

Fiskbestånden i Dalälvens sjöar
faktorer som påverkar och förändringar över tid

Miljöenheten
Dalälvens Vattenvårdsförening

Omslagsbild: Bakgrundskarta © Lantmäteriet ärende 106-2004/188W.

Tryck: Länsstyrelsen Dalarnas tryckeri, maj 2010.

ISSN: 1654-7691

Rapporten kan beställas från Länsstyrelsen Dalarna, infofunktionen

E-post: dalarna@lansstyrelsen.se

Rapporten kan också laddas ned från Länsstyrelsen Dalarnas webbplats:

www.lansstyrelsen.se/dalarna

Ingår i serien Rapporter från Länsstyrelsen i Dalarnas län

Fiskbestånden i Dalälvens sjöar

faktorer som påverkar och
förändringar över tid

Rapport 2010:14

David Lundvall



LÄNSSTYRELSEN
DALARNAS LÄN



FÖRORD

Länsstyrelsen Dalarna genomför varje år ett stort antal kemiska och biologiska undersökningar av Dalarnas sjöar och rinnande vatten inom främst miljöövervakningen och den samordnade vattenförvaltningen. Undersökningarna kan både ha specifika syften som uppföljning av kalkningseffekter, inventering av miljögifter och kartläggning av övergödning eller vara av mer allmän karaktär för att beskriva vattnets status. Huvuddelen av undersökningarna har redovisats som underlagsmaterial till rapporter, men vissa data har endast lagrats hos nationella datavärdar eller länsstyrelsen.

Dalälvens vattenvårdsförening (DVVF) genomför sedan 1990 samordnad recipientkontroll i ett 30-tal sjöar och lika många rinnande vatten i framför allt Dalälvens huvudflöde och större biflöden där de största punktutsläppen finns. Undersökningarna omfattar både vattenkemi och biologiska parametrar. Alla undersökningar redovisas i en årsrapport. Därutöver har flera tematiska sammanställningar genomförts. De vattenkemiska undersökningarna har fortlöpande lagrats hos nationell datavärd (SLU-IMA).

Länsstyrelsen och DVVF beslutade 2006 att inleda ett samarbete för att sammanställa alla Dalarnas biologiska undersökningar av sjöar och rinnande vatten, lagra dessa hos aktuella datavärdar samt presentera och analysera dessa undersökningar i ett antal temarapporter för sjöar respektive rinnande vatten. Arbetet har försenats på grund av att vattenförvaltningens statusbedömning och åtgärdsprogram tagit länsstyrelsens personella resurser i anspråk under 2008 – 2009.

De tematiska utvärderingarna av sjöar omfattar följande rapporter:

Utvärdering av vattenväxtsamhället i Dalälvens sjöar, Rapport 2008:28

Metallhalter i fisk i Dalälvens sjöar – faktorer som påverkar och förändringar över tid, Rapport 2010:12

Växtplanktonsamhällen i ett urval av Dalälvens sjöar – sammanställning av undersökningar under perioden 1990 - 2006, Rapport 2010:13

Fiskbestånden i Dalälvens sjöar – faktorer som påverkar och förändringar över tid, Rapport 2010:14

Mjukbottenfaunan i Dalälvens sjöar – struktur och funktion, Rapport 2010:15

Utvärdering av biologiska bedömningsgrunder för sjöar – erfarenheter från Dalarna, Rapport 2010:16

Motsvarande temarapporter för rinnande vatten beräknas publiceras under 2011.

Falun i maj 2010

Per-Erik Sandberg
Länsstyrelsen Dalarna

Kenneth Collander
Dalälvens Vattenvårdsförening



LÄNSSTYRELSEN
DALARNAS LÄN



Innehåll

Sammanfattning	3
1 Inledning	4
2 Del 1: Fiskbestånden i Dalarnas provfiskade sjöar – faktorer som styr fiskbeståndens storlek och utseende	6
2.1 Dataunderlag och metoder	6
2.1.1 Dataunderlag från provfiskade sjöar	6
2.1.2 Beskrivning av provfiskade sjöar.....	8
2.1.3 Analyser	14
2.2 Resultat	15
2.2.1 Samvariation/korrelation mellan omgivningsfaktorer	15
2.2.2 Omgivningsförutsättningar och mängd fisk	16
2.2.3 Omgivningsförutsättningar och fiskarnas medelvikt	17
2.2.4 Omgivningsförutsättningar och antalet förekommande arter	18
2.3 Diskussion	19
2.3.1 Slutsatser	23
3 Del 2: Provfiskade sjöar inom Dalälvens vattenvårdsförenings recipientprogram - beskrivning och utvärdering av provfiskeresultat...	24
3.1 Bakgrund/syften:	24
3.2 Metoder/analyser	25
3.2.1 Utförande	25
3.2.2 Dataunderlag och sjöbeskrivningar	25
3.2.3 Arter.....	26
3.2.4 Påverkan.....	28
3.3 Resultat och diskussion	29
3.3.1 Betydelse av tidpunkt (temperatur) vid utförandet för provfiskeresultatet.....	30
3.3.2 Mängder/Fångsternas storlek	31
3.3.3 Fångsternas storlek i förhållande till förväntade värden	32

3.3.4	Förändringar i fångad mängd fisk över tid	34
3.3.5	Slutsatser	39
4	Referenser	41
	Bilaga 1. Fiskmängd och omgivningsförhållanden	
	Bilaga 2 – Definitioner av termer och begrepp	

Sammanfattning

Dalarna har förhållandevis många provfiskade sjöar sett i ett Sverigeperspektiv. De flesta av sjöarna är dock provfiskade endast en gång. Några är provfiskade två gånger och en handfull sjöar provfiskas årligen eller med annat intervall återkommande. Sjöar som ingår i rullande program med återkommande provfiske är i nästan samtliga fall knutna till recipientprogram, försurnings- eller kalkningsuppföljningen och är således inte representativa för det stora flertalet sjöar i Dalarna och Dalälvens vattensystem.

Antalet fiskarter som förekommer inom området är relativt stort och 28 av 34 förekommande arter har fångats vid provfiske. Abborre, gädda och mört är de arter som fångats i störst mängd och andel av de provfiskade sjöarna. Detta speglar väl deras förekomst och utbredning inom det undersökta området.

Den relativa mängd fisk som fångats vid ett standardiserat provfiske inom området varierar mellan 0,2 – 6 930 g/nät och 0,1 – 296 ind/nät. Vanligast är dock att fångsterna ligger mellan 250 – 1 500 g/nät och 5 – 50 ind/nät.

En regressionsanalys visar att de flesta av omgivningsfaktorerna som analyserades på ett eller annat sätt kunde hänföras till klimat och/eller näringsförhållanden. Näringshalt (totalfosfor), några klimatvariabler (temp, höh & sjödjup) samt vattnets färgvärde, var de omgivningsförhållanden som påverkade mängden fisk i de provfiskade sjöarna mest.

Skillnaderna i mängd fisk mellan olika sjöar är till stor del beroende av omgivningsfaktorer som kan utgöras av naturgivna förutsättningar och i vissa fall mänsklig påverkan. Det är dock viktigt att försöka ta hänsyn till de tidsmässiga (mellanårsvariation) och artberoende faktorer som påverkar mängd och sammansättning av fiskbestånden. I de analyserade sjöar som fiskats vid flera tillfällen så varierade den genomsnittligt fångade mängden med ca 25 - 39 % (variationskoefficienten).

Alla sjöar är unika i sin sammansättning av naturgivna förutsättningar, grad av påverkan och sammansättning av fisksamhällen. Inte ens analyser baserade på kontinuerliga variabler för de viktigaste faktorerna som formar fisksamhällena kan vi förklara mer än 30 – 60 % av den variation i fångstmängd, medelvikt och antal fångade arter som observeras vid provfiske.

Inom recipientprogrammet för Dalälvens vattensystem utförs provfiske regelbundet i 14 sjöar. Provfisket utförs av Dalälvens vattenvårdsförening. Sjöarna varierar mycket i storlek, näringshalt, påverkansgrad, etc. De ligger dock alla förhållandevis lågt (<200 möh) och är därför relativt artrika. Fisket utförs med ett färre antal nät och genomförs lite senare på säsongen jämfört den vanliga standardmetoden.

Avvikelserna i metodik ger sannolikt en mindre mängd fisk per ansträngning, vilket begränsar möjligheterna att jämföra dessa med provfisken utförda vid andra tidpunkter. Variationen i fångst mellan provfisketillfällen var dock förhållandevis låg, vilket indikerar att resultaten är tillförlitliga och kan användas för analyser och jämförelser mellan provfisketillfällen och mellan de 14 sjöarna.

I några av de 14 sjöarna har det sannolikt skett förändringar av fiskbestånden under den 20-årsperiod som provfiskena pågått. Bland annat har det under 1990-talet påverkade och störda fiskbeståndet i Gruvsjön återhämtat sig, och uppvisade vid det senaste fisketillfället en nästan ostörd beståndssammansättning.

1 Inledning

Fisk förekommer i nästan alla sjöar i Sverige. I Dalarna tillsammans med Dalälvens vattensystem finns ca 6 550 sjöar (SMHI/SVAR) varav ca 1 700 är större än 10 ha. Dalälvens vattensystem ligger liksom de flesta av dess 5 285 sjöar, till största delen (86 %) inom Dalarnas län.

Fiske i insjöar har till största delen tappat sin tidigare stora betydelse för hushållningen, men är fortfarande en viktig resurs för sport- och fritidsfiske, som i sin tur utgör ett viktigt bidrag till turismnäringen. Fisk används också för att studera och övervaka miljötillståndet. Fisksamhällets uppbyggnad liksom fiskens innehåll av miljögifter (se t ex Lindeström & Tröjbom 2010) eller andra ämnen kan berätta om vattnet är påverkat eller ej.

Välmående vattenlevande ekosystem, i vilket fisk ingår, har ett egenvärde som vi är skyldiga att förvalta och bevara för framtiden. Sedan Sverige antog EU:s ramdirektiv för vatten har vi dessutom förbundit oss till detta genom att bibehålla och återställa god ekologisk status i våra vatten (Europeiska Unionen 2000).

Utseende och uppbyggnad av sjöarnas fiskbestånd styrs av många olika faktorer, t ex klimat. Detta gör det svårt att utvärdera skillnader mellan sjöar utan att åtminstone beakta några av de många faktorer som formar fiskbestånden mest.

Under istiden för ca 10 000 år sedan var hela Sverige täckt av inlandsis och alla sjöar i landet har därför bildats efter att isen smälte. Successivt fler sjöar tillkom i takt med att landet höjde sig och havsytan sjönk. Fiskarna koloniserade antingen genom att de simmade upp från havet och inåt land längs vattendragen eller att de blev kvar i avsnörda havsvikar som bildade sjöar under landhöjningsprocessen.

Fiskarnas kolonisation spridning begränsades av de olika arternas förmåga att vandra uppströms och passera strömmar, forsar och vattenfall. Även den fysiska miljön satte gränsen för känsligare arter. Fisk har i alla tider varit ett viktigt livsmedel och sannolikt har människan ända från stenåldern manipulerat fiskbestånden genom fiske och omflyttningar av fisk.

Många arter har därför under tidens gång fått en utökad utbredning, i vissa fall på bekostnad av ursprungliga arter, oftast laxfiskarter, som fått en minskad naturlig utbredning. I flera delar av Dalarna och Dalälvens vattensystem har många arter på grund av omflyttningar en utbredning som inte så mycket begränsas av fiskarnas egen kolonisationsförmåga utan istället sjöarnas fysiska och kemiska egenskaper, s k omgivningsfaktorer eller naturgivna förutsättningar.

Standardiserat provfiske med s k översiktsnät i sjöar är ett sätt att kvantifiera fiskmängd och få en bild av fiskbeståndens sammansättning, som i sin tur kan användas för att beskriva eller övervaka tillstånd och förändringar av bestånden.

Syftet med denna rapport är att redovisa, sammanfatta och beskriva fiskbestånden utifrån flera omgivningsförhållanden i provfiskade sjöar inom Dalarna och övriga delar av Dalälvens vattensystem. Ytterligare syftet är även att beskriva sambanden mellan sjöars omgivningsfaktorer och beståndsegenskaper som t ex fiskmängd, samt belysa hur faktorer som artammansättning, mellanårsvariation, påverkan e t c, påverkar utfallet vid provfiske och bör beaktas vid planering, utförande och utvärdering i samband med provfiske i sjöar.

Ett ytterligare syfte med denna rapport är att utvärdera resultaten av det provfiskeprogram som utförs av Dalälvens vattenvårdsförening inom ramen för Dalälvens samordnade recipientkontroll

(SRK). Skillnader i dataunderlaget från recipientkontrollprogrammet och övriga provfiskedata, samt de begränsningar som båda datamaterialen har med avseende på användbarhet för de olika syftena och frågeställningarna, motiverade att dessa båda underlag användes separat. Rapporten är därför uppdelad i två delar; del 1 och del 2.

Del 1 innehåller en översiktlig beskrivning av fiskbestånden i Dalarna och övriga Dalälvens vattensystem, med utgångspunkt från provfiskeresultat insamlade i över 300 sjöar. Denna del 1 av rapporten behandlar också hur olika omgivningsfaktorer påverkar och styr fiskbeståndens utseende och uppbyggnad.

Del 2 utgör en utvärdering av provfiskeresultaten från Dalälvens recipientkontrollprogram. Inom detta program utförs bl a provfiske i 14 sjöar vart 5:e år sedan 1991. Syftet har varit att redovisa sammanfattade resultat, att utvärdera provfiskemetodik och -upplägg, samt att påvisa förändringar av fiskbestånden som eventuellt skett under den 20-årsperiod som provfiskeprogrammet pågått.



Provfiskenät upphängda inför urtagning, från provfisket i Norra Viggen 2007.

2 Del 1: Fiskbestånden i Dalarnas provfiskade sjöar – faktorer som styr fiskbeståndens storlek och utseende

2.1 Dataunderlag och metoder

2.1.1 Dataunderlag från provfiskade sjöar

I denna utvärdering ingår provfiskeresultat från 327 sjöar inom Dalarnas län tillsammans med övriga delar Dalälvens vattensystem utanför länet, som fiskats vid sammanlagt 473 tillfällen. Av dessa är 84 sjöar >100 ha och har provfiskats vid sammanlagt 148 tillfällen. Provfisketillfällena uppfyller bl a de krav på nätutformning och -kvalitet (Norden 12, Drottningholm 14), vattentemperatur (ytttemp >15°C, utom fjällen) och säsong (efter 15:e juni), som satts upp för att få så jämförbara värden som möjligt. Provfiskeresultaten som använts är från åren 1979 – 2008 och har hämtats från Fiskeriverkets provfiskedatabas (Fiskeriverket 2010).

Försurningsdrabbade sjöar som kalkats utgör en kategori av påverkade sjöar som omfattar hela 40 % av de provfiskade sjöarna i Dalarna. På grund av denna omständighet särredovisas kalkade/okalkade sjöar i de flesta figurer, men detta är endast i informativt syfte och huvudsakligen som diskussionsunderlag. Mer om kalkade sjöar redovisas nedan.

Endast data från sjöar >10 ha har använts. Denna storleksgräns utgör den minsta sjöstorlek som utgör egna vattenförekomster inom arbetet med EU:s vattendirektiv för Bottenhavets vattendistrikt, vilket omfattar större delen av Dalarnas län.

Medelvärden för mängd fisk och medelvikt per sjö har använts om det inte uttryckligen anges att det gäller fisketillfällen.

Fisksamhällen reagerar som regel långsamt på förändringar i vattenkemisk miljö, försämringar och förbättringar. I de analyser som berör provfiskesjöarnas kemiska egenskaper har därför medianvärden från respektive sjö använts. För fosforvärden har endast sensommarvärden använts.

Försurade sjöar som kalkas

Dalarna är relativt hårt drabbat av försurning och har därför ett kalkningsprogram där ett stort antal sjöar har kalkats, de flesta sedan mitten av 1980-talet. Som mest kalkades ungefär 500 sjöar, men successivt allteftersom försurningspåverkan har minskat har antalet sjöar som kalkas minskat och är idag ca 150 – 200 (Länsstyrelsen i Dalarna opublicerat). Osäkerheten i antalet beror på att många sjöar ligger under "observation", där kalkning avvaktas för att kunna återupptas om det skulle behövas.

Kalkning har även i vissa fall avslutats på grund av dålig måluppfyllelse, d v s en tillfredsställande effekt har inte kunnat uppnås utan omotiverat stora ekonomiska kostnader, eller utan oacceptabla skador på närliggande landekosystem (vätmarker).

Med *kalkade sjöar* i denna rapport avses försurningspåverkade sjöar som kalkats mot denna påverkan och där provfisket utförts under en period som sjön bedöms varit påverkad av kalkningsinsatserna, även om dessa vid tidpunkten för provfisket eller senare, kan ha upphört.

Nästan alla provfiskeri i kalkade sjöar har utförts efter att kalkningsinsatser påbörjats, liksom majoriteten av vattenprovtagningarna. I de fall där provfiskedata finns från innan kalkning påbörjades har de kategoriserats som sura och vattenkemiska värden från perioden innan kalkningen påbörjades har använts vid analyserna. En och samma sjö kan således representeras som "två sjöar" (sur och kalkad) i analyserna. Totalt ingår 138 kalkade sjöar som provfiskats i förekommande analyser och sammanställningar.

Sjöar som någon gång kalkats befinner sig i biologiskt hänseende i olika stadier av återhämtning, från kraftigt påverkade till fullt återhämtade. Fiskbeståndets utseende och uppbyggnad kan därför förväntas ha en svagare koppling till kemiska eller fysiska naturgivna förutsättningar. Graden av återhämtning i kalkade sjöar beror på ekosystemets utseende (vissa arter tar längre tid på sig än andra), samt kalkningsinsatsernas omfattning och effektivitet.

Det kan därför förväntas att vissa kalkade sjöar uppvisar avvikande mönster med avseende på kopplingen mellan fiskmängd och omgivningsförutsättningar. Kalkade sjöar har ingått tillsammans med övriga provfiskade sjöar i samtliga analyser och kan därför förväntas orsaka att sambanden som analyseras framträder lite svagare.



Fångst av mört från provfisket i Andersbotjärnen 2002. Samtliga individer på bilden är större än 24 cm. I försurade sjöar är mört den art som påverkas i ett tidigt skede. Första tecknet är att reproduktionen upphör och kvarvarande individer blir få och stora. Om inte kalkningsinsatser sätts in försvinner de på sikt helt.

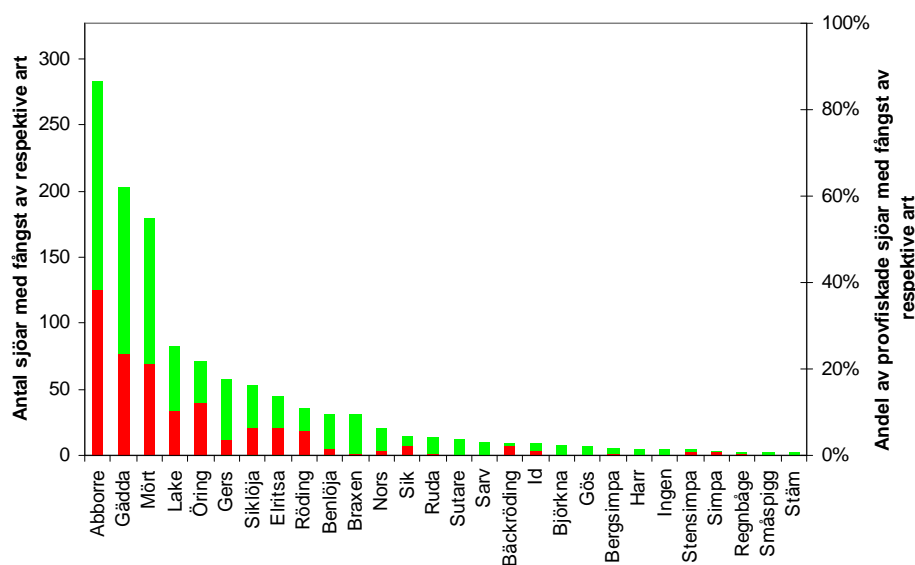
2.1.2 Beskrivning av provfiskade sjöar

Förekommande arter

I Dalarna förekommer 34 olika fiskarter (Lundvall & Fuchs *in prep*), varav 27 har fångats vid provfiske (figur 1). Arter som inte fångats är antingen mycket ovanliga eller har kroppsform alternativt ett levnadssätt som gör att de sällan eller aldrig fångas vid nätfiske.

Arter som förekommer i Dalarna, men som inte fångats vid provfiske är; bäcknejonöga (går sannolikt ej att fanga vid provfiske), kanadaröding (ovanlig – förekomststatus osäker), asp (ovanlig – förekomststatus osäker), gräskarp (ovanlig – förekomststatus osäker), hornsimpa (ovanlig & glesa bestånd), ål (svärfångad & ovanlig) och karp (förekommer endast i damm-miljöer).

Öring och röding har fångats i förhållandevis många sjöar (figur 1). Detta beror på den inventering av fjällvattnen som genomfördes i 54 sjöar under åren 1997 – 99, samt på att flera referenssjöar som provfiskas fortlöpande varje år också hyser öring och/eller röding. På grund av omfattande utplanteringar av temporär karaktär så förekommer även öring i en stor andel (19 %) av Dalarnas sjöar (Lundvall & Fuchs *in prep*). Detta kan vara ytterligare en anledning till att öring fångas relativt ofta vid nätprovfiske.



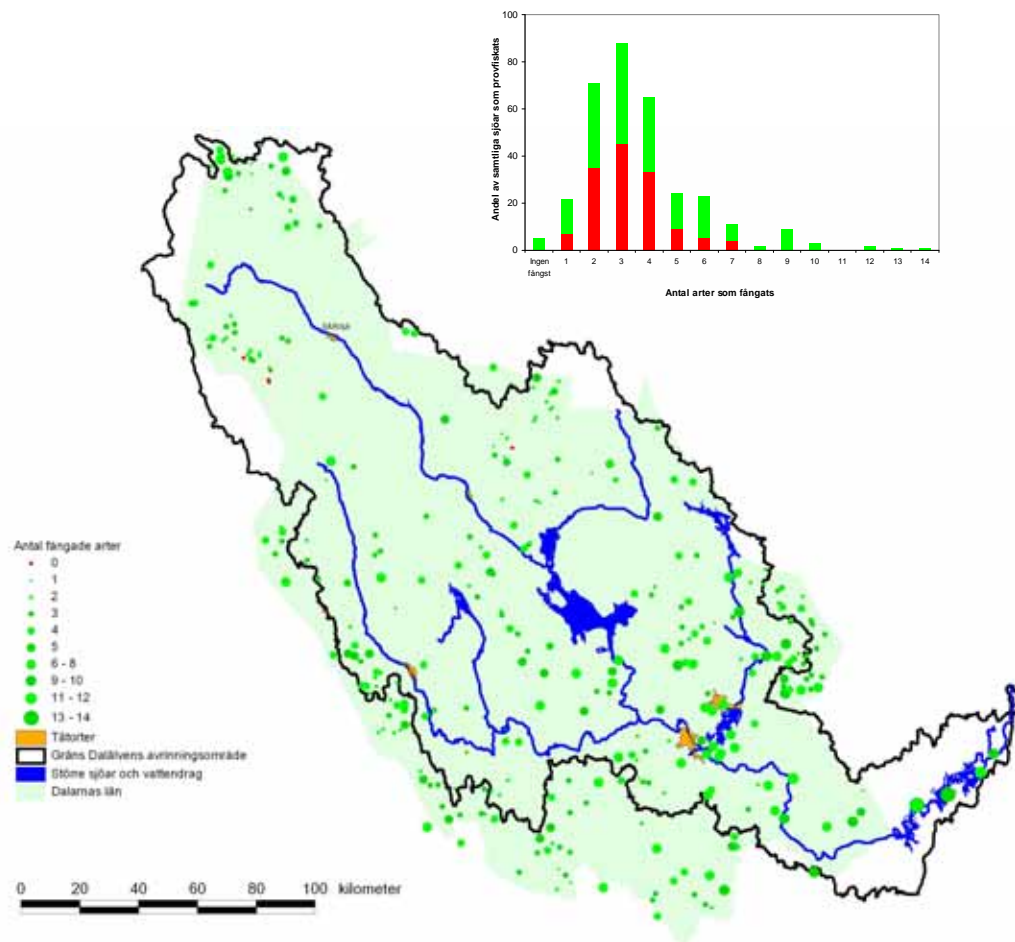
Figur 1. Antalet provfisketillfällen där respektive fiskart fångats, presenterad i fallande rangordning från vänster till höger. Röda staplar (nedre delen av staplarna) visar kalkade sjöar och gröna representerar övriga. Det totala antalet provfiskade sjöar som ingår är 327, varav 138 är kalkade.

