden.





Figur 4.3 Vegetationsförändringar och landtillvinning i Björnsbyfjärden under perioden 1956-1995.

1973 har sundet norr om Bodskataudden en riklig vegetation av främst bladvass. Bodskataholmen har vuxit ytterligare och några stora vassbestånd som senare kommer att införlivas med holmen har bildats. Hundörens yttersta del har nu landförbindelse. Säv har tillkommit som spridda ruggar främst koncentrerade till Holmsundets mynning.

Idag 1995 har Bodskataholmen vuxit ytterligare och skulle om inte 1992 års grävda kanal hade tillkommit varit i förbindelse med Bodskataudden. Bodskataholmens äldsta del har nu under de 50 år som gått sen den såg dagens ljus erhållit en vegetation bestående av björk, gråal, viden, pors (*Myrica gale*), mjölkört, åkerbär, brunrör. På de fuktigare partierna finns förutom täta bestånd av bladvass även madrör, norrlandsstarr, flaskstarr, ängsull, kråklöver och vattenmåra. Vid strandkanten finns knappsäv, hästsvans och sjöfräken. I Björsbyfjärden har säven spridit sig ytterligare och utgör nu ett dominerande inslag i området norr om Bodskataholmen.

Under den studerade 50-års perioden har landtillvinningen varit märkbar på Björsbyfjärdens långsluttande norra strand. Sandbergsviken har uppgrundats, blivit ca 100 meter kortare.

### **Förändringar vid Revelsudden**

Fig 4.4 visar de förändringar som Revelsudden genomgått under de senaste 50 åren. Från att det under 40-talet fanns ett relativt öppet sund mellan Sinksunds-fjärden och Sörfjärden har igenväxningen och tillandningen vid Revelsudden fram till i dag skapat en betydande avsnörning. Som ett led i innerfjärdsprojektets etapp 1 grävdes en kanal genom Revelsudden 1992, men även tidigare under 1900-talet har muddringar och upprensningsarbeten förekommit. Vattenkvalitetsdata för perioden 90-91 visar att den naturliga avsnörningen inte var total utan att stora brackvattenmassor kunde passera denna väg vid höga vattenstånd i havet.

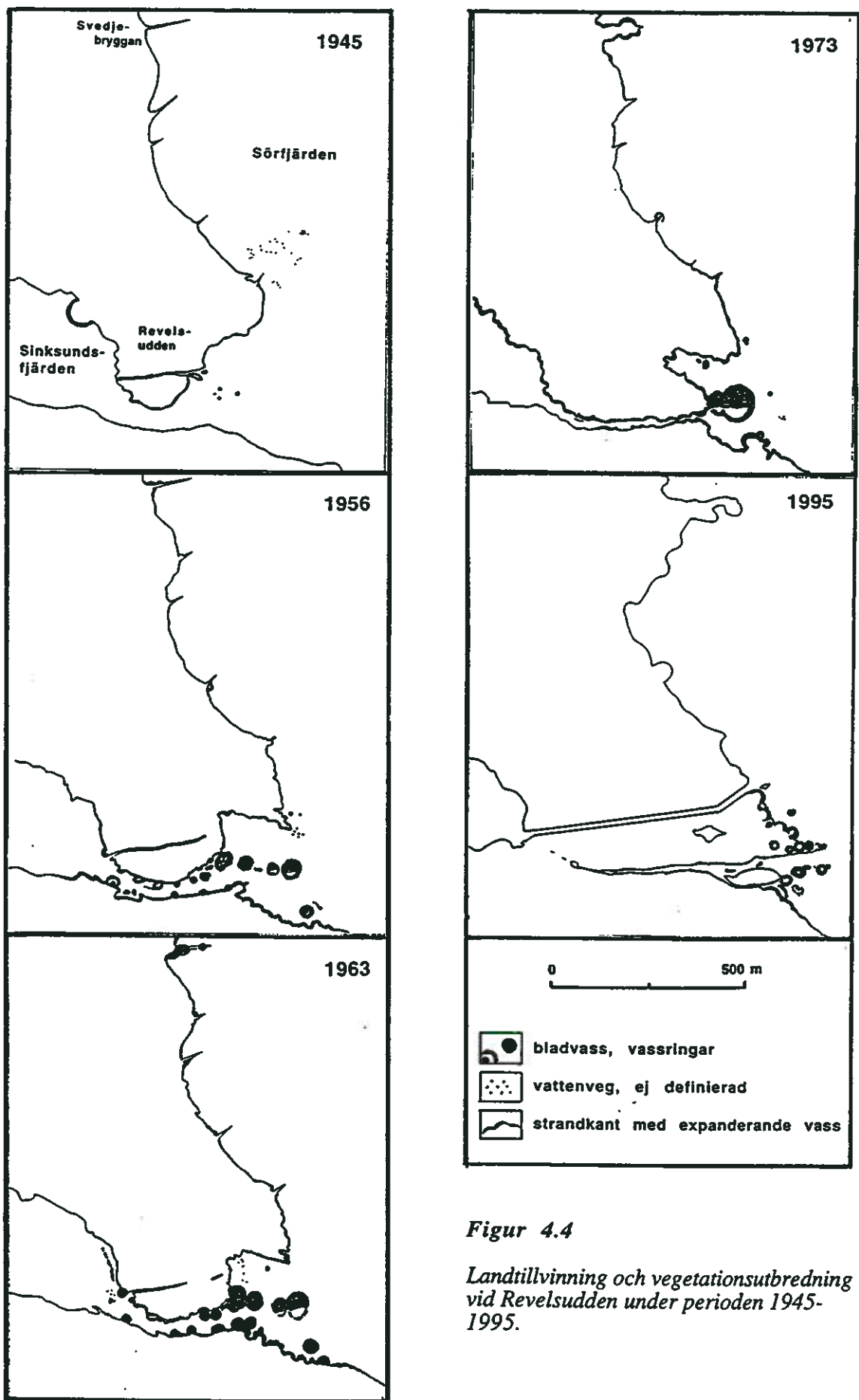
På samma sätt som i Björsbyfjärden breder bladvassen ut sig i koncentriskt expanderande cirklar vars tillväxt är möjlig att följa över åren. De bryggor som nyttjades i Sörfjärden på 40 och 50-talet ligger nu sedan länge på land.

### **Förändringar vid Björkskatagrundet och Porsösundet**

Så sent som 1973 omslöt Björkskatagrundet av vatten på alla sidor. I samband med att Björskataleden byggdes 1978 lades fyllnadsmassor öster om grundet som då kom att införlivas med land. I området mellan Björkskatagrundet och Porsöudden började det en snabb och märkbar vattenvegetationsutbredning under slutet av 1960-talet. Vattenförbindelsen mellan Björsbyfjärden och Björkskatafjärden höll på att delvis brytas, men 1978 muddrades den begynnande avsnörningen upp vilket för övrigt medförde en avsänkning av Björsbyfjärden på ca 20 centimeter på ett par år (Persson 1984). I början av 90-talet gjordes nya muddringar i detta område.

#### **4.2.3 Om landtillvinning och vegetationsutbredningens hastighet**

Den historiska tillbakablicken visar att det på en mansålder har skett stora förändringar i innerfjärdarna. Vattenytorna har minskat och nya terrestra miljöer har bildats. Bladvassens expansion har haft en betydelsefull roll vid denna landtillvinning.



**Figur 4.4**

*Landtillvinning och vegetationsutbredning vid Revelsudden under perioden 1945-1995.*

Bladvassen verkar ha en speciellt framträdande roll när avsnörningar har hållit på att bildas mellan fjärdarna. Detta kan tydligt ses vid Revelsudden och Bodskataudden. En förmodad orsak till detta kan vara att i takt med att förbindelsen mellan fjärdarna blir trängre kommer ökande vattenrörelser och strömmar att utöva en ökad transporterande och eroderande påverkan på bottenmaterialet, vilket leder till en fastare botten. Detta verkar vara gynnsamt för bladvassens etablering och fortsatta utbredning och stämmer bra med andra undersökningar (Björk 1967, Weisner 1991) som visar att bladvassen föredrar mer exponerade uddar med fastare botten framför lugna vikar med lös gyttjig botten.

Bladvassen breder ut sig koncentriskt, på grundare områden ute i det fria vattnet som cirkelformade vassfronter och från strandkanten som mer eller mindre halvcirkelformade vassfronter. Ofta följs den första vassringen av ytterligare vassringar som breder ut sig från samma punkt som den första. Från innerfjärdarna och Gammelstadsviken finns det flera exempel på detta fenomen där två till tre vassringar följer koncentriskt efter varandra. De expanderande vassringarna har nästan alltid föregått en snar övergång från akvatisk till terrester miljö. Detta beror förmodligen främst på följande orsaker:

- 1) Bladvassen växer där det är förhållandevis grunt och där landhöjningen på sikt hur som helst hade blottlagt botten.
- 2) En begynnande vasstillväxt leder till en ökad igenslamning, ackumulation av organiskt och oorganiskt material, genom att vegetationen tjänstgör som en partikelfälla.
- 3) Genom vassens stora årliga produktion av biomassa bidrar den till en inledande torvbildning, som snabbar på landtillvinningen och successionen mot en terrester miljö.

Faktorer som dessa gör att tillandningen i vertikalhöjd, i förhållande till en fast nivå (RAK), kan vara betydligt större än vad den rena landhöjningen kan åstadkomma. I Jacobstads skärgård i Finland har på vissa platser strandens höjning varit dubbelt så stor som den av enbart landhöjningen skapade (Schwank 1986).

Vassringarnas utbredningshastighet varierar beroende på var i fjärdarna de finns eller har funnits. De vassringar som har föregått Bodskataholmens skapande ökade sin omkrets med ca 4,2 meter per år mellan 1945 och 1973. Det betyder att vassfronten har haft en utbredningshastighet på 2,1 meter per år. För tre andra vassringar i Björsbyfjärden som har kunnat följas har motsvarande utbredningshastighet varit 1,3 - 2,1 meter/år. Vid Hundören har en vassfront haft utbredningshastigheten 1,5 meter/år. Hos Revelsuddens tydliga vassringar har vassfronten bredd ut sig med en hastighet av 1,1 - 1,5 meter per år.

När nya vassringar har börjat breda ut sig i centrum av en första har den yngre vassfronten haft samma utbredningshastighet som den äldre. Tidsförskjutningen mellan de koncentriskt liggande vassfronterna har i Björsbyfjärden varierat mellan 10 och 20 år. I Gammelstadsviken har vassens utbredningshastighet i ett par vassringar varit 1,0-1,2 meter/år och tidsförskjutningen mellan yttre och inre ringar ca 15 år.

På vissa strandområden har det varit möjligt att beräkna hastigheten på strandkantens förskjutning ut i fjärdarna. I Sandbergsvikens innersta del rör det sig om en strandförflyttning på ca 100 meter på de senaste 50 åren. Denna grunda viks förkortning har dock inte föregåtts av en massiv bladvasstillväxt, utan här är det framför allt starrarter, missne och vattenklöver som har stått för den inledande torvbildningen. Under perioden 1945 - 1973 blev Ytterviken ca 50 meter kortare motsvarande en landtillvinning på ca 1,8 meter per år. Under samma period var den genomsnittliga strandförflyttningen vid Revelsudden in mot Sinksunds-fjärden hela 3,6 meter per år. Vid Svedjebryggan mot Sörfjärden (fig 4.4) har strandkanten flyttats



250 - 300 meter under perioden 1973 - 1988, vilket medför en rekordhög strandförskjutning på 15-20 meter per år.

Det är uppenbart att vegetationsutbredningen och landtillvinningen är mycket snabb i vissa delar av innerfjärdarna men samtidigt finns det flera partier i innerfjärdarna där strandförskjutningen knappast har varit märkbar eller mycket liten. Sådana områden, som karakteriseras av en brantare strandprofil och större vattendjup, hittar vi i stora delar av Skurholmsfjärden, Björkskatafjärden söder om Björkskatagrundet, den östra delen av Björsbyfjärden, den södra stranden av Sinksunds-fjärden och till viss del den östra stranden av Sörfjärden.

### 4.3 Alger och algblomningar

Under de senaste decennierna har problem med störande algutvecklingar uppmärksammats allt mer i Sverige. Det är framför allt frågan om en massutveckling, algblomning, av blågröna alger, varav en del arter är toxinbildande. Toxiciteten kan yttra sig som dödsfall hos sjöfågel, får och nötkreatur och badande hundar. Den kan även leda till en påverkan på människan i form av allergiska besvär och mag/tarmåkommor (Willén et al 1995). I Sverige har problem med giftiga blågröna alger konstaterats i 54 sjöar (Persson et al, 1994). Dessa sjöar ligger främst i södra och mellersta Sverige men två av dem, Svartbyträsket och Vittjärvs träsket ligger i bodentrakten i Norrbotten. Ett annat problem med en ökad algutväxt är att den kan leda till syrebrist i bottenvattnet när de döda algerna skall brytas ned (se 3.3) vilket kan leda till att giftiga ämnen, såsom svavelväte, kan bildas vilket i sin tur kan resultera i fiskdöd. I de syrefria bottenarna kommer också sedimenten att börja avge sitt förråd av fosfor och kväve till sjövattnet vilket ytterligare påskyndar eutrofieringen (se 3.4).

Denna undersökning har inte närmare studerat innerfjärdarnas algbiomassor eller algsammansättning, men under undersökningsperioden har inga uppseendeväckande algförekomster eller störande algutveckling påträffats. Det finns författaren veterligt inga uppgifter om algblomningar i innerfjärdarna under de senaste decennierna. Detta är eljest något som man mycket väl skulle kunna vänta sig på grund av vattnets höga närsaltshalter.

Förutsägelser om algbiomassor vid olika totalfosforhalter kan numera göras utifrån stora svenska material (Willén et al 1995). Här framgår att mycket störande planktonutvecklingar kan uppträda redan vid totalfosforhalter av 40 µg/l, och vid halter omkring 100 µg/l och däröver är kraftiga störningar snarare regel än undantag. I innerfjärdarna där tot-P- halter på 50-90µg/l inte är ovanliga skulle man därför kunna vänta sig en "störande" till "mycket störande" algutveckling. Man skulle också vänta sig att den maximala algbiomassan skulle utveckla sig i slutet av augusti och domineras av blågröna alger (Persson et al 1994). Men denna bild, med störande algblomningar, verkar innerfjärdarna än så länge ha varit förskonade ifrån. Orsakerna till detta kan vara svåra att utreda men här följer några möjliga förklaringar:

- 1) Innerfjärdarna har en dominerande och riklig högre vattenvegetation (makrofyter) som kan hålla tillbaka algutväxten genom att makrofyternas närsaltsupptag, som ökar under sommaren, leder till att närsaltshalterna mot slutet av sommaren inte är tillräckligt höga för att en massutveckling av alger skall kunna äga rum.

- 2) En annan typ av konkurrens som har uppmärksammats mellan undervattensväxter och plankton är att undervattensväxter antagligen genom utsöndring av olika algicida ämnen till en viss gräns kan hämma planktonalgens utveckling (Andersson et al 1990, Jones 1990, Moss 1990).

3) Innerfjärdarna är inte ett vanligt sötvattenssystem utan förbindelsen och ventileringen med havet kan ha en återhållande effekt på en massutveckling av alger genom att förändra vattenkvaliteten och/eller sänka temperaturen.

4) Algsammansättningen i innerfjärdarna kan sakna de mest potenta arterna för att kunna bilda störande massförekomster av alger.