Provfiskena i Dalarna har som mest fångat 14 fiskarter vid ett och samma tillfälle. Det vanligaste är dock att en till fyra arter fångas (figur 2). Antalet arter liksom mängden fisk som förekommer och fångas är bland annat beroende av ett flertal olika omgivningsförhållanden som kommer att behandlas utförligare nedan.

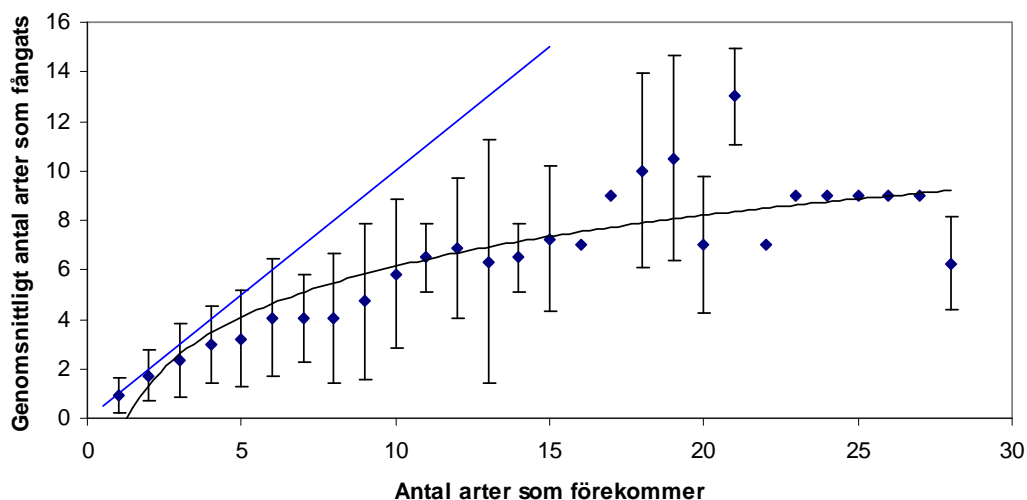
De artrikaste sjöarna ligger i sydost, i Dalälvsystemets nedre delar och i de centrala delarna av Kolbäckens vattensystem (figur 2).

Ytterligare en art som fångats vid provfiske i Dalälvens vattensystem är indianlax (*Oncorhynchus nerka*). Den har fångats i en liten tjärn som är mindre än 10 ha stor och därför inte redovisas i figur 1.

Antal arter som förekommer eller fångas vid provfiske styrs till viss del av klimatologiska, fysiska och kemiska förutsättningar, men även av spridningshistorik. Spridningshistorik innefattar naturlig spridning och kolonisering sedan isens avsmältning efter istiden, men även den spridning som är ett resultat av att människan genom århundraden eller årtusenden har flyttat fisk mellan vatten.



Figur 2 Geografisk fördelning av provfiskade sjöar i Dalarna och Dalälvens vattensystem, samt antalet fiskarter som fångats vid ett och samma provfisketillfälle från 327 sjöar och 473 provfisketillfällen. Symbolstorleken motsvarar det antal arter som fångats. Det infällda diagrammet visar fördelningen av antalet provfisketillfällen där olika antal arter fångats. Antalet kalkade sjöar har rödfärgats i diagrammet (nedre delen av staplarna).



Figur 3 Förhållande mellan antalet förekommande arter i respektive sjö och antalet arter som fångats vid provfiske från 473 provfisketillfällen i 327 sjöar i Dalarna och övriga Dalälvens vattensystem. Punkterna visar medelvärden för antal fångade arter och felstaplarna anger intervallet inom vilket 95 % av de enskilda värdena ligger. Den krökta linjen visar trenden/sambandet mellan fångade och förekommande artantal. Blå linje visar ett teoretiskt 1:1 förhållande i jämförande syfte. Observera att alla förekommande arter inte är kända. Dock har antalet kända fiskartsförekomster i Dalarna skattats omfatta i genomsnitt ca 95 % av det totala antalet (Lundvall in prep).

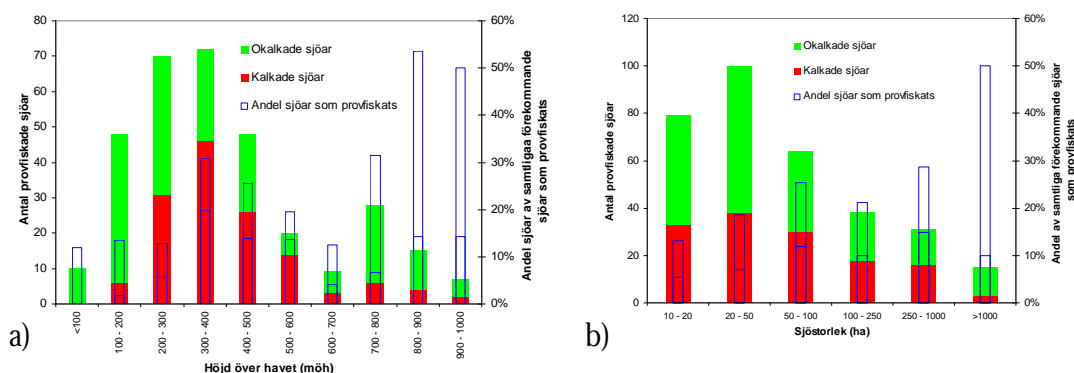
Sjöstorlek och höjdförhållanden

Vilka arter som förekommer var, och mängden fångad fisk vid provfiske liksom arternas inbördes mängdförhållanden i sjöar styrs av en rad olika faktorer. Sambanden mellan dessa faktorer kan dessutom vara mycket komplexa. Klimat, näring, surhet, sjöstorlek och interaktioner mellan förekommande arter, är dock några av de viktigaste generella faktorerna som styr fiskbeståndens utbredning och mängdförhållanden.

En av de mest betydelsefulla omgivningsfaktorerna för arternas förekomst och utbredning är klimatet (Holmgren m fl 2007, Schreiber m fl 2003). Klimatet påverkas i sin tur av *höjden över havet*, breddgrad och i viss mån avståndet till havet.

De flesta provfiskade sjöarna i Dalarna ligger i höjdivervallet 100 – 500 m ö h (figur 4a). Däremot saknas det nästan helt provfisken utförda i höjdivervallet 600 – 700 m ö h. Likaså är antalet provfiskade sjöar som ligger under 100 m ö h få. Antalet provfiskade sjöar inom dessa intervall speglar dock i viss mån att antalet sjöar i dessa höjdivervall inom Dalälvens vattensystem och Dalarnas län är litet. I fjällområdena (>700 m ö h) är andelen provfiskade sjöar markant högre än inom övriga höjdivervall, vilket beror på att det genomförts omfattande provfisken inom samtliga fjällreservat i nästan samtliga sjöar där.

En lika viktig omgivningsfaktor som klimat för arternas förekomst, är *sjöstorlek*. Större sjöar hyser som regel fler arter beroende på att där finns fler olika livsmiljöer som möjliggör förekomst av arter som har speciella krav på livsbetingelser, t ex kallt djupvatten, stenbotten, vegetationsrika grunda vikar, e t c.



Figur 4. Höjdbelägenhet (a) och storlek (b) på 327 provfiskade sjöar i Dalarna och övriga Dalälvens vattensystem, fördelade inom tio höj dintervall respektive sju storleksklasser. Röda (nedre delen av de fyllda staplarna) och gröna staplar representerar antal kalkade respektive okalkade sjöar som provfiskats. Blå utfyllda staplar anger andel provfiskade sjöar av samtliga förekommande sjöar inom respektive intervall för höjdbelägenhet och sjöstorlek. Den undre delen av utfyllda staplar utgör andelen kalkade sjöar.

Betydelsen av sjöstorlek för den relativa mängden eller tätheten av fisk, är inte lika lätt att förklara. Här spelar troligen flera komplexa samband in. Helt andra faktorer som indirekt kan kopplas till sjöstorlek, som t ex djupförhållanden kanske är mer betydelsefulla för mängden (relativ biomassa) fisk i en stor sjö än sjöstorleken i sig.

Samband mellan sjöstorlek och djup består i att stora sjöar som regel är djupare och därmed kallare, samt innehåller en större andel djupbottnar och pelagial vattenmassa, som i sin tur har betydelse för fiskbestånden.

Inom storleksintervallet 20 – 50 ha finns de sjöar som har störst representation med avseende på antal provfiskade sjöar (figur 4b). Antalet provfiskade sjöar minskar därefter med ökande sjöstorlek. Andelen provfiskade sjöar av samtliga sjöar i Dalarna och Dalälvens vattensystem visar dock ett motsatt mönster, där andelen provfiskade sjöar ökar med ökande sjöstorlek. Detta beror på att det totala antalet förekommande sjöar minskar med ökande sjöstorlek.

Närings- och surhetsstatus i provfiskade sjöar

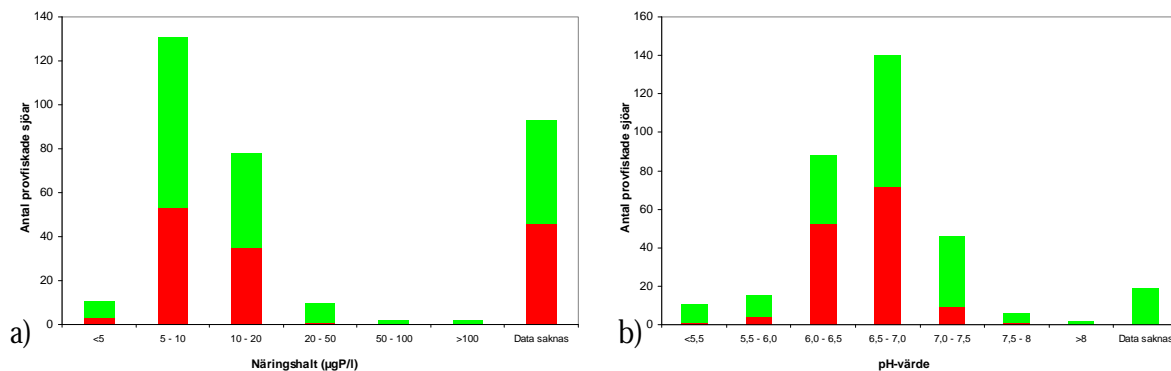
Halter av näring respektive surhet (pH) i sjöar varierar beroende på olika naturgivna förutsättningar, men kan också vara förhöjda eller förändrade på grund av olika typer av mänsklig påverkan. Ytterligare typer av påverkan som kan ha och har inverkan på fisksamhällena i våra sjöar, är t ex vattenreglering eller utsläpp av giftiga eller hormonliknande ämnen för att nämna några.

Surhet (pH-värde) och näringsstatus (fosforhalt) är två omgivnings- och påverkansfaktorer som vi vet att de påverkar fiskbestånden och det är någorlunda känt hur denna påverkan yttrar sig. Dessutom är detta två faktorer som vi lätt kan mäta och där vi har relativt bra dataunderlag. Det saknas dock fortfarande vattenkemiska data för en betydande andel av de provfiskade sjöarna (figur 5a).

De flesta av de provfiskade sjöarna i Dalarna/Dalälvens vattensystem ligger i näringsintervallet 5 – 10 $\mu\text{Pg/l}$, vilket motsvarar en normal, med hänsyn till näring opåverkad skogssjö (figur 5b). När halterna närmar sig 20 $\mu\text{Pg/l}$ och däröver brukar det anses att övergödningssproblem kan föreligga. Problem med förhöjda näringshalter orsakas oftast av näringsläckage från gödsling i jordbruksområden eller av utsläpp från kommunala avloppsreningsverk. I sjöar med små

avrinningsområden i glesbygdsområden utan utbyggt kommunalt avloppssystem, kan även enskilda avlopp vara av betydelse.

Den mesta jordbruksmarken i Dalarna ligger utmed Dalälven och här har vi de kanske största problemen med övergödning. De flesta av dessa sjöar är dock ännu inte provfiskade.

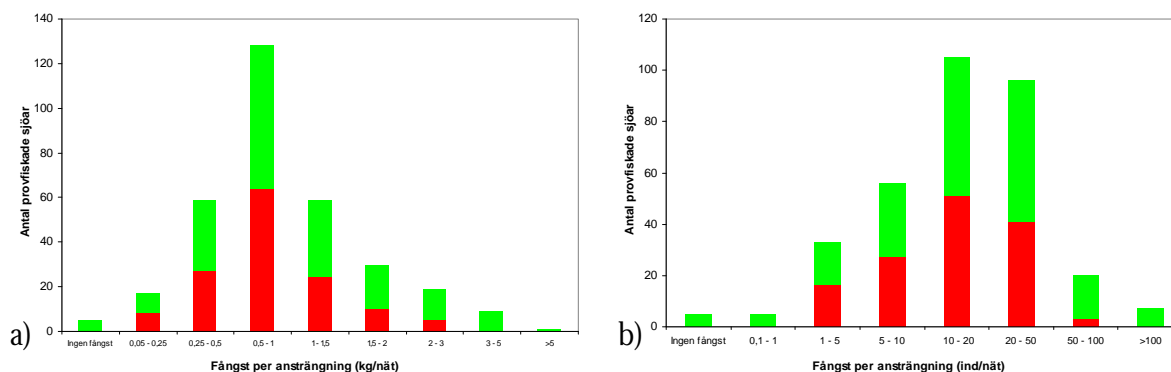


Figur 5. Närings- (a) och surhetsstatus (b) för 327 provfiskade sjöar i Dalarna och övriga Dalälvens vattensystem, indelat i sju respektive åtta klasser, inklusive den grupp av sjöar för vilka data saknas. Diagrammet visar fördelningen av antalet provfisketillfällen i dessa klasser. Medianvärden för totalfosfor (tot-P) och pH har använts. Röda staplar (nedre delen av staplarna) utgör kalkade sjöar.

Mängd fisk i Dalarnas/Dalälvens – fördelning i provfiskade sjöar

Mängden fisk som fångas vid provfiske brukar anges som *fångst per ansträngning* (ofta även uttryckt: CPUE – 'catch per unit effort') och uttryckas som *antal individer per nät* (ind/nät) eller *vikt fångad fisk per nät* (g/nät). Detta sätt att uttrycka relativ mängd fångad fisk vid provfiske möjliggör jämförelser mellan sjöar; stora, små, djupa, grunda, etc. Detta gäller under förutsättningar att nätens antal och placering följer metoden för standardiserat provfiske (Kinnerbäck 2001).

Den mängd fisk som fångats vid provfiske i Dalarnas sjöar varierar kraftigt. Bortsett från helt fisktomma sjöar är spännvidden mellan den minsta och den största fångsten 0,13 till 296 individer per nät, respektive 0,2 till 6 930 g/nät! Medianmängden fisk för 327 av Dalarnas provfiskade sjöar är 15 ind/nät respektive 703 g/nät. De flesta fångsterna vid provfiske (80 %) ligger mellan 5 – 50 ind/nät (figur 6a) och 250 – 1 500 g/nät (figur 6b).



Figur 6. Mängd fisk med avseende på vikt (a) och antal individer (b) som fångats vid provfiske i 327 sjöar i Dalarna och övriga Dalälvens vattensystem. Diagrammen visar fördelningen av antalet sjöar i nio respektive åtta mängdklasser. Röda staplar (nedre delen av staplarna) utgör kalkade sjöar.

Skillnaderna i fångst mellan olika sjöar kan förklaras av att sjöarna har olika naturgivna förutsättningar, men sannolikt även av att de är utsatta för olika typer av påverkan; förorening,

övergödning, reglering e t c. I vissa fall påverkas sannolikt även fiskbeståndens storlek, utseende och sammansättning av fiske.

Tidsmässig variation av mängd fisk som fångats vid provfiske

Hur tillförlitligt är resultatet av ett enskilt provfiske? Det är önskvärt att provfiskeresultatet ska representera fisksamhällets rätta utseende så långt som möjligt, för att kunna göra bra bedömningar och beskrivningar av det. Det är lätt att tänka sig att väder och vind kan påverka fiskarnas aktivitet och därmed mängden fisk som fångas vid ett enskilt tillfälle. Den standardiserade provfiskemetodik som Fiskeriverket tagit fram (Kinnerbäck 2001) kräver att provfisket ska utföras under sommarmånaderna när ytvattentemperaturen överstiger 15 °C, just för att exkludera låga temperaturer då de flesta fiskarter har en nedsatt aktivitet eller inte befinner i eller nära lekperioden då aktivitet och rumslig fördelning kan avvika kraftigt mot övriga tider på året.

Även om standardmetodiken tillämpas så finns det många andra tänkbara förhållanden som skulle kunna påverka provfiskeresultatet.

Antalet nät som används är en faktor som påverkar tillförlitligheten. Ju fler nät som används desto bättre blir tillförlitligheten. Metoden för standardiserat provfiske reglerar nätantalet, och anger att fler nät ska användas ju större och djupare en sjö är. I små sjöar där ett litet antal nät används blir tillförlitligheten för resultaten alltså oftast sämre. Av hänsyn till fiskbestånden bör man dock undvika att använda alltför många nät i små sjöar för att inte genom själva provfisket påverka fiskbeståndet.

Ett årligt uttag på upp till 10 % av årsproduktionen är en siffra som ibland anges som en uttagsnivå som inte påverkar fiskbeståndets sammansättning (Holmgren 2003).

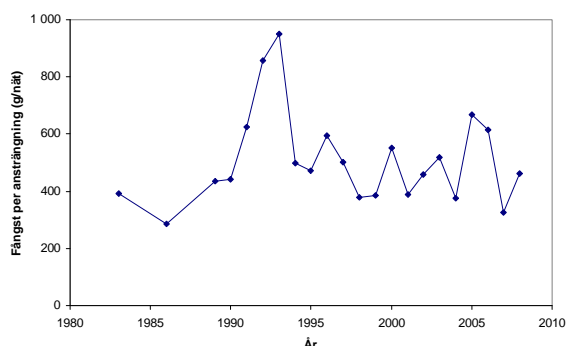
Ett fångstuttag motsvarande 10 % av årsproduktionen innebär en provfiskeinsats på 0,73 – 1,8 nät/ha. I Dalarna har nätansträngningen vid 90 % av provfisketillfällena (5- till 95-percentil, N = 478) varit mellan 0,2 – 1,36 nät/ha. De få fall där nätansträngningen överstiger 1,8 nät/ha har varit i tjärnar mindre än 5 ha stora. Medianansträngningen för provfiskena som utförts i Dalarna är 0,38 nät/ha.

Provfisket i Dalarnas sjöar påverkar i de flesta fall inte fiskbestånden nämnvärt och upprepade årliga provfisken är möjliga som övervakningsform. Endast i ett mycket litet antal sjöar (ca 5 st) genomförs årliga provfisken. Variationen mellan olika provfisketillfällen kan därför tillskrivas dynamiken i fiskbestånden, fisketryck, förhållanden vid fisketillfället (väder, vattennivå etc), slumpmässiga faktorer eller eventuellt annan påverkan.

Medianvärdet hos variationskoefficienten (CV) för fångst per ansträngning med avseende på vikt (g/nät) från 20 sjöar i Dalarna som provfiskats tre eller fler gånger, var 0,39. Detta innebär att standardavvikelsen för fångstresultaten från en sjö som fiskats upprepat i genomsnitt är 39 % av medelvärdet. För 62 sjöar som provfiskats vid två tillfällen var motsvarande värde för variationskoefficienten 0,24.

Bakom provfiskeresultat från upprepade fisketillfällen gömmer sig även naturlig mellanårsvariation, d v s en faktisk skillnad i fiskbeståndens storlek och utseende mellan olika år. Ett exempel på mellanårsvariation kan illustreras med fångst per ansträngning från årliga provfisken i Bösjön mellan åren 1983 – 2008 (figur 7). Den "topp" som syns för åren 1992 – 93 är sannolikt ett resultat av naturlig mellanårsvariation. Stora fångster två år efter varandra indikerar att "toppen" kan vara just ett resultat av gynnsamma förhållanden för reproduktion och

tillväxt med ökande antal och medelvikt som följd. I Bösjön förekommer endast öring, röding, elritsa och stensimpa.



Figur 7. Exempel på mellanårsvariation i totalfångst per ansträngning (g/nät) vid provfiske i Bösjön mellan åren 1983 och 2008. Arterna som fångats är öring, röding, elritsa och stensimpa (foto). Variationskoefficienten beräknat på samtliga 22 provfisken i Bösjön är 0,32.

2.1.3 Analyser

Regressionsanalyser

Sambanden mellan fiskmängd och omgivningsförhållanden är sällan linjära utan innehåller ofta någon form av icke-linjärt samband som kan se ut på olika sätt. Omgivningsförhållandena kan samvariera, samverka och motverka varandra vilket innebär att det är svårt att kvantifiera varje enskild faktors betydelse i sammanhanget eftersom dess betydelse kan vara beroende av andra faktorer också.

Sambandet mellan mängden (antal & vikt) och medelvikt på fisk som fångas vid provfiske testades med hjälp av multipel regressionsanalys. De variabler som analyserades och redovisas med avseende på fiskmängd, artantal och medelvikt är; totalfosforhalt ($P - \mu\text{g/l}$), sjöyta (sjöyta - ha), färgvärde (färg - mgPt/l), pH-värde (pH), sjöns höjdbelägenhet – höjd över havet (hög - möh), årsmedellufttemperatur (temp - $^{\circ}\text{C}$) och sjöns maxdjup (maxZ - m).

Inom de intervall av variabelvärden som analyserades låg tyngdpunkten i flera fall mot låga värden. För att samla variabelvärdena och göra dem mer normalfördelade så log-transformerades flera av dem (tabell 2).

Av de provfiskade sjöar i Dalarna och Dalälvens vattensystem där data finns för de analyserade faktorerna, ingick nästan samtliga (217 st). Två extremt avvikande sjöar med avseende på sjöstorlek och maxdjup (Siljan), samt fångstmängd och -sammansättning (Bysjön - Rättvik), exkluderades. Även sjöar där ingen fångst registrerats exkluderades från analysen, eftersom det inte är känt om dessa är naturligt fisktomma eller ej. Fisktomheten kan bero på spridningshistorik och inte av omgivningsfaktorer. Sura, näringsrika och kalkade sjöar inkluderades i analyserna. Antalet sjöar som analyserades begränsades av att uppgifter om djup eller kemiska förhållanden saknades för en tredjedel av sjöarna.

Stegvis multipel regressionsanalys genomfördes användes för att analysera provfiskeresultat med avseende på relativt *antal* (ind/nät) och *-vikt* (g/nät) samt *medelvikt* som respondenter. Viktade koefficienter för signifikanta omgivningsvariabler beräknades med hjälp av standardiserade variabler som beräknades enligt; $X_{std} = (x_i - x) / (\text{std.av.}(x_{medel}))$ (Grandin 2003).

Det finns olika typer av mänsklig påverkan som kan ha inverkan på resultaten. Redovisningar och analyser har dock genomförts oberoende av påverkan, d v s eventuellt påverkade sjöar har inkluderats tillsammans med opåverkade sjöar. Den påverkan som främst bedöms förekomma är närings-, försurnings-, reglerings- och kalkningspåverkan.

Korrelation och samvariation mellan omgivningsfaktorer

För att få en bättre förståelse av utfallet från en regressionsanalys av det analyserade variablerna genomfördes en analys med avseende på samvariation.

Samvariation eller korrelation mellan variabler, i detta fall mellan sjöarnas egenskaper och omgivningsförhållanden, innebär att en variabel följer ett kontinuerligt positivt eller negativt samband eller mönster i förhållande till en annan variabel. Detta innebär att sambandet med respondenten, i detta fall fiskmängden eller medelvikt, ser ut på ett likartat sätt för två eller fler omgivningsvariabler. I biologiska ekosystem är det sällan det direkta sambandet som mäts utan ofta olika indirekta faktorer som vid analys uttrycker en samlad effekt av en eller flera andra förhållandevariabler. Det synbara samband som en variabel uppvisar kan vara en indirekt effekt av en helt annan faktor som inte alltid är känd eller som inte går att kvantifiera.

Om endast en av två eller flera starkt samvarierande variabler vid en regressionsanalys faller ut som statistiskt signifikant betyder inte det att de andra saknar samband till respondenten (i detta fall fiskmängd och medelvikt), men att den vid analysen signifikanta variabeln är den som bäst kan beskriva ett samband till respondenten. Om den första variabeln skulle uteslutas i analysen kommer sannolikt den eller de andra starkt samvarierande variablerna som i den första analysen inte uppvisade statistisk signifikans, då att göra det. Dess betydelse (förklaringsgrad) och statistiska styrka kommer dock att vara lägre än den för variabeln i den första analysvarianten.

Årsmedellufttemperatur (temp) och *höjd över havet* (höh) är exempel på två omgivningsfaktorer som kan förväntas vara starkt samvarierande. I ett lokalt och regionalt perspektiv visar båda var för sig tydliga samband med klimatförhållanden i landmiljön.

2.2 Resultat

2.2.1 Samvariation/korrelation mellan omgivningsfaktorer

Årsmedellufttemperatur (temp) och *höjd över havet* (höh) var, inte oväntat, de två omgivningsfaktorer som var mest korrelerade med varandra. I de provfiskade sjöarna i Dalarna var samvariationen mellan dessa två omgivningsfaktorer 87 % (tabell 1).

De flesta av omgivningsvariablerna som användes i regressionsanalyserna för att förklara mängden fisk i Dalarnas sjöar samvarierade till viss grad (tabell 1). Flera av variablerna i tabell 1 innehåller uppenbara **närings-** (tot-P) eller **klimatkomponenter** (t ex temp, höh), som förväntas vara bland de faktorer som styr eller påverkar fiskbestånden mest. Andra påverkar/påverkas (samvarierar) i varierande grad av klimat- eller näringsnivå. Utifrån samvariationsanalysen gjordes ett försök att gruppera variablerna som närings- respektive klimatvariabler (tabell 1).

Variablerna *färg* och *pH* samvarierade med både utpräglade närings- respektive klimatvariabler, men inte utmärkande åt något speciellt håll. Därför har dessa variabler inte primärt klassats som vare sig närings- eller klimatvariabler (tabell 1). Alternativt kan de sägas vara både klimat- och näringsvariabler.

Tabell 1. Samvariation av omgivningsfaktorer för 217 provfiskade sjöar i Dalarna. Samtliga variabler är i varierande grad någon form uttryck för klimat- och/eller näringsförhållanden och har grupperats ungefärligt efter en bedömning av deras roll som närings- respektive klimatvariabel (övre rubriken). Sekundär klassificering är angiven inom parentes. Absolutvärde anger samvariationens stryka och minustecken anger att det råder ett negativt samband mellan variablerna.

	Näring (klimat)	(Näring/ klimat)		Klimat (Näring)			Klimat
	log P (µg/l)	log Färg (mgPt/l)	pH	log Höh (m)	Temp (°C)	log Sjöyta (ha)	log MAX Z
log P (µg/l)	1						
log Färg (mgPt/l)	0,35	1					
pH	0,14	-0,25	1				
log Höh (m)	-0,32	-0,14	-0,27	1			
Temp (°C)	0,24	0,26	0,13	-0,87	1		
log Sjöyta (ha)	-0,31	-0,13	0,01	-0,22	0,28	1	
log MAX Z	0,03	0,00	0,07	-0,23	0,13	0,49	1

Även näringshalten (tot-P) i sig samvarierar med klimatvariablerna. Det beror bland annat på att näringshalten påverkas av vittringshastighet som i sin tur påverkas av klimatet. Näringspåverkade områden till följd av jordbruk ligger dessutom i de flesta fall i låglänta områden, d v s de med varmest klimat.

2.2.2 Omgivningsförutsättningar och mängd fisk

Näringsnivå (tot-P), färgvärde och höjd över havet (höh) visade sig vara de omgivningsfaktorer som bäst beskriver det relativa antalet individer i de analyserade sjöarna. För relativ vikt bidrog även maxdjup som en viktig faktor (tabell 2). Mängden fisk, både antal och vikten ökade med ökande näringshalt. För övriga omgivningsfaktorer som föll ut som betydelsefulla i analysen, var sambanden negativa, d v s fiskmängden minskade med ökande värden på omgivningsfaktorerna.

De faktorer som visade sig ha signifikant betydelse för mängden fisk i Dalarnas provfiskade sjöar kan förklara 43 % och 32 % för *relativt antal* respektive *relativ vikt*, av den variation som provfiskeresultatet uppvisar (tabell 2). Motsvarande värden för okalkade sjöar var 53 respektive 34 %. En förklaringsgrad (r^2) på 43 % innebär att huvuddelen ($100 - 43 \% = 57\%$) av variationen i mängd (relativt antal) förklaras av andra faktorer än de som utföll som signifikanta i analysen, och/eller interaktioner dem mellan.

För den relativa mängden med avseende på *vikt* (g/nät) var det fyra omgivningsvariabler som föll ut som betydelsefulla i analysen med samtliga sjöar. De hade sinsemellan ganska likartad betydelse, som vardera bidrog med 6 – 9 procentenheter av förklaringsgradens 32 % (tabell 2). För de okalkade sjöarna var mönstret mycket likartat. Förklaringsgraden var något högre (34 %) och respektive variabel bidrog med 7 – 9 procentenheter vardera.

Klimatvariablerna *höjd över havet* (höh) och *maxdjup* (max Z) förklarade förklarar 15 % av variationen för relativ mängd m a p vikt (17 % i okalkade sjöar), på så sätt att mängden minskar

med ökande värden på variablerna, d v s ett kallare klimat. *Näringshalten* (P) påverkar mängden fisk positivt med ökande halt och *färgvärdet* (färg) negativt med ökande färgvärde. Förklaringsgraden på strax över 30 % innebär dock att nästan 70 % av variationen som uppmättes inte kan förklaras med någon av de analyserade variablerna.

Tabell 2. Regressionskoefficienter för omgivningsfaktorer som vid multipel regressionsanalys visat sig vara av signifikant betydelse ($p < 0,05$) för **mängden fisk** i Dalarnas sjöar. Värden för fiskmängd har logaritmerats liksom för de flesta av variablerna. Blå värden inom parentes anger de olika faktorernas del, i procentenheter av förklaringsgraden (r^2). Variablerna har baserat på korrelationsanalysen i tabell 1, grupperats efter deras roll som klimat- och/eller näringsvariabel (översta rubrikraden). Rubrik inom parentes anger sekundär roll. Den undre delen av tabellen redovisar motsvarande analysresultat exklusive kalkade sjöar.

Omgivningsvariabler	intercept	Näring (klimat)		pH	Klimat (näring)			Klimat	Förklarings- grad r^2 (justerad)	Antal observa- tioner N
		log P (log $\mu\text{g/l}$)	log Färg (log mgPt/l)		log Höh (log m)	Temp ($^{\circ}\text{C}$)	log Sjöyta (log ha)	log Maxdjup (log m)		
log(Fångst per ansträngning - relativ vikt) (g/nät)	3,8750	0,422 (8 %)	-0,2314 (8 %)		-0,2483 (6 %)			-0,3361 (9 %)	32%	217
log(Fångst per ansträngning - relativt antal) (ind/nät)	2,7335	0,4786 (13 %)	-0,1572 (7 %)		-0,6735 (23 %)				43 %	217
Omgivningsvariabelns minsta värde (otransformerade)		4	3,5	5,2	50	0	10	1		217
Omgivningsvariabelns högsta värde (otransformerade)		117	300	8,1	953	5	6 659	45		217
Alla (inkl kalkade)										
log(Fångst per ansträngning - relativ vikt) (g/nät)	3,7035	0,4657 (11 %)	-0,1868 (7 %)		-0,2501 (8 %)			-0,2736 (9 %)	34 %	126
log(Fångst per ansträngning - relativt antal) (ind/nät)	2,4855	0,4521 (19 %)			-0,6627 (34 %)				53 %	126
Omgivningsvariabelns minsta värde (otransformerade)		4	3,5	5,4	50	0	10	1		126
Omgivningsvariabelns högsta värde (otransformerade)		117	225	8,1	953	5	6659	45		126
Okalkade										

För fiskmängd med avseende på det relativa antalet (ind/nät) var förklaringsgraden 43 % (53 % i okalkade sjöar), och de variabler som bidrog mest till att förklara variationen var främst *höjd över havet* (höh) och *näringshalt* (P) (tabell 2). Värdet på *vattenfärg* bidrog med 7 procentenheter av förklaringsgradens 43. Dessa tre variabler påverkar mängden fisk, relativt antal (ind/nät), i samma riktningar som de gör för mängden med avseende på relativ vikt (g/nät).

Det är inte lätt att grafiskt illustrera de analyserade sambanden eftersom det involverar flera omgivningsvariabler samtidigt, som i vissa fall motverkar varandra och i andra samverkar. Detta gör att de mönster eller effekter av de olika omgivningsvariablerna inte framgår lika tydligt i ett enkelt diagram som de skulle i fall med färre variabler. Enkla presentationer av observationer eller mätvärden satta i förhållande till gradienter inom de intervall av omgivningsförhållanden som analyserats kan ändå bidra till att ge en bild av hur sambanden mellan dem ser ut och av vilken magnitud de är. Dessa figurer presenteras i bilaga 1.

2.2.3 Omgivningsförutsättningar och fiskarnas medelvikt

Analysen av medelvikt, oberoende av art, gav störst utslag för *årsmedellufttemperatur* (temp) och *maxdjup*, d v s klimatfaktorer. Lufttemperaturen (temp) bidrog mest med 25 procentenheter av förklaringsgradens 34 %. Den låga förklaringsgraden innebär att huvuddelen (66 %) av den variation i medelvikt som observerats kan förklaras av andra än dessa faktorer (tabell 3).

Tabell 3 Regressionskoefficienter för omgivningsfaktorer som vid multipel regressionsanalys visat sig vara av signifikant betydelse ($p < 0,05$) för **medelvikten** på fisk i Dalarnas sjöar. Värden för fiskmängd har logariterats liksom för de flesta av variablerna. Blå värden inom parentes anger de olika faktorernas del, i procentenheter av förklaringsgraden (r^2). Variablerna har baserat på korrelationsanalysen i tabell 1, grupperats efter deras roll som klimat- och/eller näringsvariabel (översta rubrikraden). Rubrik inom parentes anger sekundär roll.

	Omgivningsvariabler	intercept	Näring (klimat)			Klimat (näring)			Klimat	Förklaringsgrad r^2 (justerad)	Antal observationer N
			log P (log $\mu\text{g/l}$)	log Färg (log mgPt/l)	pH	log Höh (log m)	Temp ($^{\circ}\text{C}$)	log Sjöyta (log ha)	log Maxdjup (log m)		
Alla (inkl kalkade)	log(Medelvikt)	2,2258					-0,1145 (25 %)		-0,1284 (8 %)	34 %	217
	Omgivningsvariabelns minsta värde (otransformerade)		4	3,5	5,2	50	0	10	1		217
	Omgivningsvariabelns högsta värde (otransformerade)		117	300	8,1	953	5	6 659	45		217
Okalkade	log(Medelvikt)	0,7890				0,4438 (22 %)			-0,2060 (10 %)	32 %	126
	Omgivningsvariabelns minsta värde (otransformerade)		4	3,5	5,4	50	0	10	1		126
	Omgivningsvariabelns högsta värde (otransformerade)		117	225	8,1	953	5	6659	45		126

I det fall där de kalkade sjöarna exkluderats var det istället *höjd över havet* (höh) och Maxdjup (MaxZ) som föll ut som mest betydelsefulla, dock med en något lägre förklaringsgrad ($r^2 = 0,32$). *Höjd över havet* och *lufttemperatur* (temp) är i praktiken nästan samma mått (tabell 1), men i de okalkade sjöarna gav *höjd över havet* en bättre beskrivning av sambandet med medelvikt än *lufttemperaturen* (tabell 3).

Enligt analysen ökar medelvikten som en följd av sjunkande *temperatur* och minskar med ökande *maxdjup*, (tabell 2). Dessa två faktorer tycks påverka medelvikten i motsatt riktning till varandra i förhållande till den klimatgradient respektive variabel motsvarar. Detta behöver dock inte vara fallet eftersom någon eller båda variablerna kan samvariera med ytterligare variabler som inte analyserats och därmed ge skenet av att uppvisa ett motsatsförhållande.

2.2.4 Omgivningsförutsättningar och antalet förekommande arter

Antal arter som förekommer eller fångas vid provfiske styrs förstas till viss del av klimatologiska, fysiska och kemiska förutsättningar, men även av spridningshistorik. Spridningshistorik innefattar naturlig spridning och kolonisering sedan isens avsmältning efter istiden, men även den spridning som utförts av människan genom århundraden eller årtusenden.

Ett försök att analysera betydelsen av spridningshistorik för arternas utbredning, visar att detta sannolikt är den mest betydelsefulla faktorn. En multipel regressionsanalys där förutom de variabler som använts vid analyser av fiskmängder ovan, även omfattade *relativt avstånd från källflödet* eller "källsjön". Detta avstånd betecknades *sjönummer* och utgjorde ett löpnummer i vilken ordning en sjö befann sig i förhållande till den överst belägna sjön i samma vattensystem.

Analysen visade att relativt avstånd eller *sjönummer* var den mest betydelsefulla faktorn som beskriver antalet *förekommande arter* i Dalarnas sjöar, trots att det är ett mycket trubbigt mått. Förklaringsgraden (r^2) i analysen var hela 64 %, där *sjönummer* stod för 25 procentenheter av de

64. Andra faktorer som var föll ut som betydelsefulla var *sjöstorlek* och *höjd över havet* som bidrog motsvarande med vardera 23 och 15 procentenheter av förklaringsgraden.

Detta resultat indikerar att spridningshistorik är den komponent som generellt har störst betydelse för hur fiskarternas utbredning ser ut. Denna analys har dock inte tagit hänsyn till specifika arter eller artsammansättningar, utan endast artantal.

2.3 Diskussion

Dalarna har förhållandevis många provfiskade sjöar. Endast ett fåtal av dessa har dock provfiskats vid upprepade tillfällen och för ännu färre finns något som skulle kunna betecknas som en tidsserie. Den handfull sjöar där tidsserier finns är dessutom utförda i sjöar som inte är representativa för majoriteten av sjöar. De är endera sura, kalkade eller fjällsjöar. Detta fåtal sjöar som provfiskas med återkommande intervall, utförs och utvärderas separat av Fiskeriverket (t ex Dahlberg 2007).

Ett begränsat urval av tidsserier och det allmänt heterogena materialet gör det därför inte möjligt att utvärdera eventuella förändringar i fisksamhällena med tiden.

De provfiskade sjöarna fördelar sig förhållandevis representativt utifrån ett par betydelsefulla fysiska omgivningsvariabler (figur 4). Egentliga representativitetsanalyser har dock inte genomförts och kan heller inte genomföras eftersom data från den övriga sjöpopulationen att relatera till, saknas för flera av de omgivningsvariabler som analyserats.

Samvariation

Samvariationen eller graden av korrelation mellan de olika omgivningsfaktorer som analyserades var som den ofta är i biologiska sammanhang, påtaglig och komplex, men viktig att känna till vid analyser och utvärdering där detta förekommer.

Störst var korrelationen mellan de två klimatkomponenterna *höjd över havet* (höh) och *årsmedellufttemperatur* (temp). I de provfiskade sjöarna i Dalarna var samvariationen mellan dessa två omgivningsfaktorer 87 % (tabell 1). Holmgren m fl (2007) analyserade motsvarande variabler på en nationell nivå fann en samvariation på 57 %. I det nationella perspektivet är breddgrad sannolikt av större betydelse för lufttemperaturen än på regional nivå, vilket sannolikt förklarar skillnaden mot sjöarna i Dalarna.

Mängd

Vid analyser av uppmätta biologiska fältdata är det mer regel än undantag att förklaringsgraden är låg eftersom de ofta föreligger mycket komplicerade samband och omständigheter som vi sällan eller aldrig kan förstå helt eller dokumentera i analyserbara mätvärden. Olika fiskarter reagerar olika på dessa omgivningsfaktorer, men generellt förväntades att den totala mängden fisk per sjö ökar med ett varmare vattenklimat/ vattentemperatur liksom med ökande näringsnivåer, inom de ramar som klimat- och näringsnivåer som normalt uppträder i svenska sjöar.

I samband med framtagandet av nya svenska bedömningsgrunder för fisk i sjöar, utfördes liknande analyser som baserades på ett antal opåverkade referenssjöar spridda över hela Sverige (Holmgren m fl 2007). I dessa analyser uteslöts kemiska omgivningsfaktorer som förklarande

variabler eftersom de i låga/höga halter även kan representera påverkan som bättre kunde påvisas om de uteslöts, vilket var avsikten.

Näring, färg och surhet är dock faktorer som sannolikt har betydelse för fiskbestånden. För att kunna beskriva sambanden mellan fiskmängd och omgivningsfaktorer även i sjöar som är avvikande, ofta påverkade, så behöver de kemiska förhållandena tas med. Genom att inkludera även dessa typer av sjöar blir materialet ”spretigare” och lägre förklaringsgrader kan förväntas. En fördel som verkar i motsatt riktning är dock att analyserna omfattar sjöar inom ett mer begränsat område (Dalarna) jämfört med hela landet.

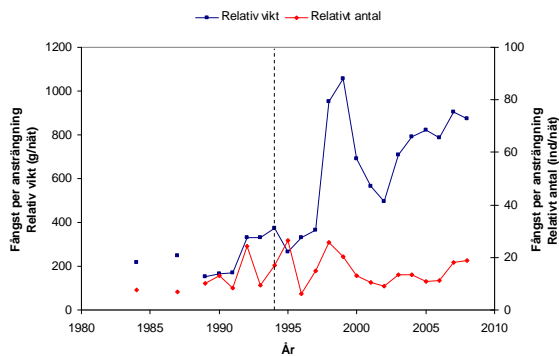
Resultatet från regressionsanalyserna på provfiskeresultat från Dalarna var i jämförelse med Holmgren m fl (2007) likartade, bl a med avseende på förklaringsgrader (r^2) och vilka faktorer som föll ut som betydelsefulla. En skillnad var dock att de kemiska variablerna fosforhalt och färgvärde föll ut som signifikant betydelsefulla för den del av variationen som analyserna kunde förklara m a p fiskmängd i Dalarnas sjöar (tabell 2).

Nästan samtliga betydelsefulla omgivningsfaktorer är i varierande grad uttryck för- eller ett resultat av vattenklimat eller näringsförhållanden. Lite grovt och sammanfattande kan sägas att mängden fisk i Dalarnas sjöar påverkas tydligt av *närings-* och *vattenklimatförhållanden*. Mängden fisk ökar generellt med ökande näringshalt och minskar med ett kallare klimat. Det är ungefär samma slutsats som kan dras från motsvarande analyser i Holmgren m fl (2007), som fann att *höjden över havet* och ökande *maxdjup* påverkar mängden fisk (relativt antal och -vikt) negativt. *Sjöstorleken* påverkar biomassa positivt och att antalet fiskar påverkas negativt av *årsmedellufttemperaturen*. Sammanfattat betyder det att de fann att ett kallare *vattenklimat* påverkar mängden fisk negativt och *sjöstorlek* påverkar mängden positivt.

pH-värde föll inte ut som en betydelsefull faktor i analyserna, men det betyder inte att den saknar betydelse för fiskbestånden. Surhet (pH) samvarierar till viss del t ex med klimat (höj, tabell 1) som var en av de mest betydelsefulla omgivningsfaktorerna och som har störst påverkan på mängden fisk i Dalarnas sjöar (tabell 2). Det är svårt att grafiskt illustrera denna typ av samband eftersom de innehåller flera variabler, men går det ändå att se trender hur de olika omgivningsfaktorerna påverkar mängden fisk även vid en framställning av en faktor i taget. Det går på detta sätt att se att mängden fisk sannolikt har ett positivt samband med minskande surhet, d v s ökande pH-värde (bilaga 1, figur VI).

Även variabeln *sjöstorlek* föll inte ut som betydelsefull för mängden fisk, vilket den gjorde för Holmgren m fl (2007). Detta betyder, på samma sätt som surhet, inte att variabeln *sjöstorlek* är betydelselös i sammanhanget utan bara att de andra variablerna bättre beskriver sambandet mellan omgivning och mängd fisk. En enkel grafisk presentation som inte tar hänsyn till andra variabler visar att går det att se en antydning till en trend av att mängden fisk har ett positivt samband med *sjöstorlek* (bilaga 1, figur VII), men detta kan vara och är troligtvis en effekt av slumpen då det är det är fångsten från ett fåtal tillfällen i några stora sjöar (>1000 ha) som orsakar detta mönster.

Sjöarnas naturgivna förhållanden är utan tvekan betydelsefulla när det gäller att påverka mängden fisk som en sjö innehåller. I likhet med vad som nämnts tidigare så är sambanden mellan dessa förhållanden och fiskmängden många gånger mycket komplexa. Fiskartsammansättningen är t ex troligen betydelsefull för hur det lokala fiskbeståndets sammansättning ser ut med avseende på mängd fisk, storlekssammansättning och mängdrelationer mellan arter. Figur 9 kan tjäna som ett exempel på detta.



Figur 9. Exempel på hur artsammansättning kan påverka mängden fisk i en sjö. Tryssjön provfiskas årligen inom det s k IKEU-programmet. Ursprungligen förekom endast öring och elritsa, men sedan introducerades abborre till sjön och 1994 fångades arten för första gången (markerad med streckad vertikal linje). Fångad biomassa ökade då från 150 – 300 g/nät till 500 – 1 000 g/nät. Fångat antal individer fortsatte att vara relativt oförändrat. Abborre utgör sedan 1998 mer än 90 % av fångad biomassa.

Olika arter har olika förekomst- och utbredningsmönster, vilket tillsammans med arternas olika behov och respons till omgivningsfaktorer, bidrar till att göra sambanden än mer svåra att förstå. Vilket bidrag enskilda arter har till den totala fångstmängden fisk i det enskilda fallet beror alltså delvis på arternas geografiska utbredning och relativa tätheter. Eftersom även den av människan påverkade spridningshistoriken bidrar till att skapa avvikelser från de generella utbredningsmönstren (se inledning), så bidrar det till ytterligare variation i fiskmängd mellan sjöar och sänker möjligheterna att med omgivningsfaktorer kunna förklara eller förutsäga mängden fisk.