Det är svårt att göra bedömningar över hur alg tillståndet kommer att se ut i innerfjärdarna i framtiden. I dag förefaller produktionen domineras av vattenvegetation men detta tillstånd kan svänga vid en ökad eutrofiering till en komplett dominans av planktonalger medan undervattensvegetationen försvinner antagligen på grund av ljushämning. Krankesjön i Skåne utgör ett exempel på denna typ av svängningar (Andersson et al 1990).

#### 4.4 Innerfjärdarnas vegetation - en sammanfattning

- o Stora delar av innerfjärdarna har en tät, frodig vattenvegetation, främst Björsbyfjärden där övervattensväxter dominerar, Björkskatafjärden där flytbladsväxter dominerar och Sörfjärden där undervattensväxter dominerar. På grund av ett större djup har Skurholmsfjärden och delar av Björkskata- och Björsbyfjärden stora vegetationsfria ytor.
- o Den vattenkvalitetsgradient som havet skapar har en artfördelande effekt på vattenvegetationen.
- o Björsbyfjärden hade på 1920-talet en rik undervattensvegetation som liknade den som den närmare havet liggande Sörfjärden har idag. Undervattensvegetationen i Björsbyfjärden har idag ersatts av en rik övervattens- och flytbladsvegetation.
- o Bladvassen förefaller ha haft en central roll vid naturliga avsnörningars igenväxning och uppgrundning. Bladvassen har på många ställen brett ut sig med en hastighet av 1,1 - 2,2 meter per år.
- o Under de senaste decennierna har stranden i många områden i innerfjärdarna förflyttats med en hastighet av cirka 2 meter per år och i extremfall hela 20 meter per år.
- o Fram till idag har innerfjärdarna inte haft några problem med besvärande alg tillväxt trots att man av de höga fosforhalterna skulle kunna vänta sig det.

## 5 Effekter av innefjärdsprojektets etapp 1

Under åren 1992 till 1994 genomförs ett antal vattentekniska åtgärder i innerfjärdssystemet för att bland annat hindra den fortsatta igenväxningen och landtillvinningen. Företaget, som går under namnet "innerfjärdsprojektet etapp 1", innebär att överfallsdammar byggs vid Lulsundskanalens mynning i Skurholmsfjärden och vid Likskärsbanken mellan Sörfjärden och Mulövikens. Dämningsnivån skall ligga på ca - 40 centimeter RAK 1900, dvs ca 45 centimeter över normalvattenståndet för året i havet. Dessutom utförs muddringsarbeten för att trygga en småbåtsfarled genom hela innefjärdsystemet. De största muddringsinsatserna utfördes för att öppna de trånga vattenpassagerna med begynnande avsnörningar dvs genom Revelsudden, vid Bodskataudden och Porsöudden/Björskatgrundet.

Verkställandet av etapp 1 förmodas medföra en sådan påverkan på områdets hydrologi, vattenkemi och ekologi att igenväxning och landtillvinning avstannar och att de fria vattenspeglarna kan bevaras.

Rapport B (Andreasson 1996) tar upp de hydrologiska effekterna av etapp 1, som delvis utgör en grund för att bedömma de ekologiska effekterna dvs vattenkemi, bottenstatus, vegetation, vegetationsutbredning och landtillvinning som tas upp i denna rapport, rapport A.

I denna rapport ställs de redovisade effekterna av innerfjärdsprojektets etapp 1 i relation till de mer eller mindre naturliga förändringar som innerfjärdarna förmodas skulle ha gått igenom utan verkställandet av etapp 1. Jämförelser görs även mellan "ursprunglig etapp 1", med sättor nere under hela året och "modifierad etapp 1" med borttagna sättor och ett friare vattenflöde under vinterhalvåret (Se bilaga 1).

### 5.1 Avsnörningar och avsnörningseffekter

Landhöjningen medför att havsvikar vid den flacka Norrbottenskusten kommer, beroende på områdets topografi, att med tiden antingen direkt omvandlas till terrestra miljöer eller till sjöar avsnörda från havet. De vattensystem som håller på att tappa förbindelsen med havet genomgår generellt följande förändringar:

- saliniteten sjunker betydligt
- närsaltshalterna, färgen och grumligheten ökar
- pH sjunker
- syrgashalterna i vattnet minskar och kan bli kritiska
- risken för algbloomingar ökar
- partikelretentionen ökar, bottenarna blir lösare och med högre organiskt innehåll
- övergång till mer sötvattensdominerad vegetation
- en successiv, mer eller mindre snabb, vegetationsutbredning och landtillvinning så att sjöns areal minskar.

Om innerfjärdarna hade fått utvecklas naturligt hade den snabba igenväxningen och landtillvinningen skapat tilltagande avsnörningar mellan fjärdarnas delar. Redan idag skulle Revelsudden mellan Sink- och Sörfjärden ha utgjort ett betydande vattenströmshinder. Vid Bodskataudden skulle inom några decennier en avsnörning dela Björbyfjärden i två delar och igenväxningar vid Porsösundet skulle börja avsnöra Björbyfjärden från Björskatafjärden. De vattentekniska åtgärderna enligt etapp 1 innebär i princip att tre

naturliga vattenströmshinder öppnas och ersätts av två nya konstgjorda längre ut i innerfjärdssystemet.

## **5.2 Framtida förändringar av vegetationens utbredning och landtillvinning**

Är det möjligt att göra prognoser över hur innerfjärdarna kommer att se ut i framtiden? Hur kommer exempelvis innerfjärdarna att se ut om 50 år om inga vattentekniska åtgärder vidtages eller hade vidtagits (etapp 1)? Var har vegetationsutvecklingen varit kraftigast och landtillvinningen störst räknat från dagens läge? En förutsättning för att en sådan framtidsbedömning med ett hyfsat prognostiskt värde skall kunna göras är att det finns tillgång till vissa bakgrundsdata om innerfjärdarna. De faktorer/förhållanden som det är viktigast att ha kunskap om och som måste ligga till grund för prognosen torde vara:

- 1) Vattendjup, dvs den nuvarande bottenpografien, inklusive strandprofilens lutning, samt kunskap om hur vattennivåerna kommer att förändras under den prognosticerade perioden i fjärdssystemet (se rap B, Andreasson 1996)
- 2) Bottenkvalitet (se 3.2)
- 3) Vegetationens nuvarande utbredning, täthet och sammansättning (se 4.1)
- 4) Hastigheten på vegetationsutbredningen och landtillvinningen under de senaste decennierna i fjärdssystemets olika delar (se 4.2.2-4.2.3)
- 5) Växtsuccessioner, förändringar i vegetationens sammansättning, som har varit och är vanliga i innerfjärdarna (se 4.2.1).

För att prognoserna skall bli någorlunda hanterbara måste vissa förutsättningar och antaganden göras vilka presenteras under vart och ett av de tre behandlade scenarierna:

- Scenario 1 - innerfjärdarna år 2050, naturlig utveckling
- Scenario 2 - Innerfjärdarna år 2050, efter genomförandet av etapp 1
- Scenario 3 - innerfjärdarna år 2050, fördämningar bortplockade men muddringar kvar

De olika scenarierna presenteras i form av kartor som visar områden som är vegetationsfria, områden med vattenvegetation och områden som har blivit land sedan 1987, året för det "gula" kartbladets tillkomst. De redovisade scenarierna med tillhörande kartor får inte övertolkas. Avsikten är främst att visa de grova principiella skillnaderna mellan de olika scenarierna medan osäkerheten när det gäller detaljerna givetvis är stor.

### **5.2.1 Scenario 1 - innerfjärdarna år 2050, naturlig utveckling**

Den här presenterade bedömningen vill översiktligt visa hur innerfjärdarna kan se ut år 2050. Landet har då höjts en halv meter relativt dagens normalvattenstånd i Bottenviken. Scenariot vilar på följande förutsättningar och antaganden:

- 1) Inga vattentekniska åtgärder har vidtagits. Dvs de muddringar och överfallsdammar som har gjorts under innerfjärdprojektets etapp 1 finns inte.

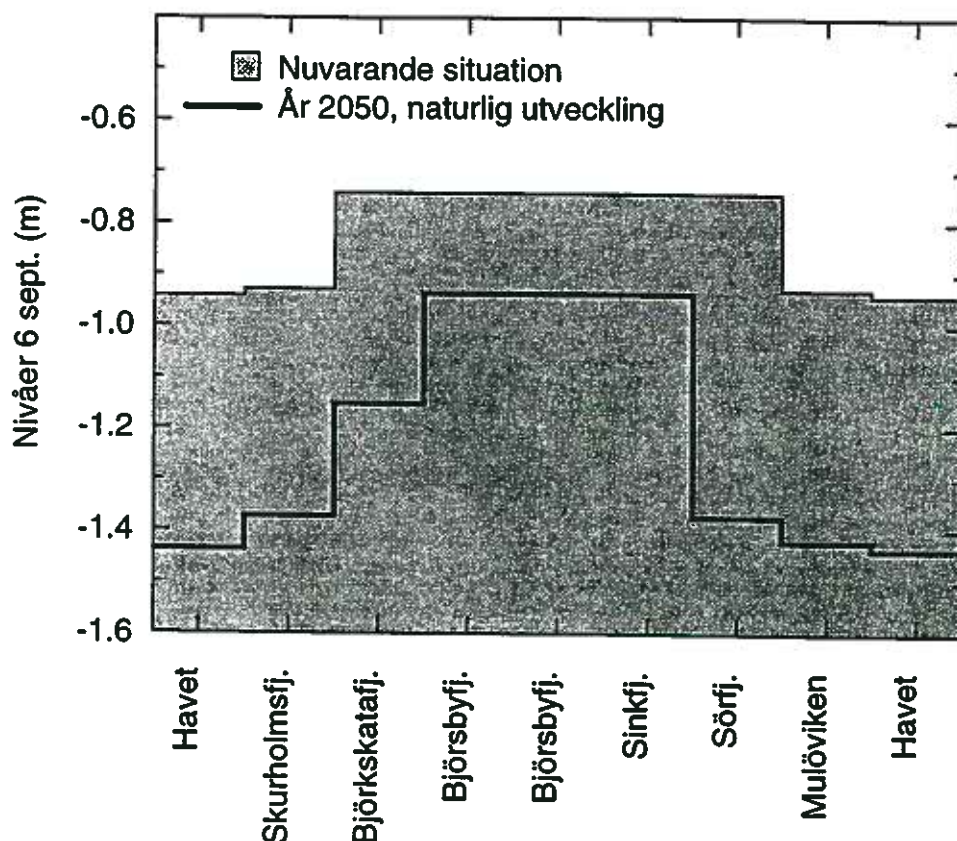


2) Inga extrema förändringar i vattenkvaliteten orsakade av antropogena förhållanden sker. Exempelvis sker ingen drastisk ökning eller minskning av närsaltsbelastningen till innerfjärdarna.

3) Inga extrema förändringar i vegetationens sammansättning sker. Exempelvis kommer inte planktonalger att ta över den nuvarande högre växternas roll som dominerande producent i fjärdarna (se 4.3). Växthuseffekten kommer ej att drastiskt påverka vattenståndet eller nuvarande vegetationssammansättning.

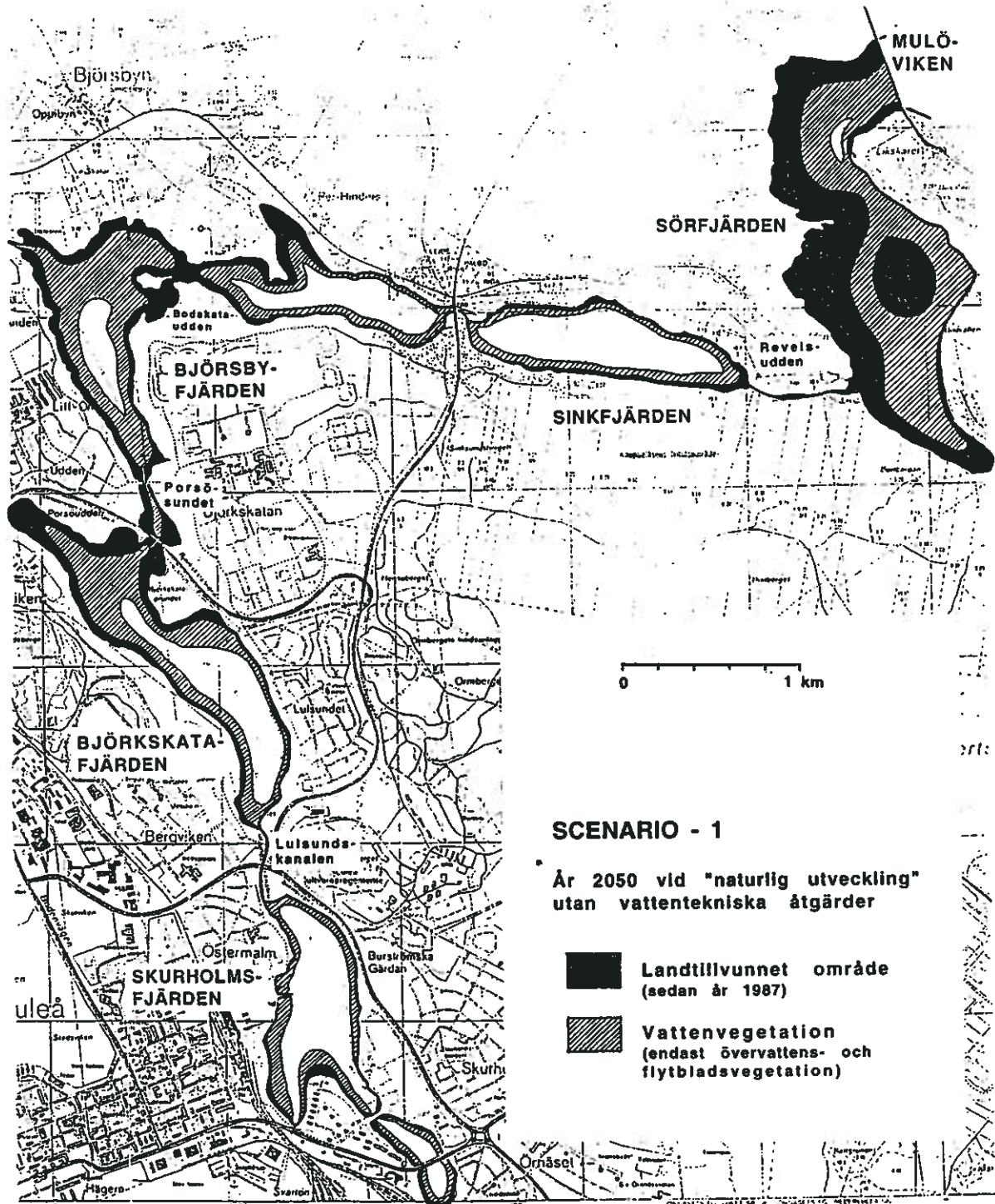
4) Innerfjärdarna får utvecklas "naturligt" och den snabba igenväxningen och landtillvinningen kommer att skapa tilltagande avsnörningar mellan fjärdarnas delar. Det gäller främst områdena vid Revelsudden, Bodskataholmen och Porsösundet. Däremot förutsätts att Lulsundskanalen fortsättningsvis hålls öppen och förbinder Björkskatafjärden med havet.