En ytterligare faktor som kan påverka jämförelsen av provfiskeresultatet från sjöar med olika art- eller beståndssammansättning är de olika arternas *fångstbarhet* vid provfiske (Lundvall *in prep*). Fångstbarhet är ett mått på hur ofta eller lätt en viss art fångas vid provfiske. Den är beroende av artens relativa abundans och artens kroppsform, habitatval och aktivitetmönster.

Medelvikt

De omgivningsförhållanden som enligt analysen var mest betydelsefulla var *årsmedellufttemperatur* (alternativt *höjd över havet*) och *maxdjup*. Dessa variabler hade en till synes motverkande effekt till varandra, trots att de båda kan betecknas som klimatvariabler. Förklaringen till detta kan ligga i det faktum att de representerar två olika klimatregimer. Förhållandet kan troligen också förklaras av helt andra faktorer som inte analyserats här har större betydelse, varav flera sannolikt samvarierar med någon eller båda dessa variabler och bidrar till att de uppvisar ett kanske skenbart motsatsförhållande.

En trolig bidragande förklaring till den observerade variationen i medelvikt kan vara att klimatet (temp, höh & max Z) påverkar vilka fiskarter som förekommer och deras inbördes mängdförhållanden. Arter som lever på gränsen av sitt utbredningsområde där rekryteringen störs av ett kallt klimat kan bestånden bli glesare, men i gengäld med större individer.

I kallare miljöer förekommer en större andel laxfiskar och i fjällmiljöerna är de som regel de dominerande fiskarna. Laxfiskar förekommer som regel i lägre tätheter men i större storlek, med undantag för enartssituationer med röding. Öring är dessutom en art vars yngsta stadier oftast lever utanför sjömiljöerna i rinnande vatten, vilket ytterligare bidrar till att höja medelstorleken i sjö.

Observera att medelvikten inte säger något om förekomst eller täthet av t ex stora fiskar. I låglänta näringsrika sjöar förutsägs ofta medelvikten helt riktigt vara låg. I denna typ av sjöar finns dock som regel mycket högre totaltätheter med fisk än i andra sjöar, framförallt av små individer. Tätheten/mängden av stora individer kan dock vara lika eller ibland till och med högre jämfört med sjöar som har högre medelvikt men lägre tätheter.

Fisketryck är exempel på en faktor som kan påverka medelvikten men som oftast inte går att kvantifiera och därmed ta hänsyn till i analyser.

Kalkade sjöar

Sjöar som är eller har varit försurningspåverkade och som har kalkats, utgör en betydande del av alla provfiskade sjöar (40 %), men även av samtliga sjöar >10 ha i Dalarna (10 – 25 %). Analyserna och försöken att beskriva sambanden mellan omgivning och mängd fisk resulterade i, om kalkade sjöar exkluderas, endast i en marginellt bättre förklaringsgrad för relativ vikt (0,34 jfirt 0,32, tabell 2) men betydligt bättre för relativt antal (0,53 jfirt 0,43, tabell 2) samt något bättre för medelvikt (0,34 jfirt 0,29, tabell 3).

Detta skulle kunna indikera att mängden fisk, relativ vikt (g/nät), i sjöar oberoende av kalkningsstatus kan förklaras ungefär lika bra utgående från datamaterialet. Den parameter som inte förklaras lika bra i kalkade sjöar jämfört med okalkade är främst det relativa antalet fiskindivider (ind/nät) och detta får även effekt på analysen av sambandet för medelvikt.

Förklaringar till skillnaderna är sannolikt att fiskbestånden de kalkade sjöarna varierar mer i relation till sina omgivningsförutsättningar. Detta i sin tur beror på att fiskbestånden i flera av de kalkade sjöarna i större grad ligger i ofas med sina omgivningsförutsättningar till följd av den påverkan som försurningen orsakat. Efter att de kalkats och samtidigt som belastningen av försurande ämnen minskat, så har pH-värde och andra kemiska förhållanden ändrats, men återhämtningen av fiskbestånden går mycket långsammare än den kemiska förändringen.

Surhet (pH) är dessutom en parameter vars lägsta värden sett över en begränsad tidsperiod är det som bestämmer graden av påverkan. Så kallade "surstötter" i samband med höglöden eller snösmältning är det som kraftigast formar parameterns påverkan på fiskbestånden. Det är inte alltid dessa kan fångas in vid kemisk provtagning och användningen av medianvärden bidrar till att sudda ut dessa. Användbarheten av "lägstavärden" i stället för medianvärden är lika svåra att använda då det inte går att veta om- och i så fall hur lång eftersläpning fiskbeståndets tillstånd är i förhållande till uppmätt pH-värde. Ett sådant förfarande skulle involvera bedömningar av kalkningens kemiska effekt och fiskbeståndets responsastighet och detta skulle riskera att bli mycket subjektiva bedömningar. Tillståndet för fiskbeståndet motsvarar inte alltid i de uppmätta kemiska förhållandena, i kalkade sjöar kanske i lägre grad än i andra.

Antal arter

Analysresultatet indikerar att spridningshistorik är den komponent som generellt har störst betydelse för hur fiskarternas utbredning ser ut. Analysen har dock inte tagit hänsyn till specifika arter eller artsammansättningar, utan endast artantal.

Omfattningen på utplanteringar har i vissa områden varit så stor att artsammansättningen i sjöarna inom dessa områden har ställt in sig efter de rådande omgivningsförutsättningarna. Inom dessa områden kan vi kanske beskriva och förutsäga (beräkna) förväntat antal arter med hjälp av de samma metoder som använts för att analysera mängden fisk i sjöarna, t ex regressionsanalys.

Problemet är att inte alla områden har varit utsatta för samma omfattning av inplanteringar och i vissa områden är fiskartsammansättningen ursprunglig eller nära nog. Artsammansättningen

varierar också i de manipulerade sjöarna och detta har också betydelse för antalet arter som kan förekomma där.

2.3.1 Slutsatser

Standardiserat sjöprovfiske (Kinnerbäck 2001) ger som metod i de flesta fall ger ett relativt rättvisande mått på sammansättning och mängd fisk i sjöar som undersöks. Den stratifierade provtagningen och att fångsten uttrycks som *fångst per ansträngning* möjliggör jämförelser av resultaten mellan sjöar.

Svårigheterna uppstår om man vill försöka förklara orsakerna till observerade skillnader i resultat mellan sjöar, då det är ett stort antal faktorer som påverkar fiskbeståndens uppbyggnad i varje enskild sjö och ingen sjö är den andra lik. Inte ens om hänsyn tas till ett flertal av de faktorer som bedöms vara bland de mest betydelsefulla för fiskbeståndens uppbyggnad, går det att göra tillförlitliga jämförelser sjöar emellan.

För specifika frågeställningar gällande en enskild sjö eller mindre grupper av sjöar torde dock provfiskemetodiken fungera som redskap för att ta fram användbart dataunderlag. Metodiken och insatsen vid sjöprovfiske är utformad så att en förändring på 50 % statistiskt ska kunna upptäckas mellan två fisketillfällen i samma sjö (Kinnerbäck 2001).

Större förändringar i bestånd av talrika arter, liksom reproduktionsstörningar och förändringar av mängdförhållandet mellan talrika artgrupper (t ex abborr/karpsfiskar), lämpar sig metodiken bra för. Det kan röra sig om förändringar orsakade av någon form av påverkan som tillkommit mellan provfisketillfällena, alternativt ökat eller ackumulerat sin effekt under samma period. För att kunna detektera mindre förändringar krävs provfisken vid flera upprepade tillfällen – en tidsserie.

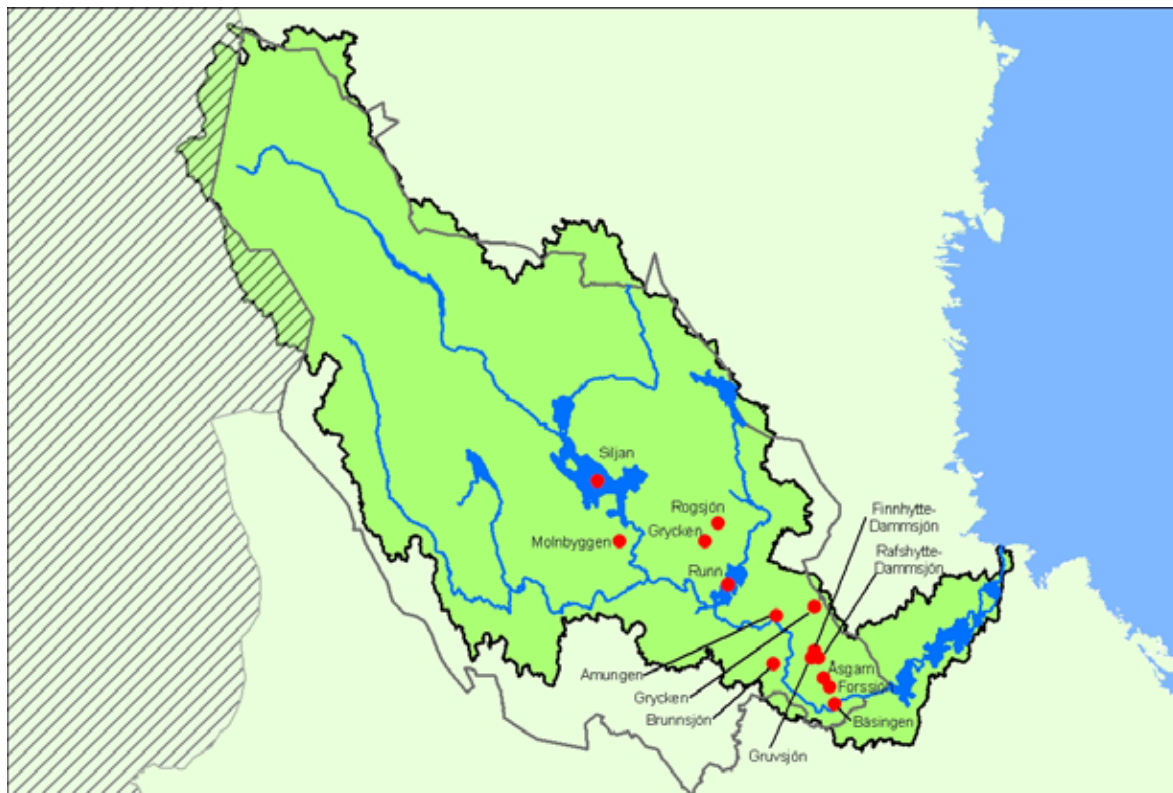
Analyserna i denna rapport av ett flertal betydelsefulla omgivningsvariabler visade att de endast kan förklara en begränsad del av den variation som provfiskeresultaten uppvisar (ca 30 – 60 %, tabell 2 & 3). Att övergripande extrahera, utvärdera och på ett åskådligt sätt framställa förhållanden och samband i ett stort antal provfiskade sjöar är därför svårt.

Lokala och temporala förhållanden tillsammans med påverkan och slumpfaktorer är det som i de flesta fall har den största inverkan på fiskbestånden. Lokala faktorer kan avse speciella förhållanden för en eller ett mindre antal sjöar, eller förhållanden som i den form de finns tillgängliga är för lågupplösta.

Ett exempel på en faktor som kanske var för lågupplöst i analyserna är data om sjöarnas hypsografi. För närvarande finns oftast endast det grova måttet *maxdjup* tillgängligt, men det måttet säger t ex inget om förekomst eller andel djup-/grundområden som kan ha en stor betydelse för fiskbeståndet. Att samla in den typen av högupplöst information om varje sjö bedöms dock inte vara ekonomiskt rimligt.

Andra förhållanden kan inte kvantifieras med kontinuerliga värden, t ex fiskartsammansättning. För att kunna analysera och jämföra sjöar med olika egenskaper av denna typ behöver sjöarna delas upp i mindre och mer homogena grupper. Detta skulle dock få till följd att det blev många grupper och att underlaget skulle bli för tunt i de flesta grupper.

3 Del 2: Provfiskade sjöar inom Dalälvens vattenvårdsförenings recipientprogram - beskrivning och utvärdering av provfiskeresultat



Figur 10. Sjöar som ingår i DVVF:s provfiskeprogram i Dalälvens vattensystem. De flesta av sjöarna har provfiskats vart 5:e år sedan 1991.

3.1 Bakgrund/syften:

Inom ramen för Dalälvens vattenvårdsförenings recipientkontrollprogram (Dalälvens Vattenvårdsförening 2010) utförs provfiske i 14 sjöar inom Dalälvens vattensystem (figur 10). Provfiskena har utförts sedan 1991 och har upprepats vart 5:e år. Resultaten från dessa provfiskena har sammanställts och utvärderingen i denna rapport syftar till att översiktligt beskriva fiskbestånden i de 14 provfiskade sjöarna samt utvärdera resultaten med avseende eventuella förändringar i fisktätheter/mängder som kan ha skett under den 20-årsperiod som provfiskena spänner över. Provfiskena inom Dalälvens vattenvårdsförenings provfiskeprogram utförs inte fullt ut i enlighet med den svenska standarden för provfiske i sjöar. Utvärderingen syftar därför också till att jämföra och undersöka om och hur detta möjligen kan påverka resultatutfallet.

3.2 Metoder/analyser

3.2.1 Utförande

Det är främst på tre punkter som det finns skillnaderna i utförande mellan DVVF:s provfiske och provfiske som utförs enligt svensk standard. Färre nät har använts, fisket har utförts senare på säsongen och nätens spridning över sjöns yta avviker från standardmetoden.

Provfiskeinsatsens storlek, d v s antalet nät som används, har reducerats av kostnadsskäl då det är mycket kostsamt att provfiska sjöar i full skala. Samtliga utom två av de 14 provfiskade sjöarna provfiskas med 10 nät/sjö vid varje provfisketillfälle. I Rogsjön och Siljan används 15 respektive 20 nät/fisketillfälle. I sjöar inom de storleksintervall och med de djupegenskaper som DVVF:s program omfattar ska enligt Standardmetoden fiskas med 16 nät eller mer per provfisketillfälle. Antalet nät som används varierar mellan 18 – 63 % av det antal som standarden föreskriver (medel 35 %). Provfiskeinsatserna i Siljan och Runn kan inte alls relateras till standardmetoden då dessa är större än den största sjöstorlek metoden omfattar.

Standardiserat provfiske är designat så att det ska kunna gå att upptäcka en 50 % förändring av fiskeresultatet mellan två provfisketillfällen (Kinnerbäck 2001). Detta innebär att mindre förändringar kan vara svåra att upptäcka och kräva flera upprepade provfisketillfällen för att upptäckas eller statistiskt säkerställas. Omfattningen på DVVF:s provfiske är i genomsnitt endast en tredjedel av ett standardiserat provfiske, därför kan det förväntas att indikationer på eventuella långsiktiga eller kontinuerliga förändringar av fiskbestånden kommer att kräva minst tre gånger fler provfisketillfällen jämfört ett standardiserat utförande, för att med något så nät tillförlitlighet kunna avgöra att en faktisk förändring skett.

DVVF:s provfiske utförs också senare på säsongen. Standardmetoden för provfiske föreskriver att fisket ska utföras under sommarsäsong och att ytvattentemperaturen ska överstiga 15°C (Kinnerbäck 2001). DVVF:s provfiske i sjöar har utförts mellan 26/8 – 2/10 (medel: 12/9). Vattentemperaturerna har vanligtvis varit 12 – 14 °C, men kallare år 2001 (Lindeström 1998 & 2002).

Näten ska enligt standardmetoden spridas slumpmässigt fördelat över sjöns hela yta, men antalet nät inom specifika djupintervall regleras av dess storlek och djupförhållanden. DVVF:s provfiske följer standarden med avseende på andelen nät fördelade i djupzoner - så lika som det är möjligt med ett mindre antal nät. Fördelningen av näten är dock för de fem största sjöarna begränsad till vissa delar av sjön och inte fördelad över hela ytan. Detta har praktiska och ekonomiska genomförandeorsaker.

3.2.2 Dataunderlag och sjöbeskrivningar

Dalälvens vattenvårdsförening (DVVF) utför provfiske vart 5:e år i ett 14 sjöar inom Dalälvens vattensystem (figur 10). Provfiske har genomförts 1991, 1996, 2001 och 2006 i de flesta av de 14 sjöarna. Några av dem har även provfiskats på 1980-talet, men dessa resultat behandlas inte här. Nio av de provfiskade sjöarna har fiskats vid samtliga fyra fisketillfällen mellan 1991 – 2006. Tre har fiskats vid tre tillfällen 1996 – 2006, samt två sjöar har fiskats vid två tillfällen 2001 och 2006 (tabell 4).

Sjöarna som provfiskas inom DVVF:s provtagningsprogram omfattar en stor spännvidd av sjöar. Här finns små/stora, grunda/djupa, näringsfattiga/näringsrika, påverkade och relativt opåverkade sjöar (tabell 4). Detta avspeglar sig i mycket varierade fiskesamhällen i de olika sjöarna. Allt ifrån

måttligt artrika till mycket artrika sjöar, liksom sjöar med låga till höga tätheter av fisk förekommer bland de provfiskade sjöarna.

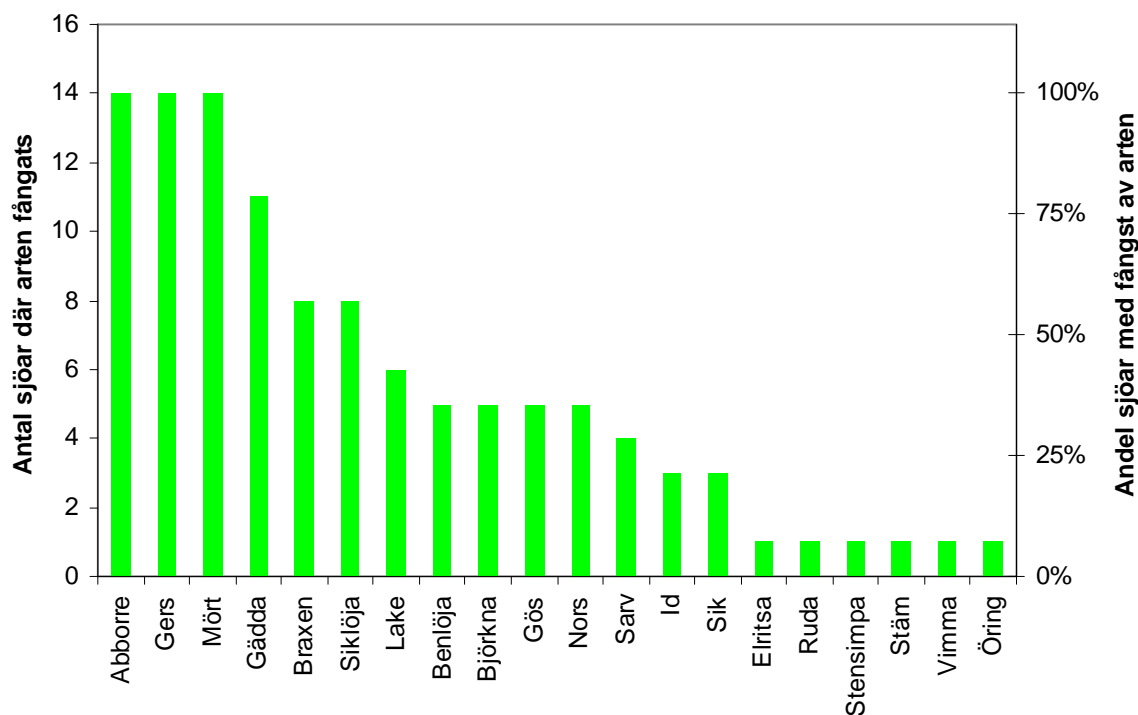
Tabell 4 Sjöarna som omfattas av DVVF:s provfiskeprogram inom vilket återkommande provfisken har utförts vart 5:e år sedan 1991. Tabellen innehåller också uppgifter om provfiskenas omfattning (nätansträngning/tillfälle), antal provfisketillfällen (F tillf) samt enkla karaktäristika för sjöarna; höjdbelägenhet (höh), sjöyta, maximalt djup och totalfosforhalt (augustimedianvärde).

Sjö	Nr	Utloppskoord (SVAR)	Höh (m)	Sjöyta (ha)	Maxdjup (m)	P-tot (µg/l)	Nätanstr	F tillf
Siljan	S4B	6734900-1455970	161	29 350	134	5	20	3
Grycken (Hedemora)	S12	6701800-1522350	127	1 052	18	6	10	4
Rogsjön	S13	6732870-1488250	155	1 800	65	3	15	4
Runn	S16B	6705630-1488140	107	6 350	27	8	10	4
Grycken (Falun)	S18	6727270-1485940	129	230	21	11	10	3
Amungen (Hedemora)	S19	6700070-1508660	84	498	15	21,5	10	4
Brunnsjön	S20	6683740-1509120	91	141	4	61	10	2
Rafshytte—Dammsjön	S21	6686150-1523860	190	80	7	8	10	4
Finnhytte-Dammsjön	S22	6688760-1522190	160	80	18	6	10	4
Gruvsjön	S23	6685610-1521920	152	131	21	7,5	10	4
Åsgam	S24	6678250-1526840	71	163	9,3	33	10	4
Forssjön	S25	6675720-1528070	68	40	10	41	10	3
Bäsingen	S27	6672580-1534920	67	1 275	29,6	10	10	4
Molnbyggen	S29	6727270-1453990	184	288	21	4,5	10	2

3.2.3 Arter

Det kumulativa artantalet som fångats i de provfiskade sjöarna ligger mellan 5 och 12 arter per sjö, med ett medelvärde av 7,9. Varje provfiskeår har det fångats mellan 2 – 10 arter i sjöarna och medelvärdet har varit mellan 5,7 – 6,3, vilket är mer än genomsnittet för provfiskade sjöar i Dalarna som är 4,0. Detta beror på att sjöarna ligger relativt låglänt (max 190 möh, tabell 4) samt att flera av sjöarna är stora. Stora sjöar ger bra förutsättningar för många olika livsmiljöer och därmed också många arter.

Det totala antalet arter som fångats vid DVVF:s provfisken mellan 1991 – 2006 är 20 (figur 11). Det är ungefär tre fjärdedelar av antalet arter som påträffats sammanlagt vid Dalarnas ca 300 provfiskade sjöar (figur 1), eller ca 60 % av samtliga förekommande arter i Dalarna. Tre arter; abborre, mört och gers har fångats i samtliga sjöar som provfiskats av DVVF. Andra vanligt förekommande arter är gädda, braxen och siklöja som fångats i mer än 50 % av de 15 provfiskade sjöarna (figur 11).

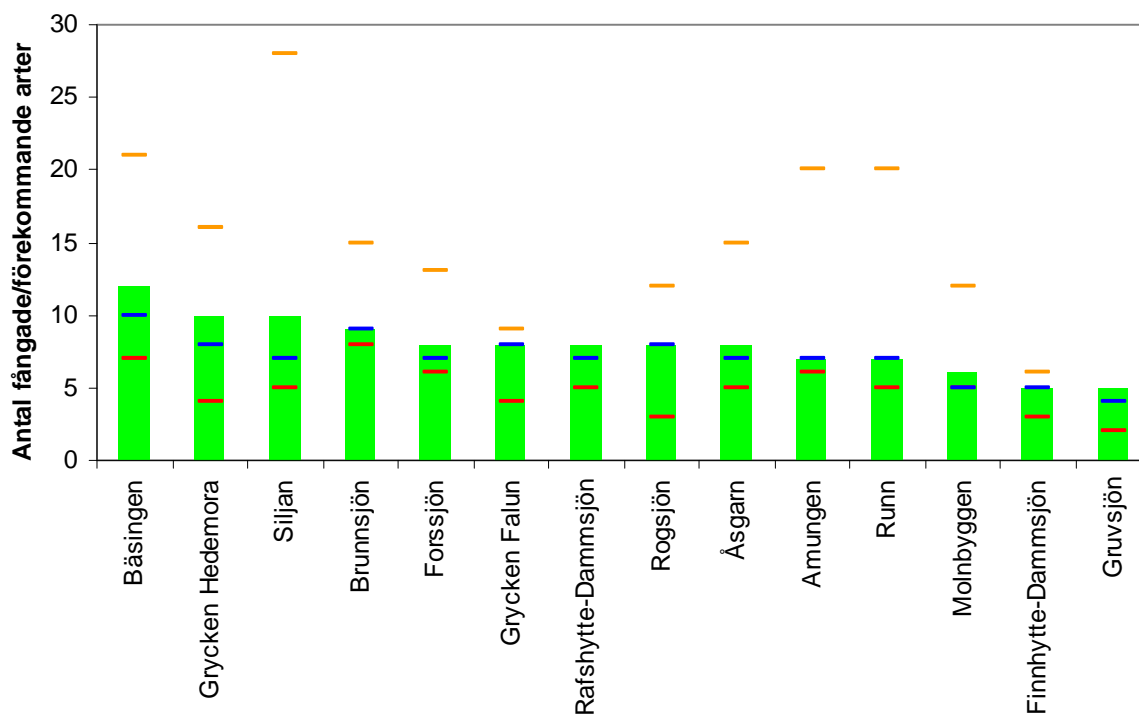


Figur 11. Antal och andel sjöar i vilka respektive fiskart har fångats vid DVVF:s provfiske av 14 sjöar. Flertalet av sjöarna har provfiskats vid fyra tillfällen mellan åren 1991 – 2006.

Gädda är en art som inte fångas effektivt vid provfiske trots att den förekommer allmänt. Den förekommer i samtliga provfiskade sjöar, men har inte fångats i Siljan, Runn eller Rogsjön, trots att dessa provfiskats vid tre - fyra tillfällen vardera. De arter som förekommer i låga tätheter fångas som regel endast sporadiskt vid provfiske. Detta är extra tydligt i sjöar där det förekommer många arter och provfiskeinsatsen är förhållandevis liten.

I Siljan har vid de tre provfisketillfällen som genomförts av DVVF, fångats sammanlagt 10 arter (figur 12). Som mest vid ett tillfälle har sju arter fångats. Totalt har DVVF fiskat Siljan med 60 nätansträngningar. År 2000 provfiskades Siljan av Fiskeriverket med 32 nätansträngningar. Vid detta tillfälle fångades 10 arter, varav två inte har fångats i DVVF:s provfiske. Endast åtta av de totalt 12 arterna fångades av både DVVF och Fiskeriverket, vilket betyder att majoriteten av de närmare 30 förekommande arter i Siljan ännu inte har fångats vid provfiske (figur 12).

I samtliga 14 sjöar som tillsammans provfiskats vid 49 tillfällen har det i 6 sjöar vid sammanlagt 14 tillfällen (28 %) fångats samma artsammansättning som vid något annat tillfälle i samma sjö. Orsaken till att artsammansättningen på fångsten variera så mycket mellan provfisketillfällen är att sjöarna har provfiskats med relativt få nät vid varje tillfälle och på att många av sjöarna är artrika med många arter som förekommer i mycket låga tätheter, eller förekommer i mycket speciella habitat som normalt inte omfattas av nätläggning. Det kan exempelvis vara mycket grunda eller vegetationsrika miljöer.



Figur 12. Antal arter som fångats vid provfiske i de sjöar som provfiskas vart 5:e år av DVVF. Staplarna som är sorterade fallande efter fångat artantal från vänster till höger, anger ackumulerat antal arter från samtliga provfisken. Röda (nedre) och blå (mellersta) markörer anger minsta respektive största antal arter som fångats vid ett och samma fisketillfälle. Orange (övre) markörer anger totalt antal förekommande arter i respektive sjö. Uppgifter om totalt antal förekommande arter har hämtats från en undersökning som redovisas i separat rapport (Lundvall in prep).

I de stora sjöarna är den relativa nätinsatsen minst och antalet förekommande livsmiljöer flest, varför skillnaden mellan antalet förekommande arter och antalet fångade arter vid provfiske kan förväntas vara störst. Detta bekräftas också av provfiskeresultat (figur 3 & 12).

3.2.4 Påverkan

Alla 14 sjöar är påverkade av mänsklig aktivitet på ett eller annat sätt och i varierande grad. I vilken utsträckning detta påverkar fiskbestånden är inte alltid lätt att avgöra. De flesta sjöar är dessutom utsatta för flera olika sorters påverkan och i olika grad sinsemellan. Tre huvudtyper av påverkan förekommer i de provfiskade sjöarna; dämning/reglering, närings- och metallpåverkan.

Flertalet av sjöarna är dämnda och/eller påverkas av reglering i varierande grad, bl a Siljan, Rogsjön, Runn och Bäringen. Detta påverkar flödesfluktuationernas amplitud och varaktighet. Om och i så fall vilken samt hur stor påverkan dämningarna och regleringen har för fiskbestånden är svårt att avgöra när det nästan alltid också finns annan påverkan. Många gånger saknas dessutom tillförlitlig kunskap om hur förhållandena var innan. Dämningar påverkar dock på ett påtagligt sätt fiskar som är beroende av att vandra från och till en sjö för att kunna för att fullborda sin livscykel.

Många sjöar i Dalarna har fungerat som mottagare av utsläpp från gruvverksamheten som i större och mindre skala funnits och verkat i många hundra år. Runn och Gruvsjön är två av de provfiskade sjöarna som sannolikt är mest påverkade av gruvverksamheten, Runn främst från

långvarig men numera avslutad gruvverksamhet. Gruvverksamheten i Garpenberg är fortfarande aktiv men verksamheten har inte pågått lika länge som vid Falu koppargruva intill Runn. Även Åsgarn och Forssjön nedströms Gruvsjön får ta emot metallhaltigt vatten, vilket visar sig i förhöjda halter i vattnet. Det är osäkert exakt på vilket sätt metallpåverkan påverkar fiskbestånden, men det kan ta sig uttryck i störd eller begränsad reproduktion. Höga metallhalter kan dessutom ofta vara kopplade till låga pH-värden. Detta gäller dock inte för Gruvsjön och nedströms liggande sjöar.

Sjöar belägna i jordbruksmiljöer eller som är recipienter för större mängder avloppsvatten från reningsverk eller enskilda avlopp riskerar att bli övergödda. Av de provfiskade sjöarna bedöms Amungen (Hedemora), Brunnsjön, Forssjön och Åsgarn vara näringspåverkade i varierande grad. Näringspåverkade sjöar uppvisar ofta stora fiskmängder som domineras av karpfiskar (mört, braxen, björkna, etc).

3.3 Resultat och diskussion

Resultaten med avseende på mängd fisk varierar i de flesta fall utan att något generellt mönster syns (figur 17 & 19). Observerade variationer kan bero på faktiska förändringar orsakade av någon omgivningsfaktor eller påverkan, men också av slumpmässiga faktorer. Den begränsade fiskeinsatsen, vanligtvis 10 nät/sjö, gör att tillförlitligheten i resultaten kan förväntas vara mindre än vid ett standardiserat provfiske och därför svårare att tillförlitligt analysera.

Dessutom bidrar att antalet provfisketillfällen är litet (2 – 4 tillfällen), vilket gör det svårare att statistiskt analysera dessa frågeställningar med en analys som tar hänsyn till faktorerna *slump*, *år/period* och *utförandedatum* samtidigt. Att bara undersöka en faktor i taget kan resultera i att mönster eller skillnader framträder eller suddas ut som en följd av att inverkan från någon av de andra faktorerna. Av dessa skäl är analyserna av beskrivande karaktär.

Det är möjligt att med tillgängligt datamaterial att statistiskt analysera och eventuellt påvisa skillnader mellan olika provfisketillfällen om skillnaderna är tillräckligt stora. Påvisade resultatskillnader i en provfiskad sjö mellan två fisketillfällen kan dock inte tala om orsaken till en observerad skillnad. Det kan vara mycket svårt att hitta en förklaring till en påvisad skillnad om det inte finns en känd kraftig påverkansfaktor som tillkommit eller avlägsnats. I annat fall kan en skillnad bero på allt från normal mellanårsvariation till skillnader i väder, utförandetidpunkt, vattentemperatur, etc. I detta fall har provfiskena utförts i sedan länge påverkade sjöar samt i relativt opåverkade sjöar där inga snabba och drastiska förändringar kan förväntas.

Det är först när en statistisk analys har möjlighet att påvisa en trend som sträcker sig över flera provfisketillfällen som det i dessa sjöar kan vara intressant att veta om det föreligger faktiska skillnader i resultat mellan provfisketillfällena. Datamaterialet är för detta ändamål lite för litet för att kunna genomföra denna typ av analys. Det kommer att krävas ett eller ett par provfisketillfällen ytterligare i varje sjö, men det är ändå inte säkert att det går att påvisa eventuella mindre förändringar som kan ha skett. Vissa förändringar sker mycket långsamt. Exempelvis i övergödda sjöar kan en återhämnning ta många årtionden och förändringarna därför sker mycket långsamt.

Till denna utvärdering har dock inte fångstdata för individuella nät varit tillgängliga för samtliga provfiskeår, vilket innebär att det inte gått att analysera slumpens, eller variation orsakad av ej kända faktorerens betydelse för den begränsade fiskeinsatsens storlek.

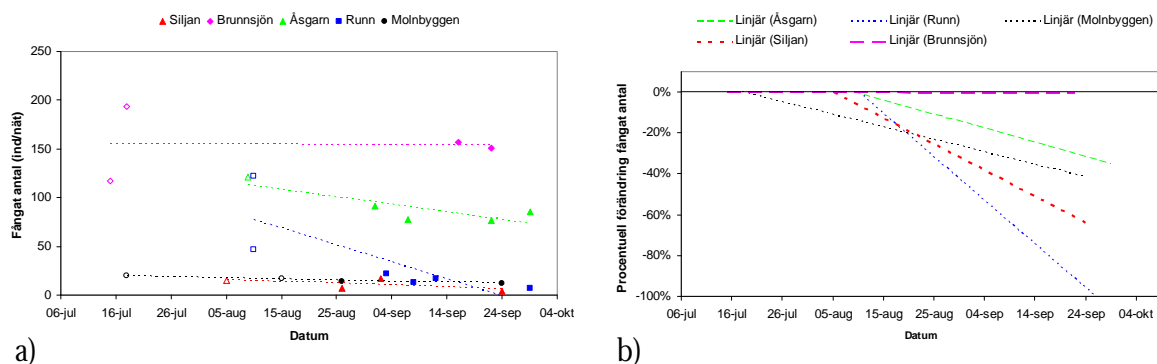
I stället för resultat baserade på statistiska analyser presenteras beskrivande resultat och lite mer ingående beskrivningar och diskussioner av resultat där möjliga trender kan observeras för enskilda sjöar eller arter.

3.3.1 Betydelse av tidpunkt (temperatur) vid utförandet för provfiskeresultatet

Utförandet av DVVF:s provfisket har i de flesta fall skett under september månad. Vid ett senare utförande riskerar temperaturen att vara lägre och därmed att fiskens aktivitet och fångstbarhet påverkas. Ett sent utförande påverkas sannolikt även av att dagslängden är kortare och därmed den tid som fisken är aktiv.

Fem av de 14 sjöarna är provfiskade vid ett eller två tillfällen av andra aktörer och tidigare på säsongen inom provfiskeperioden 1991 – 2006. Inga sjöar har dock provfiskats med båda metoderna samma år någon gång. Detta ger ändå ett underlag att jämföra fiskeutfall mot utförandedatum. Underlagsmaterialet är dock heterogent och ingen statistisk analys har därför genomförts.

För fyra av de fem sjöarna tycks det kunna finnas ett mönster att antal fångade individer av fisk avtar med ett senare utförandedatum (figur 13a). Endast i Brunnsjön syns ingen korrelation mellan utförandedatum och antalet fångade individer. Den relativa eller procentuella förändring som trendlinjerna antyder ligger på ca 35 till 80 % (figur 13b).



Figur 13 Provfiskefångster med avseende på antal (a) fördelade efter utförandedatum (oberoende av utförandeår), från fem sjöar som provfiskats både inom DVVF:s provfiskeprogram (fyllda symboler) samt av fiskeriverket, Falu kommun och en fiskevårdsområdesförening (Ofyllda symboler). Trendlinjer (a) anger eventuellt samband mellan fångad mängd och utförandedatum. Den högra figuren (b) visar samma trendlinjer som den vänstra (a), men uttryckt som procentuell förändring från det tidigaste utförandedatumet.

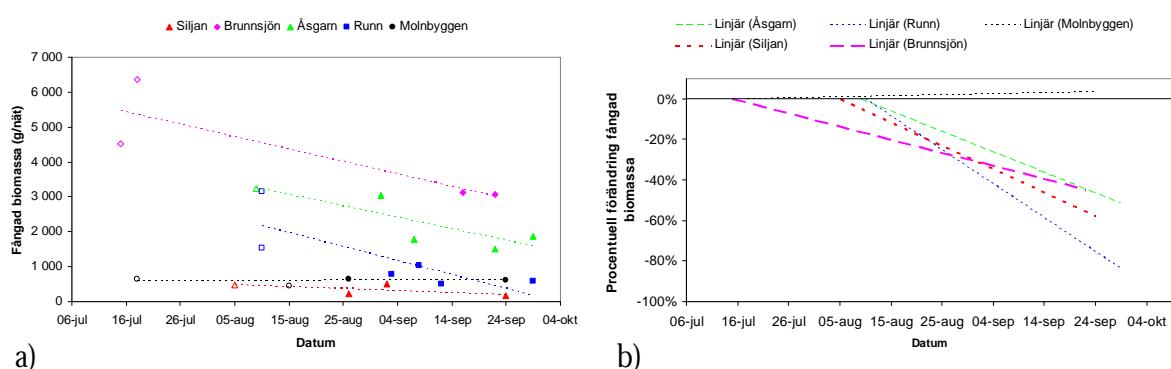
Motsvarande för mängd fångad biomassa antyder en negativ effekt på fångsten 45 – 85 % (figur 14). En sjö uppvisar ingen skillnad i fångad biomassa mellan tidiga och sent utförda provfisket (Molnbyggen).

Observera även att vid ingen av jämförelserna i de fem sjöarna har det tagits hänsyn till eventuella förändringar av fiskbestånden som kan ha skett under provfiskeperioden (1991 - 2006). Jämförelserna ger ändå tydliga indikationer på att tidpunkten för provfiskets utförande sannolikt har betydelse för fångsternas utfall.

Det är viktigt att poängtera att variationen i fångst mellan provfisketillfällena inom en sjö i de av DVVF utförda provfisketillfällena inte är större än för ett tjugotal andra sjöar i Dalarna som provfiskats upprepade gånger och där utförandet ligger tidigare på säsongen.

DVVF:s provfisker är kanske inte helt jämförbara med provfisker utförda tidigare på säsongen, men för att jämföra resultaten dem sinsemellan eller att utvärdera tidsserier behöver de inte vara sämre än resultat från provfisker utförda tidigare på säsongen.

Som tillägg till jämförelserna av resultatutfallet mellan DVVF:s provfisker och provfisker utförda tidigare på säsongen bör det nämnas att provfiskerna i de mycket stora sjöarna Siljan och Runn utförts inom mindre områden eller stationer, och dessa stationer ligger i olika delar inom sjöarna. Provfiskerna utförda av DVVF och Fiskeriverket respektive Falu kommun har utförts vid olika stationer inom dessa sjöar. Resultaten är därför inte helt och fullt jämförbara med varandra.



Figur 14 Provfiskefångster med avseende på antal (a) fördelade efter utförandedatum (oberoende av utförandeår), från fem sjöar som provfiskats både inom DVVF:s provfiskeprogram (fyllda symboler) samt av fiskeriverket, Falu kommun och en fiskevårdsområdesförening (Ofyllda symboler). Trendlinjer (a) anger eventuellt samband mellan fångad mängd och utförandedatum. Den högra figuren (b) visar samma trendlinjer som den vänstra (a), men uttryckt som procentuell förändring från det tidigaste utförandedatumet.

I Siljan har DVVF:s provfiske utförts i de centrala delarna av Siljan och Fiskeriverkets motsvarande provfiske utförts i Österviken. I Runn provfiskas station S16B i de centrala delarna av sjön. De lokaler som fiskats av Falu kommun ligger i norra respektive södra delen.

3.3.2 Mängder/Fångsternas storlek

Mängden fisk som fångats i de av DVVF 14 provfiskade sjöarna varierar under perioden 1991 – 2006 mellan 3,6 – 156,5 ind/nät och 163 – 3 925 g/nät, genomsnittligt per sjö (figur 15 & 16). Detta innebär att det skiljer 45 gånger mellan högsta och lägsta värde med avseende på relativt antal fångade individer (ind/nät). Motsvarande värde för relativ fångad vikt (g/nät) är 25 gångers skillnad. Spännvidden i resultaten speglar den variation av olika sjötyper provfiskeprogrammet representerar (tabell 4).

Framförallt är det de fyra näringsrika sjöarna, Brunnsjön, Åsgarn, Forssjön och Amungen (Hedemora) som utmärker sig. Här har det fångats mer fisk jämfört med övriga sjöar, framförallt märks detta på antalet fiskar. I genomsnitt har det i genomsnitt fångats 2 – 5,5 gånger fler fiskindivider/nät än i de båda Gryckensjöarna som är de två sjöarna med mer måttlig näringshalt, där det fångats flest fiskindivider/nät (figur 15).

För fångsten av biomassa (g/nät) är det även där de näringsrika sjöarna som utmärker sig. I tre av de fyra näringsrika sjöarna har det fångats betydligt mer än i övriga sjöar (figur 16). Rogsjön och Siljan utmärker sig för att det fångats mycket lite fisk vid provfisken i dessa (figur 15 & 16). De är också tillsammans med Molnbyggen de mest näringsfattiga sjöarna, men skiljer sig från Molnbyggen bland annat för att de är mycket större.

Variationen i fångstmängd mellan provfisketillfällen/år har i medeltal varit 36 och 27 % (variationskoefficient – CV) med avseende på fångat antal respektive biomassa. Förhållandevis få andra sjöar är fiskade mer än vid ett tillfälle i Dalarna. Endast 20 sjöar, exklusive DVVF:s provfiskade sjöar, har provfiskats vid tre eller fler tillfällen. För dessa 20 sjöar, som provfiskats tidigare på säsongen, har motsvarande värden varit i medeltal 43 respektive 39 %.

En hög variationskoefficient indikerar stor variation mellan provfisketillfällen som kan bero på normal mellanårsvariation, variation i utförande mellan fisketillfällen, faktiska förändringar och trender inom fiskbestånden, eller ha rent slumpmässiga orsaker – tex väderförhållanden vid utförandet.

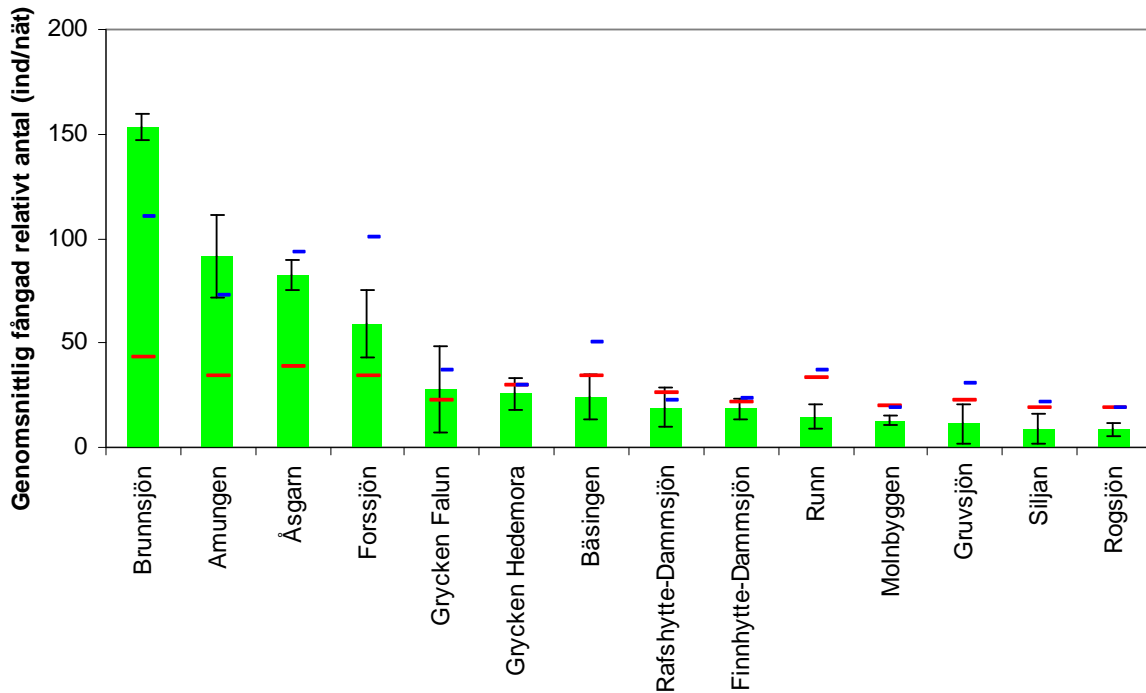
Störst relativ variation (CV) i fångstmängd förekommer i Siljan, Bäsingen, Gruvsjön och Grycken (Falun). Siljan är den sjö med den minsta fiskeinsatsen i förhållande till sjön storlek och därför kan variationen förväntas vara störst där. Bäsingen är en sjölik utvidgning av Dalälven som påverkas av flödet i älven. Varierande flöde mellan fisketillfällen kan förväntas ge stor variation i fångst. I Gruvsjön och Grycken har sannolikt förändringar av fiskbestånden skett (se nedan), vilket kan förklara variationerna i fångstmängder mellan fisketillfällen.

3.3.3 Fångsternas storlek i förhållande till förväntade värden

I kapitel 2.2 redovisas två modeller (lst-modell) för att förutsäga förväntade fångstmängder (antal & biomassa) baserat utifrån varje sjös unika fysiska och kemiska omgivningsförutsättningar. Modellerna är uppbyggda på liknande sätt som Fiskeriverkets bedömningsgrunder för fisk i sjöar (Holmgren m fl 2007), men tar inte hänsyn till påverkan på det sätt som bedömningsgrunderna (BG) gör. Bedömningsgrundernas beräkningsmodeller, liksom de som utvecklats i denna rapport, applicerades på DVVF:s 14 provfiskade sjöar. Provfiskeresultat från DVVF:s sjöar har inte ingått som underlag vid utvecklingen av modellerna.

En jämförelse av provfiskeresultatet från DVVF-sjöarna med avseende på antal (ind/nät), visar att i de flesta av de näringsfattiga till måttligt näringsrika sjöarna fångats lite under förväntat antal. Både enligt BG och lst-modell (figur 15).

I de näringsrika sjöarna är den faktiska fångsten mycket större än vad BG förutspår: I förhållande till lst-modell fångades ett lägre antal än förväntat i två sjöar (Åsgarn och Forssjön), medan det i Brunnsjön fångades mer än förväntat antal. Fångat antal i Amungen (Hedemora) var på gränsen till lägre än det som förväntas enligt modellen (figur 15).