Att beräkna den dämmande effekt som de naturliga avsnörningarna skulle ha fått och därmed även de framtida medelvattennivåerna i innerfjärdarnas olika delar är inte helt lätt. Det finns exempel från sjöar, exempelvis de båda närliggande Gammelstadsviken (Hallman 1973) och Persöfjärden (Överby 1994), att en ökad igenslamning och igenväxning vid utloppen långsiktigt har kunnat höja vattennivåerna. Samtidigt kan vattenströmmen verka eroderande på avsnörningen och bidra till en fortsatt avtappning av sjön. Vilka av dessa motverkande krafter som är starkast beror bland annat på avsnörningarnas och de naturliga trösklarnas beskaffenhet.



Figur 5.2 Beräknade vattennivåer för scenario-1 (år 2050 vid naturlig utveckling) i början av september, vilket kan jämföras med nivåerna vid samma tid 1995. Vattennivåerna är beräknade utifrån samma yttre förutsättningar som gällde för 1995 (från Andreasson 1996B).

I innerfjärdarnas fall tyder allt på att vattenvägen mellan Holmsundet och Mulövikens med tiden helt skulle avsnöras. Holmsundets vatten skulle ta vägen mot havet via Björkskatafjärden. Vid Porsösundet skulle en viss erosion kunna äga rum som sänker tröskeln men i det här presenterade scenario-1 har antagits att ingen tröskelsänkning sker. Enligt hydrologiska beräkningar (Andreasson 1996) skulle detta leda till att vattenståndet i fjärdarnas olika delar år 2050 i slutet av sommaren blir enligt figur 5.2, där jämförelser kan göras med 1995 års vattenstånd.



Figur 5.3 Scenario-1

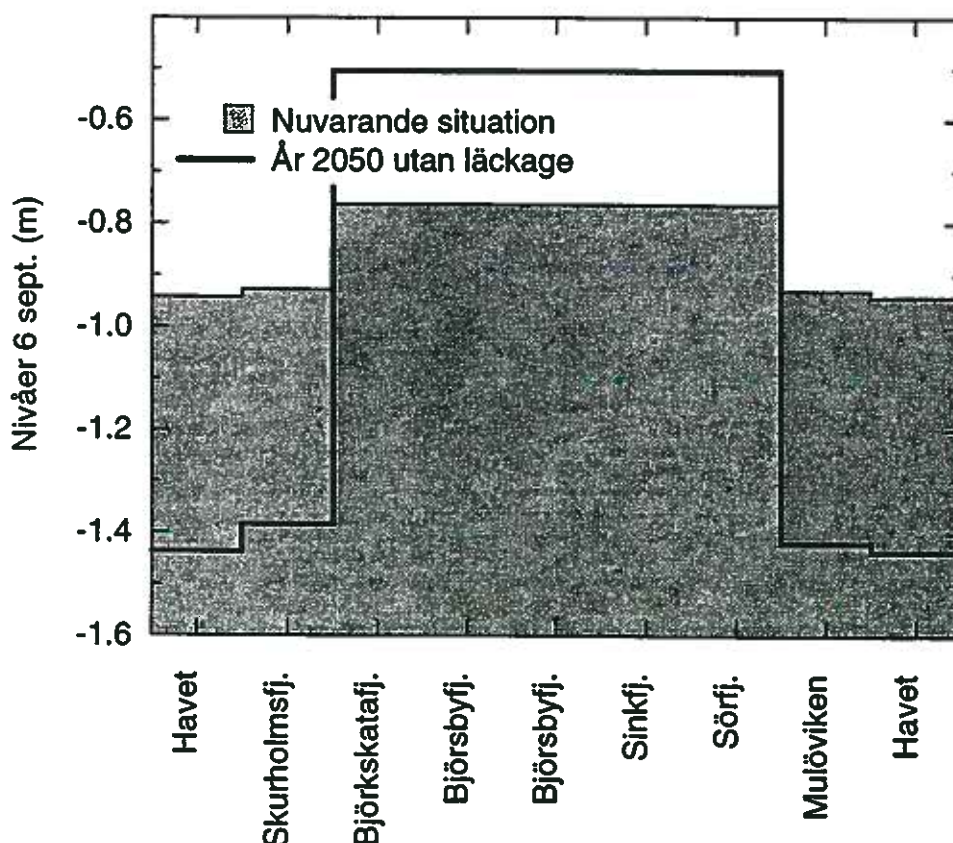
Scenario-1 (fig 5.3) visar att jämfört med dagens situation (jfr fig 4.1a-c) har landtillvinningen och vegetationsutbredningen varit dramatisk i den grunda Sörfjärden som i stort kommer att sakna fria vattenspeglar. Dagens rika undervattensvegetation har förmodligen ersatts av skymmande övervattensvegetation.

Även i de inre delarna av Björnsbyfjärden har landtillvinningen varit stor och de fria vattenspeglarna har krymt betydligt. Vattenvegetationen domineras liksom idag av övervattensvegetation. Utvecklingen liknar den som Gammelstadsviken har genomgått fram till idag.

I norra delarna av Björkskatafjärden sker en betydande landtillvinning.

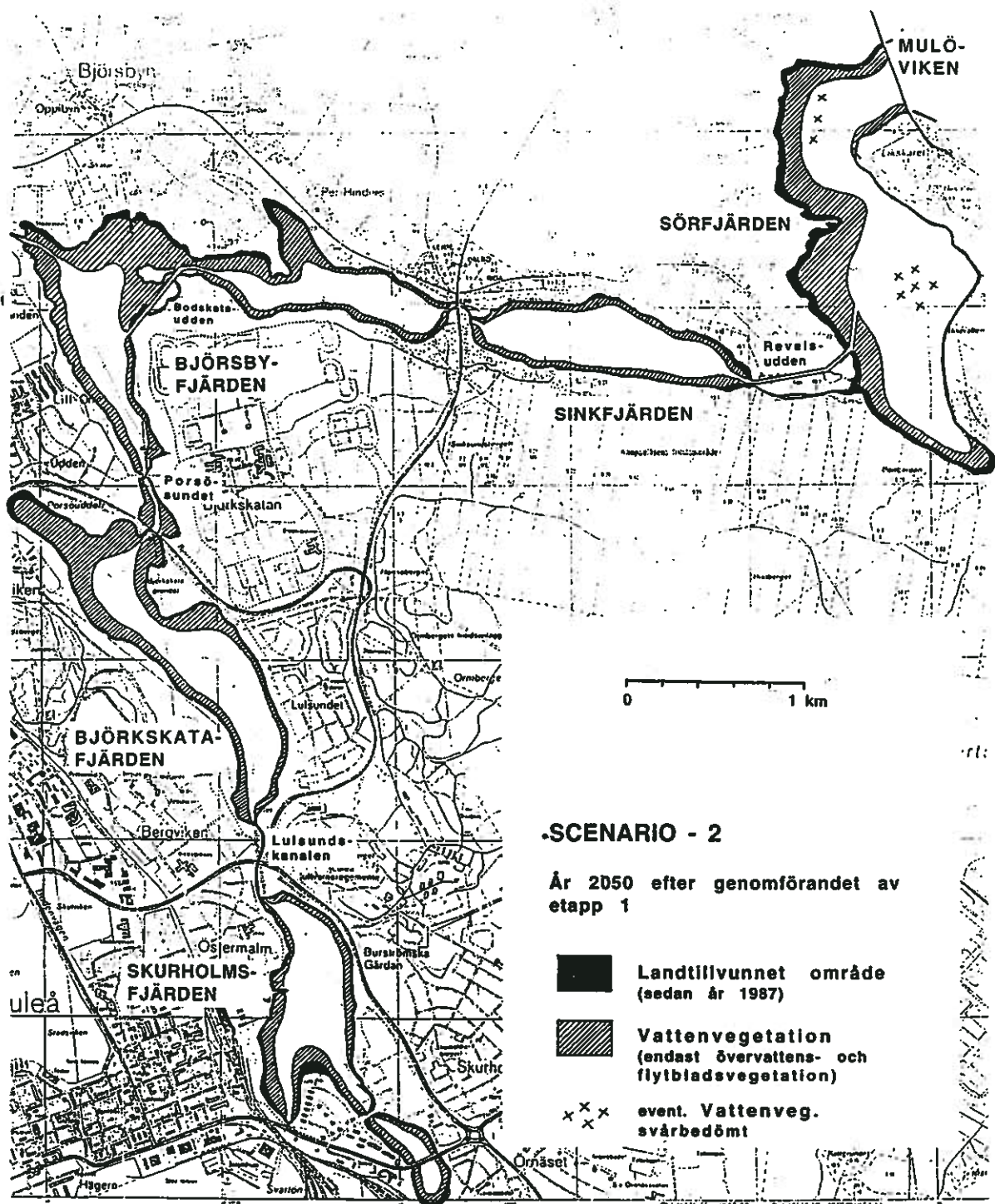
I Skurholmsfjärden sker inga stora förändringar trots att vattennivåsänkningen i denna fjärd är lika stor som i Sörfjärden. Detta beror på att Skurholmsfjärden har en brantare strandprofil och ett betydligt större djup än Sörfjärden.

Om vi istället räknar med att en erosion på två decimeter skulle ske i Porsösundet skulle detta minska vattenståndet i Björnsbyfjärden med cirka 15 cm och i Sinksunds-fjärden med cirka 6 centimeter jämfört med det presenterade scenario-1. Detta skulle givetvis medföra en något ytterligare landtillvinning och vegetationsutbredning i främst Björnsbyfjärden.



**Figur 5.4** Beräknade vattennivåer för scenario-2 (år 2050 vid etapp 1, utan läckage) i början av september, vilket kan jämföras med nivåerna vid samma tid 1995 (Andreasson 1996B).





Figur 5.5 Scenario-2

### 5.2.2 Scenario 2 - innerfjärdarna år 2050, efter genomförandet av etapp 1

Vid scenario-2 är innerfjärdsprojektets etapp 1 fullt genomförd med överfall på cirka - 40 cm (RAK). De nuvarande (1995) läckagen genom Likskärsbanken förutsätts vara tätade och fiskluckorna släpper igenom lika mycket vatten som idag. Figur 5.4 visar de vattennivåer som

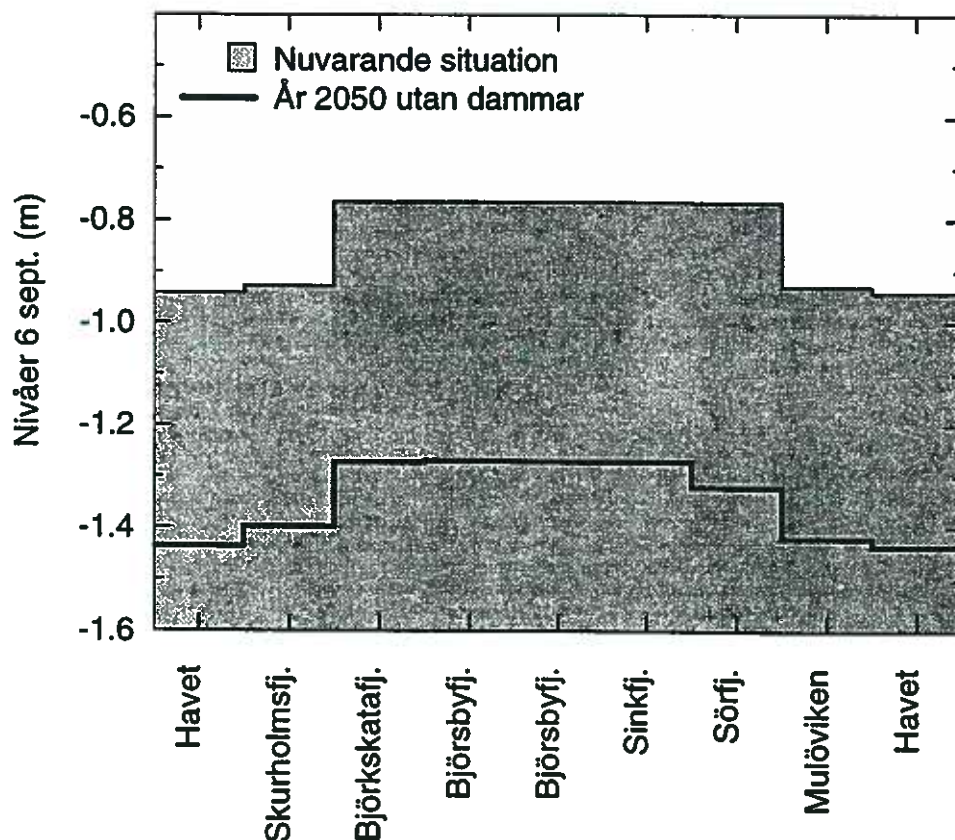


är aktuella i fjärdarnas olika delar vid scenario-2. Notera att vattennivåerna i fjärdarna innanför överfallen i slutet av sommaren år 2050 kommer att ligga cirka 25 centimeter över den nivå som var under samma tid 1995. Relativt scenario-1 kommer de största vattennivåhöjningarna att bli i de yttre delarna av de uppdämda innerfjärdarna dvs i Sör- och Björkskatafjärden.

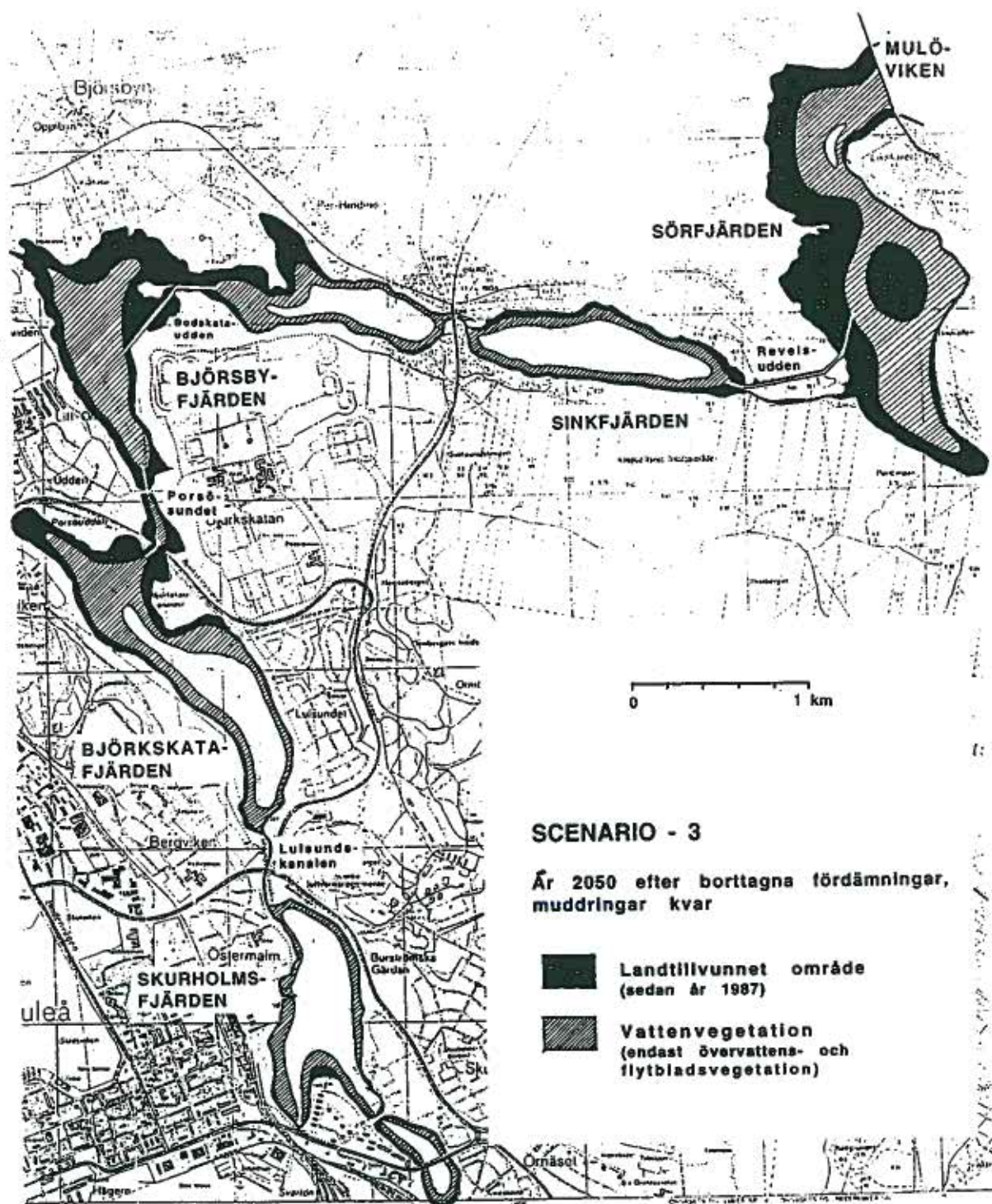
Scenario-2 (fig 5.5) visar att landtillvinningen och vattenvegetationens utbredning kommer att vara betydligt mindre i fjärdarnas olika delar jämfört med scenario-1. I den under naturlig utveckling dödsdömda Sörfjärden kommer landtillvinningen att kunna bromsas betydligt. Den landtillvinning som trots det högre vattenståndet kommer att ske orsakas av en expanderande torvbildning i den fuktiga strandmarken. Förmodligen kommer vattenvegetationen att förändras från nuvarande dominans av undervattensvegetation till en flytblads- och övervattensvegetation på grund av en ökad utsötning och ett sämre ljus klimat i vattnet.