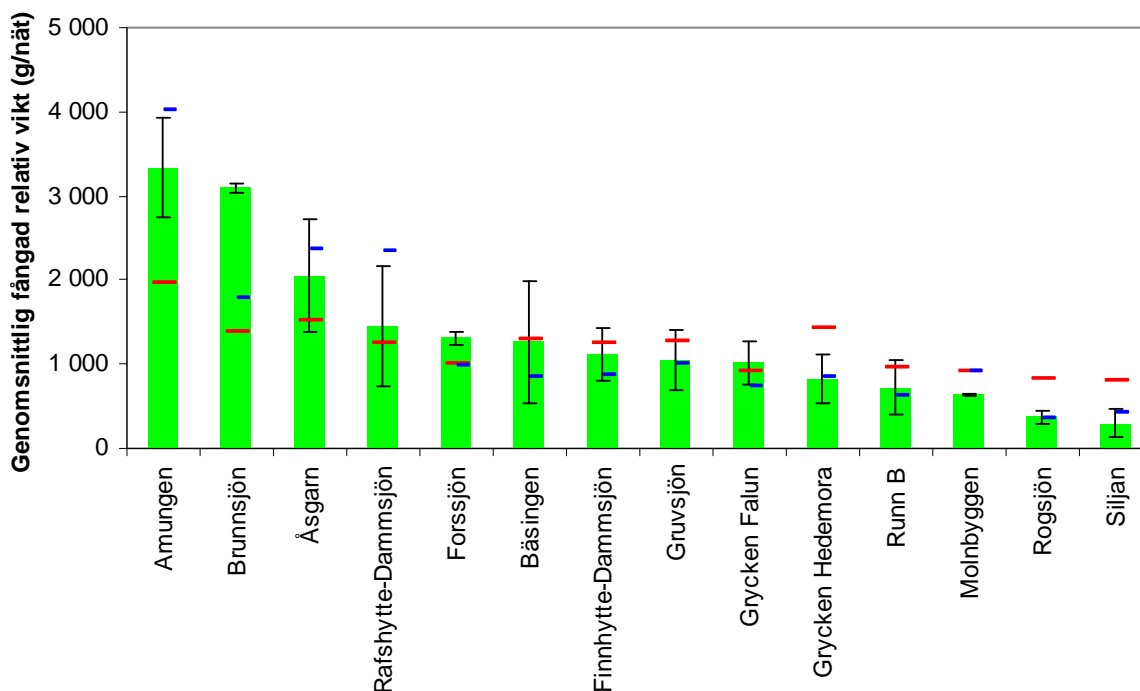
Figur 15. Jämförelse av genomsnittligt fångat antal (ind/nät), vid provfiske utfört av DVVF i 14 sjöar mellan 1991 och 2006. De flesta av sjöarna är provfiskade vid fyra tillfällen (tabell 4). Felstaplar anger medelvärdes standardfel (1,96 SE). Röda (långa) markörer anger den fångst som enligt bedömningsgrunder (Holmgren m fl 2007) förväntas under opåverkade förhållanden. Blå (korta) markörer anger den fångst som förväntas enligt modell som redovisas i kap 2.2.2.

Motsvarande jämförelse med avseende på biomassa (g/nät), visar att flera sjöarnas resultat (medelvärdenas standardfel) överensstämmer väl med förväntade resultat som beräknas med en eller båda modellerna (BG & Lst-modell, figur 16). I de näringsrika sjöarna avviker resultatet i Brunnsjön mest från vad som förväntas enligt modellerna (BG och Lst-modell). Resultatet var där ungefär dubbelt så högt mot vad som förväntas enligt modellerna (figur 16).

Det vara bara i Molnbyggen som det enligt både BG och Lst-modell entydigt fångats mindre biomassa än förväntat. Dock ska tilläggas att denna sjö endast provfiskats vid två tillfällen med mycket liknande resultat.

Fångsterna (biomassa) i Rafshytte-Dammsjön och Amungen (Hedemora) har varierat mycket mellan provfisketillfällen och därmed gett ett osäkert mått på medelvärdet. Trots osäkerheten är mängden (biomassan) fisk i dessa sjöar mindre än vad som förväntas enligt Lst-modell.

Bedömningsgrundernas modeller underskattar de verkliga fångsterna i de näringsrika sjöarna grovt, både med avseende på antal och biomassa. Detta är helt i enlighet med bedömningsgrundernas syfte. Bedömningsgrundernas beräknade värden representerar mängder som kan förväntas fångas i opåverkade sjöar. Fångster som avviker allt för mycket från förväntade värden är avsedda att indikera någon form av påverkan. I dessa fall beror avvikelserna sannolikt på näringspåverkan.



Figur 16 Jämförelse av genomsnittlig fångad vikt (g/nät), vid provfiske utfört av DVVF i 14 sjöar mellan 1991 och 2006. De flesta av sjöarna är provfiskade vid fyra tillfällen (tabell 4). Felstaplar anger medelvärdeets standardfel (1,96 SE). Röda (långa) markörer anger den fångst som enligt bedömningsgrunder (Holmgren m fl 2007) förväntas under opåverkade förhållanden. Blå (korta) markörer anger den fångst som förväntas enligt modell som redovisas i kap 2.2.2.

Effekten av ett senare utförande skulle kunna förklara varför fångsterna i flera av de näringsfattiga och måttligt näringsrika sjöarna var lägre än modellberäkningarnas förutsägelser. Det ska dock påpekas att modellberäkningarna har förhållandevis låg träffsäkerhet (tabell 2).

3.3.4 Förändringar i fångad mängd fisk över tid

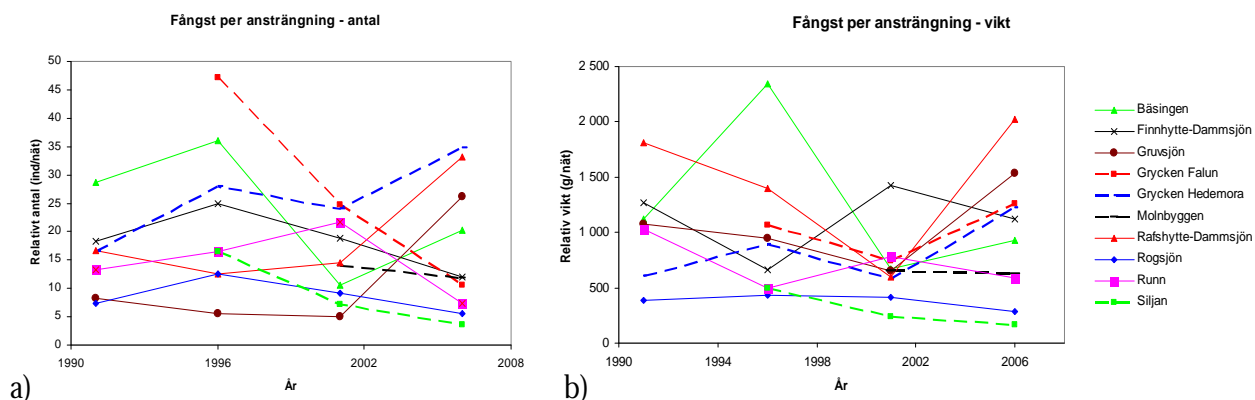
Går det då att se några förändringar i provfiskeresultaten som bedöms kunna utgöra tecken på faktiska förändringar av fiskbestånden? Finns det anledning att tro att det skett förändringar i någon sjö?

En statistisk analys genomfördes för att undersöka om det fanns något/några provfiskeår som generellt skiljde sig med avseende på mängd fångad fisk (g/nät), oberoende av skillnader/trender inom sjöar mellan provfisketillfällen. En ickeparametriskt test för upprepade (parade) data (Friedmans test, Zar 1996) genomfördes för de nio sjöar som fiskats vid samtliga provfisketillfällen. Inga signifikanta skillnader kunde detekteras, men det fanns en tendens till att 2001 generellt sett hade lägre fångster. Inget annat fiskeår uppvisade ens hälften så många "sämstaresultat" under fiskeperioden som år 2001.

För fiskmängd med avseende på antal (ind/nät) finns ingen tendens till att fångsterna något år generellt sett skulle vara högre eller lägre. För de flesta sjöarna har fångstmängden varierat både upp och ned mellan provfisketillfällena (figur 17). I några av sjöarna går det dock att se kontinuerliga förändringar i resultaten som skulle kunna vara tecken på verkliga trender eller förändringar av bestånden.

Antalet fångade individer i **Grycken (Falun)** har minskat från 47 till 10 ind/nät, medan fångad biomassa har varit mer eller mindre densamma, omkring 1 000 g/nät (figur 17). Vid de två senare fisketillfällena fångades dock två respektive fyra gäddor som är orsaken till att fångad biomassa inte förändrades på samma sätt som fångat antal. Gädda bör i de flesta fall betraktas som slumpfiskar och inte tilldelas så mycket betydelse vid utvärdering av resultaten.

Fångad abborrbiomassa har dock inte förändrats nämnvärt under provfiskeperioden 1996 - 2006. Detta innebär att medelvikten för abborre under samma period har stigit kontinuerligt, vilket tillsammans med gäddfångsterna 2001 och 2006 bidragit till att fångad totalbiomassa inte minskat.



Figur 17. Fångst per ansträngning med avseende på antal (a) och vikt (b) vid provfisketillfällena utförda 1991 - 2006 i tio av de sjöar som ingår i DVVF:s provfiskeprogram.

Framförallt är det mängden små abborrar som skiljer resultaten åt. År 2006 fångades betydligt färre abborrar i storleksintervallet <90 mm och de stora abborrarna (>200 mm) var större än tidigare år (Jonsson 2007). Detta kan vara en faktisk förändring av fiskbeståndet, men det går inte att säga om förändringen är bestående eller om den är ett uttryck för de naturliga processer som exempelvis starka årsklasser kan åstadkomma.

Starka årsklasser uppkommer till följd av extra gynnsamma förutsättningar första årets uppväxt för ynglet, t ex en tidig värmeperiod på våren. Detta resulterar i en stor årskull som kan påverka fiskbeståndets sammansättning i många år efteråt.

Fångsterna i **Siljan** har minskat från ca 17 till 4 ind/nät respektive 430 till 160 g/nät (figur 17). I princip är det helt och hållet den minskande fångsten av abborre som skapar i detta mönster, trots en betydligt större medelvikt hos abborrarna 2006. Samma mönster syns hos fångsterna av gers i Siljan, men dessa är mindre betydelsefulla för det generella mönstret då de utgör en mycket mindre andel (ca 5 %) av den totala fångsten.

Kanske kan det observerade mönstret förstärkts eller delvis vara en effekt av att det senaste provfisketillfället utfördes vid ett betydligt senare datum än de två tidigare. Detta kan ha haft betydelse för hur mycket fisk som fångades och även påverkat storleken på fångad fisk. Fler provfisketillfällen krävs för att avgöra om observerad utveckling representerar en verklig trend eller förändring.

Provfiskefångsterna i **Gruvsjön** uppvisar en ökning i både antal och biomassa vid det senaste provfisket (2006) jämfört med de tre tidigare (figur 17). Det är både fångsten av abborre och mört som är markant högre vid det senaste fisketillfället. Fångsten av gers har varit ungefär den samma vid samtliga tillfällen. Vid senaste tillfället fångades även en individ av siklöja.

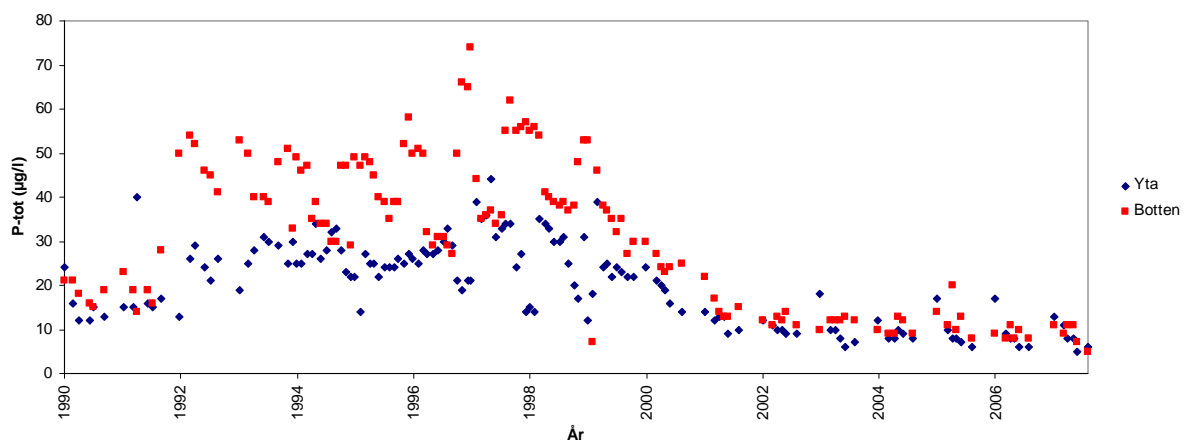
Den mest markanta skillnaden mellan det senaste fisketillfället och de tidigare är det skifte från en dominans av relativt få stora (>250 mm) abborrar, till ett större antal individer med en storleksfördelning som karaktäriseras av fler små än stora individer (Jonsson 2007).

Mörtfångstens utveckling i Gruvsjön har gått från att ha varit frånvarande i fångsten 1991 till att antalsmässigt ha ökat kontinuerligt sedan dess. Fångad biomassa av mört uppvisar lite annan utveckling. År 1996 fångades ett fåtal individer varav alla utom två var förhållandevis stora (>230 mm). År 2001 och 2006 fångades fler och till storleken betydligt mindre mörtar (90 - 170 mm)

Sjön är påverkad av metaller från det uppströms liggande gruvområdet i Garpenberg. Under en lång period har dock tack vare riktade åtgärder metallpåverkan kunnat minskas i Gruvsjön och nedströms liggande sjöar och vattendrag. Under provfiskeperioden (1991 – 2006) har halterna av flera metaller minskat mer eller mindre kontinuerligt till storleksordningen en tredjedel för bly, till hälften för zink och kadmium, samt en mindre minskning av koppar (SLU 2010).

Denna utveckling av metallhalterna i sjövattnet tillsammans med att provfiskefångsterna i Gruvsjön har förändrats från att ha uppvisat ett stort fisksamhälle under 1990-talet till att vid det senaste tillfället uppvisa storlekssammansättningar av abborre och mört nästan utan tecken på störning. Detta leder till slutsatsen att det sannolikt är metallpåverkan som har orsakat eller bidragit till den störning av fiskbestånden som fångsterna indikerat under 1990-talet.

Förändringarna i fiskbeståndet ska också ses mot en bakgrund av att näringshalten i Gruvsjön var kraftigt förhöjd under större delen av 1990-talet (figur 18). Fångsterna under 1990-talet har inte varit i nivå med vad som kan förväntas med de näringshalter som rådde då och tvärt emot ökat efter att näringsnivåerna sjunkit.



Figur 18 Halter av totalfosfor ($\mu\text{g/l}$) i yt- och bottennäravatten (21 m djup) från Gruvsjön under perioden 1990 – 2007 (SLU 2010).

De minskande halterna av näring kan härledas till en minskad belastning och bättre rening vid det reningsverk som har Gruvsjön som recipient. Näringshalterna under denna period var i nivå med de i Åsgarn, i vilken fångsterna vid provfiske har varit ca 2 kg/nät att jämföra med ca 1 kg/nät i Gruvsjön under 1990-talet. Modellberäknad (enl modell i kap 2.2.2) förväntad fångst i Gruvsjön med den högre näringshalten ligger också vid ca 2 kg/nät

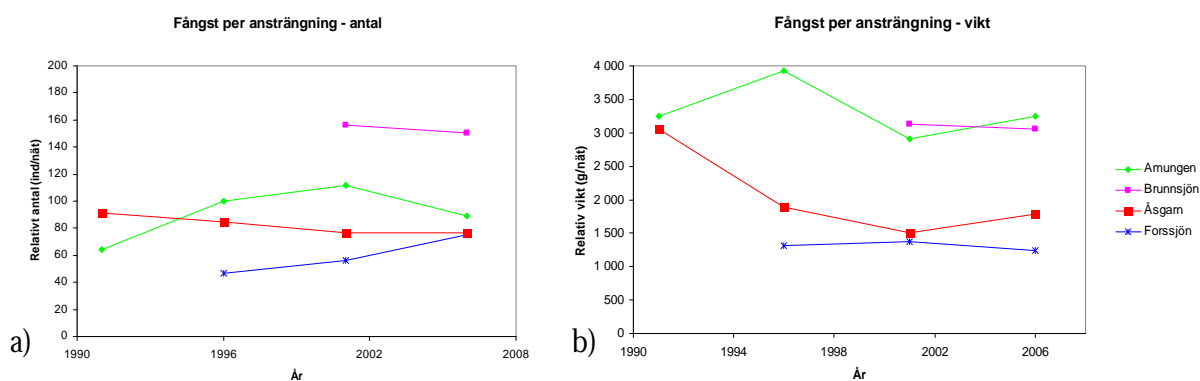
Mot bakgrund av provfiskeresultatens utveckling och de förändringar som skett av vattenkvaliteten under samma period, dras slutsatsen att en verklig förändring av fiskbeståndet sannolikt har skett. Utvecklingen av mörtbeståndet under denna period (1991 – 2006) antyder att

mört är den, av de i Gruvsjön fångade arterna, som tycks vara den känsligaste arten för den påverkan som funnits och i viss mån kanske finns kvar i Gruvsjön.

Andra metallpåverkade sjöar i Dalarna; Silvbergssjön, Mossbysjön, Saxen, Tisken. Samtliga visar eller har visat på stark påverkan. Fiskbestånden i dessa omfattar allt från total fisktomhet (Silvbergssjön), frånvaro av mört (Mossbysjön), fåtal stora mörtar (Saxen), till sjöar med en återhämtning liknande den i Gruvsjön (Fiskeriverket 2010). I flera av dessa sjöar är pH-värdena mycket låga och sannolikt är detta den största orsaken till den påverkan av fiskbestånden som syns i dessa sjöar. Det är dock de sura metallhaltiga bergarter som vid utvinning av metaller, gett upphov till de låga pH-värdena.

I **Grycken (Hedemora)** har fångsterna varit större och mindre vid vartannat fisketillfälle. Svängningarna har dock inte varit så stora och mönstret skulle kunna tolkas som en trend av svagt ökande fiskmängd (figur 17). Vid fisketillfället 2006 fångades två gösar som utgör i princip hela skillnaden (ökningen) jämfört tidigare fisketillfällen. Dessa gösar skulle kunna vara enstaka slumpfiskar som får stor tyngd i resultaten. Gösarna är dessutom utplanterade år 2000 (Jonsson 2007) och det är oklart om utsatta fiskarna kommer att reproducera sig, eller om de utan kontinuerliga utsättningar kommer att försvinna. Fångsten av abborre (antal/nät) har ökat efter varje fisketillfälle, medan mört skulle kunna antyda en minskande trend.

Fångsterna i **Åsgarn** uppvisar ett svagt avtagande fångat antal (från 92 till 77 ind/nät) och en fångad biomassa som varit betydligt lägre vid de tre senaste provfisketillfällena, från ca 3 000 till under 2 000 g/nät (figur 19). Dessa resultat skulle kunna indikera en trend av avtagande fiskmängd i Åsgarn. Framförallt tycks det vara mört och braxen/björkna som minskat i både antal och biomassa. Mängden braxen/björkna har minskat med över 80 % med avseende på både antal och biomassa. Mörten har minskat med 50 respektive 25 % med avseende på antal och biomassa, mellan första och senaste provfisketillfället.

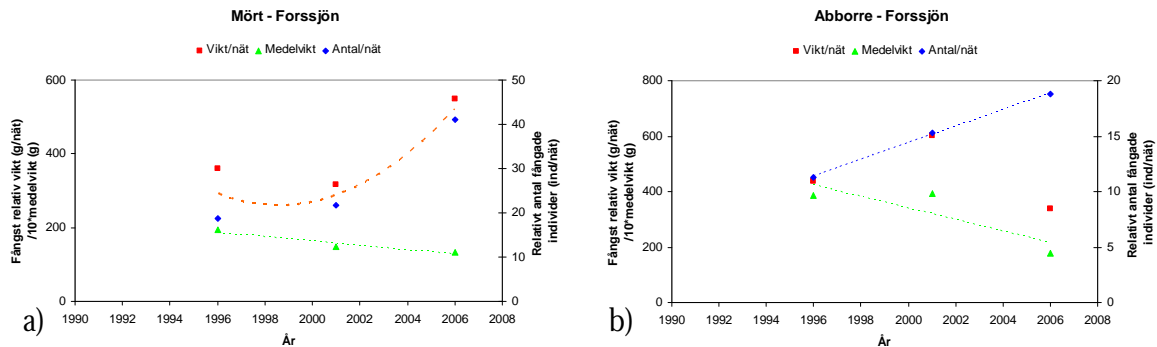


Figur 19 Fångst per ansträngning med avseende på antal (a) och vikt (b) vid provfisketillfällena utförda 1991 - 2006 i de fyra näringsrikaste sjöarna i DVVF:s provfiskeprogram.

Mönstret av avtagande fiskmängder skulle dock kunna vara en effekt av utförandedatum. Det första provfisketillfället 1991 utfördes tidigast på säsongen (1/9). Med en förmodad negativ effekt på fångstmängderna av ett senare utförandedatum skulle nedgången i fångstmängder under åren kunna förklaras av detta. Vid en jämförelse av fångsterna vid provfisketillfällena 1991 (DVVF) och 1993 (fvof) mot de senare tillfällena antyds att så skulle kunna vara fallet (figur 15 & 16).

Mängden av mört och abborre, avseende antal/nät, som fångats i **Forssjön** har ökat kontinuerligt under perioden 1996 - 2006 (figur 20). Fångad biomassa av mört har ökat, medan motsvarande för abborre inte har förändrats lika entydigt under samma period (figur 20b). Resultaten innebär dock att medelvikten för båda arterna minskat kontinuerligt sedan första provfisketillfället.

Ökande näringspåverkan ger i Dalarnas sjöar en sjunkande medelvikt till följd av ökande antal små fiskindivider (kap 2.2.3). Möjligen skulle detta resultat kunna indikera att näringshalten är ökande i Forssjön. Uppmätta totalfosforhalter stöder dock inte detta. Ingen trend kan dock observeras i halterna av totalfosfor (P-tot) eller totalkväve (N-tot) under perioden 1990 – 2007 (SLU 2010).



Figur 20. Provfiskeresultat för mört fångad i Forssjön vid tre fisketillfällen mellan 1996 och 2006. Grön rak linje (a & b) visar riktningen för en möjlig trend för medelvikt, orange linje (a) visar motsvarande, gemensamt för fångat antal och fångad biomassa, och blå rak linje (b) visar motsvarande för antal fångade individer (ind/nät). Observera att värden för medelvikt multiplicerats med 10.

I Forssjön har det fångats ungefär lika mycket fisk som i Åsgarn vid provfiske, möjligen lite mindre (figur 18). Forssjön ligger nästan direkt nedströms Åsgarn och är liksom denna påverkad av näringsläckage från bebyggelse och jordbruk. De förändringar eller den utveckling av bestånden som antyds i de två sjöarna går i motsatt riktning trots mycket liknande förhållanden, vilket skulle kunna betyda att de observerade förändringarna i fångster i en eller båda inte representerar verkliga förändringar av bestånden utan att de orsakats av slumpmässiga- eller utförandeorsaker.

Det mest förvånande provfiskeresultatet kommer från **Finnhytte-Dammsjön** där den totala fångsten inte indikerar förändring åt något speciellt håll. Mängden mört däremot har minskat kontinuerligt sedan det första provfisketillfället och saknades helt i det senaste (figur 21b). Lite märkligt i sammanhanget är att medelvikten (-storleken) har minskat under samma period (figur 21b).