Även i Bjørsby- och Björkskatafjärden sker en betydligt mindre landtillvinning och större arealer som är vegetationsfria kan upprätthållas jämfört med scenario-1. För Bjørsbyfjärden medför dock de tillskapade muddringarna att vattennivåerna under våren/försommaren inte kommer att vara lika höga som om de naturliga avsnörningarna hade varit kvar (se rap B, Andreasson 1996), vilket medför att strandvegetationen inte kommer att utsättas för den störning som de höga vattennivåerna innebär och därmed kan Bjørsbyfjärdens landstrand snabbare beväxas med skymmande buskvegetation av främst viden, björk och gråal.

För Skurholmsfjärden förändras inte situationen mellan scenario-1 och scenario-2.



Figur 5.6 Beräknade vattennivåer för scenario-3 (år 2050 vid borttagna dammar) i början av september. (Andreasson 1996B)



Figur 5.7 Scenario-3.

### 5.2.3 Scenario 3 - innerfjärdarna år 2050, fördämningar borttagna

Scenario 3 (fig 5.7) visar konsekvenserna år 2050 av att fördämningarna idag plockas bort samtidigt som de muddrade kanalerna bibehålls. Eftersom vattenståndet i alla delar av innerfjärdarna i detta fall i stort sett helt skulle följa det flyende havets (fig 5.6) skulle effekterna med ökad landtillvinning och igenväxning bli mest märkbar i de innersta delarna av



systemet. I Björbyfjärden kommer landtillvinningen och vegetationsutbredningen att bli dramatisk och vegetationsfria vattenspeglar kommer snabbt att försvinna och endast finnas kvar i den östra, närmast Sinksundet liggande delen.

I Sinksundsfjärden, som kommer att tappa något mer vatten än i scenario-1 och betydligt mer än i scenario-2 kommer landtillvinningen att bli mer märkbar än i de övriga scenarierna.

I Björkskatafjärden kommer landtillvinningen och igenväxningen att gå med högre hastighet än i scenario-2 och med ungefär samma hastighet som i scenario-1. Förändringarna i Sörfjärden blir likartade som i scenario-1.

Sammanfattningsvis kan sägas att en muddring och kanalisering av vattenflöden i en landhöjningspåverkad våtmark eller sjö i realiteten innebär ett utdickningsföretag. Möjligheterna till en naturlig bildning av sjöar, avsnörda och opåverkade av havet, förhindras. Resultatet blir istället en smal strömfåra i en snabbt igenväxande våtmark, dvs stora arealer fria vattenspeglar försvinner snabbt. En muddring enligt ovan måste kombineras med dämmande överfall för att inte våtmarkens vattenspeglar och sjökaraktär snabbt skall gå förlorade.

### **5.3 Framtida förändringar av vattenkvalitet och bottenstatus**

De ovan presenterade scenarierna kommer att påverka vattenkvaliteten på lite olika sätt. Som tidigare beskrivits har havet och graden av havsventilering en fundamental betydelse för vattenkvaliteten i innerfjärdssystemet (se 2.2-2.3). En högre omsättning med havet ger klarare och mindre näringsrikt vatten. Gradens av havsventilering bestäms främst av:

- o Vattenståndet och dess variationer i havet. Egentligen havsvattenståndsvariationernas storlek och frekvens.
- o Förekomsten av naturliga vattenströmshinder som grunda och/eller vegetationsrika avsnörningar eller konstgjorda hinder som broar, överfallsdammar etc. I takt med att landhöjningen sänker havsvattennivån och ökar friktionen i tillväxande avsnörningar kommer havets positiva roll som vattenkvalitetspåverkare att minska.

Genom att utnyttja konduktiviteten som markör för havsvatten har det varit möjligt att närmare studera skillnader i funktion mellan den naturliga avsnörningen vid Revelsudden och överfallet vid Likskärsbanken. Efter långvariga men måttligt höga havsvattenstånd (+15 - +25) före etapp 1 (ex 900711 och 900814) registrerades en tydlig brackvattenpåverkan ända upp till Sinksundsfjärden. Efter överfallets tillkomst och vid liknande vattenståndssituationer kan inga förhöjda konduktivitetvärden noteras i Sinksundsfjärden. De konstgjorda överfallet är som väntat ett ogenomträngligt hinder för vattennivåer under överfallshöjden medan Revelsudden trots en viss uppdämmande förmåga inte är ett definitivt hinder utan på sikt släpper igenom vatten.

Följande bedömningar av fjärdarnas vattenkvalitet sträcker sig (maximalt) fram till år 2050 och förutsätter att inga drastiska förändringar av vattenkemiska halter orsakade av antropogena förhållanden sker.

### **5.3.1 Vattenkvaliteten vid naturlig utveckling (Scenario 1)**

Redan idag (egentligen före 1992) uppvisar de olika bassängerna i innerfjärdssystemet stora vattenkemiska skillnader (kap 2) främst beroende på deras geografiska placering i förhållande till Holmsundet, havet (Mulövikens) och Stadsfjärden. De vattenkemiska skillnaderna kommer att öka ytterligare i takt med att havsvattennivån sjunker och att friktionen ökar i tillväxande avsnörningar. De havsvattenståndsinducerade inflödenas roll som vattenkvalitetsförbättrare kommer successivt att minska i hela systemet men framför allt i de innersta delarna.

Björnsbyfjärden kommer att utsötas ytterligare och eutrofieringen fortsätter med stigande närsaltshalter och grumligare vatten. Risken för algbloomningar ökar. Eftersom Björnsbyfjärdens förbindelser med närliggande fjärdar växer igen kommer den i ännu större utsträckning än tidigare att tjänstgöra som partikelfälla för inflödande vatten från Holmsundet vilket resulterar i en ännu lösare och mer organisk botten.

Sinksunds-fjärden kommer att gå igenom samma utveckling som Björnsbyfjärden men möjligen i mindre grad. Om huvuddelen av Holmsundets vatten, kommer att söka sig mot havet via Björnskatakafjärden, vilket är troligt, medför det att Sinksunds-fjärdens vattenomsättning kommer att minska betydligt. Därmed kan problem med algbloomningar och kritiska syrehalter uppstå.

Sörfjärden kommer även fortsättningsvis att ha kontakt med havet och ha en tydlig brackvattenpåverkan. Saliniteten kommer dock att avta med ett flyende hav. I övrigt inga stora vattenkemiska förändringar men som tidigare visats kommer stora delar av nuvarande Sörfjärden att år 2050 utgöras av våta myrlika strandängsområden.

Björnskatakafjärden är idag helt utsötad men har en hyfsad vattenkvalitet på grund av vatteninträngningar från Stadsfjärden. Trots att Lulsundskanalen hålls öppen kommer dessa inträngningar att minska i takt med att havsvattennivån sjunker och därmed kommer närsaltshalterna att stiga.

Skurholmsfjärden, som även fortsättningsvis kommer att stå i obruten förbindelse med Stadsfjärden, kommer att tappa vatten motsvarande havsvattennivåns sänkning. Några stora vattenkemiska förändringar förväntas ej.

### **5.3.2 Vattenkvaliteten vid etapp 1 (Scenario 2)**

De naturliga avsnörningarna har nu öppnats genom muddringar, vilka även fortsättningsvis förutsätts hållas öppna, och ersatts av två överfall. I nedanstående bedömning över effekterna av etapp 1 görs alla jämförelser med vad den "naturliga" utvecklingen skulle ha åstadkommit.

I vattenkemiskt avseende kommer de olika delarna i innerfjärdssystemet att närma sig varandra, skillnaderna i vattenkvalitet kommer att minska mellan bassängerna som ligger innanför överfallen. Däremot ökar skillnaderna mellan vattensystemen innanför och utanför överfallen, vilket mätningar av konduktiviteten i fjärdarna mellan Björnsbyfjärden och Mulövikens före och efter tillkomsten av etapp 1 visar (fig 5.8).

Björnsbyfjärdens roll som partikelfälla kommer att minska på grund av att i vattnet suspenderat material nu kan sedimentera jämnare över hela fjärdssystemet. Eventuellt blir närsaltshalterna därmed inte lika höga och eutrofieringen går inte lika snabbt.

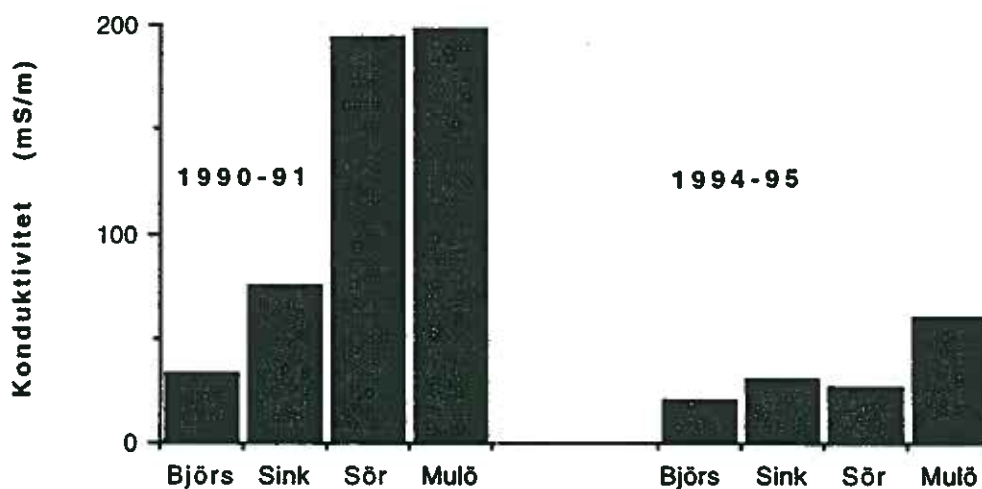
Vattenomsättningen i Sinksunds-fjärden kommer att öka genom att en större del av Holmsundets vatten kanaliseras denna väg.



Sörfjärden kommer snabbt att utsötas på grund av att kontakten med havet och Mulöviken nu delvis är bruten på grund av Likskärsöverfallet. Närsaltshalter ökar och ljusklimatet minskar. De stigande närsaltshalterna relativt scenario-1 beror dels på en minskad havsvattenventilering men även på att det betydligt högre medelvattenståndet i Sörfjärden skulle kunna medföra en ökad utlakning av närsalter från närliggande strandmarker.

I Björkskatafjärden, som delvis tappar kontakten med Stadsfjärdens rena vatten, kommer närsaltshalterna att öka och ljusklimatet att minska.

I Skurholmsfjärden inga större skillnader. Vattenomsättningen med Stadsfjärden kan dock minska något på grund av den tillkomna fördämningen på samma sätt som för Mulöviken (se "utanför vall effekten" nedan).



*Figur 5.8* Konduktiviteten i Björksbyfjärden till Mulöviken före (1990-91) och efter (1994-95) tillkomsten av överfall. Notera att konduktiviteten i Sörfjärden och Mulöviken är i stort densamma före överfallets tillkomst mellan dessa bassänger. Varje stapel är medelvärden av åtta prover, fyra under respektive år (maj - augusti).

### "Utanför vall effekt"

Påverkas vattenkvaliteten i Mulöviken, som ligger utanför Likskär, av den tillkomna fördämningen? Förmodligen gör den det. Efter vallens tillkomst (1993-1995) har höga konduktivitetvärden (större än 125 mS/m) endast uppmätts i Mulöviken vid rejäla högvatten (mer än 40 cm över normalvattenstånd i havet) då vatten har strömmat in över vallarna till Sörfjärden. Vid måttligare vattenståndshöjningar upp till + 35 centimeter, dvs under överfallsnivå, har konduktiviteten i Mulöviken hållit sig under 125 mS/m och vanligen under 50 mS/m. Före överfallets tillkomst (1990-1992) och vid liknande vattenståndsförändringar har konduktiviteten i Mulöviken varit mellan 180 och 250 mS/m. Att Mulövikens vatten har blivit mindre bräckt efter överfallets tillkomst vid Likskär kan också utläsas av fig 5.8.

Orsaken till dessa resultat måste till en del vara att en tillskapad fördämning inne i en lång vik, som innerfjärdssystemets norra del, minskar vattenomsättningen orsakad av havet även utanför fördämningen. När havsvattenståndet stiger över vattennivån innanför vallen men inte högre än överfallsnivån kommer vatten aldrig att strömma in vilket medför att vattenmassan utanför fördämningen blir mer stillastående än utan vall, dess vattenomsättning minskar. Detta resulterar även i att vattnet utanför fördämningen blir mer utsötat på grund av att från land utströmmande sötvatten som periodvis kan fylla viken utanför fördämningen kommer att späda ut brackvatteninträngningar som ej når över överfallsnivån. Vid liknande vattenståndssituationer i det vallfria systemet skulle visserligen sötvattensmassan i viken också till en viss del späda ut det inträngande brackvattnet men i än större utsträckning tränga innåt/uppåt i systemet och lämna plats för vatten med högre salinitet utanför den tänkta vallen. En förutsättning för denna "utanför vall effekt" är att vattensystemen är grunda med oskiktade vattenmassor. Effekten torde bli mer märkbar om vallen placeras en bit in i ett innerfjärdssystem eller en lång vik jämfört med om den placeras vid "mynningen" mot ett mer öppet hav. Strandtopografin innanför vallen har också betydelse eftersom effekten ökar med storleken på vattenvolymen som vid en viss vattenståndshöjning kan tränga in innanför vallen.

Ytterligare en anledning till att saliniteten i Mulövikens förefaller ha minskat kan vara att de tillkomna muddringarna har medfört att en större andel av Holmsundets vatten går ut genom Mulövikens än tidigare och därmed späder ut havsvattnet (se rap B, Andreasson 1996).

Huruvida "utanför vall effekten" får några märkbara ekologiska effekter i Mulövikens är osäkert. Det är dock inte osannolikt att den minskande omsättningen kan leda till att långskottsväxterna slid- och långnate, som kräver klara och näringsrika vatten med bra omsättning, kommer att missgynnas och minska i Mulövikens.

### 5.3.3 Vattenkvaliteten vid "modifierad etapp 1"

Studier av havsvattenståndets variation över året i Luleå under den senaste 15-års perioden men även andra studier i Bottenviken (Ericson 1979) visar att det under maj - juni är en period med tydligt låga och inte mycket varierande vattenstånd. Under sommaren och hösten ökar medelvattenståndet successivt för att under november till februari uppnå de högsta värdena. Under denna tid på året förekommer också de snabbaste förändringarna av vattenståndet. De högsta havsvattenstånden uppträder oftast under januari.

Om kontakten med havet och stadsfjärden öppnas under vinterhalvåret kommer det, som vi tidigare har sett (2.5), att resultera i en ökad havsvattenstandsinducerad ventilerings av innerfjärdssystemet under denna tid. Åtgärden kommer att medföra följande positiva effekter för vattenkvaliteten i innerfjärderna:

- 1) Närsaltshalterna, grumligheten och färgtalet minskar på grund av en ökad utspädning och ursköljning. Effekten är mest märkbar under vinterhalvåret men påverkar även tillståndet på sommaren positivt.
- 2) En ursköljning av i vattnet svävande organiskt och oorganiskt material sker som minskar sedimentationshastigheten och halterna av syretärande ämnen.
- 3) Syreförhållandena i vattenmassan och vid botten, som borde vara mest kritiska under vinterhalvåret, förbättras avsevärt på grund av inströmmande syrerikt vatten.
- 4) pH värdena stiger.

5) Risken för besvärande alg tillväxt minskar.

Ovanstående positiva effekter kommer att vara störst för de fjärdar som ligger längst ut, närmast Mulövik och Stadsfjärden, och avtar sedan in mot Holmsundet.

Effekterna kommer att avta med tiden i takt med att havsvattennivån sjunker på grund av landhöjningen. Möjligheterna att utnyttja den havsvattenstandsinducerade ventileringen vintertid på detta sätt är förmodligen begränsad till den närmaste 30-års perioden.

Om de höga vattenstånden uteblir under "onormala" vintrar (ex 95/96) och vattenstånden blir låga i innerfjärdarna kan det leda till en högre grad av bottenfrysning. Den isnötning och påverkan på botten som detta medför har en störande effekt på vattenvegetationens etablering och utbredning, vilket måste bedömmas som positivt ur innerfjärdprojektets synpunkt.

#### 5.4 Några effekter av muddringarna

Hur påverkas innerfjärdarnas hydrologi, vattenkemi och vegetation av de muddringar som har utförts innanför överfallen? Skulle effekterna se annorlunda ut om enbart överfallen hade byggts utan muddringar? Här följer en sammanfattning i punktform över de effekter som kan hänföras till de gjorda muddringarna:

- de invallade fjärdarna närmar sig varandra vattennivåmässigt (se rap B, Andreasson 1996)
- vattenstandsamplituden över årtiderna minskar, främst i de övre delarna (Björbyfjärden) (se rap B, Andreasson 1996 och 5.2.2)
- den havsvattenstandsinducerade ventilationen påverkas (se rap B, Andreasson 1996). Före tillkomsten av etapp 1 hade vattenståndshöjningar i intervallet 0 - 40 centimeter större spädande och ursköljande effekt på innerfjärdarna än efter. Däremot kan förmodligen vattenståndshöjningar högre än 40 centimeter ge en nästan lika stor eller till och med större effekt efter etapp 1 eftersom de muddrade rännorna snabbare kan föra upp havsvatten högre upp i systemet
- de invallade fjärdarna närmar sig varandra vattenkvalitetsmässigt (se 5.3.1-5.3.2)
- en konsekvens av restaureringsföretaget är att fjärdsystemets vattengenomströmning kanaliseras till de muddrade rännorna. Många stora ytor av innerfjärdarna får därmed en betydligt lägre vattengenomströmning/vattenomsättning än tidigare (se rap B, Andreasson 1996). Vad detta medför för ekologiska, vegetationspåverkande effekter på de områden som erhåller mer stagnanta vattenmassor är svårutrett. Det näringsrika vattnet från Holmsundet kommer inte att passera och tillföra näring i samma utsträckning som tidigare men samtidigt kommer inte "renare" vatten från havet att omsätta och skölja ur området på samma sätt som tidigare. Det är därför tveksamt om de stagnanta vattenområden som muddringarna skapar kommer att bli näringsrikare, men den minskade vattenomsättningen borde för dessa områden kunna medföra ett varmare sommarvatten, större risk för algblomningar och en lösare botten med högre andel organiskt material
- den omrörning av bottenmaterialet som muddringarna ger kan tillfälligt ge ökade närsaltshalter på grund av en ökad syresättning och mineralisering

- en uppgrävning och omrörning av bottensedimenten kan medföra att sulfidlor oxideras vilket ger en försurande effekt. Mätningar av pH under perioden (fig 2.2 f) antyder dock att detta inte har åstadkommit någon varaktigare effekt i innerfjärdarna.
- vid några muddrade områden i innerfjärdarna, bl a vid Porsösundet och Bodskata-holmen, förefaller flytbladsvegetationen ha brett ut sig och tätat vid kanten av de muddrade rännorna. Orsaker till detta skulle kunna vara 1) att spill av muddermassor leder till en viss lokal uppgrundning vid sidan av den muddrade rännan vilket är gynnsamt för vegetationens etablering och 2) att de nygrävda kanalkanterna utgör ett mindre löst och därmed bättre substrat för flytbladsvegetationens etablering

## 5.5 Sammanfattande jämförelse mellan scenario 1, 2 och 3

En grov sammanfattande jämförelse av de tre presenterade scenarierna ger vid handen att:

- o Sörfjärden kan endast bevaras vid scenario-2
- o I Björsby-, Sink- och Björskatafjärden sker den minsta landtillvinningen och kan de största arealerna fria vattenspegalar bevaras vid scenario-2.
- o Den snabbaste landtillvinningen och den största förlusten av fria vattenspegalar uppstår vid scenario-3
- o Skurholmsfjärden kommer i stort att utvecklas på ett likartat sätt vid de olika scenarierna.

I alla presenterade scenarier, även nuvarande etapp 1, kommer Skurholmsfjärdens vattendjup att minska i takt med att havsvattennivån sjunker. Skurholmsfjärden är idag den klart småbåtstätaste delen av innerfjärdarna med bl a en småbåtshamn vid Brogatan. Småbåtstrafiken kommer att minska i takt med att djupet minskar i Svartholmskanalen och överfarten till stadsfjärden därmed försvåras.

## 5.6 Övriga effekter

Här redogörs kortfattat för en del övriga effekter som verkställandet av innerfjärdssystemets etapp 1 har fått eller kommer att få men som har legat utanför syftet med denna rapport att granska närmare.

### 5.6.1 Utlakning från upplagda muddermassor

I samband med de muddringar som utfördes i innerfjärdssystemet deponerades muddermassor på land på vissa utvalda platser vid stranden av vattensystemet. Från dessa muddermassor, vars kemiska innehåll är obekant, kan det ske en icke obetydlig utlakning av ämnen som påverkar vattenkvaliteten och de ekologiska förhållandena i innerfjärdssystemet. Man skulle bland annat kunna förvänta sig en viss pH-sänkande effekt av utlakningen eftersom muddermassorna består av sulfidlor som nu genom lufttillträde kommer att bilda svavelsyra.



### 5.6.2 Innerfjärdarna som närsaltsfälla

Som tidigare påpekats har den naturliga funktionen som närsaltsfälla flyttats nedåt/utåt i innerfjärdssystemet genom den kanalisering av vattenströmmen som tidigare har gjorts ovanför Björsbyfjärden (4.6).

Om de vidtagna vattentekniska åtgärderna i samband med etapp 1 medför att vattendjupet ökar och innebär en kanalisering och snabbare transport av det näringsrika vattnet från Holmsundet ut ur systemet och därmed en minskande igenväxningen innebär detta att näringsrikare vatten kommer att lämna innerfjärdssystemet och komma ut i Bottenvikens vatten. Dvs innerfjärdarnas roll som en naturligt närsaltsreducerande våtmark minskar. Eftersom Bottenvikens vatten är förhållandevis näringsfattigt är förmodligen denna effekt av underordnad betydelse.

### 5.6.3 Vandringshinder för fisk

Under undersökningsåren 1994-95 har under våren stora ansamlingar av bl a gädda och abborre kunnat noteras utanför överfallen. Dessa arter, som vandrar innåt under våren för att leka, verkar ha haft vissa problem att ta sig igenom fördämningsvallarnas fiskluckor på grund av den höga strömhastigheten. Även under hösten har ansamlingar av fisk kunnat märkas innanför vallarna men fiskens utvandring vid denna tid verkar inte ha försvårats på samma sätt som på våren. En del Ortsbor (muntligt) menar att fisket inne i fjärdarna har försämrats under de senare åren. Om området hade fått utvecklas "naturligt" (scenario-1) hade givetvis även de naturliga avsörningarna med tiden medfört vandringshinder för fisken.

### 5.6.4 Fågelfaunan

Ur ornitologisk synpunkt är innerfjärdssystemet trots sin urbana omgivning inte helt ointressant. Närheten och vattenförbindelserna till de båda kända fågelsjöarna Gammelstadsviken och Persöfjärden gör att många av de fågelarter som påträffas vid dessa sjöar ofta kan ses även i innerfjärdarna.

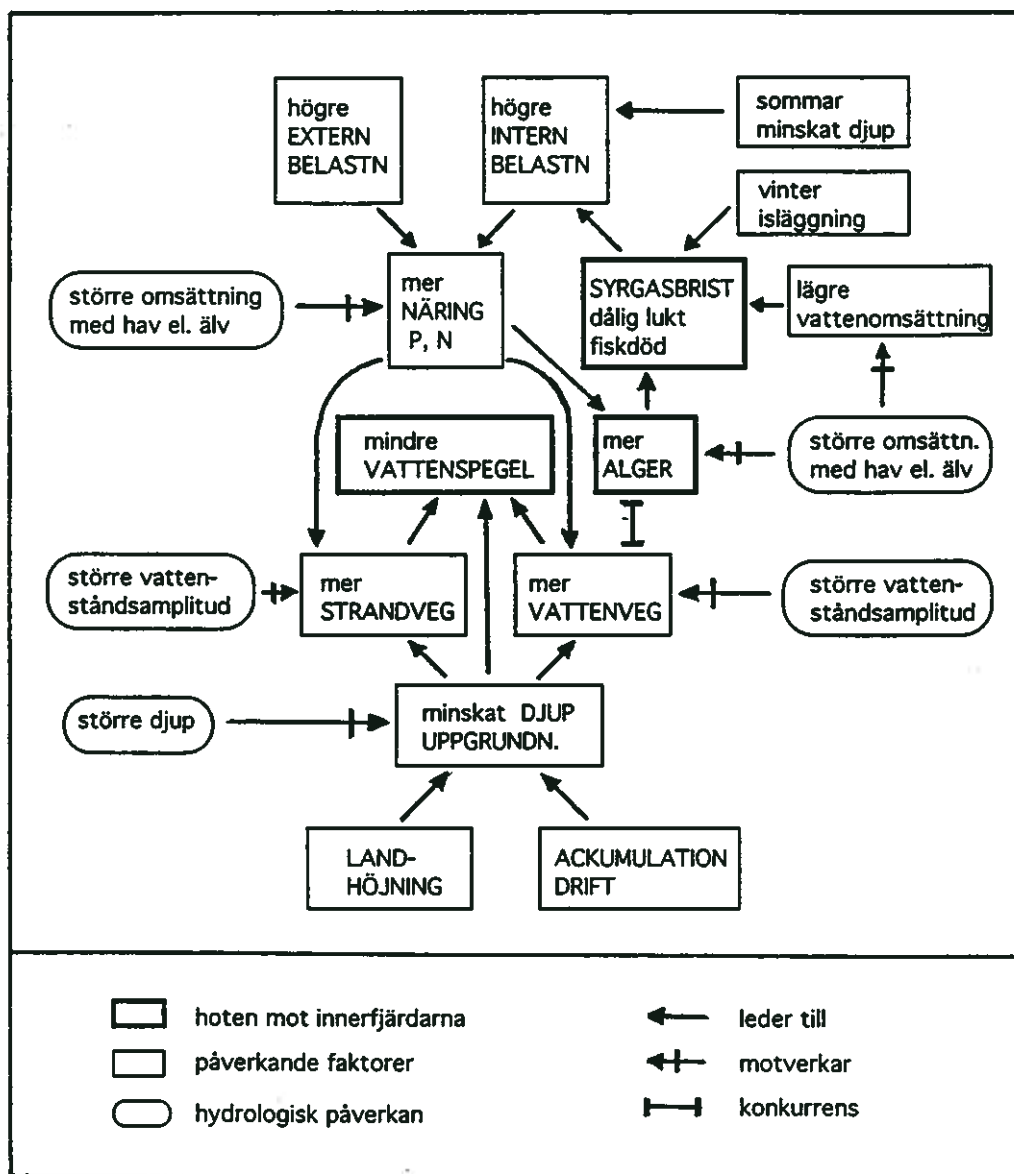
Före fördämningarnas tillkomst var Revelsudden på våarna en välbesökt plats för traktens ornitologer. De långgrunda, vattensjuka stränderna mot Sörfjärden var en bra flyttfågellokal för främst vadare och änder. Efter Likskärsvallens tillkomst och de högre vattennivåerna på våren har denna lokal förlorat en del av sitt ornitologiska värde.

Eftersom en rik och frodig vegetation är en förutsättning för att en sjö/våtmark skall hysa ett rikt fågelliv motverkar givetvis innerfjärdssystemets syften, att hejda vegetationsutbredningen och skapa/behålla vegetationsfria vattenspeglar, en naturlig utveckling mot ett optimalt fågelområde. Trots de vidtagna åtgärderna i samband med etapp 1 kommer stadens innevånare att även i framtiden kunna glädja sig åt att få se våtmarksfåglar i sin närmiljö. På lång sikt kan möjligheterna till och med öka jämfört med ett vallfritt system.

## 6 Åtgärder

Innerfjärdsprojektets etapp 1 sattes igång av Luleå kommun för att så långt det är möjligt bevara Luleå stads innerfjärdar (se 1). En precisering av syftet, vilket framgår ur olika kommunala handlingar, visar att det är följande aspekter/funktioner hos innerfjärdarna som skall bevaras:

- o bevara områdets vattenspeglar och sjökaraktär, hindra igenväxning
- o bevara en bra vattenkvalitet och möjligheter till bad, dvs förhindra en ökad grumlighet, dålig lukt och en besvärande alg tillväxt med eventuell toxinbildning
- o bevara möjligheterna till båtliv och kanoting
- o bevara möjligheter till fiske
- o bevara möjligheter till vinteraktiviteter, skid- och skridskoåkning



Figur 6.1 Schematisk modell som visar några faktorer som påverkar de aktuella hoten mot innerfjärdarna.