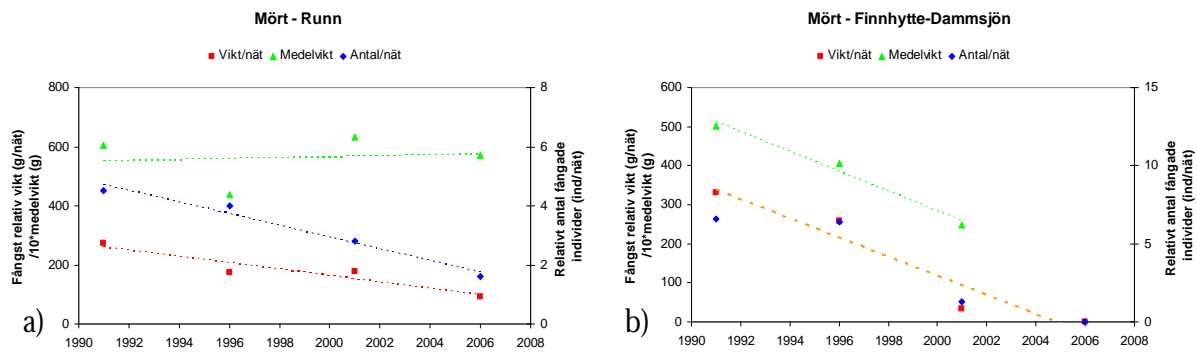
Påverkan av olika slag brukar slå hårdast på ägg-, yngelstadier och mindre individer. Detta tar sig uttryck i störningar i reproduktion och rekrytering, vilket vanligtvis syns som ökande medelvikter vid provfiske. I Finnhytte-Dammsjön har medelvikten av mört i provfiskefångsterna minskat från ungefär 50 till 25 g (figur 21b). Det är detta som förbryllar.

Mört är känslig för försurning med låga pH-värden (<pH 6). Detta är inte fallet i Finnhytte-Dammsjön där pH-värdena ligger nära 7 och alkaliniteten aldrig uppmätts lägre än 0,15 mekv/l. Bottenfaunaundersökningar i sjön visar på en rik mångfald och många ovanligare och känsliga arter förekommer, bl a flodkräfta (Lindeström 2002).

Finnhytte-Dammsjön ligger intill gruvområdet i Garpenberg men påverkas inte direkt av detta. Halterna av metaller i är betydligt lägre än t ex i den nedströms liggande Gruvsjön. Metallerna zink, koppar, bly och kadmium förekommer i halter som är 2 – 20 gånger lägre i Finnhytte-Dammsjön jämfört med i Gruvsjön (SLU 2010). I Gruvsjön har utvecklingen av fiskbeståndet trots högre metallhalter gått mot det bättre. (se ovan)

Siklöja förekommer i Finnhytte-Dammsjön men har inte fångats talrikt vid provfiske i Finnhytte-Dammsjön. Kanske beror detta på att siklöjan har ett pelagiskt levnadssätt som gör att

bottensatta nät underskattar dess verkliga mängd. Möjligen skulle konkurrens från ett starkt siklöjebestånd kunna påverka mörtbeståndet negativt även om det verkar långsökt.



Figur 21. Provfiskeresultat för mört fångad i Runn (a) och Finnhytte-Dammsjön vid fyra fisketillfällen mellan 1996 och 2006. Grön linje visar riktningen för en möjlig trend för medelvikt (a & b), blå motsvarande för fångat antal (a), röd för fångad biomassa (a) och orange linje visar motsvarande, gemensamt för fångat antal och fångad biomassa (b). Observera att värden för medelvikt multiplicerats med 10.

I **Runn** syns inget tydligt mönster i provfiskefångsterna under tidsperioden 1991 – 2006. Fångsterna av mört däremot har minskat kontinuerligt, samtidigt som medelvikten varit oförändrad (figur 21a). Detta indikerar att en faktisk förändring av mörtbeståndet kan ha ägt rum under provfiskeperioden.

Provfiskestationen i Runn omfattar endast ett mycket lite del av sjöns centrala delar invid två mycket små öar. Det innebär att den representerar en liten del av sjön, men stationen eller provfiskeområdet ligger även så till att det ligger mycket långt från några större strand- eller grundområden. Även detta kan ha betydelse för fiskeresultatets utfall.

Resterande sjöar som provfiskats inom DVVF:s provfiskeprogram uppvisar ingen- eller så stora variationer mellan fisketillfällen att det inte finns anledning att redogöra speciellt för- eller spekulera i eventuella mönster och orsaker till dessa.

3.3.5 Slutsatser

Det på säsongen senare utförande av DVVF:s provfisken ger sannolikt generellt lägre fångster än om de skulle vara utförda tidigare på sommaren. Orsak till detta bedöms vara lägre vattentemperaturer och kortare dagslängd.

Den del av resultatens tillförlitlighet som beror av fiskeinsatsens storlek, d v s antalet nät som används, är lätt att teoretiskt beräkna. Det är dock de faktiska resultatens sammansättning och variation mellan fisketillfällen som avgör om även en mindre provansträngning är tillräckligt stor för att kunna påvisa faktiska skillnader i resultat mellan provtillfällen eller för att upptäcka trender under en tidsperiod.

Den begränsade fiskeinsatsen kan förväntas ge större variationer i resultaten och därmed osäkrare resultat. Variationen i fångstmängder inom varje sjö mellan provfisketillfällen är dock förhållandevis låg och generellt sett inte större än för andra sjöar i Dalarna som provfiskats med mer omfattande fiskeinsats och tidigare på säsongen. Detta tyder på inga eller mycket långsamma

förändringar av fiskbeståndens storlek har skett i de flesta sjöar under Provfiskeperioden 1991-2006.

Det begränsade utförandet gör att resultaten i de flesta fall inte lämpar sig att jämföras med provfisken som utförts annorlunda. Den förhållandevis låga variationen i resultat i sjöarna inom DVVF:s provfiskeprogram indikerar att resultatens kvalitet är tillräckligt bra för jämförelser mellan sjöar med samma utförande och för att göra förändringsanalyser av tidsserieresultat för sjöar inom programmet. Det finns dock ännu inte dataunderlag från tillräckligt antal fisketillfällen för att det statistiskt går att påvisa eventuella förändringar av fiskbestånden. För detta krävs att ett eller fler provfisken genomförs.

De 14 provfiskade sjöarna är antingen relativt opåverkade eller påverkade sedan lång tid tillbaka. Förändringar till det bättre eller sämre kan troligen inte förväntas inträffa speciellt snabbt, varför det upplägg med mindre insats och glest intervall kan vara motiverat, men det är ändå extra viktigt att andra störningskällor som skillnader i utförande minimeras för att kunna få ut maximalt med information ur de data som insamlas.

Under provfiskeperioden (1991 – 2006) finns det dock sjöar där det sannolikt skett förändringar av fiskbestånden. Denna begränsade utvärdering har dock inte haft möjlighet att verifiera dessa eller undersöka möjliga orsaker till observerade förändringar. Förändringen (förbättringen) av fiskbeståndet i Gruvsjön beror dock troligen på minskande halter av metaller från den närliggande gruvindustrin.

I ett par andra sjöar indikerar provfiskeresultaten att det kan ha skett förändringar av fiskbeståndens sammansättning, bland annat Grycken (Falun) och Finnhytte-Dammsjön.



Vy över sjön Trehörningen 2005.

4 Referenser

Dahlberg, M. 2007. Redovisning av Sötvattenslaboratoriets nätprovfisken i sjöar år 2006. Fiskeriverkets sötvattenslaboratorium. PM; 2007-04-27.

Dalälvens Vattenvårdsförening. 2010. Internethemsida: <http://www.dalalvensvuf.se>

Europeiska Unionen 2000. Europaparlamentets och rådets direktiv 2000/60/EG av den 23 oktober 2000 om upprättande av en ram för gemenskapens åtgärder på vattenpolitikens område. Europeiska gemenskapens officiella tidning L 327, 22.12.2000, 72 sidor.

Fiskeriverket 2010. Fiskeriverkets provfiskedatabas för provfiskade sjöar. www.fiskeriverket.se, 2010-04-15.

Grandin.U. 2003. Dataanalys och hypotesprövning för statistikanvändare. Naturvårdsverket 2003-10-03.

Holmgren. K. 2003. Är små svenska sjöar påverkade av fiske? Exempel från Integrerad KalkningsEffektUppföljning (IKEU) och nationell miljöövervakning. Fiskeriverket Informerar. 2003:8. Fiskeriverket, Drottningholm.

Holmgren K., Kinnerbäck A., Pakkasmaa S., Bergquist B. & U. Beier. 2007. Bedömningsgrunder för fiskfaunans status i sjöar. Utveckling och tillämpning av EQR8. Fiskeriverket informerar 2007:3. Fiskeriverket, Sötvattenlaboratoriet Drottningholm.

Jonsson, B. 2007. DVVF Provfiskesammanfattning 2006, PM, Alumite Konsult AB, Fors 2007-08-22.

Kinnerbäck. A. 2001. Standardiserad metodik för provfiske i sjöar. Stratifierad provtagning med Nordiska översiktsnät möjliggör statistiskt säkra analyser av fisksamhällenas status och förbättringar över tiden. Fiskeriverkets rapportserie: Fiskeriverket informerar 2001:2. Fiskeriverket, Sötvattenlaboratoriet Drottningholm.

Lindeström, L. 1997. Samordnad vattendragskontroll 1996, vattenkemi sedimentkemi, växtplankton, bottenfauna, fisk. Länsstyrelsen Dalarnas län. Rapport: LSTY/W/MVE-97/009.

Lindeström, L. 2002. Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2001, Tema: fisk. Länsstyrelsen Dalarnas län. Rapport 2002:16.

Lindeström , L. & M. Tröjbom 2010. Metallhalterer i fisk i Dalälvens sjöar – faktorer som påverkar och förändringar över tid. Dalälvens vattenvårdsförening & Länsstyrelsen Dalarna. Rapport 2010.12.

Lundvall. D. in prep. Fisk i Dalarnas sjöar, Undersökning av fiskförekomster – skattningar med hjälp av enkätundersökning och provfiskedata.

Lundvall & Fuchs. in prep. Fiskar i Dalarna, Förekomst och utbredning hos Dalarnas fiskarter

Länsstyrelsen 2009. Vattenvårdsplan för Dalälvens avrinningsområde. Beskrivning karläggning & analys av sjöar, rinnande vatten och grundvatten samt kvalitetskrav, miljökvalitetsnormer och åtgärdsbehov. Miljöenheten, Länsstyrelsen i Dalarna. Rapport 2009:04.

SLU. 2010. Sveriges Lantbruksuniversitet. Institutionen för vatten och miljö – databank: Externa data, SRK (Samordnad recipientkontroll), <http://info1.ma.slu.se/db.html> . 2010-04-20

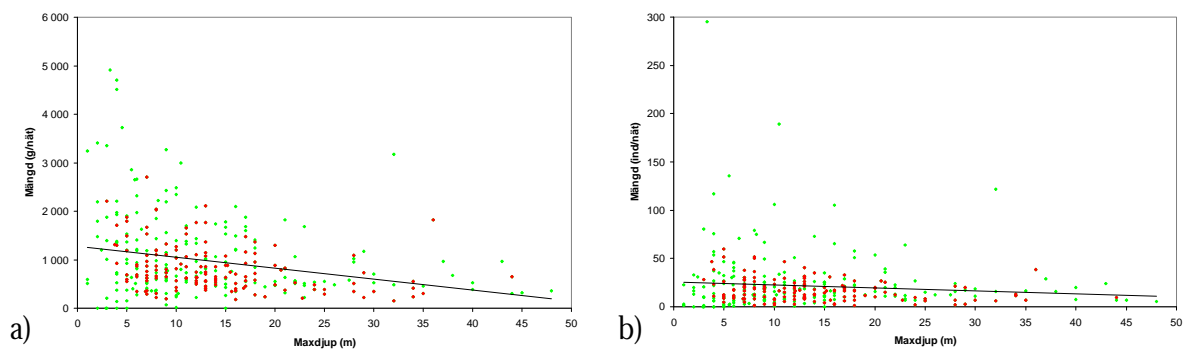
Schreiber, H., Filipsson, O & M. Appelberg. 2003. Fisk och fiske i svenska insjöar 1860 – 1911. Finfo 2003:1. Sötvattenlaboratoriet, Drottningholm.

Zar, J. H. 1996. Biostatistical Analysis. Third edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey 07458.

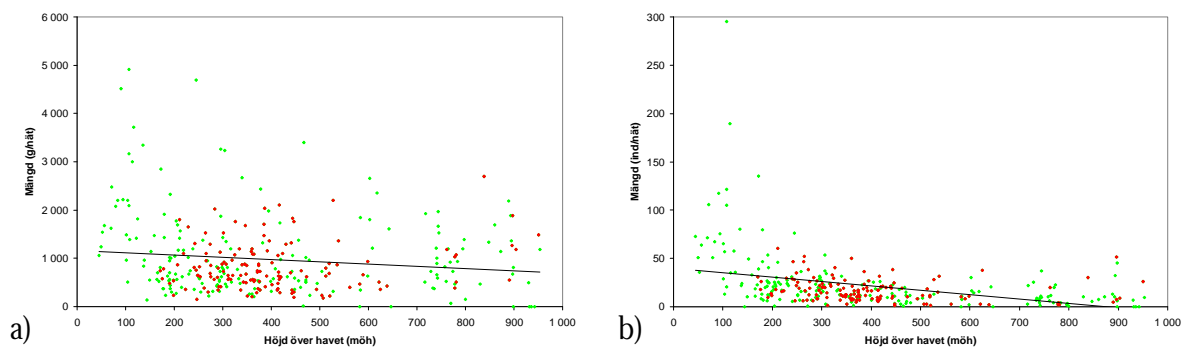
Bilaga 1. Fiskmängd och omgivningsförhållanden

– exempel på hur fiskmängden i provfiskade sjöar fördelar sig längs olika gradienter av omgivningsförhållanden

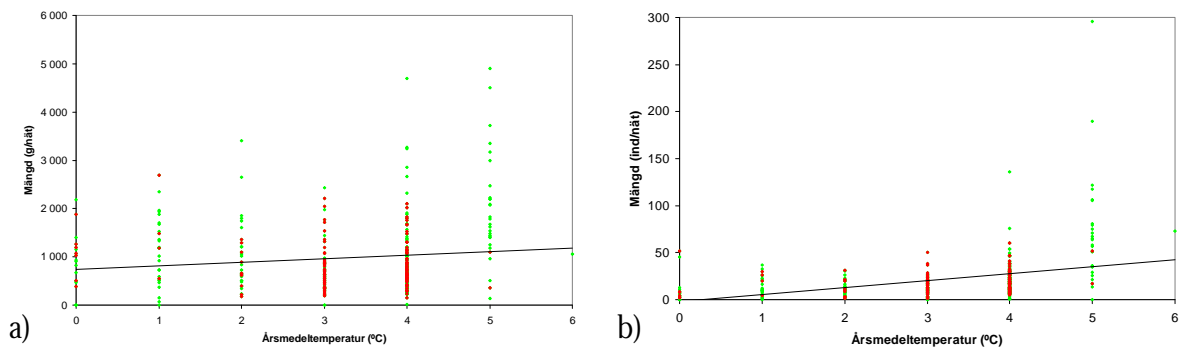
Nedan följer presentationer av hur mängd fångad fisk vid provfiske fördelar sig längs gradienter av olika omgivningsförhållanden, för provfiskade sjöar i Dalarna och övriga Delälvens vattensystem.



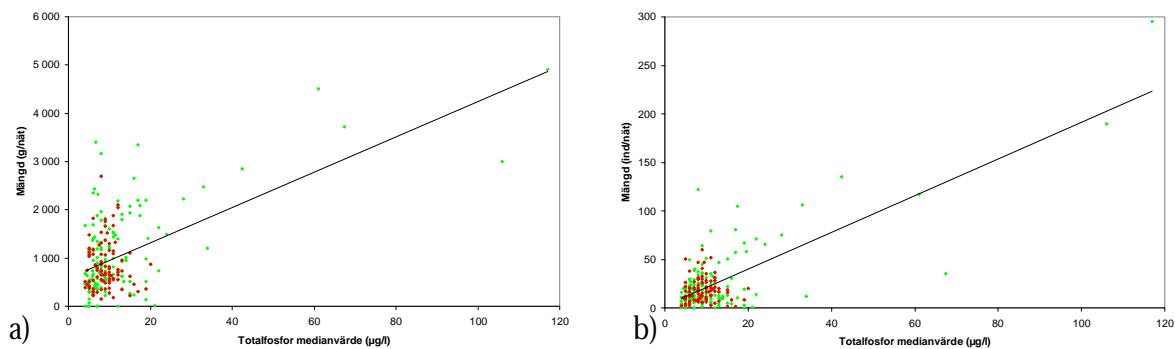
Figur I. Relativ biomassa (a) och relativt antal fiskar (b) som fångats vid 327 provfisketillfällen utförda inom Dalarna och övriga Dalälvens vattensystem, redovisat längs en gradient av sjöarnas **maximala djup**. Röda och gröna symboler representerar kalkade respektive okalkade sjöar. Svart linjär trendlinje är baserad på samtliga observationer, kalkade och okalkade.



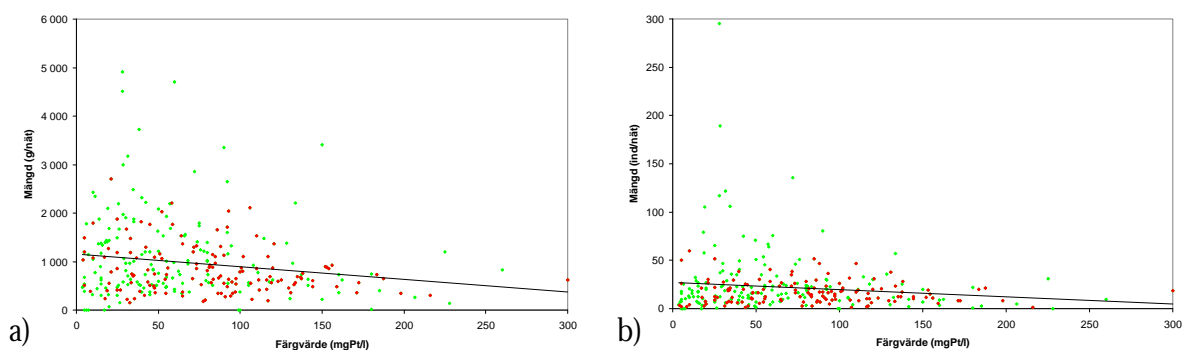
Figur II. Relativ biomassa (a) och relativt antal fiskar (b) som fångats vid 327 provfisketillfällen utförda inom Dalarna och övriga Dalälvens vattensystem, redovisat längs en gradient av sjöarnas **höjdförhållanden**. Röda och gröna symboler representerar kalkade respektive okalkade sjöar. Svart linjär trendlinje är baserad på samtliga observationer, kalkade och okalkade.



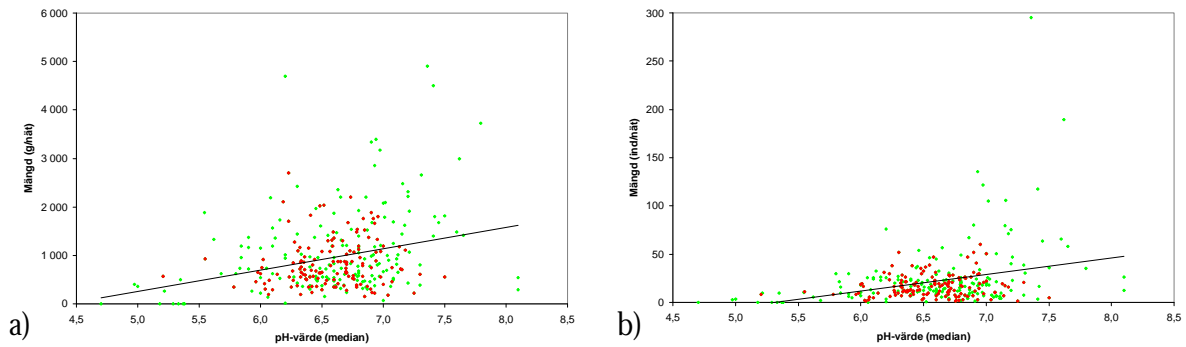
Figur III. Relativ biomassa (a) och relativt antal fiskar (b) som fångats vid 327 provfisketillfällen utförda inom Dalarna och övriga Dalälvens vattensystem, redovisat längs en gradient av sjöarnas klimatförhållanden med avseende på **årsmedellufttemperatur**. Medianvärden för uppmätta pH-värden har använts. Röda och gröna symboler representerar kalkade respektive okalkade sjöar. Svart linjär trendlinje är baserad på samtliga observationer, kalkade och okalkade.



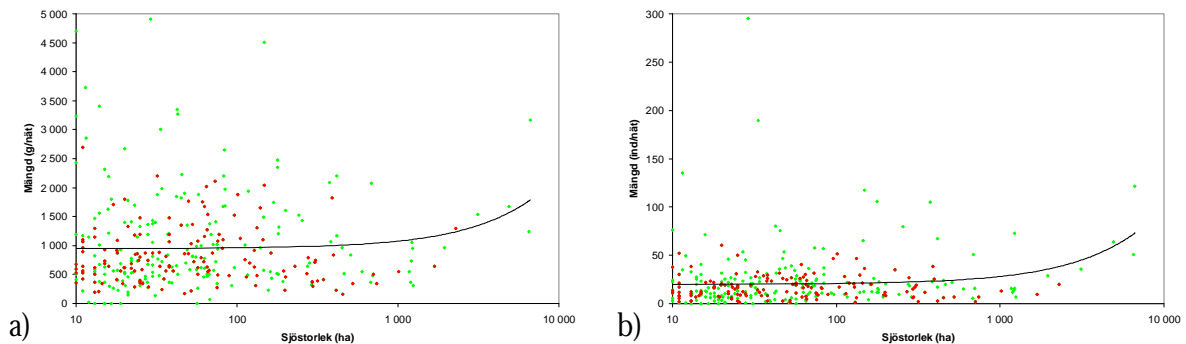
Figur IV. Relativ biomassa (a) och relativt antal fiskar (b) som fångats vid 327 provfisketillfällen utförda inom Dalarna och övriga Dalälvens vattensystem, redovisat längs en gradient av sjöarnas **näringsförhållanden**. Medianvärden för uppmätta totalfosforvärden har använts. Röda och gröna symboler representerar kalkade respektive okalkade sjöar. Svart linjär trendlinje är baserad på samtliga observationer, kalkade och okalkade.



Figur V. Relativ biomassa (a) och relativt antal fiskar (b) som fångats vid 327 provfisketillfällen utförda inom Dalarna och övriga Dalälvens vattensystem, redovisat längs en gradient av sjövattnets **färg**. Medianvärden för uppmätta färgvärden har använts. Röda och gröna symboler representerar kalkade respektive okalkade sjöar. Svart linjär trendlinje är baserad på samtliga observationer, kalkade och okalkade.



Figur VI. Relativ biomassa (a) och relativt antal fiskar (b) som fångats vid 327 provfisketillfällen utförda inom Dalarna och övriga Dalälvens vattensystem, redovisat längs en gradient av **surhetsförhållanden**. Medianvärden för uppmätta pH-värden har använts. Röda och gröna symboler representerar kalkade respektive okalkade sjöar. Svart linjär trendlinje är baserad på samtliga observationer, kalkade och okalkade.