Vilka är hoten mot innerfjärdarna? Orsakerna till att innerfjärdarna utvecklas i en icke önskvärd riktning och att ovanstående funktioner försämras är bland annat följande förhållanden (se även fig 6.1):

- 1) Landhöjningen, som leder till ett minskat djup och en minskad vattenomsättning med havet.
- 2) Eutrofieringen, ökande närsaltshalter beroende på högre extern och förmodligen också intern belastning.
- 3) Finsediment av glacialt eller postglacialt ursprung som täcker en stor del av områdets yta och ger utrymme för ett naturligt närsaltläckage och ett näringsrikt substrat för vegetationen.
- 4) En flack långsluttande strandprofil och grunda fjärdar.

Eftersom det rimligen står utanför mänsklig makt att påverka punkterna 3) och 4) ovan och givetvis även landhöjningen i sig måste eventuella åtgärder för att rädda innerfjärdarna rikta in sig på de symtom som landhöjningen ger upphov till och på eutrofieringen.

## 6.1 Principiella sätt att möta landhöjningen på

I Sverige finns en relativt begränsad erfarenhet av olika försök att restaurera eutrofierade och igenväxande sjöar (Pettersson et al 1990). Det som skiljer Luleå innerfjärdar från de sjöar som har varit föremål för restaureringsinsatser är att innerfjärdarna står i direkt förbindelse med havet. Det nya och unika för restaureringsprojektet i Luleå är att det sker i ett kustnära, landhöjningspåverkat vattensystem.

Människan och samhället kan i princip möta landhöjningen och dess olägenhetseffekter på följande alternativa sätt:

1) "Låt naturen och landhöjningen ha sin gång". Inga åtgärder vidtas. Kustlinjen kommer att flyttas längre ut och vattensystemen avtappas på vatten. Områdets topografi bestämmer i vilken mån naturliga avsnörningar kan ge upphov till sjöar och vattenspeglar. Scenario 1 (5.2.1) beskriver innerfjärdarnas framtid under de närmast 50 åren med detta alternativ. De olägenhetseffekter och kostnader som detta medför för samhället beskrivs utförligt av Persson 1986.

En intressant fråga är om det finns eller har funnits någon "naturlig" utveckling i Luleå innerfjärdssystem. Under de senaste 100 åren kan man knappast säga att så har varit fallet. I takt med stadens framväxt och expansion har vattensystemen utsatts för allt större antropogen påverkan. Här har kanaler och muddringar gjorts vid flera tillfällen, delar av fjärdarna har fyllts igen för att ge plats åt bebyggelse och nytillkomna trafikleder har strypt vattenföden. Med åren har innerfjärdarnas roll som mottagare av industrisamhällets utsläpp av mer eller mindre ogynnsamma kemiska ämnen ökat med bland annat förhöjda närsaltshalter som följd (se 2.6).

2) Förläng tidsmässigt kontakten med havet. Muddringar utförs vid naturliga avsnörningar. Innerfjärdarnas vattennivå kommer i stort att följa vattenståndfluktuationerna i havet. I takt med det flyende havet blir "wattuminskningen" mycket märkbar och möjligheterna till avknoppade insjöar uteblir. Scenario 3 (5.2.3) beskriver innerfjärdarnas utveckling fram till år 2050 med detta alternativ.

3) Påskynda vattensystemens avsnörning med havet och övergången till en insjö. Dammar byggs på lämpliga ställen. En viss vattennivå kommer att kunna upprätthållas oberoende av havets vattenstånd och en utsötning av vattnet sker. Scenario 2 (5.2.2) beskriver innerfjärdarnas framtid under de närmaste 50 åren med detta alternativ.

Alternativen 2) och 3) kan kombineras på lite olika sätt varav den tidigare presenterade "modifierad etapp 1" är en möjlighet, där kontakten och ventileringen med havet upprätthålls under vintern medan systemet är invallat under sommaren.

Vilket alternativ som än väljs måste ett samhälle vid en landhöjningskust ha en medveten strategi och en framförhållande planering till landhöjningen och dess effekter så att stadens framtida planering och markanvändning sker på bästa sätt.

## **6.2 Principiella metoder att möta en ökad eutrofiering på**

Här följer en sammanställning, främst grundad på Pettersson et al 1990, av olika metoder som har använts vid sjörestaureringar i Sverige. Syftena med de olika restaureringarna har varierat något men har huvudsakligen varit att reducera närsaltshalterna och/eller begränsa växtplanktonförekomsten och/eller begränsa igenväxningen av vattenvegetation.

### **6.2.1 Åtgärder för att minska den externa närsaltsbelastningen**

Innan egentliga restaureringsinsatser sätts in måste sjön avlastas från näringsutsläpp. Denna absolut nödvändiga första åtgärd har i flera fall förbisetts, vilket har lett till ett dåligt restaureringsresultat. I vissa fall har enbart näringsavlastning lett till en förbättring av sjöns tillstånd.

### **6.2.2 Åtgärder för att minska den interna närsaltsbelastningen**

Med intern närsaltsbelastning förstås att en nettotransport av näringsämnen från sedimenten till vattenmassan sker. En sjös funktion som näringsfälla eller näringskälla har tidigare behandlats (3.4). Den tidigare belastningssituationen och ackumuleringen av näringsämnen i sedimenten bestämmer den interna belastningens storlek och varaktighet. En bra sammanställning av olika metoder för att minska den interna belastningen finns i Pettersson et al 1990, där även kostnader och resultaten av olika restaureringsprojekt i Sverige redovisas.

#### **Sedimentmuddring**

Sedimentborttagning genom grävning, muddring eller sugmuddring är den mest använda metoden för att förbättra en sjös tillstånd. Samtidigt åstadkoms en fördjupning av sjön vars varaktighet bestäms av sedimentationshastigheten efter restaureringen. Att på detta sätt minska den interna närsaltsbelastningen har varit framgångsrik i bl. a. sjön Trummern i Småland.

#### **Riploxmetoden**

Denna metod går ut på att oxidera de översta 15 - 20 cm av sedimenten med hjälp av nitrat. En lösning av kalciumnitrat ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) förs ned i sedimentet med hjälp av speciell utrustning. Dessförinnan tillförs med samma utrustning järn i form av järnklorid,  $\text{FeCl}_3$ , för att förbättra sedimentets fosforbindande förmåga och kalk,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , för att stabilisera pH på en optimal nivå för denitrifikation. Vid oxidation av sedimentets organiska material reduceras nitratet till



fri kvävgas, som avges till atmosfären. Genom att upprätthålla en oxiderad sedimentyta med högt järninnehåll skapas en barriär mot fosfatutflöde från sedimenten.

#### Aluminiumbehandling

Aluminium (som aluminiumsulfat) kan tillsättas en sjö dels för att fälla ut fosfor i vattenfasen dels för att förhindra frigörelse av fosfat från sedimenten. Denna metodik har i Sverige begränsats till ett fåtal sjöar med hög extern belastning, varför metodens användbarhet återstår att pröva.

#### Hypolimnionluftning

Metoden innebär tillförsel av syrgas till hypolimnion för att förhindra uppkomsten av anaerobi i bottenvattnet. Därmed minskas utläckaget av fosfat från sedimenten. Där detta har prövats har effekten varit temporär.

#### Utspädning och bortpumpning av bottenvatten

Metoden innebär att näringsrikt bottenvatten bortpumpas och ersätts med vatten av bättre kvalitet. Metoden förutsätter tillgång till näringsfattigt vatten, vilket har begränsat dess användning i Sverige. Metoden har använts med viss framgång i Trekanten i Stockholms kommun och i Svartbyträsket vid Boden.

#### Biomanipulering

En typ av biomanipulering är att reducera bestånden av planktonätande fisk, främst mört och braxen. Avsikten är att reducera mängden växtplankton, förbättra siktdjupet och i viss mån minska näringsläckaget från botten (se 3.4). Borttagandet av den planktonätande fisken gynnar djurplanktonförekomsten och därmed ökar betningen av växtplankton. Effekterna av denna metod i ett par sjöar i Sverige har varit temporära.

### 6.2.3 Vegetationsbegränsande metoder.

#### Vegetationsmuddring

Denna metod innebär att vegetationen grävs eller mudras bort. Eftersom hela växten inklusive rottdelar följer med minskas mängden organiskt material som i annat fall hade kunnat orsaka syrefria förhållanden vid nedbrytningen av växtresterna och därmed orsaka en intern belastning genom läckage av närsalter från sedimenten. Metoden har använts för att begränsa arealen med vattenvegetation i vissa sjöar.

#### Vegetationsslätter

Metoden innebär att vattenvegetationen beskärs men eftersom rotsystemet förblir intakt är detta en åtgärd som i regel måste upprepas.

Återkommande vegetationsslätter används i många sjöar och vattendrag för att begränsa utbredningen av högre vegetation och ibland används det skördade växtmaterialet till kreatursfoder. Effekten av upprepad beskärning beror på vilken art som beskärs. Erfarenheter från finska sjöar (Nybom 1988) visar att övervattensväxterna säv, bladvass och stor igelknopp försvann efter ca fyra klippningar, kaveldun redan efter två klippningar. Beskärningen hade dock ingen effekt på flytbladsväxterna gul och vit näckros samt gäddnate

så länge som inte hela rotdelen avlägsnades. Beskränning av undervattensvegetation har ingen negativ effekt på dess utbredning, i stället kan denna åtgärd bidra till växternas spridning. Vegetationsslåtter bör utföras i augusti månad för att få största effekt.

#### Vattenståndsvariation

I Sverige har vattenståndshöjning använts som en metod att begränsa vattenvegetationen genom att vattendjupet blir för stort för att en viss vegetation skall kunna överleva. Studier visar att en vattenståndshöjning har en stor reducerande effekt på bland annat sävarter (Sjöberg et al 1983, Goldyn 1994), säv, bladvass och kaveldun (Brock et al 1987, Wallsten 1989) samt på flytbladsväxter (Wallsten 1989).

Internationellt har även vattenståndssänkning utnyttjats för att eliminera vattenvegetation. Vegetationen förstörs genom att den utsätts för extrem kyla eller värme. Torrläggning under en kortare tidsperiod på sommaren kan dock medföra att en ökad utbredning av bladvass genom att de frön som finns i sedimenten gror vid torrläggningen.

### 6.3 Möjliga restaureringsåtgärder i Luleå innerfjärdar

Av den arsenal av restaureringsåtgärder som presenterats ovan (6.2) är det endast en del som kan vara aktuella för innerfjärdarna i nuläget. Det finns exempelvis ingen anledning att i dagsläget vidta åtgärder för att minska den interna belastningen via olika kemiska metoder eller muddringsföretag (6.2.2). Sådana metoder kan endast bli aktuella om och när det är fastställt att den interna belastningen på ett betydande sätt bidrar till eutrofieringen i innerfjärdarna.

#### 6.3.1 Det optimala innerfjärdsystemet

För att erhålla ett önskat optimalt innerfjärdsystem, enligt de syften som tidigare redovisats (6), bör åtgärder vidtagas som skapar följande förhållanden:

1) Tillräckligt och varaktigt djup,

vilket leder till en begränsning eller tillbakagång av vattenvegetationens utbredning och en minskad landtillvinning.

2) Hög vattenomsättning med inflöde av klart och näringsfattigt vatten,

vilket leder till bättre vattenkvalitet med mindre risk för besvärande alg tillväxt och en lägre vegetationstillväxt.

Tillgång till klart och näringsfattigt vatten finns både i Stadsfjärden och i Mulövikens till skillnad från exempelvis Persöfjärdens som är betydligt näringsrikare.

3) Låg extern näringstillförsel, genom att läckage och utsläpp från olika källor minskar och/eller renas och/eller avleds,

vilket leder till bättre vattenkvalitet med mindre risk för besvärande alg tillväxt och en lägre vegetationstillväxt.

4) Vegetationsslåtter på vissa områden om inte de tillskapade hydrologiska förändringarna 1) och 2) är tillräckliga,

vilket leder till att vegetationens tillväxt kan begränsas och vattenspeglar kan hållas öppna.

5) Stor vattenståndsamplitud under perioden maj - oktober,

vilket något håller tillbaka strand- och vattenvegetationens utbredning (se 4.1.2).

De hydrologiska åtgärder som krävs för punkterna 1), 2) och 5) behandlas närmare i rapport B (Andreasson 1996).

### 6.3.2 Interaktioner

Genom att skapa ovanstående miljöförhållanden i innerfjärdarna borde i stora drag syftet med innerfjärdsprojektet kunna uppnås. Men ett ekosystem som innerfjärdarnas är mycket komplext och hur det kommer att svara på de av människan ändrade miljöförhållandena går inte att helt förutse. Här följer några förhållanden som gör att det kanske inte blir så som man har tänkt sig:

- o En bättre vattenkvalitet kan trots att närsaltshalterna minskar innebära att vattenvegetationen, främst undervattensvegetationen, kan breda ut sig på ett större djup än för närvarande på grund av det förbättrade ljus klimatet i vattnet. Undervattensvegetationen minskar dock ej arealen fria vattenspeglar, i stället kan denna till och med öka genom att undervattensvegetationen konkurrerar ut flytbladsvegetationen.
- o En vegetationsslätter kan medföra, framför allt om växtmaterialet får ligga kvar, att risken för besvärande alg tillväxt ökar, eftersom algerna kan få en konkurrensfördel när de högre växterna försvinner.
- o En vattenståndshöjning kan i vissa partier med lös organisk botten leda till att vattenvegetationen med rötter och delar av botten flyter upp till ytan (plaurbildning), vilket leder till att arealen fria vattenspeglar åtminstone tillfälligt minskar.

## 7. Åtgärdsförslag

Hur skall Luleå kommuns innerfjärdsprojekt drivas vidare? Vilka nya eller kompletterande åtgärder skall vidtagas?

Genom den kunskapsinhämtning om innerfjärdarnas nuvarande och framtida status under olika förhållanden, som de nu framtagna rapporterna A och B representerar, är det till viss del möjligt att föreslå ett antal olika restaureringsåtgärder. Framtagandet av konkreta åtgärder underlättas högst betydligt och bör därför föregås av att följande förhållanden diskuteras och att vissa prioriteringar görs:

1) Prioritering av syften. Är alla de tidigare redovisade syftena med innerfjärdsprojektet (se 6) lika viktiga? Om inte bör en prioritering av de olika syftena ske eftersom åtgärdernas inriktning och omfattning till viss del är beroende av de syften som man vill uppnå med restaureringen.

Ju fler syften som kvarstår som angelägna desto mer omfattande blir restaureringsinsatserna eftersom en del syften kan vara svåra att förena med varandra. Det är exempelvis betydligt svårare att uppnå målet med fria vattenspeglar kombinerat med vatten av bra badkvalitet än enbart fria vattenspeglar. Även en skitig sjö ger vattenspeglar. Är det bättre med en sjö med en viss besvärande alg tillväxt än ingen sjö alls?

2) Prioritering av fjärdar. Gäller syftena för innerfjärdsprojektet i lika hög grad för alla innerfjärdarnas delar? Var är det exempelvis värdefullast att öppna vattenspeglar, småbåtstrafik eller badplatser kan behållas? En prioritering av fjärdarnas delar bör ske.

3) Tidsperspektiv. Hur långt in i framtiden förväntar vi oss att de insatta åtgärderna skall bevara innerfjärdarna enligt innerfjärdsprojektets syften?

4) Ekonomi. Vilket värde har innerfjärdarna? Vilka ekonomiska ramar har innerfjärdsprojektet? Vilka medel finns för engångsåtgärder och för långsiktigt underhåll?

Resultatet av en sådan diskussion och prioritering bör leda till att en långsiktigt hållbar plan för innerfjärdarnas framtid tas fram. Denna plan bör inrymma engångsåtgärder som utförs inom den närmaste tiden men även en skötselplan för ett framtida underhåll av hela innerfjärdssystemet. Skötselplanen skulle exempelvis kunna innebära att vissa områden lämnas för fri igenväxning och endast genomlöps av en kanaliserad vattenström. Andra högprioriterade områden tillåts inte växa igen med hjälp av vattentekniska och vegetationsbegränsande metoder. Samtidigt skulle vissa strandpartiers rekreativa värden kunna höjas genom att de planeras som grönområden och förses med gångstigar och grillplatser. Något område skulle kunna utvecklas till en bra stadsnära fågellokal.

### 7.1 Förslag på konkreta åtgärder

Av vad som framgått ovan är det i nuläget, innan syftes- och prioriteringsdiskussionerna har slutförts, svårt att i detalj ange konkreta åtgärder som långsiktigt hänger ihop för att bevara Luleå innerfjärdar. Här följer trots detta en sammanställning på ett antal mer eller mindre separata konkreta och möjliga åtgärder:



- 1) Förbättra och komplettera "modifierad etapp 1" genom att:
  - a. tätta de befintliga fördämningarna.
  - b. förbättra fiskluckorna så att fiskens vandring underlättas.
  - c. öppna förbindelserna med havet under vinterhalvåret.
- 2) Bygg anordning för att överfallets höjd vid fördämningarna lätt kan regleras vilket möjliggör att:
  - förbindelserna med havet lättare kan öppnas under vintern och brytas (dämma) under sommaren.
  - innerfjärdssystemet vid låga vattennivåer under sommaren kan fyllas på vid höga och lämpliga högvattenståndsitioner i havet.
  - vattennivån i innerfjärdarna vid behov i framtiden kan höjas ytterligare genom att överfallsnivån höjs med exempelvis 10 cm till RAK - 30 cm.
- 3) Utred vilka källorna är och deras andel till den nuvarande närsaltsbelastningen på innerfjärdarna, vilket i sin tur får utgöra underlag för de åtgärder som skall vidtas för att på bästa sätt minska den externa belastningen.
- 4) Utred om och hur en ökad omsättning och spädning med vatten av bra kvalitet skall kunna upprätthållas när havets naturligt ventilerande effekt automatiskt minskar med tiden och landhöjningen. Är det möjligt att mekaniskt pumpa in vatten?
- 5) De vattenområden i innerfjärdarna som har hög prioritet och där de vattentekniska åtgärderna ej är tillräckliga för att hålla tillbaka vegetationsutbredningen, där måste olika vegetationsröjningsmetoder användas. Vegetationsslätter bör äga rum i augusti och det skördade växtmaterialet bör tas upp från sjön. Åtgärden måste med stor sannolikhet upprepas efter några år. I Sverige har olika typer av pontonburna maskiner prövats för vegetationsborttagning.
- 6) Oberoende av vilka åtgärder som vidtas måste vissa strandpartier vegetationsröjas på lövbuskage om fri sikt önskas mot vattenområdet.
- 7) Skurholmsfjärdens framtid måste utredas eftersom denna fjärds vattennivå ej har säkerställts med nuvarande etapp 1. Skall fördämningen vid Lulsundskanalen flyttas till Svartholmskanalen? När? Ur vegetationsutbredningssynpunkt kommer situationen ej att bli akut under den närmaste 50-års perioden, däremot möjligen för småbåtstrafiken.
- 8) Om småbåtsparken i innerfjärdarna skall kunna nyttja det utanförhögande havet i framtiden måste båtöverfarterna vid överfallen byggas om så att de blir lättare att passera.

## 7.2 Slutord

Vilka åtgärder som än vidtas i innerfjärdarna är det givetvis ej möjligt att återskapa Luleå innerfjärdar till vad de en gång varit eller att för framtiden konservera nuvarande status. Därtill är naturens krafter och de naturliga processerna för starka. Däremot kan det vara möjligt att för en kortare eller längre period bevara en del av de nuvarande innerfjärdarnas landskapsestetiska och rekreativa värden.



## Referenser

- Andreasson, P. 1996. Luleå innerfjärdar Rapport B - hydrologi. Avd. för vattenteknik, Högskolan i Luleå.
- Andreasson, P. 1996B. Opubl. Avd. för Vattenteknik, Högskolan i Luleå.
- Augustsson, I. 1993. Den högre vattenvegetationen i några inre havsvikar på fasta Åland. Forskningsrapport från Husö biologiska station NO 86, 16 s.
- Barko, J.W & Smart, R. M. 1980. Mobilization of sediment phosphorus by submersed macrophytes, *Freshwater Biology* 10, 229-238.
- Barko, J.W & Smart, R. M. 1986. Sediment-related mechanisms of growth limitation in submersed macrophytes. *Ecology*, 67, 1328-1340.
- Bengtsson, L. 1986. Simulerad utveckling av Luleås inre fjärdssystem. Landet stiger ur havet, en populärvetenskaplig bok om landhöjningen och dess effekter. Centec Luleå: 66-72.
- Björk, S. 1967. Ecological investigations of *Phragmites communis*: studies in theoretic and applied limnology. *Folia Limnologica Scandinavica*. 14, 1-248.
- Boström, B., Jansson, M. & Forsberg, C. 1982. Phosphorus release from lake sediments. *Arch. Hydrobiol. Beih. Egebn. Limnol.* 18: 5-59.
- Brock, Th. C. M., van der Velde, G. & Steeg, H. M. 1987. The effects of extreme water level fluctuations on Wetland vegetation of a nymphaeiddominated oxbow lake in The Netherlands. *Arch. Hydrobiol. Beih. Limnol.* 27: 57-73.
- Duarte, C.M. & Kalff, J. 1986. Littoral slope as a predictor of the maximum biomass of submerged macrophyte communities. *Limnology and Oceanography*, 31, 1072-1080.
- Duarte, C.M., Kalff, J. & Peters, R.H. 1986. Patterns in biomass and cover of aquatic macrophytes in lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 43, 1900-1908.
- Elfving, M. 1980. Projekt innerfjärdar Luleå kommun - översiktlig vegetationskartering. Examensarbete. Umeå universitet, Biologisk grundutbildning, Rapportserie 1980:15.
- Ericson, L. 1980. The downward migration of plants on a rising Bothnian sea-shore, *Acta Phytogeogr. Suec.* Vol. 68, s. 61-72.
- Ericson, L. 1981. Aspects of the shore vegetation of the Gulf of Bothnia, *Wahlenbergia*, Vol. 7, s. 45-60.
- Ericsson, L. & Wallentinus, H-G. 1979. Sea-shore vegetation around the gulf of Bothnia. Guide for the International Society for the Vegetation Science Excursion July-August 1977.- *Wahlenbergia* 5:1-142.
- Hallman, A. 1973. Gammelstadsvikens naturreservat - miljö, fauna och flora. Länsstyrelsen i Norrbottens län.

- Hannerz, E. 1956. Luleåtrakten-skogsberg och fågelsjöar. Natur i Västerbotten och Norrbotten, s212-233. Uppsala 1956.
- Håkanson, L. & Jansson, M. 1983. Principles of Lake Sedimentology. Springer Verlag, 316 s.
- Jasser, I. 1994. Influence of Ceratophyllum demersum on phytoplankton community in experimental conditions. Verh. Internat. Verein. Limnol. 25: 2291-2295.
- Jordartskarta, 24L Luleå NO. LM kartor, Lantmäteriet Luleå 1992.
- Larsson, Ch. 1971. Persöfjärden en växtekologisk undersökning. 3-betygsarbete. Umeå universitet, Ekologisk botanik.
- Leonarsson, L. 1994. Våtmarker som kvävefällor - svenska och internationella erfarenheter. Naturvårdsverket, Rapport 4147. 265 s.
- Luleå kommun. 1980. Innerfjärdar, delrapport skede A, 1980-04-01. Luleå kommun, Gatukontoret, Utredn-avd.
- Länsstyrelsen i Norrbottens län. 1974. Vattenkvalitet, sedimentkvalitet och vegetationsförhållanden i Bottenviken vid Norrbottenskusten augusti 1974.
- Länsstyrelsen i Norrbottens län. 1978. Vattenkemi och plankton i sjöar vid Norrbottenskusten 1978.
- Länsstyrelsen i Norrbottens län. 1989. Norrbottens miljö - en regional analys. Rapportserie nr 4, 1989.
- Länsstyrelsen i Norrbottens län. 1995. Miljö 2000 - för ett långsiktigt bärkraftigt Norrbotten. Rapportserie nr 9/1995.
- Naturvårdsverket. 1993. Eutrofiering av mark, sötvatten och hav. MIST. Rapport 4134.
- Nybom, C. 1988. Vesikasvien poisten vuosina 1972-1986 (Experimentell bekämpning av vattenväxter åren 1972-1986). Vesi- ja Ympäristhallinnon julkaisuja, Helsingfors, 79 s.
- Näslund, I. & Wiklund, B-S. 1980. Fiskfaunans sammansättning och fiskets omfattning i ett innerfjärdsområde i Luleå skärgård. Examensarbete. Umeå universitet, Biologisk grundutbildning, Rapportserie 1980:10.
- Pehrsson, O. 1980. Skötsel av våtmarker för fröproduktion - en viktig födoresurs för sjöfågel. En litteraturstudie. Statens naturvårdsverk, SNV PM 1244, Solna.
- Pehrsson, O. 1992. Skötsel av våtmarker som fågelbiotoper. Statens naturvårdsverk, Rapport 4014, 47 s.
- Persson, H. 1984. En betraktelse om innerfjärdarnas förfall och behovet av omgående åtgärder. Luleå kommun, Gatukontoret, PM 1984-06-12.



- Persson, G. & Olsson, H. 1994. Eutrofiering i svenska sjöar och vattendrag: tillstånd, utveckling, orsak och verkan. Statens naturvårdsverk, Rapport 4147.
- Persson, K. 1964. Förteckning över Luleåtraktens kärlväxter. Norrbottens natur 1964.
- Pettersson, K. & Wallsten, M. 1990. Sjörestaurering i Sverige. Metoder och resultat. - Statens naturvårdsverk, Rapport 3817, 57 s.
- Rosenberg, R. 1982. Havets liv och miljö. Liber, Stockholm. 192 s.
- Schwank, B. 1986. Strändernas dynamik på flacka kuster med maximal landhöjning. Stephansson, O. 1986. Landet stiger ur havet, en populärvetenskaplig bok om landhöjningen och dess effekter. Centec Luleå: 106-112.
- Sjöberg, K. & Danell, K. 1983. Effects of permanent flooding on *Carex-equisetum* wetlands in northern Sweden. *Aquatic Botany* 15: 275-286.
- Smith, C.S. & Adams, M. S. 1986. Phosphorus transfer from sediments by *Myriophyllum spicatum*. *Limnol. Oceanogr.* 31, 1312-1321.
- Smith, V. H. & Wallsten, M. 1986. Prediction of emergent and floating-leaved macrophyte cover in central Swedish lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 43, 2519-2523.
- SNV 1990. Bedömningsgrunder för sjöar och vattendrag. Klassificering av vattenkemi samt metaller i sediment och organismer. - Statens naturvårdsverk, allmänna råd 90:4.
- SNV 1991. Försurning och kalkning av svenska vatten. Monitor 12. Statens naturvårdsverk.
- Stephansson, O. 1986. Landet stiger ur havet, en populärvetenskaplig bok om landhöjningen och dess effekter. Centec Luleå. 131 sidor.
- Svenonius, H. 1925. Luleåtraktens flora. *Svensk Botanisk Tidskrift* 1925, Bd. 19, H4.
- Svenonius, H. 1940. Växttopografiska anteckningar till Luleåfloran. *Svensk Botanisk Tidskrift* 1940, Bd. 34, H.2.
- Sörlin, T., Erixon, P & Forsberg Å. 1995. Opubl. Avd. Ekologi och miljövård. Högskolan i Luleå.
- Wallsten, M. 1974. Flygbildstolkning och beskrivning av Tämnarens vegetation. *Sv. Bot. Tidskr.* 68, 431-440.
- Wallsten, M. & Solander, D. 1988. Vattenväxter och miljön. - Statens naturvårdsverk, Rapport 3495.
- Wallsten, M. & Forsgren, P. D. 1989. The effects of increased Water level on aquatic macrophytes. *J. Aquat. Plant. Manage.* 27: 32-37.
- Weisner, S. 1991. Within-lake patterns in depth penetration of emergent vegetation. *Freshwat. Biol.* 26, 133-142.

- Welch, E. B., Kvam, E. B & Chase, R. F. 1994. The independence of macrophyte harvesting and lake phosphorus. *Verh. Internat. Verein, Limnol.* 25, 2301-2304.
- Wennberg, L & Enell, M. 1991. Svartbyträskets ekologiska tillstånd. Extern belastning av fosfor och kväve, samt nödvändig belastningsminskning. IVL rapport.
- Wiksten, A-K. 1991. Näringsläckage till innerfjärdarna. Luleå kommun, Miljö och hälsoskyddskontoret, Rapport 1991:11.
- Willén, E, Willén, T & Ahlgren, G. 1995. Skadliga alger i sjöar och hav - Sötvatten. Naturvårdsverket, Rapport 4447.
- Wium-Andersen, S., Anthoni, U., Christophersen, C. & Houen, G. 1982. Allelopathic effects on phytoplankton by substances isolated from aquatic macrophytes. *Oikos* 39: 187-190.
- Överby, H. 1993. Opubl. Beräkningar av vattennivåer i Persöfjärden 1932-1990. Länsstyrelsen i Norrbottens län.

**Historik över innerfjärdsprojektets etapp1** (genom P-Å Nilsson, Luleå kommun)

- 1978 Muddringar mellan Bjørsbyfjärden och Björkskatafjärden i samband med att Björkskataleden byggs, på ömse sidor om broläget.
- nov-87 Muddring och upprensning av Holmsundet.  
mars-88
- Vinter Muddring och upprensning av Holmsundet fortsätter. Även upprensning av  
88/89 tillflödena till Holmsundet dvs mot Gammelstadsviken och ån från Rutvik.  
891019 Slutbesiktning av arbetet
- 920210 Muddringar runt Björkskatan (Bjørsbyfjärden), vid Sinksundet (Sinkfjärden) och  
vid Reveln (mellan Sinkfjärden och Sörfjärden).Muddermassor läggs upp vid  
Bodskataudden och Björkskatagrundet.
- 920405 Arbetet slutfört.
- Sommar-92 Smärre kompletterande arbeten på ovanstående projekt.
- 930401 Byggandet av överfallsdammar vid Lulsundskanalens mynning i Skurholmsfjärden  
och vid Likskärsbanken inleds genom att en grov järnspons slås ner.
- 930620 Överfallsdammarna är klara med ett överfall på ca - 40 cm (RAK), dvs ca 40 cm  
över normalvattenstånd i havet.
- sommar-93 Uppmärksammas att vid vägbanken vid Likskär läcker vatten innifrån och ut .
- 930925 Muddringsarbeten från Björskkatan till Holmsundet. Denna rännaskall ha en  
bredd på 14 meter och ett djup på - 1.60, dvs djupet skall vara 80 cm relativt havets  
medelvattenstånd. Muddringarna blir inte bra utförda, förmodligen uppnås det  
önskade djupet men bredden är förmodligen mindre än 14 meter.
- nov-93 På Porsösidan (vid Sundet-Stranden) muddras även upp för en kommande  
badplats. Arbetet slufört (muddringsfirman i konkurs)
- 940215 Vägbanken tätas på insidan (mot Sörfjärden) genom att ett moränlager 40 cm tjockt  
läggs ut, därefter en bentofixmatta och ovanpå detta en krossad bergfyllning.
- 94 april Banken färdigställd.
- Sommar-94 Vattenståndet i innerfjärdarna sjunker mycket troligen mest beroende på en torr och  
varm sommar.
- Hösten-94 Rejåla högvatten trycker vatten utifrån och in genom Likskärsbanken, vilket  
medför att bentofixmattan trycks upp.
- 941201 Sättare (två stycken pluss överfarten) tas upp vid de båda överfallsdammarna så att  
det bildas en 4 meter brett överfall på nivån -90 cm (dvs ca 10 cm under  
normalvattenstånd i havet.
- jan -95 Likskärsbanken förstärks med ytterligare bergfyllning. Samtidigt skall bättre  
båtöverfarter byggas. Detta skall vara klart innan vårfloden kommer.
- 950502 Sättare på plats, dvs överfall på - 40cm (RAK).
- 951103 Sättare, två vid Likskär och samtliga vid Lulsundet, tas upp för vintern.