Figur VII. Relativ biomassa (a) och relativt antal fiskar (b) som fångats vid 327 provfisketillfällen utförda inom Dalarna och övriga Dalälvens vattensystem, redovisat längs en gradient av **sjöstorlek**. Observera att x-skalan är logaritmerad. Röda och gröna symboler representerar kalkade respektive okalkade sjöar. Svart trendlinje är linjär och är baserad på samtliga observationer, kalkade och okalkade.

Bilaga 2 – Definitioner av termer och begrepp

Antal fångade fiskarter

Antalet fångade arter vid provfiske är ett indirekt mått på antalet förekommande arter, med den skillnaden att de arter som fångas vid ett provfiske oftast utgör de talrikast förekommande arterna. Det finns sjöar i Dalarna som hyser över 20 olika fiskarter, t ex Siljan och de stora sjöarna i Dalälvens nedre lopp. Dessa har provfiskats med 50 - 70 nät vardera, men som mest har 14 arter fångats. Vissa arterna som inte fångades är troligen extremt fåtaliga och sannolikt saknar de mer eller mindre betydelse för det övriga fisksamhällets utseende och funktion.

Fångst per ansträngning (CPUE)

Vid många slags provtagningar används olika stora provtagningsinsatser vid olika platser och vid olika tidpunkter. Vid provfiske i sjöar används olika antal nät beroende på sjöns storlek och djup. För att kunna uttrycka resultaten på ett sätt som medger att man kan jämföra resultaten mellan olika sjöar där olika antal nät (-ansträngningar) använts, så dividerar man fångstresultatet, antal fiskar och/eller samlad vikt, med det totala antalet nät som använts. Detta uttrycks om fångst per ansträngning, vanligtvis som ind/nät för antal eller g/nät för vikt.

Fångst per ansträngning betecknas ofta med CPUE – *Catch per unit effort*.

Färgvärde (färg)

Färgvärde uttrycker ett mått på vattnets färg eller humusinhåll och kan mätas med en komparator. Vattnets färg jämförs mot en platinalösning och mättenheten som används uttrycks i milligram platina per liter (mgPt/l). Provet får det mätvärde vars koncentration av platinalösningen som dess färg motsvarar.

Det går också att mäta färgvärde genom att mäta vattnets absorbans vid 420 nm. Absorbansvärdet multipliceras sedan med konstanten 500 eller en konstant som erhålls genom kalibrering av sambandet mellan färg och absorbansvärde för den specifika sjön.

Högsta kustlinjen (HK)

Den nivå som det forntida havet nådde som högst efter avsmältningen efter den senaste istiden.

Höjd över havet (höh)

Höjd över havet (höh) anger sjöytans läge i förhållande till havsnivån och mäts i meter, ofta uttryckt som *meter över havet* (möh).

Näringshalt (P)

Med näringsämnen menar man vanligen olika fosfor och kväveföreningar. I denna rapport avses endast koncentrationen totalfosfor uttryckt som $\mu\text{Pg/l}$.

Provfiske

Provfiske kan utföras med många olika metoder. Användningen av begreppet provfiske avses i denna rapport nätfiske med biologiska länkar, sk översiktsnät med många olika maskstorlekar i samma nät. Vid provfiske med översiktsnät fiskas sjöarnas alla djupzoner efter en beskriven metodik. Under de senaste 25 – 30 åren har två typer av nät använts; *Drottningholm-* och *Nordennät*. Nordennäten utgör den nyare modellen som successivt har ersatt den äldre modellen under 1990-talet. För mer detaljerad beskrivning av metoderna för nätprovfiske se Kinnerbäck (2001).

De två nätmodellerna har visat sig ge en liten skillnad i resultat med avseende på fångat antal och storleksfördelning, för vissa arter. En bedömning har dock gjorts att denna skillnad inte har någon signifikant betydelse för de analyser som genomförts i denna rapport. Resultaten har antagits vara likvärdiga för de båda nättyperna som använts.

Sjö

Med sjö avses i denna rapport en vattensamling med en obetydlig vattengenomströmningshastighet, vars yta överstiger 10 hektar enligt den digitala översiktskartan (skala 1:250 000).

Temperatur eller årsmedellufttemperatur (temp)

Utgör ett av SMHI modellerat värde som uttrycks i hela grader. Inom Dalarna förekommer sex olika "temperaturzoner", från 0 till 5°C.

Surhet (pH)

Surhet mäts som den negativa logaritmen av koncentrationen vätejoner (mol/l) i vattnet . Vanligtvis uttrycks surhet som pH-värde som vanligtvis varierar mellan 4 och 8. I denna rapport har medianvärden använts för att representera pH-värdet för av sjö.

Vattensystem

Omfattar flera sjöar och/eller vattendrag tillsammans, utgående från en viss sjö eller ett vattendrag inklusive samtliga vatten uppströms denna/detta.

Miljöenheten och Naturvårdsenhetens rapportserie

- 1969:01 Naturinventering av fyra domänreservat i Älvdalens kommun.
- 1970:01 Dalälven, den preglaciala älvfåran från Mora till Avesta.
- 1971:01 Översiktlig naturinventering av Nedre dalälvsområdet.
- 1971:02 Naturvårdsinventering av Sugnet, Rödberg, och Norra Trollegrav i Älvdalens kn.
- 1971:03 Naturvårdsinventering av Gyllbergsområdet i Borlänge kommun.
- 1972:01 Allmän översiktlig naturvårdsinventering av Falu kommun.
- 1972:02 Inventering av Fulufjällsområdet. Älvdalens kn.
- 1972:03 Översiktlig naturvårdsinventering av faunan vid Hovran och Trollbosjön, Hedemora kn.
- 1972:04 Inventering av Säterdalen, del 1.
- 1972:04 Inventering av Säterdalen, del 2.
- 1973:01 Inventering av naturreservatet Lugnet-Sjulsarvet, Falu kommun.
- 1973:02 Inventering av Stora Rensjön, Långsjöblecket och Södra Trollegrav i Älvdalens kommun.
- 1973:03 Fågelinventering av Fulufjället, Älvdalens kn.
- 1974:01 Bäverförekomsten i Kopparbergs län.
- 1974:02 Frostbrunnsdalen, inventering och planering, Borlänge kommun.
- 1974:03 Botanisk inventering av urkalksområdena i Kopparbergs län.
- 1974:04 Dalälven: rapport över 1972-73 års vattenundersökning.
- 1974:05 Grustillgångar och grusförbrukning i Kopparbergs län.
- 1974:06 Naturvårdsinventering av Tvärstupet, Borlänge kommun.
- 1974:07 Naturvårdsinventering av Realsbohage, Hedemora kommun.
- 1974:08 Fågelsjöar i Kopparbergs län.
- 1975:01 Blocksänkorna i Hytting, Borlänge kommun.
- 1975:02 Siljansbygden runt, planering av vandrings-, rid- och cykelled i siljansbygden, Mora, Leksand, Rättviks och Orsa kommuner.
- 1975:03 Översiktlig naturvårdsinventering av Hedemora kommun.
- 1975:04 Inventering av idrotts- och fritidsanläggningar i W län.
- 1975:05 Geomorfologisk utredning av Kungsgårdsholmarna, Avesta kn.
- 1975:06 Inventering av Byåsen, Avesta kn.
- 1975:07 Inventering av Trolldalen, Gagnefs kommun.
- 1975:08 Murbodäljorna, Borlänge kommun.
- 1975:09 Kopparbergs läns sjöar.
- 1975:10 Skattlösbergs by och dess slätterängar, Ludvika kommun.
- 1976:01 Inventering och planering av sjön Ärtan "ametistsjön", Vansbro kommun.
- 1976:02 Bysjöholmarna, Avesta kommun.
- 1976:03 Översiktlig natur- och landskapsvårdsinventering av Österdalälvens dalgång från Idre till Mora, Älvdalens och Mora kommuner.
- 1976:04 Översiktlig naturinventering av Ludvika kn.
- 1976:05 Inventering och analys av den odlade bygden runt Siljan. Leksands, Rättviks, Mora och Orsa kommuner, del 1.
- 1976:05 Inventering och analys av den odlade bygden runt Siljan. Leksands, Rättviks, Mora och Orsa kommuner, del 2.
- 1976:06 Avfallsanläggningar i Kopparbergs län.
- 1976:07 Inventering samt förslag till skötselplan för naturreservatet Stadjan-Nipfjället, Älvdalens kn.
- 1976:08 Alderängarna, inventering samt förslag till skötselplan, Mora kn.
- 1976:09 Naturinventering av Styggforsen, Rättviks kn.
- 1976:10 Översiktlig naturinventering av Borlänge kn.
- 1977:01 Rommehed, naturinventering med förslag till dispositions- och skötselplan, Borlänge kn.
- 1977:02 Dokumentation av Furudalsdeltat i Ore, Rättviks kommun.
- 1977:03 Sälenfjällen, inventering av natur och friluftsliv, Malungs kommun.
- 1977:04 Inventering av naturreservatet Långfjället - geologi, geomorfologi, friluftsliv, Älvdalens kn.
- 1977:05 Skyddsområden för grundvattentäkt inom Kopparbergs län.
- 1977:06 Eggarna, Näset, Öjarna, geovetenskapliga naturvårdsobjekt vid Yttermalung, Malungs kn.
- 1977:07 Försurning av sjöar i Kopparbergs län.
- 1978:01 Holmsjöarna - en naturinventering, Borlänge och Sätters kommuner.
- 1978:02 Inventering av grottor i Kopparbergs län.
- 1978:03 Inventering av Vedungsfjällen - geomorfologi, zoologi och rörligt friluftsliv, Älvdalens kn.
- 1978:04 Harmsarvet, inventering av naturförhållanden, jämte förslag till dispositions- och skötselplan, Falu kommun.
- 1978:05 Naturinventering av Hållaområdet, Malungs kn.
- 1978:06 Översiktlig naturinventering av Sätters kommun.
- 1978:07 Inventering av naturreservatet Hartjärn, Gagnefs kn.
- 1978:08 Inventering av naturreservatet Bösjön, Mora kn.
- 1978:09 Skyddsområden för grundvattentäkt inom Kopparbergs län.
- 1979:01 Översiktlig naturinventering av Avesta kommun.
- 1979:02 Översiktlig naturinventering av Gagnefs kn.
- 1979:03 Vattentäkt i Kopparbergs län.
- 1979:04 Kalkningsresultat i Trysjön, St. Låsen och N Almsjön, Gagnefs, Ludvika och Malungs kommuner.
- 1979:05 Naturinventering av Grövelsdalen, Älvdalens kn.
- 1979:06 Naturinventering av Tandövalaområdet, Malungs kommun.
- 1979:07 Försurning av sjöar del II (del I - 1977:7).
- 1980:01 Avloppsförhållanden i Kopparbergs län.
- 1980:02 Översiktlig naturinventering av Smedjebackens kommun.
- 1980:03 Inventering av Skattungbyfältet, en israndbildning kring högsta kustlinjen, Orsa kommun.
- 1980:04 Gårans framtida utnyttjande som recipient för avloppsvatten, Hedemora kommun.
- 1980:05 Entomologisk inventering av Birtjärnsberget, Vansbro kommun.
- 1981:01 Dalälven. Den preglaciala älvfåran från Mora till Avesta.
- 1981:02 Naturvårdsinventering av Hykjeberget, Älvdalens kommun.
- 1981:03 Naturvårdsinventering av Lybergsgnupen, Malung och Mora kommuner.
- 1981:04 Översiktlig naturvårdsinventering av Långfjället - Rogenområdet, Älvdalens och Härjedalens kommuner.
- 1982:01 Bonäsället en inventering av insektslivet, Mora kommun.
- 1982:02 Flodpärlmusslan *Margaritifera margaritifera* - en litteraturstudie.
- 1982:03 Översiktlig naturinventering av Rättviks kommun.
- 1982:04 Skyddsvärda fågelmyrar i Kopparbergs län.
- 1982:05 Inventering av skjutbanor i Kopparbergs län.
- 1982:06 Naturinventering av Juttulslätten, Älvdalens kn.
- 1982:07 Skyddsområden för grundvattentäkt inom Kopparbergs län.
- 1982:08 Inventering och planering av Finnbo-Kårarvsbrotten i Falu kommun.
- 1983:01 Översiktlig naturinventering för Dalafjällen, Malungs- och Älvdalens kommun.
- 1983:02 Naturinventering av Nybrännberget - Styggberget - Råklacken, Ludvika kommun.
- 1983:03 Översiktlig naturinventering för Leksands kommun.
- 1983:04 Inventering av Limsjön, Leksands kommun.
- 1984:01 Översiktlig naturinventering för Malungs kn.
- 1984:02 Översiktlig naturinventering för Orsa kommun.
- 1984:03 Geovetenskapliga naturvärden inom Dalälvsområdet mellan älvsammanflödet och Avesta.
- 1984:04 Dokumentation av istida landformer, isavsmältning och högsta kustlinje i Vämådalen och Orsasjöns randområden.
- 1985:01 Översiktlig naturinventering för Älvdalens kn.
- 1985:02 Översiktlig naturinventering för Mora kommun.
- 1985:03 Nedre Dalälvsområdet - en inventering av fem objekt i W-län, delen Tyttbo och Jugansboforsen.
- 1985:04 Nedre Dalälvsområdet - en inventering av fem objekt i W-län, delen Oxholmen, Storgundet och Mestaön.
- 1985:05 Morafältet - Skandinavians största fossila flygsandfält - en sammanställning av geologiska litteraturuppgifter.
- 1986:01 Översiktlig naturinventering för Vansbro kn.
- 1986:02 Inventering av grus och alternativa material i södra W-län.
- 1986:03 Värdefull natur i W-län - sammanställning inför naturvårdsprogram.
- 1986:04 Gåsberget - en skogsbiologisk inventering i W-län.
- 1988:01 Naturvårdsprogram för Kopparbergs län.
- 1988:02 Dalälvens vatten 1965 - 86.
- 1989:01 Kalkningseffekter i Hävlingens vattensystem.
- 1989:02 Kalkningseffekter i Foskan och Brunnan.
- 1989:03 Regional miljöanalys för Kopparbergs län.
- 1990:01 Transtrandfjällens skogar - en naturvärdesinventering av vårt sydligaste fjällområde.
- 1990:02 Våtmarker i Kopparbergs län.

1991:01	Försurningsituationen i några sjöar och vattendrag i Kopparbergs län. En studie av bottenfauna 1969 till 1989.	1999:02	Årsredovisning för "typområde på jordbruksmark" (JRK) – Mässingsboån och observationsfältet Haganäs, 1997-98.	2002:12	Falu gruva och tillhörande industrier - industrihistorisk kartläggning med avseende på förorenad mark.
1991:02	Försurningsutvecklingen i Kopparbergs län. En jämförande studie av bottenfaunamaterial insamlat 1975 - 81 och 1990.	1999:03	Svaveladsorbition i morän på Gyllbergen.	2002:13	Fågelfaunan på Fulufjället.
1993:01	Dalarnas ångar och betesmarker.	1999:05	Förorenad mark i Dalarnas län.	2002:16	Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2001. DVVVF.
1993:02	Inventering av grus och krossberg i Vansbro och Malungs kommuner.	1999:09	Rapport om jaktfalken i W Z AC och BD län.	2002:17	Närslalter i Dalälven 1990-2000. Temarapport, DVVVF.
1994:01	Värdefulla odlingslandskap i Dalarna.	1999:13	1998 års provfisken inom naturreservaten i norra Dalarna. Delrapport II.	2002:18	Fjällförvaltningen. Ansvarig Hasse Ericsson.
1994:02	Hovran. En utredning om CW-området	1999:14	Fulufjällsringen. En vision och framtidsstrategi.	2002:20	Fulufjällets omland. Etapp III. Slutrapport.
1994:03	Mossor och lavar vid Jättum	1999:16	Metaller i Dalälven – förekomst & ursprung, trender & samband, naturligt & antropogent. Dalälvens vattenvårdsförening.	2003:05	Inventering av näringsläckage från små vattendrag i Dalarnas jordbruksområden.
1994:04	Skyddsvärd naturskog i Mora. En inventering 1991-1992.	1999:17	Samordnad recipientkontroll i Dalälven 1998. Dalälvens vattenvårdsförening.	2003:09	Inventering av förorenade områden i Dalarnas län, Massa- och pappersindustri, träimpregnering och sågverk. Dalarnas miljömål, remissupplaga.
1994:05	Kalkningseffekter i Hävlingens vattensystem.	2000:07	Gyllbergens sjöar och vattendrag.	2003:15	Kemiska och biologiska effekter vid sodabehandling av försurade ytvatten i Dalarnas län.
1994:06	Valuable nature in the Loodi area, Viljandi county.	2000:09	Årsrapport för samordnad recipientkontroll i Dalälven 1999. DVVVF.	2003:18	Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2002.
1995:01	Koppången. En inventering av de skogliga naturvärdena inom Koppångenområdet.	2000:10	1999 års provfisken inom naturreservaten i Norra Dalarna. Delrapport III.	2003:19	Dalarnas miljömål.
1995:02	Skyddsvärd naturskog i Orsa.	2000:11	Fredriksbergs pappersbruk – industrihistorisk kartläggning med avseende på förorenad mark.	2003:22	Beslut om och yttranden över Dalarnas miljömål.
1995:03	Inventering av grus och krossberg inom Siljansregionen.	2000:12	Falu gasverk – industrihistorisk kartläggning med avseende på förorenad mark.	2003:23	Användning av fjärranalys och GIS vid tillämpning av EU:s ramdirektiv för vatten i Dalälvens avrinningsområde.
1996:01	Tjäberget. En inventering av de skogliga naturvärdena inom Tjäbergsområdet.	2000:13	Turbo pappersbruk – industrihistorisk kartläggning med avseende på förorenad mark.	2003:24	Provfiskade sjöar i Dalarnas län 2000 – 2002 – Biologisk uppföljning av kalkade vatten.
1996:02	Kallbolsfloten. En inventering av de skogliga naturvärdena på Kallbolsfloten.	2000:14	Pappersindustrin i Dalarna – industrihistorisk kartläggning med avseende på förorenad mark.	2003:25	Provfiskade vattendrag i Dalarnas län 2000 – 2002 – Biologisk uppföljning av kalkade vatten.
1996:03	Markens och det yliga grundvattnets försurningskänslighet i W-län.	2000:15	Aluminiumfabriken i Månsbo – industrihistorisk kartläggning med avseende på förorenad mark.	2003:26	Analys av skogarna i Dalarnas och Gävleborgs län. - Prioriteringsstöd inför områdesskydd.
1996:04	Inventering av glacialrelikta kräftdjur i Dalarna.	2000:16	Månsbo kloratfabrik – industrihistorisk kartläggning med avseende på förorenad mark.	2003:27	Utvärdering av metod för övervakning av skogsbiotoper.
1996:05	Järv, lodjur och varg i renskötselområdet. Inventeringsresultat 1996.	2000:17	Gruvavfallsundersökningar i Stollbergsområdet.	2004:07	Surstötter i norra Dalarna 1994-2002.
1997:01	Tillståndet i Dalarnas sjöar i oktober 1995.	2000:18	Vattenundersökningar i Nyängsån.	2004:08	Inventering av sandödlor i Dalarnas län.
1997:02	Regional övervakning av skogsområden i Dalarna.	2000:19	Vattenundersökningar i Stollbergsområdet.	2004:20	Inventering av förorenade områden i Dalarnas län, Industriområden längs Runns norra strand.
1997:03	Övervakning av faunan i fjällen, programförslag.	2000:20	1997 års regnkatastrof i Fulufjällsområdet.	2004:21	Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2003. DVVVF.
1997:04	Dalarnas urskogar.	2001:01	De mest värdefulla och skyddsvärda naturskogarna i Mora och Orsa. En prioritering och värdering.	2004:22	Ämnestransporter i Dalälven 1990-2003. Temarapport, DVVVF.
1997:05	Dalälvens vattenkvalitet 1990 – 1995.	2001:03	Grunufflot. En skoglig naturvärdesinventering av ett myrområde i Orsa kommun.	2004:23	Avloppsreningsverk i Dalarnas län.
1997:06	Smådjuret i Dalarnas vattendrag.	2001:04	Vattenkemiska förändringar i ett 40-tal sjöar i Dalarna mellan 1934, 1974 och 1996.	2004:24	Program för regional uppföljning av miljömål och åtgärder i Dalarna 2004-2006.
1997:07	Karaktärisering av tre sjöar i Dalarna med hjälp av System Aqua - inventering av makrofyter.	2001:08	Vattentäkter i Dalarnas län.	2005:01	Brand i Fulufjällets nationalpark.
1997:08	Exploatering och miljöpåverkan i ett fjällområde - historik och utveckling i Transtrandsfjällen.	2001:14	Dalarnas landmollusker.	2005:05	Inventering av förorenade områden i Dalarnas län, Kemiindustriestorn – kemtvättar.
1997:09	Dalälvens Vattenvårdsförening. Samordnad vattendragskontroll 1996. Vattenkemi, sedimentkemi, växtplankton, bottenfauna, fisk.	2001:15	Bedömningsgrunder för fysisk påverkan – Pilotprojekt med Dalälvens avrinningsområde som exempel.	2005:07	Rättvissheden Inventering av naturvärden inom Enån - Gärdssjöfältet – Ockran-dalgången, förslag till skydd och skötsel.
1997:10	Järv, lodjur och varg i renskötselområdet, resultat från 1997 års inventering.	2001:17	Järv, lodjur och varg i renskötselområdet. Inventeringsresultat 2001.	2005:10	Trädgränsen i Dalafjällen, del 1 o 2.
1997:11	Censusing spring population of willow grouse and rock ptarmigan.	2001:18	Vattenkemiska effekter av våtmarkskalkning i Skidåbäckens.	2005:13	Regional förvaltningsplan för stora rovdjur i Dalarnas län.
1998:03	The environmental status of the river Dalälven drainage basin.	2001:19	Årsrapport för samordnad recipientkontroll i Dalälven 2000. Dalälvens vattenvårdsförening.	2005:14	Inventering av förorenade områden i Dalarnas län – Gruvindustri.
1998:04	1997 års provfisken inom naturreservaten i norra Dalarna.	2002:03	De rinnande vattnen på Fulufjäll - fiskbestånd, bottenfauna, och lavar i vattendrag på Fulufjället. Inventeringar 2000-2001.	2005:16	Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2004.
1998:05	Miljön i Dalarna – strategi för regional miljö (STRAM), ca 150 sidor. Miljön i Dalarna – kortversion, 17 sidor.	2002:04	Fulufjällets omland, reserapport Abruzzo	2005:19	Metallhalter i dricksvatten från borrhållare i Dalarnas län.
1998:06	Årsredovisning för "Typområde på jordbruksmark" (JRK), Dalarnas län.	2002:10	Skalbagsfaunan på Fulufjället.	2005:21	Fisk- och kräftodlingsverksamhet i Dalarnas län – nulägesbeskrivning 2004.
1998:07	Försurat eller naturligt surt? En undersökning av den historiska pH-utvecklingen i tre sjöar i Gyllbergen.			2005:23a	Efterbehandling av gruvavfall i Falun.
1998:11	Fulufjällets omland.			2005:23b1	Efterbehandling av gruvavfall i Falun.
1998:12	Nätverksaktion färgkemikalier.				Delrapport 1 Kartläggning av metalläckage och miljöriskbedömning.
1998:14	Samordnad vattendragskontroll 1997. Dalälvens vattenvårdsförening.			2005:23b2	Delrapport 1. Bilagor
1998:17	Järv, lodjur och varg i renskötselområdet, rapport från 1998.			2005:23b3	Delrapport 1. Ritningar

Länsstyrelsen Dalarna
791 84 Falun
Tfn (vx) 023-81000, Fax 023-813 86
dalarna@lansstyrelsen.se
www.lansstyrelsen.se/dalarna



LÄNSSTYRELSEN
DALARNAS LÄN