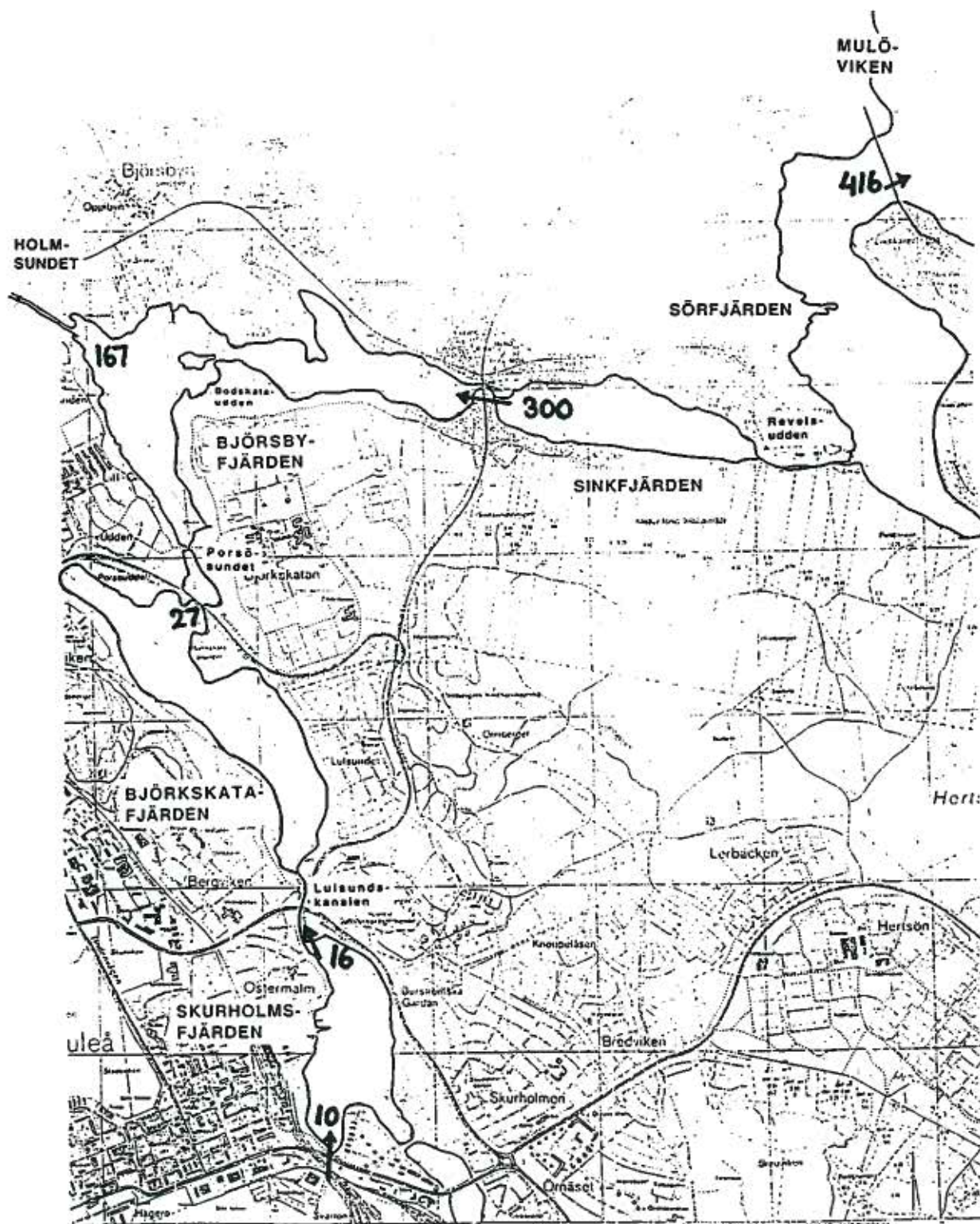


# Konduktiviteten 20 januari 1995

Havsvattenstånd: + 72 cm

Konduktivitet mS/m

← = strömriktning



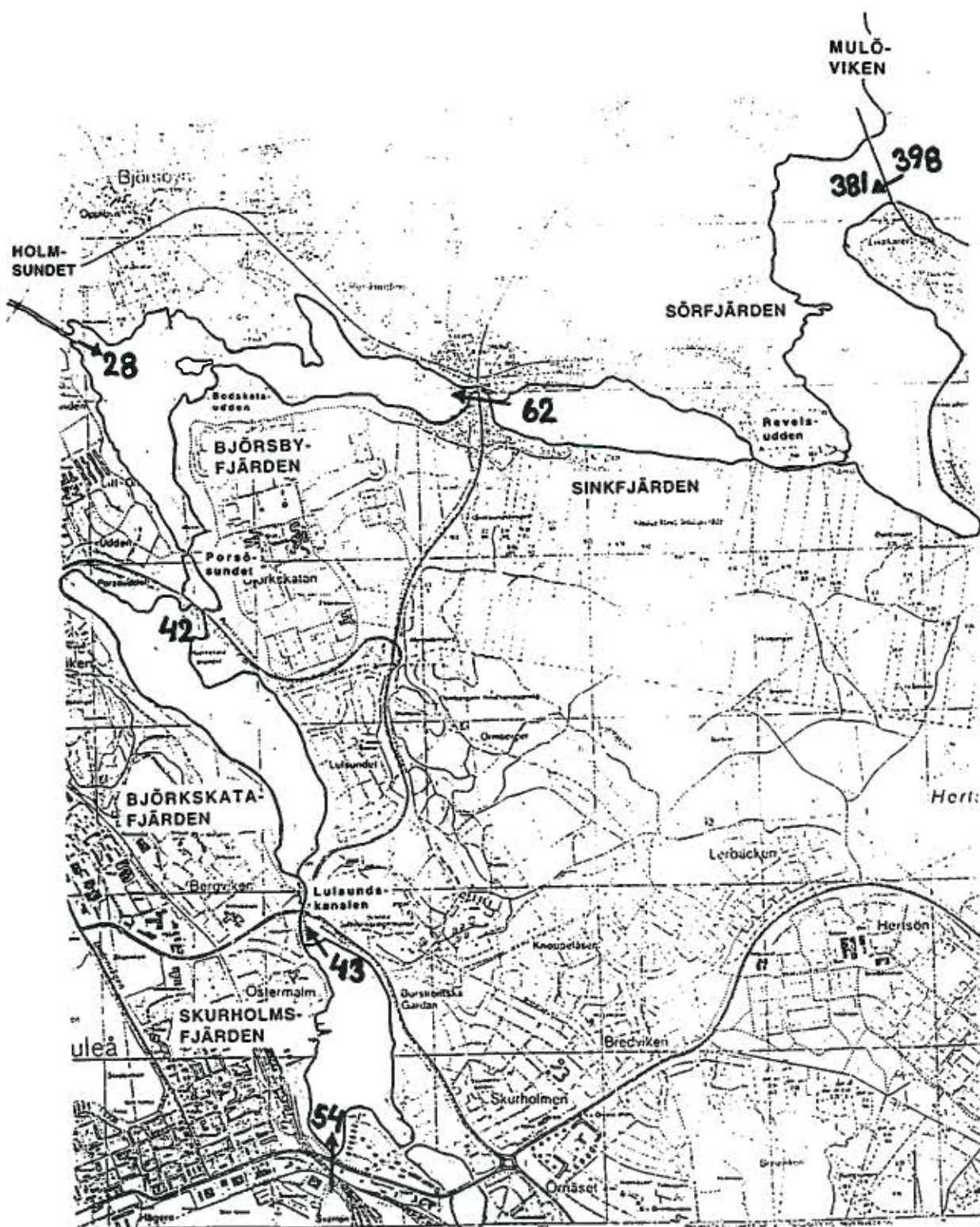


# Konduktiviteten 23 oktober 1995

Havsvattenstånd: + 46 cm

Konduktivitet mS/m

← = strömriktning







## Korrelationskoefficienter vatten

		Mulöv. - Björs.fj	Skurh.fj - Björk.fj			Mulöv. - Björs.fj	Skurh.fj Björk.fj
kond	färg	-0,48 -0,64*	0,09	tot-P	tot-N	0,27	0,26
kond	COD	-0,51 -0,72*	0,18	tot-P	fosf-P	0,25	0,39
kond	tot-P	-0,21 -0,33*	0,12	tot-P	sulfat	-0,21	-0,01
kond	tot-N	-0,52 -0,56*	0,40	tot-P	pH	0,00	0,30
kond	fosf-P	-0,00	0,04	tot-P	alkal	-0,24	0,34
kond	sulfat	0,88	0,39	tot-N	fosf-P	0,04	0,26
kond	pH	0,13	-0,13	tot-N	sulfat	-0,21 -0,21*	0,48
kond	alkal	0,06	-0,07	tot-N	pH	-0,21	0,00
färg	COD	0,90	0,93	tot-N	alkal	-0,12	0,05
färg	tot-P	0,37	0,78	fosf-P	sulfat	0,01	0,11
färg	tot-N	0,29	0,45	fosf-P	pH	-0,01	0,07
färg	fosf-P	0,06	0,62	fosf-P	alkal	-0,05	0,49
färg	sulfat	-0,61 -0,78*	0,03	sulfat	pH	0,00	-0,37
färg	pH	0,01	0,30	sulfat	alkal	0,01	-0,03
färg	alkal	0,01	0,55	pH	alkal	0,17	0,40
COD	tot-P	0,39	0,80	* = anpassning till logaritmisk funktion			
COD	tot-N	0,30	0,54				
COD	fosf-P	0,06	0,52				
COD	sulfat	-0,65 -0,73*	0,05				
COD	pH	0,00	0,18				
COD	alkal	0,00	0,39				



## Vattenvegetation i innerfjärdarna

Förteckning över en del kärlväxter som påträffats som vattenvegetation i det undersökta området i augusti 1995. Endast arter där det har varit möjligt att göra en bedömning över hur allmänna de är i respektive fjärd har medtagits.

- 1 = finns, ej dominerande  
 2 = allmän  
 3 = mycket allmän, dominerande

ART		Skur	Björk	Björs	Sink	Sör	Mulö
sjöfräken	<i>Equisetum fluviatile</i>	2	2	2	2	1	
vit näckros	<i>Nymphaea alba</i>			2	1		
gul näckros	<i>Nuphar lutea</i>		1	2	1		
sköldmöja	<i>Ranunculus peltatus</i>				1	2	
sylört	<i>Subularia aquatica</i>					1	1
slamkrypa	<i>Elatine hydropiper</i>					1	1
axslinga	<i>Myriophyllum spicatum</i>			1	1		
hårslinga	<i>M. alterniflorum</i>					1	1
knoppslinga	<i>M. sibiricum</i>					2	2
höstlånke	<i>Callitriche hermaphroditica</i>					1	1
pilblad	<i>Sagittaria sagittifolia</i>		1	2			
nordpilblad	<i>S. natans</i>	1	1	1	1	1	1
vattenpest	<i>Elodea canadensis</i>	2				3	2
bandnate	<i>Potamogeton compressus</i>		1				
gäddnate	<i>P. natans</i>	2	2	2	1		
långnate	<i>P. praelongus</i>						2
slidnate	<i>P. vaginatus</i>						2
ålnate	<i>P. perfoliatus</i>		1	1	1	2	2
bladvass	<i>Phragmites australis</i>	1	1	3	3	3	2
igelknopp	<i>Sparganium emersum</i>		2	2	1		
flotagräs	<i>S. gramineum</i>	2	3	2	1	1	
säv	<i>Schoenoplectus lacustris</i>			3		1	1
blåsäv	<i>S. tabernaemontani</i>					1	1





Institution/Department

Samhällsbyggnadsteknik

Upplaga/Number of Copies

70

Avdelning/Division

Ekologi och miljövärd

Datum/Date

960430

Titel/Title

Luleå Innerfjärdar Rapport A: Vattenkvalitet  
Bottenkvalitet  
Vegetation

Författare/Author(s)

Erixon Peter

Uppdragsgivare/Commissioned by

Luleå kommun  
Tekniska kontoret

Typ/Type

- Doktorsavhandling/Doctoral Thesis
- Licentiatuppsats/Licentiate Thesis
- Forskningsrapport/Research Report
- Teknisk Rapport/Technical Report
- Examensarbete/Master Thesis
- Övrig rapport/Other report

Språk/Language

Svenska/Swedish

Engelska/English

.....

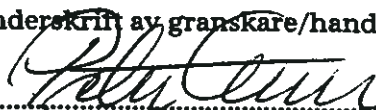
Sammanfattning, högst 150 ord / Abstract, max 150 words

På grund av bl a landhöjningen håller Luleå innerfjärdar på att växa igen. Genom ett uppdragsföretag (1993) hoppas man kunna bevara innerfjärdarnas landskapsestetiska och rekreativa värden. Undersökningens huvudsyften är att kartlägga innerfjärdarnas nuvarande och framtida förhållanden när det gäller vattenkvalitet, bottenkvalitet och vegetationsutbredning. En bedömning av vattnets kvalitet (närsalter, syre, ljusförhållanden och försurning) redovisas och havets betydelsefulla roll som vattenkvalitetspåverkare visas. Bottnarnas hårdhet, organiska halt och syrestatus beskrivs. Vegetationens utbredning, täthet och artsammansättning redovisas. Storleken på landtillvinningens och vegetationsutbredningens hastighet under de senaste femtio åren visas i kartform. Tre scenarier som visar hur innerfjärdarna ser ut år 2050 när det gäller landtillvinning, vattenvegetation och vattenkvalitet under olika yttre förutsättningar presenteras. Principiella samt för innerfjärdarna specifika metoder att möta landhöjningen och den ökade eutrofieringen på diskuteras.

Nyckelord, högst 8 / Keywords, max 8

Sjörestaurering, eutrofiering, igenväxning, landhöjning  
vattenväxter, blodvass, vattenpest, brackvattenekologi

Underskrift av granskare/handledare / Signature of examiner/supervisor

 Peter Erixon

Namnförtydligande:

