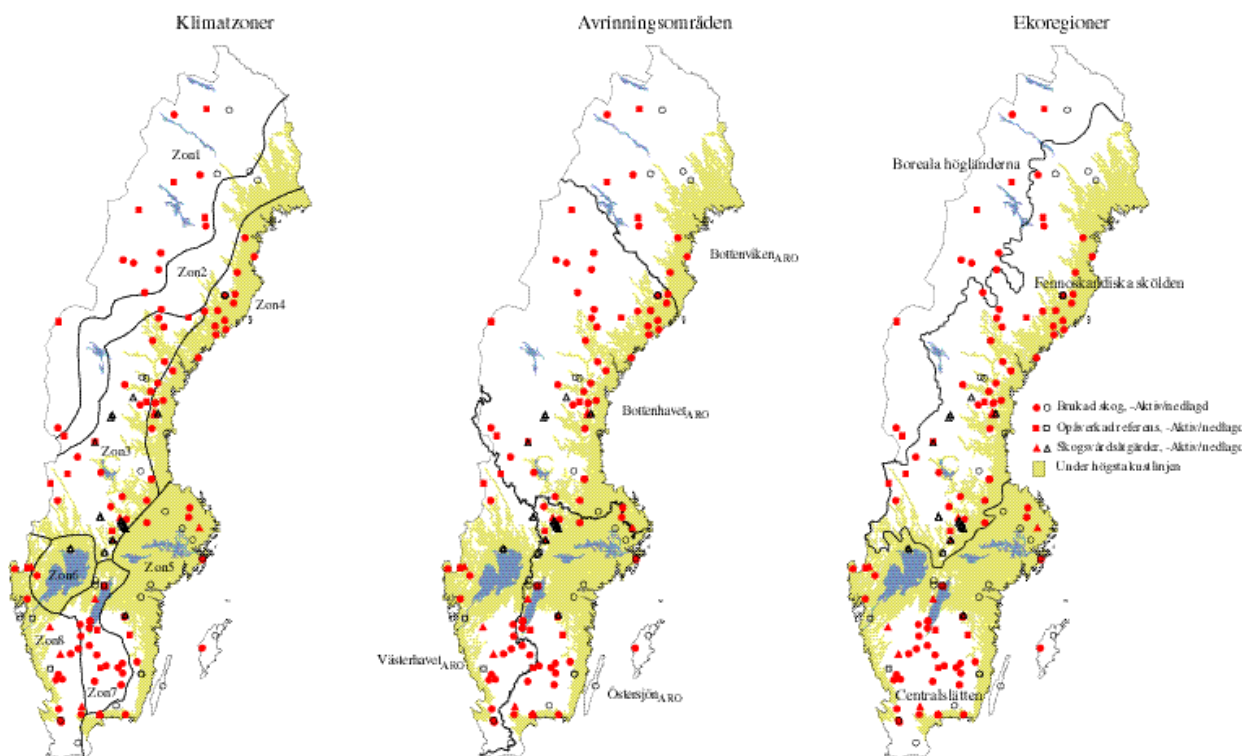


# Övervakning av akvatiska system i brukad skog

– nuvarande status och förslag till framtida program.



**Stefan Löfgren & Hans Olofsson**

# **Övervakning av akvatiska system i brukad skog**

– nuvarande status och förslag till framtida program.

Stefan Löfgren<sup>1</sup>

Hans Olofsson<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Institutionen för miljöanalys, SLU, Box 7050, 750 07 Uppsala, Stefan.Lofgren@ma.slu.se

<sup>2</sup> Länsstyrelsen Dalarnas län, Miljövårdsenheten, 791 84 FALUN, Hans.Olofsson@w.lst.se

Institutionen för Miljöanalys  
Sveriges lantbruksuniversitet  
Box 7050  
750 07 Uppsala  
Tel. 018 – 67 31 10  
<http://www.ma.slu.se>

*Tryck:* 150 exemplar, Institutionen för Miljöanalys, Uppsala, december 2002

ISSN: 1403-977X

## **Förord**

Inför arbetet med den internationella rapporteringen till HELCOM 2002 (PLC4) uppmärksammades Naturvårdsverket på att det saknades underlag för att på ett vetenskapligt stringent sätt beräkna tillförseln av kväve och fosfor från brukad skog till egentliga Östersjön, Bottenhavet och Bottenviken. Orsaken var att forsknings- och miljöövervakningsdata från sydöstra och norra Sverige var ofullständigt kända och inte fanns lättåtkomligt sammanställda. Undertecknad fick därför i uppdrag av Naturvårdsverket att sammanställa vilka mätprogram som under de senaste decennierna haft inriktning mot att studera akvatiska system i skogliga avrinningsområden samt att utarbeta ett förslag till framtida utformning av miljöövervakningsprogram för sådana miljöer. Anders Widell har varit ansvarig vid Naturvårdsverket. Arbetet har utförts av undertecknad i samarbete med Hans Olofsson vid Länsstyrelsen i Dalarnas län, som sedan början på 1990-talet arbetar med att utveckla länets miljöövervakningen i terrestra och akvatiska miljöer bl.a. via fjärranalys.

Naturvårdsverket har under hösten 2002 begärt in synpunkter på en remissutgåva av denna rapport dels internt och dels från 11 olika myndigheter och organisationer. Svar erhöles från Skogsstyrelsen, Skogsfakulteten vid SLU, IVL och KSLA samt från två enheter vid Naturvårdsverket (NI och Mm). För remissorganens yttranden hänvisas till Naturvårdsverket. Slutsatserna av yttrandena sammanfattas i sista kapitlet på denna rapport, vilken utgör den slutgiltiga redovisningen av vårt uppdrag.

Stefan Löfgren

Uppsala, 19 december 2002

## Innehåll

Förord.....	i
Innehåll.....	ii
Sammanfattning .....	1
1. Inledning och bakgrund .....	3
2. Utredningens syften .....	4
3. Skogspolitiska mål.....	4
4. Skogsbruket och de nationella miljömålen.....	5
5. Skogsbruket och EU:s ramdirektiv för vatten .....	6
6. Miljöövervakning och EU:s ramdirektiv för vatten .....	6
7. Miljöövervakning och forskning i akvatiska system – nuvarande program.....	8
8. Skogliga avrinningsområden med övervakning av den akvatiska miljön – nuvarande status. ....	12
9. Program för övervakning av akvatiska system i brukad skog – överväganden och förslag till inriktning .....	20
10. Program för övervakning av akvatiska system i brukad skog – förslag till framtida utformning .....	22
11. Program för övervakning av akvatiska system i brukad skog – kostnader .....	26
12. Våra slutsatser av remissinstansernas yttranden.....	26
Referenser .....	27
Bilaga 1 .....	29

## Sammanfattning

Skogsbruket påverkar de akvatiska ekosystemen på många olika sätt, vilket kan ge upphov till negativa effekter för vattenlevande organismer bl.a. genom fysisk störning och/eller kemisk påverkan i form av t.ex. tillförsel av organiskt material, näringsämnen, aciditet och/eller metaller. Detta har föranlett samhället, naturvårdsorganisationer m.fl. att ställa krav på en utveckling av skötselmetoder som minskar störningarna på den akvatiska miljön. Dessa krav manifesteras bl.a. i de skogspolitiska målen för produktion och miljö (Prop. 1992/93:226), de svenska Miljömålen (SOU 2000:52; Prop. 2001/02:130) och EU:s Vattendirektiv (2000/60/EG).

Den vetenskapliga kunskapen om olika skötselmetoders långsiktiga effekter på den akvatiska miljön är dock anmärkningsvärt låg och dessvärre är även omfattningen mycket låg vad avser pågående övervakning och forskning med denna inriktning. Projekten drivs vanligtvis under ett fåtal år varefter verksamheten upphör. Många av tidsserierna har därför ett begränsat värde för att geografiskt och tidsmässigt generalisera skogsbrukets långsiktiga effekter på den akvatiska miljön.

Det föreligger följaktligen ett stort behov både hos samhället i stort och näringen av att dels förmedla säkrare analyser över skogsbrukets långsiktiga påverkan på miljötillståndet i svenska ytvatten och dels erhålla underlag för att förbättra skötselmetoderna. En nödvändig komponent i denna kunskapsuppbyggnad är att utveckla mätprogram som kan användas för att rumsligt och tidsmässigt skatta olika skötselåtgärders effekter via faktiska mätdata och i kombination med modeller.

Syftena med detta arbete har varit att dokumentera den svenska övervakning och forskning som idag är inriktad mot att belysa långsiktiga biogeokemiska effekter på akvatiska system i brukad skog samt att ge förslag till hur denna övervakning skulle kunna utformas i framtiden. Resultaten från det föreslagna mätprogrammet skall kunna användas för att optimera skogsbrukets skötselmetoder och dokumentera om man i akvatiska system i brukad skog uppnått de svenska Miljömålen, som underlag för om man uppnått god vattenkvalitet i enlighet med EU:s Vattendirektiv samt för källfördelningsarbeten i samband HELCOM, OSPARCOM, LRTAP etc.

Totalt har 177 vattendragobjekt identifierats med avrinningsområden  $<100 \text{ km}^2$  och en undersökningsmetodik som möjliggör grova uppskattningar av vattenflöden och ämnesförluster. Av dessa är idag fortfarande 112 i drift. Antalet avrinningsområden som ej påverkats av skogsbruk under det senaste århundradet är ca 20 stycken. Områdena är små (median  $1,5 \text{ km}^2$ ) och mätningarna utförs främst inom ramen för miljöövervakningen och de är i huvudsak fortfarande i drift. Avrinningsområdesstudier av normalt brukad skogsmark, där man inte haft som syfte att studera effekterna av en enskild brukningsåtgärd utan följt effekterna av alla de åtgärder som skogsägarna utfört i området, har som mest omfattat ca 120 objekt. Områdena är vanligtvis betydligt större (median= $14 \text{ km}^2$ ) än referensområdena. De ca

80 objekt som nu är i drift finansieras främst genom regional och nationell miljöövervakning. Effekterna av skogsbruksåtgärder har studerats i ett 40-tal tämligen små avrinningsområden (median 0,9 km<sup>2</sup>) inom ramen för olika forskningsprojekt. Omkring tre fjärdedelar (78%) av objekten är ej längre i drift. Undersökningsperioden har ofta varit kort (median = 4 år) som en följd av finansiering via forskningsmedel. Till de objekt som fortfarande är i drift hör SLU:s långliggande försöksområden och ett fåtal objekt som löpt länge och vars finansiering på senare år även stöttats av regional miljöövervakning.

Den geografiska lokalisering av objekten till södra halvan av landet antyder att det medför osäkerheter i att tillämpa resultaten för norra Sverige. Inga undersökningar av enskilda skogsbruksåtgärders effekter har utförts norr om Ljusnans avrinningsområde.

Arbetet har resulterat i förslag till följande delprogram med inriktning mot den akvatiska miljön:

- Synoptiska undersökningar med syfte att påvisa geografiska skillnader av brukningsåtgärder i svensk skogsmark.
- Tidsseriestudier med syfte att påvisa temporala variationer och långsiktiga trender orsakad av svenskt skogsbruk generellt och i större sammanhängande skogsområden.
- Tidsseriestudier med syfte att påvisa temporala variationer och långsiktiga trender orsakad av enskilda skogsbruksåtgärder i små skogsområden.
- Integrerad övervakning i små avrinningsområden med syfte att kvantitativt förstå de processer som olika skogsbruksåtgärder ger upphov till med avseende på effekter i vegetation, mark och vatten.
- Karteringar av avrinningsområdena, med syfte att definiera områdenas representativitet och som underlag för källfördelningar och andra modellberäkningar.

Drift- och utvärderingskostnaden beräknas till ca 16 mkr/år varav knappt 4 mkr/år redan är finansierad via andra miljöövervakningsprogram. Genom att starta upp delprogrammen under en 2-årsperiod kan etableringskostnaderna fördelas från ca 26 mkr till ca 13 mkr/år.

Kommentarer till förslaget har erhållits från Skogsstyrelsen (samordnat svar från skogsskötsel-, analys- och miljöavdelningarna), Skogsfakulteten vid SLU, IVL och KSLA samt från två enheter vid Naturvårdsverket (landmiljö- och miljöövervakningsenheterna). Den viktigaste slutsatsen av remissinstansernas yttranden är att man prioriterar olika delar i det föreslagna programmet olika högt, d.v.s. det saknas en gemensam syn på vilka frågeställningar som övervakningsprogrammet skall besvara och hur mycket det får kosta. Det innebär t.ex. att Skogsstyrelsen och Naturvårdsverket, de mest berörda myndigheterna, delvis förordar olika inriktning och ambitionsnivå. Naturvårdsverket och Skogsstyrelsen rekommenderas därför att tillsammans med näringen skapa en gemensam syn på hur övervakningen av brukad skog skall utföras i framtiden.

## 1. Inledning och bakgrund

Skogsbruket påverkar de akvatiska ekosystemen på många olika sätt, vilket kan ge upphov till negativa effekter för vattenlevande organismer bl.a. genom fysisk störning och/eller kemisk påverkan i form av t.ex. tillförsel av organiskt material, näringsämnen, aciditet och/eller metaller. Detta har föranlett samhället, naturvårdsorganisationer m.fl. att ställa krav på en utveckling av skötselmetoder som minskar störningarna på den akvatiska miljön. Dessa krav manifesteras bl.a. i de skogspolitiska målen för produktion och miljö (Prop. 1992/93:226), de svenska Miljömålen (SOU 2000:52; Prop. 2001/02:130) och EU:s Vattendirektiv (2000/60/EG).

Näringslivet har uppmärksammat detta på många sätt och skogsägarna försöker idag att bedriva ett miljöanpassat skogsbruk. Flera åtgärder genomförs till betydande kostnader för att skydda de akvatiska miljöerna i form av anläggande av buffertzoner, ökad andel lövträd, anpassad dränering etc. Skogsvårdsorganisationen har dessutom nyligen föreslagit regeringen ett omfattande åtgärdsprogram mot markförurning, vars miljömässiga syfte primärt är att skydda ytvatten i skogslandskapet (Skogsstyrelsen 2001a). Skogsägarnas behov av miljöcertifiering är uttalad, men de befintliga certifieringssystemen är i huvudsak inriktade mot hänsyn till den terrestra miljön.

Den vetenskapliga kunskapen om olika skötselmetoders långsiktiga effekter på den akvatiska miljön är dock anmärkningsvärt låg och dessvärre är även omfattningen mycket låg vad avser pågående övervakning och forskning med denna inriktning. Svensk skogsforskning är i hög grad inriktad mot att studera hur enskilda brukningsåtgärder påverkar virkesproduktion och terrester miljö. Projekten drivs vanligtvis under ett fåtal år varefter verksamheten upphör. De långliggande försöken utgör undantag (t.ex. integrated monitoring, IM och ytterligare ett 10-tal brukade områden), men de är få och endast 17 av de ca 3000 svenska försöken i Noltfox/Metla-databasen (<http://noltfox.metla.fi>) har påbörjats med syfte att studera miljöeffekter i ytvattensystemen. Många av de långa tidsserierna har därför ett begränsat värde för att geografiskt och tidsmässigt generalisera skogsbrukets långsiktiga effekter på den akvatiska miljön.

Trots dessa geografiska och tidsmässiga begränsningar används resultaten från undersökningarna som underlag för att sprida information till skogsägare och allmänhet om skötselmetodernas miljöeffekter, för undervisning, för att formulera miljömål, för att upprätta åtgärdsprogram etc. och de används även internationellt i olika konventionsarbeten som OSPARCOM, HELCOM, LRTAP etc. Resultaten används även till scenarior och prognoser av skogsbrukets miljöpåverkan med avseende på t.ex. kväveförluster till ytvatten, skogsmarkens och ytvattens surhetstillstånd och effekter på den biologiska mångfalden.

Det föreligger följaktligen ett stort behov både hos samhället i stort och näringslivet av att dels förmedla säkrare analyser över skogsbrukets långsiktiga påverkan på miljötillståndet i svenska ytvatten och dels erhålla underlag för att förbättra skötselmetoderna. En nödvändig



komponent i denna kunskapsuppbyggnad är att utveckla mätprogram som kan användas för att rumsligt och tidsmässigt skatta olika skötselåtgärders effekter via faktiska mätdata och i kombination med modeller. De senare behöver utvecklas bl.a. med avseende på rumslig upplösning, vilket t.ex. kan uppnås genom att utnyttja data baserade på en kombination av fjärranalys och mer ”punktvis” information, t.ex. från Riksskogstaxeringen, Ståndortskarteringen och akvatisk miljöövervakning.

## **2. Utredningens syften**

Syftena med detta arbete har varit att dokumentera den svenska övervakning och forskning som idag är inriktad mot att belysa långsiktiga biogeokemiska effekter på akvatiska system i brukad skog samt att ge förslag till hur denna övervakning skulle kunna utformas i framtiden. Särskild vikt har lagts vid att försöka utforma det framtida övervakningsprogrammet så att effekterna kan skattas på regional nivå samt att belysa trender i olika delar av Sverige. Resultaten från det föreslagna mätprogrammet skall kunna användas för att optimera skogsbrukets skötselmetoder och dokumentera om man i akvatiska system i brukad skog uppnått de svenska Miljömålen, som underlag för om man uppnått god vattenkvalitet i enlighet med EU:s Vattendirektiv samt för källfördelningsarbeten i samband HELCOM, OSPARCOM, LRTAP etc. Förslaget skall kunna ligga till grund för Naturvårdsverkets och Skogsstyrelsens diskussioner om utformningen av den framtida övervakningen av brukad skog.

## **3. Skogspolitiska mål**

Skogen är en nationell tillgång som skall skötas så att den uthålligt ger en god avkastning samtidigt som den biologiska mångfalden bibehålls. Vid skötseln skall hänsyn tas även till andra allmänna intressen. Skogspolitiken har två mål fastlagda av riksdagen (Prop. 1992/93:226), ett produktionsmål och ett miljömål. De båda målen skall väga lika tungt. Miljömålet innebär att skogsmarkens naturgivna produktionsförmåga skall bevaras samt att den biologiska mångfalden och den genetiska variationen i skogen skall säkras. Skogen skall brukas så att växt- och djurarter som naturligt hör hemma i skogen ges förutsättningar att fortleva under naturliga betingelser och i livskraftiga bestånd. Med anledning av riksdagens beslut om de skogspolitiska målen och de nationella miljömålen (se nedan) så har regeringen konstaterat att det ställs stora krav på engagemang från Skogsvårdsorganisationens sida och att det behövs nya resurser för rådgivning, information, miljöövervakning och områdesskydd (Prop. 2001:02:1).

Skogsvårdsorganisationen har tidigare i första hand inriktat miljöarbetet mot de terrestra förhållandena, men i samband med åtgärdsprogrammet mot markförsurning (Skogsstyrelsen 2001a) utökar man miljöarbetet till att omfatta även ytvattnen i skogslandskapet. Den övergripande målsättningen för åtgärdsprogrammet är att

- *skogsmarkens närings- och syra/bas-status skall medge en bevarad biologisk mångfald i skogslandskapets skogs- och vattnekosystem samt en uthållig virkesproduktion.*

Vidare utpekats delmålet att

- *skogsmarkens läckage av aluminium och vätejoner till yt- och grundvatten skall långsiktigt minska till nivåer som inte ger upphov till skador på den biologiska mångfalden i vattenekosystemet.*

I förslaget föreslår Skogsstyrelsen att man skall utveckla ett effektuppföljningsprogram som löper under flera årtionden, d.v.s. under den period då åtgärderna förväntas få effekter. Effektuppföljningen skall vara kopplad till de nationella miljömålen bl.a. Bara naturlig försurning, Levande sjöar och vattendrag samt Levande skogar (se nedan).

#### **4. Skogsbruket och de nationella miljömålen**

Skogsbrukets inverkan på den akvatiska miljön berörs främst av miljömålen Levande skogar, Ingen övergödning, Bara naturlig försurning, Giftfri miljö och Levande sjöar och vattendrag (SOU 2000:52). Varje miljömål är indelat i delmål som preciserar vad som skall uppnås. Det målstyrda arbetet förutsätter en väl utvecklad miljöövervakning som är utformad för att analysera måluppfyllelsen.

Två delmål är direkt knutna till skogsbrukets långsiktiga påverkan av akvatisk miljö:

- *Senast år 2009 skall det finnas ett åtgärdsprogram enligt EG:s ramdirektiv för vatten som anger hur God ytvattenstatus skall uppnås*  
(Ingen övergödning, Levande sjöar och vattendrag).
- *Före år 2010 skall trenden mot ökad försurning av skogsmarken vara bruten i områden som försurats av människan och en återhämtning skall ha påbörjats*  
(Bara naturlig försurning).

Regeringens delmål (SOU 2000:52; Prop. 2001/02:130) visar också att skogsbruket inte får äventyra yt- och grundvattnens ekologiska tillstånd och funktion.

- *Belastningen av näringsämnen och föroreningar får inte minska förutsättningarna för biologisk mångfald*  
(Ingen övergödning, Levande sjöar och vattendrag)
- *Sjöar och vattendrag har God ytvattenstatus med avseende på artsammansättning och kemiska och fysikaliska förhållanden enligt EG:s ramdirektiv för vatten*  
(Levande sjöar och vattendrag, Ingen övergödning)
- *Skogsmarkens naturgivna produktionsförmåga bevaras*  
(Levande skogar)
- *Skogsekosystemets naturliga funktioner och processer upprätthålls*  
(Levande skogar)
- *Skogarnas naturliga hydrologi värnas*  
(Levande skogar)
- *Grundvatten bidrar inte till ökad övergödning av ytvatten*  
(Ingen övergödning)

- *Skogsmark har ett näringstillstånd som bidrar till att bevara den naturliga artsammansättningen*  
(Ingen övergödning)
- *Markanvändningens bidrag till försurning av mark och vatten motverkas genom att skogsbruket anpassas till växtplatsens försurningskänslighet*  
(Bara naturlig försurning)

## **5. Skogsbruket och EU:s ramdirektiv för vatten**

Syftet med EU:s ramdirektiv för vatten (2000/60/EG, Artikel 1a) är att upprätta en ram för skyddet av inlandsvatten, vatten i övergångszon, kustvatten och grundvatten t.ex. för att:

- *hindra ytterligare försämring och skydda och förbättra statusen hos akvatiska ekosystem och, såvitt avser deras vattenbehov, även terrestra ekosystem och våtmarker som är direkt beroende av akvatiska ekosystem.*

Ramdirektivet avses kunna användas för att via åtgärdsprogram reglera utsläppen från både punktkällor och diffusa källor (2000/60/EG, Artikel 10 & 11), vilket innebär att skogsbrukets skötselåtgärder kan förväntas påverkas av den nya lagstiftningen. Direktivet reglerar även hur yt- och grundvattenstatusen skall övervakas (2000/60/EG, Artikel 8).

## **6. Miljöövervakning och EU:s ramdirektiv för vatten**

År 2006 ska tillståndet i sjöar och vattendrag kunna bedömas enligt EU:s ramdirektiv för vatten (2000/60/EG). Miljöövervakningsprogram ska då finnas i drift och miljöanalyser baserade på dessa mätdata skall ligga till grund för åtgärdsplaner inom avrinningsområdena. Målet är att alla vatten ska uppnå ”god ytvattenstatus” år 2015.

Ytvattenförekomsternas lokalisering och gränser ska fastställas och en första karaktärisering av alla sådana förekomster ska genomföras av medlemsstaterna enligt ramdirektivet (Fölster & Johansson, 2002). Ytvattenkategorierna i vilka förekomsterna ska indelas är floder, sjöar, vatten i övergångszon, kustvatten samt konstgjorda eller kraftigt modifierade ytvattenförekomster. Konstgjorda och kraftigt modifierade vatten kännetecknas av att de är så påverkade av mänsklig verksamhet, eller att deras naturliga tillstånd är sådant, att uppnå god status är mycket svårt eller orimligt dyrt att genomföra. Därmed ersätts målet att uppnå god status med målet att uppnå en ”god potential” till 2015. Konstgjorda och kraftigt modifierade objekt ska övervakas i samma omfattning som övriga.

För varje ytvattenkategori skall alla ytvattenförekomster differentieras efter typ. Detta kan ske antingen genom att utgå från ekoregioner och variabler som höjdbelägenhet, storlek, medeldjup (sjöar) och geologi (system A) eller genom att dessutom utgå från klimatdata, hydromorfologiska och fysikalisk/kemiska parametrar som bestämmer karakteristika för vattenområdet och dess växt- och djursamhällen (system B).

Typindelningen av vattendrag enligt det enklare systemet A bygger på 4 storleksklasser (10-100, 100-1000, 1000-10000 och >10000 km<sup>2</sup>), 3 höjdklasser (<200, 200-800 och >800 m ö h) och 3 geologiska klasser (organiska, kalkrika och kiseldominerade) avseende tillrinningsområdena. Eftersom Sverige indelas i tre ekoregioner innebär det att våra vattendrag skall indelas i 108 (4\*3\*3\*3) vattendragstyper.

För varje typ av sjö eller vattendrag ska typspecifika referensförhållanden fastställas för hydromorfologiska, fysikalisk- kemiska och biologiska parametrar. Dessa ska i huvudsak representera av människan opåverkade förhållanden. Bedömningen kan ske genom att data utnyttjas från opåverkade stationer eller genom olika typer av modellberäkningar. Där inget av detta är möjligt kan så kallade expertbedömningar användas för att fastställa referensvärden. Varje land skall upprätta ett nät av referensstationer för varje typ av ytvattenförekomst där referensförhållandena kan definieras, jämföras mellan länder och följas i tiden.

Förutom fastställande av typspecifika referensvärden för god ekologisk status skall varje land också samla in och bevara information rörande mänsklig påverkan på sjöar och vattendrag, vilket omfattar uppskattning och identifiering av betydande förorening från såväl punktkällor som diffusa källor, betydande vattenuttag, flödesreglering, morfologiska förändringar och markanvändningsmönster. Vidare skall varje medlemsstat genomföra en bedömning av hur känsliga sjöarnas och vattendragens status är för den påverkan som har beskrivits (bedömning av miljökonsekvenser) och upprätta förvaltningsplaner för varje vattendistrikt.

Ett program för övervakning av vattenstatusen ska upprättas för att ge ett underlag för att ta fram miljö kvalitetsmål, åtgärdsprogram och för att ge besked om i vilken utsträckning de uppsatta målen uppnåts. Övervakningen är uppdelad i tre moment:

- *Kontrollerande övervakning*, vilken syftar till att bedöma de långsiktiga förändringarna i naturliga förhållanden och påverkan som orsakas av omfattande mänsklig verksamhet. Den skall genomföras var 6:e år för ett så stort antal sjöar och vattendrag att en bedömning kan göras av den allmänna statusen i varje avrinningsområde.
- *Operativ övervakning*, vilken syftar till att beskriva miljöstatusen i de vatten som inte uppnår målen för god vattenkvalitet eller där risk finns för att målen inte uppnås.
- *Undersökande övervakning* görs bara i undantagsfall, till exempel vid olyckor eller där orsakerna till att miljö kvalitetsmål eller normer inte uppnås är oklara.

Beroende på graden av avvikelse från de typspecifika referensförhållandena sker en klassificering av ekologisk status i klasserna hög, god, måttlig, otillfredsställande eller dålig. Bedömningen av ekologisk status utgår i första hand från biologiska kvalitetsparametrar. Hydromorfologiska respektive kemiska och fysikalisk-kemiska parametrar tjänstgör som stöd till de biologiska parametrarna vid bedömning av ekologisk status.

För att underlätta en gemensam tolkning och samordnad implementeringen av ramdirektivet i medlemsländerna, vilka har olika grundförutsättningar för införandet, utarbetas nu en

gemensam strategi (CIS, 2001). Många av de ingående delprojekten i detta arbete kommer att pågå ännu några år, varför ramdirektivets direkta betydelse för övervakningen av akvatiska system är oklar på detaljnivå.

## **7. Miljöövervakning och forskning i akvatiska system – nuvarande program**

Miljöövervakningen av akvatiska system i skog baseras på delmoment inom flera programområden. Både nationell och regional miljöövervakning, som finansieras av Naturvårdsverket, samt skogsvårdsorganisationens undersökningar (ex. skogsskadeytor) bidrar med underlag. Delmomenten har primärt egna syften och har vanligtvis inte utformats med tanke på att samordnat ge ett integrerat underlag för att beskriva miljötillståndet i landets skogsvatten. Omfattande information om skogsbrukets påverkan på ytvatten och vår tolkning av miljötillståndet genereras också inom ramen för olika forskningsprojekt.

### Obsytor – miljöövervakning på skogliga observationsytor (SVO & EU)

Under 1995-97 lades 223 obsytor ut över hela landet i ett objektivi rutnät, med ökande täthet från norr till söder (Skogsstyrelsen 2001b). Obsytan är en provyta (40 x 70 m) i brukad skog (gran, tall, bok eller ek) och man insamlar data på bl.a. väderlek, deposition, markvatten, markkemi, trädvitalitet etc. Syftet med övervakningen är att följa hur olika miljöfaktorer påverkar skogens hälsa, t.ex. väderlek, luftföroreningar, marktillstånd och olika former av skadegörare. Övervakningen på 100 av obsytorna ingår i ICP-Forest och finansieras till 50% av EU. Ytvattenundersökningar ingår ej i programmet.

### Programområde Luft (NV)

Nedfallsmätningar inom krondropps- och nederbörds-kemiska nätet ger tillsammans med modellberäkningar (SMHI:s MATCH-modell) rikstäckande information om påverkan av försurande ämnen på skogsmark och ytvatten. Modellen ger information om årlig nederbörd samt torrt och vått nedfall för 11\*11 km<sup>2</sup> stora pixlar.

### Programområde Landskap (NV)

Landskapsövervakning baserat på en kombination av flygbildstolkning och fältinventering i 5\*5 km<sup>2</sup> stora stickprovsytor genomförs från och med 2003 med ett femårigt omdrev inom programmet Stickprovsvis Landskapsövervakning (SLÖ, Essen m fl. 2002). Nära 600 provytor, motsvarande ca 3% av Sveriges landyta, lokaliseras med olika täthet inom olika strata för att optimera informationen för alla markslag (Ståhl, 2002). För skogsmark genereras förutom information avseende storlek, form och rumslig fördelningar av olika skogstyper även detaljerad fältinformation i den centrala km<sup>2</sup> av varje objekt med hjälp av linje- och bältestaxeringar, samt olika stora cirkelprovytor, där information om bl. a mark och strandzoner insamlas.

Programmet är inte utformat för att samordnas med övervakning av ytvatten i skogsmark, men kommer att långsiktigt generera egenskaper för skog och mark i tillrinningsområden till mindre vattendrag som är värdefulla förklaringsvariabler vid analys av påverkan på

vattenmiljöer. Utnyttjandet av SLÖ:s teknik för att kartera avrinningsområdena till små vattendrag ingående i ett framtida övervakningsprogram av de akvatiska miljöerna i brukad skog kan vara lämpligt om man med matematiska modeller har för avsikt att skala upp resultaten (se nedan).

#### Programområde Skog - (NV)

Riksskogstaxeringen, Ståndortskarteringen och ett nytt program för övervakning av biologisk mångfald kommer fr. o m år 2003 att genomföras samordnat i ett systematiskt utlagt gemensamt trakt- och provytanät med olika täthet i fem regioner inom Sverige (Ståhl m fl., 2002). Resultat kan idag redovisas med god precision ned till länsnivå för skogs- och markvariabler. Senare års utvecklingsarbete med stöd av satellitdata (kNN- metodik) medger acceptabla skattningar av skogsvariabler ned på km<sup>2</sup>-nivå. Redan i slutet av 2003 beräknas sådan information finnas tillgänglig för hela landet (Nilsson & Olsson, 2002).

Utvecklingen av yttäckande skogsinformation med stöd av fältinformation och fjärranalys (kNN-Sverige, Corinne-SMD,W-RESE-X) medger att skogsvårdsåtgärder och skogstillstånd kan kvantifieras och följas med tiden i avrinningsområden. Resultaten kan användas som underlag för matematiska modeller avseende källfördelning och analyser av ämnesbalanser och arealförluster.

Naturvårdsverket genomför Integrerad övervakning av miljötillståndet i skogsekosystem (IM) inom programområdet "Skog". Övervakningen är relaterad till FN-konventionen om effekter av långtransporterade luftföroreningar "Long-range transboundary air pollution – LRTAP 1979" (UN/ECE). Mätningarna utförs i skyddade barrskogsområden med lång kontinuitet, utan skogsvårdande åtgärder. Deposition av luftföroreningar och potentiell klimatpåverkan är de enda mänskliga störningarna i områdena. Miljöövervakningen omfattar ekosystemstudier på avrinningsområdesnivå med bestämningar av vattenbalans, kemiska ämnesbudgetar och effekter på biota, främst vegetation och studier av markprocesser. Syftet är dels att som referensområden till t.ex. brukad skog ge relevanta bakgrundsdata, dels att söka skilja effekter av mänsklig påverkan från naturlig variation. Modellering för prognostisering av utvecklingen är ett viktigt inslag. Syftet med IM-övervakningen skiljer sig från syftena med övriga miljöövervakning genom att IM i detalj skall kunna förklara förändringar i miljön och därmed bidra till tolkningen av resultaten från de mer extensiva programmen. De fyra IM-områdena utgörs av Gårdsjön (Västkusten), Aneboda (Småländska höglandet), Kindla (Bergslagen) och Gammtratten (Norrland).

Inom ramen för den regionala miljöövervakningen utförs delprogrammet ytvattenkemi i skogsbäckar. Undersökningarna påbörjades under senare delen av 1990-talet och har som syfte bl.a. att beskriva ytvattnets haltvariationer i skogsmark, att beräkna transporten av olika ämnen i vattendraget samt att beskriva effekterna av skogsbruk. För närvarande övervakas drygt 40 skogliga avrinningsområden, med variabel ambitionsnivå vad gäller karteringar och mätprogram.

### Programområde - Sjöar och vattendrag (NV)

De landsomfattande sjöinventeringarna syftar till att ge en bild av tillståndet i det samlade beståndet av svenska sjöar och vattendrag och påverkan av försurning, övergödning och metaller. Nationella sjöinventeringar har genomförts vart femte år sedan 1972/1975. Tidigare undersöktes främst de vattenkemiska förhållandena, men vid 1995 och 2000 års sjöinventeringar, som omfattande omkring 3000 objektivet utvalda sjöar, provtogs också djurlivet på grunda bottnar i ca en fjärdedel av sjöarna.

De landsomfattande vattendragsinventeringarna syftar till att ge en bild av tillståndet i det samlade beståndet av små och medelstora svenska vattendrag med särskild inriktning på den biologiska mångfalden. Delprogrammet genomfördes för första gången samtidigt med 1995 års sjöinventering, då bottenfauna och vattenkemi provtogs i ca 700 vattendrag. Undersökningarna upprepades i samband med sjöinventeringen år 2000.

De nationella och regionala undersökningarna av referenssjöar (ca 120 nationella och 70 regionala) och referensvattendrag (ca 70 nationella och 110 regionala) syftar till att följa mellanårsvariationer och förändringar över tiden i ett för landet representativt urval av sjöar som inte är direkt påverkade av utsläpp eller intensiv markanvändning i form av jordbruk (<http://www.ma.slu.se/>). Däremot förekommer aktivt skogsbruk i de flesta avrinningsområdena. Resultaten skall också kunna användas som referens vid tolkning av de periodvisa, landsomfattande sjöinventeringarna och för bedömning av förändringar i mer påverkade vattenområden. Undersökningarna omfattar i huvudsak vattenkemi och växtplankton (sjöar), men i 15 nationella referenssjöar och 20 nationella referensvattendrag genomförs ett fördjupat program som omfattar fler variabler (bl.a. bottenfauna och fisk) och med högre tidsupplösning än de övriga. Det ska därmed bl.a. ge underlag för modellering av fysikalisk-kemiska och biologiska förhållanden som inte kan undersökas med mätningar i ett större antal objekt.

Övervakningen av flodmyningar syftar till att följa den flodburna transporten av näringsämnen och andra substanser till omgivande havsområden. Delprogrammet omfattar de större svenska vattendragen samt vissa representativa mindre vattendrag. Mätpunkterna ligger i regel uppströms tätorter och industrier vid vattendragens mynningar och mäter ämnestransporten från ca 85% av den svenska landarealen.

### Programområde - Typområden på jordbruksmark (NV)

Miljöövervakningsprogrammet ([http://www-umea.slu.se/miljodata/jrk/db\\_dok.htm](http://www-umea.slu.se/miljodata/jrk/db_dok.htm)) har som syfte att följa hur odlingsåtgärder inom jordbruket och förändringar i dessa inverkar på växtnäringsläckage till yt- och grundvatten. Undersökningar sker regionalt inom 33 små jordbruksdominerade avrinningsområden. Länsstyrelserna ansvarar för undersökningarna i respektive län. I de flesta typområdena startade undersökningarna mellan 1988 och 1993. Undersökningarna sker i ett långsiktigt perspektiv. Vattenföring registreras kontinuerligt och vattenprover tas varannan vecka i vattendragen, tätare vid högflöde. Vattenproverna analyseras med avseende på kemiska variabler som kväve, fosfor, suspenderat material, pH

etc. Transporter av växtnäring från typområdena beräknas. Lantbrukarna i områdena intervjuas årligen om hur enskilda åkermarksskiften har brukats; gröda, jordbearbetning, gödsling etc. Typområdenas växtnäringsförluster relateras till jordarter, klimat och odling.

#### Integrerad kalkeffektuppföljning (NV)

IKEU är ett program som startades 1989 för intensiv uppföljning av effekter av kalkning i 13 sjöar och 12 vattendrag. IKEU finansieras av Naturvårdsverket (<http://www.ma.slu.se/>). Undersökningarna omfattar bl.a. vattenkemi, växtplankton, djurplankton, bottenfauna och fisk. Programmet har som syften att analysera de långsiktiga effekterna av kalkning i försurade vatten, att bedöma om den svenska kalkningsverksamheten återskapar ekosystem som med avseende på artsammansättning och biologisk mångfald liknar situationen före försurning samt att avgöra om kalkningsverksamheten leder till oönskade effekter i sjöar och vattendrag. Eftersom samtliga undersökningsobjekt är påverkade av kalkning har programmet låg relevans för att studera skogsbrukets effekter på ytvatten. Resultaten från IKEU skulle dock kunna användas om man har som syfte att jämföra effekterna av skogsmarkskalkning med de effekter som uppstår vid direkt ytvattenkalkning. Detta förutsätter att studier genomförs i andra avrinningsområden som fastmarkskalkas.

#### Effektuppföljning av försöksverksamheten med skogsmarkskalkning och vitalisering (SVO)

Sedan 1990/91 övervakas ett 20-tal avrinningsområden med avseende på effekterna av kalkning och/eller vitalisering på träd, mark och vatten. Övervakningen kompletterades successivt med parcellförsök då effekten av olika doser och sorter av kalk och vedaska undersöktes. Andra studier som utförts inom ramen för programmet är kalkningens effekter på kalhyggen samt effekterna av samordnad kalkning på fastmark och i utströmningsområden. Under år 2000 övergick uppföljningsprogrammet till att i första hand studera de långsiktiga effekterna och nyttan med åtgärderna. Uppföljningen i form av mätningar är mer extensiv än tidigare och man använder modellberäkningar i högre grad.

#### Samordnad recipientkontroll (vattenvårdsföreningar/förbund)

Samordnad recipientkontroll syftar till att belägga effekter av i första hand utsläpp men även i viss mån markanvändning (<http://www.ma.slu.se/>). Övervakningen finansieras av de verksamhetsutövare som har utsläpp till vatten och verksamheten bedrivs oftast av en huvudman som är frivilligt sammansatt i form av en vattenvårdsförening/förbund. Övervakningen är samordnad inom avrinningsområden eller på annat sätt sammanhängande vattenområden. Relativt opåverkade referensområden, endast påverkade av nedfall och skogsbruk, övervakas inom ramen för flera program. Undersökningarna omfattar både kemi och biologi, men provtagningsfrekvensen är ofta låg och möjligheterna till transportberäkningar begränsad.

#### Experimentella studier inom forskningsprojekt

Huvuddelen av den processkunskap som krävs för att kunna utvärdera potentiella miljöeffekter av t.ex. olika skogsbruksåtgärder har genererats inom ramen för olika



forskningsprojekt. De flesta forskningsprojekt arbetar i laboratorie- eller parcellskala och sällan med hela avrinningsområden som bas. Dessutom finansieras forskningsprojekten normalt under kort tid, sällan längre än 3-6 år, vilket innebär att tidsserierna normalt blir av begränsad längd. De långliggande försöken utgör undantag, men de är få och endast 17 av de ca 3000 svenska försöken i Noltfox/Metla-databasen (<http://noltfox.metla.fi>) har påbörjats med syfte att studera miljöeffekter i ytvattensystemen.

## 8. Skogliga avrinningsområden med övervakning av den akvatiska miljön – nuvarande status.

En väsentlig del av detta arbete har utgjorts av att samla in information om skogliga avrinningsområden där det under de senaste 30 åren genomförts studier i avsikt att kvantitativt bedöma skogsbrukets effekter på den akvatiska miljön. Via nättillgängliga databaser (NOLTFOX, IMA etc.), telefonintervjuer och riktade enkäter (bilaga 1) har information insamlats om avrinningsområdenas läge, skogliga egenskaper, skogliga åtgärder och använd undersökningsmetodik. Underlaget är inte fullständigt, utan återspeglar den ambitionsnivå som uppgiftslämnarna haft respektive de som byggt databaserna. Underlaget ger dock en generaliserad bild av vilken information som kan erhållas utan mycket omfattande arbetsinsatser. Vad avser avrinningsområdenas antal och läge är underlaget sannolikt heltäckande vad avser de mätningar som finansieras via miljöövervakningsmedel. Vad avser forskningsfinansierade mätningar kan det finnas avrinningsområden som vi inte lyckats spåra, men det rör sig i så fall om något eller några enstaka områden.

### Avrinningsområdenas egenskaper och undersökningarnas inriktning

Totalt har 177 vattendragobjekt identifierats med avrinningsområden <100 km<sup>2</sup> och en undersökningsmetodik som möjliggör grova uppskattningar av vattenflöden och ämnesförluster. Av dessa är idag fortfarande 112 i drift. Objekten har i Tabell 1 indelats med avseende på typ av avrinningsområde utgående från de skogliga egenskaperna och syftet med undersökningen. Objekten är dessutom uppdelade på olika utförarkategorier.

*Tabell 1. Identifierade avrinningsområden (<100 km<sup>2</sup>) i Sverige studerade med en undersökningsmetodik som möjliggör skattning av vattenflöden och ämnesförluster i skogsmark. MÖ=miljöövervakning*

	Referens Ej skogsbruk	Brukad skog	Studier av skogbruksåtgärder	Totalt	Aktiva 2002
Antal objekt	22	116	39	177	112
<u>Utförare</u>					
Forskningsprojekt	1	42	34	77	17
Nationell MÖ	16	28		44	41
Regional MÖ	5	45	5	55	53
Lokal MÖ		1		1	1

Tabell 2. Egenskaper hos de 177 avrinningsområdena (<100 km<sup>2</sup>) där man har möjlighet att skatta vattenflöden och ämnesförluster i skogsmark (jfr. Tabell 1).

Egenskaper	Referens Ej skogsbruk		Brukad skog		Studier av skogbruksåtgärder	
	median	min- max	median	min- max	median	min- max
Area ARO (km <sup>2</sup> )	1,51	0,04-77	14,1	0,04-100	0,90	0,03-9,4
Medelhöjd i ARO (m ö h)	320	120-782	228	5-719	272	46-623
Andel skog i ARO (%)	83	15-100	84*	28-100	97	61-100

\* n=97

Antalet avrinningsområden som ej påverkats av skogsbruk under det senaste århundradet (Referens, Ej skogsbruk) är ca 20 stycken. Dessa områden ligger oftast i reservat eller utgörs av andra obrukade arealer med dominans av skogsmark (fjällskog, fjällnära skog, impediment etc.). Områdena är små (median 1,5 km<sup>2</sup>, Tabell 2) och mätningarna utförs främst inom ramen för miljöövervakningen (Tabell 1). Mätprogrammen är i huvudsak fortfarande i drift.

Avrinningsområdesstudier av normalt brukad skogsmark, där man inte haft som syfte att studera effekterna av en enskild brukningsåtgärd utan följt effekterna av alla de åtgärder som skogsägarna utfört i området, har som mest omfattat ca 120 objekt (Brukad skog, Tabell 1). Områdena, som vanligtvis är betydligt större än de övriga två kategorierna (median=14 km<sup>2</sup>, Tabell 2), används oftast som referensområden vid jämförelser med områden där annan markanvändning eller andra belastningsformer utvärderas. Ett mindre antal av områdena har etableras för att långsiktigt följa skogsbrukets påverkan i enlighet med miljöövervakningens delprogram ytvattenkemi i skogsbäckar. De ca 80 objekt som nu är i drift finansieras genom regional och nationell miljöövervakning samt i ett fall som en lokal övervakning av tillflödet till en vattentäkt. Det stora flertalet av de objekt som finansierats via forskningsmedel har avvecklats på grund av den kortvariga finansieringsformen. SMHI:s fältforskningsområden i skogsmark avvecklades i mitten på 90-talet efter ett par decenniers drift.

Effekterna av skogsbruksåtgärder har studerats i ett 40-tal tämligen små avrinningsområden (median 0,9 km<sup>2</sup>, Tabell 2) inom ramen för olika forskningsprojekt. Omkring tre fjärdedelar (78%) av objekten är ej längre i drift (Tabell 1). Undersökningsperioden har ofta varit kort (median = 4 år) som en följd av finansiering via forskningsmedel. Till de objekt som fortfarande är i drift hör SLU:s långliggande försöksområden och ett fåtal objekt som löpt länge och vars finansiering på senare år även stöttats av regional miljöövervakning. Till de senare hör Masbyn, som startades redan 1969, där snart en halv produktionscykel omfattande N-gödning, slutavverkning, dikning, plantering och röjning följts.

I flera av objekten har effekter av enskilda skogsbruksåtgärder (avverkningsfas, näringstillförsel, kalkning etc.) undersökts. Vid ett fåtal har åtgärden omfattat hela avrinningsområdet (Figur 1). I de övriga har den samlade effekten kvantifierats genom uppräkningsmetod med hjälp av opåverkade referensområden eller före/efter- studier, vilket försvårats i de fall där åtgärdsarealen varit liten i förhållande till avrinningsområdet. Eftersom

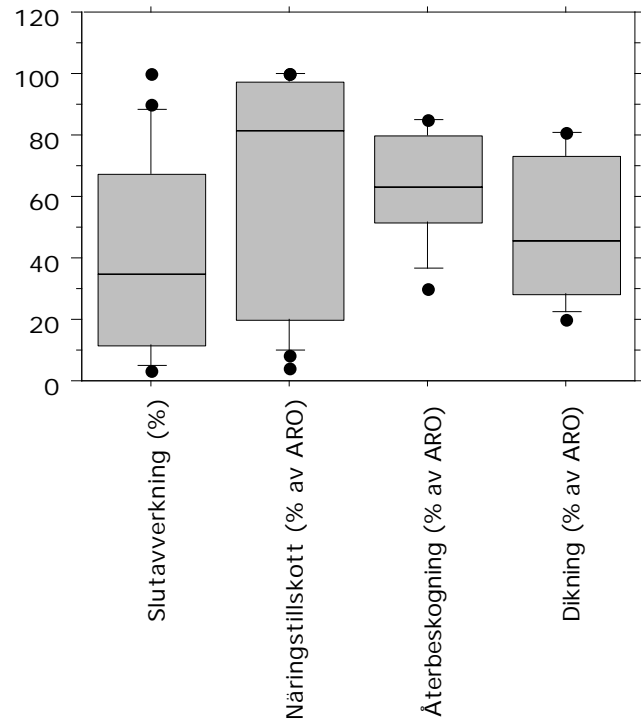
huvuddelen av studierna genomfördes redan under 70-talet, då skogsvårdsåtgärder som t.ex. gödsling och slutavverkning genomfördes med en lägre miljöhänsyn än i dagens skogsbruk, kan resultaten dessutom förväntas vara mindre representativa för dagens skogsbruk. Den geografiska lokalisering av objekten till södra halvan av landet (Figur 2) antyder också att det medför osäkerheter i att tillämpa resultaten för norra Sverige. Inga undersökningar av enskilda skogsbruksåtgärders effekter har utförts norr om Ljusnan. Resultaten från dessa undersökningar utgör dock dagens informationsunderlag vid uppskattningar av ämnesförluster från olika skogsbruksåtgärder.

### Övervakningens omfattning och innehåll

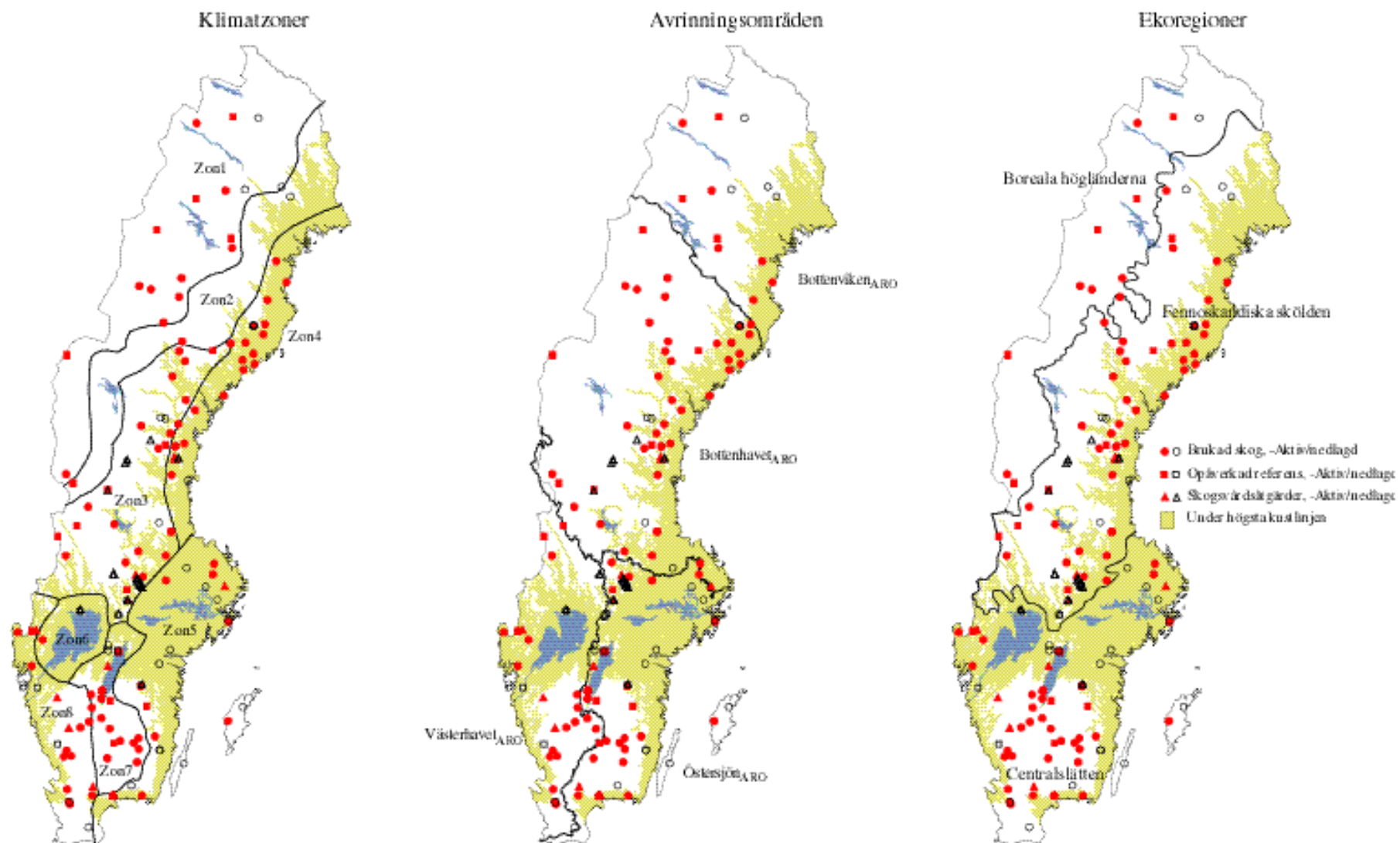
Övervakningens omfattning och innehåll vid de 112 avrinningsområdesstudier som nu är i drift redovisas i Tabell 3-6. De vattenkemiska undersökningarna genomförs i flertalet objekt med en provtagningsintensitet som omfattar minst månadsvis provtagning (Tabell 3). Även analyserade variabler följer i de flesta objekt riktlinjerna för delprogrammet ytvattenkemi i skogsbäckar i Miljöövervakningshandboken. Detta innebär att man vid nästan 90% av områdena har tämligen god övervakning av tillståndet med avseende på näringsämnen (N&P), surhet (pH, Alk, ANC), organiskt material (TOC, DOC eller COD<sub>Mn</sub>) och större konstituenten (baskatjoner, mineralsyrornas anjoner). Jonbalanser kan därmed upprättas för de flesta områdena.

Tabell 3. Vattenkemiska undersökningar vid de 112 undersökningsobjekten i drift.

Vattenkemiska undersökningar	Antal objekt	%
Antal objekt totalt	112	100%
Provtagningsintensitet <12prov/år	7	6%
Provtagningsintensitet 12-24 prov/år	99	88%
Provtagningsintensitet >24prov/år	6	5%
Baskemi: pH, alk/Acid, kond., färg	112	100%
Fosfor-löst: PO4-P	98	88%
Fosfor-total	104	93%
Kväve - löst: NH4-N, NO23-N	112	100%
Kväve-total	112	100%
Kol: TOC, DOC alternativt COD	97	87%
Jonbalans: Ca, Mg, Na, K, SO4, Cl, NO3	98	88%
Metaller: Fe, Mn, Al	85	76%
Tungmetaller: Zn, Cu, Pb, Cd	44	39%
Aluminiumspeciering	20	18%
Kvicksilver	0	0%
PH i jämvikt med pCO <sub>2</sub> i luft	5	4%
Syrgas	2	2%
Suspenderade ämnen	3	3%



Figur 1. Andel av avrinningsområdet (% av ARO) som berörts av olika skogsbruksåtgärder.



Figur 2. Övervakning av akvatiska system i skogsområden. Avrinningsområdenas lokalisering i relation klimatzoner, ekoregioner och havsområden. Se text för vidare förklaring.

Icke obligatoriska variabler enligt undersökningstypen, såsom tungmetaller och olika aluminiumfraktioner, följs vid ca 40% respektive 20% av objekten. Särskilt oorganiskt aluminium är toxiskt för gäländande organismer och betraktas som den mest toxiska metallfraktionen i skandinaviska skogsvatten (Lydersen et al. 2002). Variabeln har dessutom utpekats som indikator både av Naturvårdsverket och Skogsstyrelsen i samband med deras kalkningsverksamhet. Det är därför synd att aluminiumfraktionering inte utförs i fler områden. Variabler som suspenderat material och syrgas, vilka vid kraftig erosionspåverkan kan vara betydelsefulla för djurlivet i mindre skogsvattendrag, mäts bara i tre respektive två av vattendragen.

Undersökning av biologiska variabler genomföres i ca 60% av objekten (Tabell 4). Bottenfaunastudier är vanligast förekommande. Elfiske förekommer vid knappt en tredjedel av objekten, medan studier av påväxtalger och pärlmusslor är mycket sällsynt förekommande ( 4 objekt). Ett av skälen till att elfisken och inventeringar av flodpärlmussla inte sker i fler områden är givetvis att många avrinningsområden är små och att vattenföringen i bäckarna därför är mycket låg under perioder på året. Bäckarna blir därmed olämpliga habitat för fisk och musslor. Bottenfauna och påväxtalger kan insamlas även i mycket små bäckar, men det är främst den förre som fångat miljöövervakningens intresse.

Tabell 4. Biologiska undersökningar vid de 112 undersökningsobjekten i drift.

Biologiska undersökningar	Antal objekt	%
Antal objekt totalt	112	100%
Elfiske	32	29%
Bottenfauna	66	59%
Påväxtalger	2	2%
Övervakning av flodpärlmussla	4	4%
Utförs ej i objektet	46	41%

Mätningar av vattenföringen, som underlag för beräkning av arealförluster och ämnesbalanser, utförs i ca 60% av objekten (Tabell 5). Flera av metoderna medför att man endast grovt kan skatta vattenföringen. Vid drygt en tredjedel av objekten (38%) mäts vattenföringen genom kontinuerlig registrering av vattenståndet och beräkning av vattenföringen med hjälp av avbördningskurvan för den bestämmande sektionen. Denna metod ger bäst precision vid skattningen av vattenföringen, men även platsspecifikt kalibrerade Q-modeller kan uppvisa god precision. Eftersom vattenföringsbestämningar inte utförs vid 38% av objekten, saknas möjlighet att beräkna ämnesförlusterna från dessa områden.

Tabell 5. Metoder för vattenföringsbestämning vid de 112 undersökningsobjekten i drift.

Vattenföringsbestämning	Antal objekt	%
Antal objekt totalt	112	100%
Kontinuerlig registrering av vattenstånd + avbörningskurva vid bestämmande sektion.	38	34%
Modellberäknad Q (ex HBV/PULS)	7	6%
ARO-proportionalisering från närliggande Q-station	1	1%
Flödesbestämning vid provtagning	4	4%
Registrering av vattenstånd vid provtagning	18	16%
Utförs ej i objektet	43	38%

Depositionen av olika ämnen (S, N och baskatjoner) övervakas i ungefär samma omfattning som man bestämmer flödet med acceptabel teknik, d.v.s. i ca en tredjedel av objekten. Vid 15-20% av avrinningsområdena förekommer också kemiska undersökningar av mark, markvatten och grundvatten. Kemiska undersökningar av vegetation och barr förekommer i ett fåtal av objekten ( 7 områden). Några objekt har dessa undersökningsmoment samlokaliserade, vilket erbjuder goda möjligheter att upprätta ämnesbalanser och utvärdera ursprung och flödesvägar för de olika ämnena. Inom miljöövervakningen förekommer sådan samordning främst vid de fyra IM-områdena. Tidigare samordnades mätningarna vid de nedlagda opåverkade referensområdena (PMK5), men idag återstår endast ytvattenkemisk övervakning. Ett 20-tal objekt för effektstudier av skogsvårdsåtgärder har eller har haft en samordnad mätverksamhet i flera medier.

Tabell 6. Kompletterande undersökningar vid de 112 undersökningsobjekten i drift.

Kompletterande undersökningar	Antal objekt	%
Antal objekt totalt	112	100%
Nedfall (öppet fält)	33	29%
Nedfall (krondropp)	22	20%
Markkemi	21	19%
Markvattenkemi	17	15%
Grundvattenkemi	16	14%
Vegetationskemi	7	6%
Barrkemi	4	4%

Grundläggande kartering av avrinningsområdenas storlek och markslagsfördelning har på senare tid genomförts för huvuddelen av objekten med stöd av digitala kartdatabaser och GIS. Avseende jordarter och berggrund är uppgifterna mindre frekventa till följd av sämre tillgång på databaser med tillräckligt hög geografisk upplösning och att fältinventeringar ofta är alltför arbetsintensiva och kostsamma. Inventeringar av skogsinformation, såsom virkesvolymmer fördelade på trädslag och trädålder är också ovanligt i de större avrinningsområdena (10-100 km<sup>2</sup>) av samma skäl och det faktum att riksskogstaxeringens fältdata inte kan ge denna information på ett adekvat sätt för så små områden. Undantag gäller för de områden i

mellersta Sverige, där de första länstäckande skattningarna av dessa variabler genomförts med kNN-metoden (se Kap. 7).

Tabell 7. Karaktärisering och kartering av de 112 undersökningsobjekten i drift.

Karaktärisering av ARO	Antal objekt	%
Antal objekt totalt	112	100%
Markslag (enl kartinfo)	99	88%
Dominerande jordart	37	33%
Dominerande berggrund	38	34%
Trädslagsinformation	27	24%
Trädålder	25	22%
Vegetationskartering	10	9%

### Områdesareal i relation till skogsbrukets omfattning och EU:s ramdirektiv för vatten

Egenskaper hos de 112 undersökningsobjekten i drift, fördelade på höjd- och storleksklass enligt EU:s ramdirektiv för vatten (RDV), redovisas i Tabell 8. För indelning med avseende geologi saknas tyvärr information. De 58 avrinningsområden som är mindre än 10 km<sup>2</sup>, varav 25 är lägre belägna än 200m ö h, kommer enligt RDV inte att ingå i vattendistriktens övervakning av olika vattendragstyper. Den minsta storleksklassen som RDV beaktar (10-100 km<sup>2</sup>) omfattar 54 objekt, varav 18 är belägna under 200 m ö h. I samtliga fyra vattendragstyper dominerar skog, men ett fåtal enskilda objekt domineras av andra markslag (ex fjäll) och i enstaka objekt förekommer också smärre inslag av tätorts- och jordbruksmark (ingår i övrig mark i Tabell 8). De senare formerna av markanvändning ökar naturligt med storleken på avrinningsområdena.

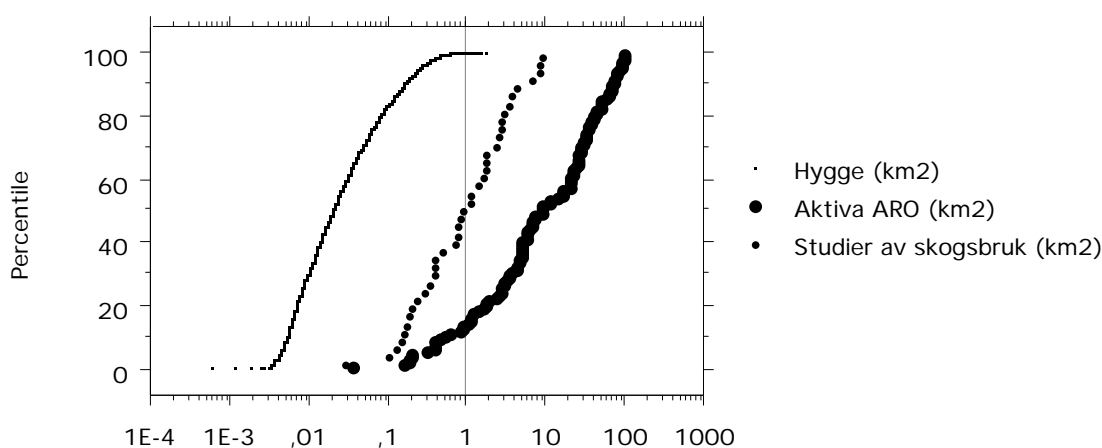
Tabell 8. Egenskaper hos de 112 undersökningsobjekten i drift fördelade på höjd- och storleksklass enligt EU:s ramdirektiv för vatten. md=medianvärde, ARO=avrinningsområde

Storleksklass	<10km <sup>2</sup>						10-100 km <sup>2</sup>					
	<200 m			200-800 m			<200 m			200-800 m		
	n	md	min-max	n	md	min-max	n	md	min-max	n	md	min-max
Höjd klass												
Antal objekt (n)	25			33			18			36		
Driftsperiod (år)	25	11	2-32	33	11	4-33	18	8	4-40	36	6	2-36
ARO areal (km <sup>2</sup> )	25	3,1	0,04-9,0	33	2,5	0,19-9,4	18	33,5	21,4-98,2	36	36,8	11,2-99,6
Medelhöjd i ARO (m.ö.h)	25	133	34-198	33	278	202-265	18	111	5-192	36	312	201-703
Skogsandel i ARO (%)	22	91	59-100	27	94	41-100	15	77	47-96	35	83	15-95
Våtmarksandel i ARO (%)	15	0	0-40	25	5	0-57	15	11	0-28	31	7	0-38
Fjällmarksandel i ARO (%)	15	0	0	25	0	0-0	15	0	0	32	0	0-82
Sjöandel i ARO (%)	15	0	0-3	25	1	0-13	15	2	0-10	35	2	0-27
Övrig mark i ARO (%)	15	2	0-36	25	0	0-5	15	7	0-42	31	0	0-10

Skogsvårdsåtgärderna utförs på relativt små ytor i förhållande till de avrinningsområden i skogsmark som nu är i drift och ofta även i förhållande till de avrinningsområdesstudier som direkt inriktats på att beskriva effekterna av enskilda skogsvårdåtgärder (Figur 1&3).



Storleken på slutavverkningsytor i Figur 3, som baseras på ca 16 000 ytor identifierade med hjälp av satellitdata över västra Dalarna för perioden 1976-2001 (WRESEX), visar att medianstorleken var ca 2 ha. Vid jämförelse med storleken på knappt 10 km<sup>2</sup> för de avrinningsområden som nu övervakas aktivt och mot bakgrund av storleken på ämnesläckage vid skogsvårdsåtgärder (Löfgren och Westling 2001, Löfgren och Olsson 1990) är det uppenbart att enskilda skogsvårdsåtgärder på beståndsnivå inte kan detekteras som förändringar i vattenkvalitet. För att påvisa skogsbrukets sk diffusa ämnesläckage i så stora områden som RDV anvisar (>10 km<sup>2</sup>) krävs således att en stor areal, under kort tid, utsätts för skötselåtgärder i övervakningsområdena. För Västsverige har det visats att 10% av arealen måste vara slutavverkad för att man skall kunna detektera ett ökat kväveläckage från kalhyggen (Westling et al. 2001).

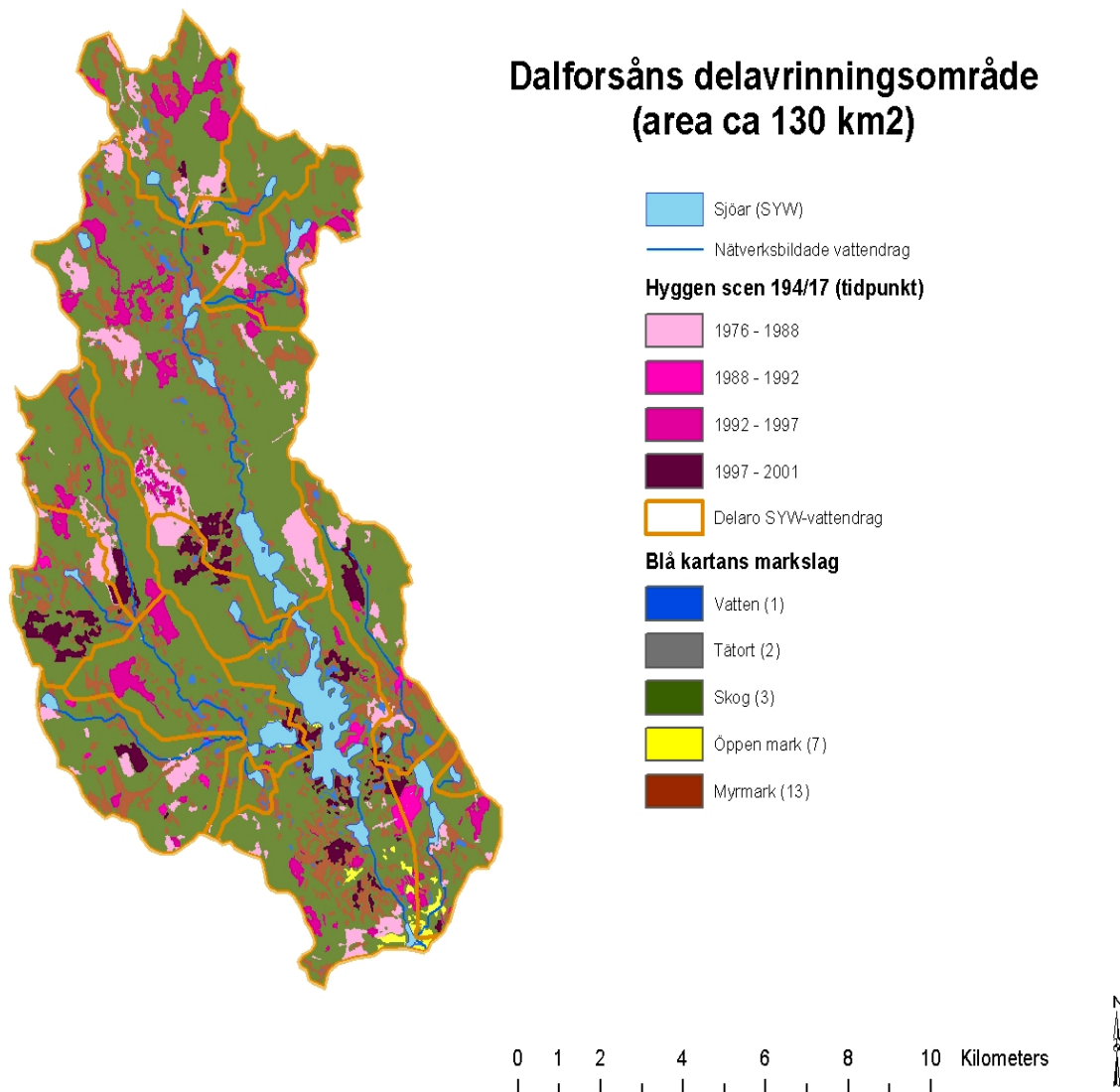


Figur 3. Storleksfördelningar för slutavverkningsarealer i västra Dalarna (WRESEX), avrinningsområden för effektstudier av skogsvårdsåtgärder och avrinningsområden för aktiv övervakning av skog.

Preliminära resultat från WRESEX visar att omkring 20% av skogsmarken i Dalarna har slutavverkats under de senaste 30 åren. Figur 4 redovisar skogsbruksintensiteten under perioden 1976-2001 i form av slutavverkningsarealer i det 132 km<sup>2</sup> stora avrinningsområdet till Dalforsån där 106 km<sup>2</sup> (80%) utgörs av skogsmark. Den ackumulerade hyggesarealen uppgick under perioden till 21 km<sup>2</sup>, vilket motsvarar ca 20% av skogsmarksarealen. Vid en påverkansperiod på ca 10 år, motsvarande en slutavverkning av 10% av skogsmarksarealen, och en fördubbling av kväveläckaget på slutavverkad areal (Löfgren och Olsson, 1990) måste en betydligt större areal avverkas innan det går att upptäcka en åtgärdsrelaterad förändring i vattenkvaliteten. I det givna exemplet ökar kväveläckaget med endast 10% jämfört med referensnivån, vilket ligger väl inom den naturliga variationen.

Det är följaktligen betydligt enklare att följa effekterna av enskilda skogsbruksåtgärder i små avrinningsområden där åtgärden omfattar en större andel av arealen. Även detta kan exemplifieras med Dalforsåns avrinningsområde, där 4 av bäckarna i vattendragsordning 1 (4,8-9,8 km<sup>2</sup>) har 21-28% avverkad skogsmarksareal, vilket motsvarar ett ökat kväveläckage med 17-22% jämfört med referensförhållandena. På grund av skillnader i kväveförluster från

hyggen i norra och södra Sverige, bör den påverkade arealen vara >30% i norr och >10% i söder (jfr. Löfgren & Westling 2001). Det är följaktligen lämpligt att välja små områden (<5 km<sup>2</sup>) med så stor påverkad areal som möjligt då man vill studera effekterna av enskilda skogsbruksåtgärder. EU-direktivets storleksklasser (>10 km<sup>2</sup>) är olämpliga för detta ändamål.



Figur 4. Ackumulerad areal hyggen sedan 1976 i Dalforsåns avrinningsområde, Dalarnas län.

Det har tidigare konstaterats att hälften av dagens övervakning av vattendrag i skog sker i så små objekt att de inte ingår i RDV:s typindelning av vattendrag som skall övervakas. RDV föreskriver dock att man skall kunna identifiera och kvantifiera skogsbrukets diffusa påverkan på våra ytvatten. För att kunna göra det krävs följaktligen en kompletterande vattenkemisk övervakning av små och för landets skogsmark representativa avrinningsområden avseende såväl skogsbrukets påverkan som opåverkade referensområden (se Kap. 9). För att kunna skala upp dessa resultat till nationell nivå krävs bl.a. rikstäckande information om skogsvårdåtgärdernas förändringar med tiden. Många av de små objekt som idag övervakas

och som följts i flera decennier (Tabell 8) skulle kunna utgöra grund för den kompletterande övervakningen till RDV. Totalt har avrinningsområdesstudierna i skogsmark genererat över 1200 årsserier, vilket skulle medföra en enorm kapitalförstörelse om man inte utnyttjade.

#### Avrinningsområdenas representativitet

Avrinningsområdenas representativitet är av betydelse när man vill skala upp skogsbrukets påverkan till ett större geografiskt område (land, län, ekoregion, vattendistrikt etc.). Tyvärr så kan vi idag inte besvara frågan om nuvarande objekt ger en representativ bild över tillståndet i de akvatiska miljöerna i landets skogsområden. Detta är en följd av att de studerade avrinningsområdena inte dokumenterats på ett systematiskt sätt med avseende på egenskaper som berggrund, jordarter, skogsbeståndens sammansättning etc. (jfr. Tabell 7). Detta medför att de uppmätta vattenkemiska egenskaperna i de studerade områdena inte med säkerhet kan sägas återspegla den naturgivna spännvidden och dominansförhållandet i landet/regionerna. Uppenbart är att objekten förekommer någorlunda jämnt fördelade över landet (Figur 2), vilket innebär att objekt förekommer i alla klimatzoner, ekoregioner, havsområden och potentiella vattendistrikt enligt RDV.

Vad avser den relativt sparsamt förekommande biologiska informationen (Tabell 4) är en bedömning av objektens representativitet än mer tveksam eftersom de naturgivna hydromorfologiska förutsättningarna inte registrerats i objekten. Dessutom saknas det ännu rikstäckande hydromorfologisk information för landets sjöar och vattendrag. Kunskapen om att t.ex. strandzonens och bottenarnas beskaffenhet och substrattyp har större betydelse för biota än det vattenkemiska tillståndet är väl känd (Wilander et al., 1998).

Arbetet med att ta fram hydromorfologisk information för Dalälven, relaterad till nätverksbildade vattendragsobjekt indelade i vattendragsordningar enligt Strahler, pågår inom SYW-projektet. Informationen omfattar såväl naturgiven hydromorfologi som fysisk påverkan (Löfgren et al. 2001). RDV ställer krav på insamling av hydromorfologisk information (naturgivna förutsättningar och fysisk påverkan), vilket medför att skogsbrukets påverkan på akvatiskt liv i framtiden kan bedömas gentemot såväl hydromorfologiska förutsättningar som vattenkemiska förhållanden. Standardiseringsarbetet med att systematiskt indela Sveriges vattendrag i vattendragsordningar och avrinningsområden (STANLI) kommer förhoppningsvis att leda till ett vetenskapligt stringentare indelningsgrund för att kemiskt och biologiskt kunna jämföra olika vattensystem med varandra. SMHI:s vattendragsregister är uppbyggda av enheter som inte är strikt hydrologiskt indelade utan även påverkat av läget för dammar och regleringsmagasin. Det medför att informationen om avrinningsområdenas egenskaper delvis saknar stringent systematik.

## 9. Program för övervakning av akvatiska system i brukad skog – överväganden och förslag till inriktning

Enligt vår mening bör ett framtida program för övervakning av akvatiska system i brukad skog kunna besvara så många som möjligt av näringens och samhällets viktigaste vattenmiljö- och därtill produktionsrelaterade frågeställningar. Vilka dessa frågeställningar är framgår bl.a. av den skogspolitiska inriktningen, de nationella miljömålen och EU:s ramdirektiv för vatten, vilka översiktligt belysts i Kapitel 3-7. Inga av dessa underlag är dock så detaljerade att de mer än översiktligt antyder vilken inriktning övervakningsprogrammet bör ha.

När inriktningen och de ekonomiska förutsättningarna väl är kända kan övervakningens målsättningar och ambitionsnivåer definieras. Först därefter kan övervakningsprogrammet i detalj utformas. Man bör då beakta nedanstående frågor.

- A) Vad skall studeras och varför?
- B) Var skall studierna utföras?
- C) Hur ofta och när skall provtagningarna ske?
- D) Hur skall data utvärderas?

Vi har tagit oss friheten att, utifrån vår kunskap om näringens och samhällets behov, föreslå en möjlig framtida inriktning för övervakningssystemet. Vi saknar emellertid insikt i de ekonomiska förutsättningarna, d.v.s. ambitionsnivån. Vi kan därför bara föreslå en översiktlig utformning av övervakningsprogrammet. Ovanstående frågor har då varit vägledande. En detaljerad utformning av programmet måste anstå till dess att målsättningar och ambitionsnivåer fastställts.

Vår utgångspunkt är att övervakningen skall omfatta produktiv skogsmark i hela landet. För att kunna redovisa resultaten på en lämplig geografisk nivå och utgående från olika syften, krävs dock en finare indelning av landet. I Figur 2 har vi valt att redovisa några indelningsgrunder, som vi tror att skogsbruksnäringen kan acceptera och som också uppfyller kraven enligt RDV och redovisningen kopplad till olika internationella konventioner.

De åtta klimatzonerna i Figur 2 är de som användes i en omfattande ståndortskartering som utförts i anslutning till riksskogstaxeringen (23 500 provytor). Klimatzonerna har avgränsats genom att väga samman temperaturklimatet och humiditet. Detta medför att skogen utvecklas olika i de olika klimatzonerna och därmed ger upphov till bestånd av olika karaktär. Klimatzonerna anses därför grovt kunna definiera de mest vanligt förekommande ståndorterna (Lundmark 1989). I brist på annan systematisk skoglig indelningsgrund baserad på de naturgivna förutsättningarna, har vi valt att använda oss av dessa klimatzoner för att grovt indela Sveriges produktiva skogsmark i olika regioner. Inom en snar framtid kan sannolikt detta göras på ett bättre sätt genom att utnyttja data från kNN (Nilsson & Olsson, 2002).

De tre ekoregionerna i Figur 2 är de som används inom EU:s ramdirektiv för vatten, vilka är baserade på sammanslagningar av olika naturgeografiska regioner. Ekoregionerna blir i

skogliga sammanhang extremt grova och kan knappast uppfylla skogsbrukets krav på indelningsgrund. De fyra havsområdena i Figur 2 är potentiellt de samma som framtidens Vattendistrikt. Flera remissinstanser, t.ex. länsstyrelserna, vill dock ha betydligt fler Vattendistrikt. Havsområdena är dock logiska med tanke på redovisningen av ämnestillförseln från olika källor beslutade inom de internationella konventionerna OSPARCOM och HELCOM.

I samtliga kartor i Figur 2 har vi lagt in högsta kustlinjen. Orsaken till detta är att bördigheten normalt är betydligt högre under högsta kustlinjen än över densamma, vilket påverkar hela ekosystemet bl.a. i form av olika vattenkemi och biologi. Enligt RDV dras en gräns vid 200 m.ö.h., men för svenska förhållanden med olika landhöjning i olika delar av landet är denna gräns mindre lyckad. Högsta kustlinjen varierar mellan 0-220 m, vilket medför att området under EU:s 200 m gräns representerar olika förhållanden i norra respektive södra Sverige.

Genom att karaktärisera avrinningsområdena utgående från samtliga ovanstående indelningsgrunder, kan man följaktligen redovisa information om tillståndet i de akvatiska systemen i varje region oberoende av syfte, förutsatt att mätningarna i varje region är tillräckligt omfattande (se Kap. 10).

Nedanstående punkter sammanfattar förhoppningsvis de viktigaste frågeställningarna som näringen och samhället önskar svar på och som vi använt för att utforma vårt förslag till framtida övervakningsprogram av akvatiska system i brukad skog.

- 1) Skogsbrukets långsiktiga påverkan på det kemiska och biologiska tillståndet i limniska system med avseende på:
  - Surhet (pH, ANC, oorg-Al etc.)
  - Näring (N och P)
  - Syrgas (C och O<sub>2</sub>)
  - Ljus (Skuggning, susp. och humus)
  - Toxiska metaller (oorg-Al, MeHg, Cd etc.)
  - Fysisk påverkan (dränering, dämning, temperatur etc.)
- 2) Skogsbrukets bidrag till belastningen på inlandsvatten och hav av olika ämnen (källfördelning)
- 3) Komplettera kunskapen om skogsbrukets långsiktiga påverkan på det terrestra tillståndet med avseende på:
  - Markförsurning (massbalanser S, N, BC, ANC, oorg-Al)
  - Långsiktig produktionsförmåga (massbalanser N, BC, mikronäringsämnen, toxiska metaller)
  - Kolbalans och klimatpåverkan (massbalanser C)
  - Biologisk mångfald på landskapsnivå

Frågeställningarna kan synas många och komplicerade, men med kompletteringar av dagens övervakningssystem kan många av dem besvaras utan allt för omfattande insatser (se nedan). De mest betydelsefulla förändringarna som krävs är dels att man inför en övervakningsmetodik som medger utvärdering av enskilda skogsbruksåtgärders effekter på vattenmiljön och dels att man kompletterar informationen om avrinningsområdena med skogliga uppgifter. Övervakningssystemet kan jämföras det som används för jordbruksmark (Kap. 7), men där vi specifikt anpassat upplägget till skogsbrukets förutsättningar. Väsentliga skillnader mellan de båda systemen är att jordbruksmark årligen utsätts för omfattande brukningsåtgärder som påverkar både mark och gröda, medan man i skogsmark har långa omdrev mellan brukningsinsatserna. Sett i ett årligt tidsperspektiv är intensiteten i jordbruket på en helt annan nivå än inom skogsbruket, där intensiteten är hög enbart under korta perioder av varje skogsgeneration på flera decennier. Detta måste man ta hänsyn till i ett övervakningsprogram.

Den framtida övervakningen av akvatiska system i brukad skog bör i så stor utsträckning som möjligt baseras på redan befintlig verksamhet i vattendrag (se Kap.7 och 8) och bör omfatta både det kemiska och biologiska tillståndet. Mätprogram i sjöar föreslås ej eftersom dessa påtagligt påverkas av sjöintern processer, som är svåra att överblicka. Övervakningen bör omfatta akvatiska system i brukad skog fördelat över hela landet.

#### **10. Program för övervakning av akvatiska system i brukad skog – förslag till framtida utformning**

För att tillmötesgå den utpekade inriktning för övervakningen (Kap. 9), har vi valt att föreslå fyra olika delprogram samt ett karteringsmoment. Delprogrammen bygger på ett integrerat upplägg, där de olika nivåerna representerar olika rumsliga och tidsmässiga skalor. Varje enskilt delprogram kan dock genomföras oberoende av de andra. Delprogrammen beskrivs kortfattat under punkterna A-D. Rubrikerna till respektive punkt definierar det övergripande syftet med delprogrammet.

##### *A) Synoptiska undersökningar med syfte att påvisa geografiska skillnader av brukningsåtgärder i svensk skogsmark.*

Delprogrammet föreslås bygga på nuvarande riksinventeringar av vattendrag, vilket hittills omfattat ca 700 objektiva valda vattendrag i storleksintervallet 15-250 km<sup>2</sup>. På grund av att andelen av andra markslag och annan markanvändning än skog ökar med storleken på avrinningsområdet samt RDV:s krav på redovisningsenhet, bör vattendragen i RDV:s minsta storleksklass (10-100 km<sup>2</sup>) användas för delprogrammet. Dessutom bör enbart vattendrag med skog, myr, fjäll, kalt berg och sjö (sjöandel < 5%) ingå i delprogrammet. Detta för att dels återspegla den mosaik av olika markslag som normalt uppträder i svensk skogsmark, samt dels för att undvika påverkan från jordbruksmark och allt för stor inverkan av sjöintern processer. Undersökningarna har hittills utförts vart 5:e år, men som en anpassning till RDV kan ett 6-årigt omdrev förväntas i framtiden. Undersökningarna bör utgöras av vattenkemi och bottenfauna i enlighet med nuvarande program. Antalet objekt bör vara så många som

möjligt, men med >20-25 objekt/klimatzon (>160 objekt totalt) för att kunna redovisa tillståndet i varje klimatzon med något sånär statistisk säkerhet. Troligtvis erbjuder den rikstäckande vattendragsinventeringen ett tillräckligt antal objekt.

Innan objekten i delprogrammet väljs ut måste markslag och markanvändning i avrinningsområdena till samtliga 700 vattendrag systematiskt karteras. Förslagsvis används kNN-skikten för skog, eftersom denna information förväntas vara tillgänglig för hela landet i slutet av 2003. Inför varje omdrev (vart 6:e år) bör nya kNN-klassningar utföras på aktuella satellitscener för att kunna påvisa effekten av markfysiskt mer omfattande skogsbruksåtgärder, som slutavverkningar, markberedning, planteringar, dränering, byggande av skogsbilvägar etc. Eventuellt kan kompletterande information om utförda bruksåtgärder mellan två omdrev erhållas ur skogsvårdsorganisationens databas Kotten.

Delprogrammet utvärderas i anslutning till varje omdrev. Redovisningsenheterna vid utvärderingarna skall beroende på syfte, fritt kunna väljas utgående från klimatzon och höjdläge i relation till högsta kustlinjen (skogligt indelning), ekoregion och höjdläge i relation till 200 m.ö.h. (RDV indelning) samt havsområde/vattendistrikt och höjdläge i relation till högsta kustlinjen och/eller 200 m.ö.h. (Vattendistriktens indelning).

Med tanke på tolkningarna av bottenfaunaundersökningarna, bör en hydromorfologisk karaktärisering utföras av varje objekt. De naturgivna förutsättningarna som t.ex. lutning, sjöars antal och läge uppströms och nedströms inventeringsområdet kan definieras utgående från digitala kartdatabaser. Vegetation och fysisk påverkan i form av t.ex. regleringar, flottningsrensningar etc. kan klassificeras med stöd av SLÖ-metodik, vilket medger en tolkning av avrinningsområdenas representativitet i relation till den nationella landskapsövervakningen. På sikt kan förhoppningsvis vattendragsordningen karaktäriseras, vilket erbjuder möjlighet till att utvärdera tillståndet med avseende på vattendragets hydrologiska läge i avrinningsområdet.

*B) Tidsseriestudier med syfte att påvisa temporala variationer och långsiktiga trender orsakad av svenskt skogsbruk generellt och i större sammanhängande skogsområden.*

Delprogrammet baseras på nuvarande stationsnät för övervakning av referensvattendrag (Programområde Sjöar & vattendrag, Kap. 7) och ytvattenkemi i skogsbäckar (programområde Skog, Kap. 7). Även i det föreslagna delprogrammet utväljs vattendragsobjekten i RDV:s minsta storleksklass (10-100 km<sup>2</sup>) och enbart vattendrag med skog, myr, fjäll, kalt berg och sjö (sjöandel<5%). Undersökningarna bör utgöras av vattenföring samt vattenkemi och biologi i enlighet med det fördjupade programmet för referensvattendragen, vilket innebär studier av bottenfauna och fisk. Delprogrammet ska dels utgöra stommen i det nät av referensstationer som RDV föreskriver och dels ge underlag för modellering av fysikalisk-kemiska och biologiska förhållanden som inte kan undersökas med mätningar i ett större antal objekt. Resultaten skall bl.a. ligga till grund för kalibrering av källfördelningsmodeller (ämnestillförseln från skogsmark till havsområdena t.ex.) och för tolkning av temporala variationer som t.ex. påverkar resultaten från delprogram A. Vi föreslår

att programmet skall omfatta 10 objekt i varje klimatzon, vilket innebär 80 referensvattendrag. Vi antar att ca 30 nya objekt måste utväljas (se Tabell 8).

Markslag, markanvändning, hydromorfologisk karaktärisering etc. utförs för varje objekt med samma metodik som i delprogram A. Dessutom krävs en noggrann dokumentation över de skogliga åtgärder som utförs inom avrinningsområdet.

Delprogrammets resultat redovisas årligen och utvärderas vart tredje år, med en mer omfattande utvärdering vart 6:e år i anslutning till att delprogram A utvärderas. Redovisningsenheterna vid utvärderingarna skall beroende på syfte, fritt kunna väljas utgående från klimatzon, ekoregion och havsområde/vattendistrikt.

*C) Tidsseriestudier med syfte att påvisa temporal variationer och långsiktiga trender orsakad av enskilda skogsbruksåtgärder i små skogsområden.*

Inledningsvis baseras delprogrammet på de bästa små objekten (<5 km<sup>2</sup>) i det nuvarande stationsnätet där man har som syfte att följa effekterna av enskilda brukningsåtgärder eller där man har för avsikt att söka följa en hel omloppstid. Eftersom de vattenkemiska effekterna av de flesta brukningsmässiga störningarna av ekosystemet, även slutavverkning, normalt klingar av inom ett decennium (skogsmarkskalkning och askåterföring utgör undantag), och att brukningsmetoderna successivt förändras över tiden måste objekten i detta delprogram successivt avvecklas och förnyas. De nya objekten förläggs till delavrinningsområden i objekten i delprogram B med en framförhållning baserad på skogsbruksplaneringen för respektive område. Den påverkade andelen av avrinningsområdet bör vara så stor som möjligt och helst >30%, vilket medför att avrinningsområdena normalt blir små. Med stöd av skogsbruksplaner markägarnas anmälningar till skogsvårdsorganisationen bör man kunna planera inom vilka delavrinningsområden som övervakning kan vara lämpligt. Vid förarbetet kan information från databasen Kotten komma till användning. Man bör i samråd med markägaren försöka utverka en referensperiod på minst ett år innan åtgärderna utförs.

Undersökningarna bör utgöras av vattenföring och vattenkemi i enlighet med delprogram B och bottenfauna i enlighet med delprogram A. Delprogrammet ska primärt ge underlag för källfördelningsmodeller för att skatta ämnestillförseln från olika skogsbruksåtgärder i delprogram B och för att tolka skogsbruksåtgärdernas effekter på bottenfaunan. Avrinningsområdena kommer normalt att vara för små för att man skall kunna utföra meningsfulla studier av fiskfaunan. Antar man att delprogrammet kommer att omfatta tre olika brukningsåtgärder och att man vill spåra effekten i minst tre avrinningsområde i varje klimatzon, innebär det totalt drygt 70 objekt i hela landet.

Markslag, markanvändning, hydromorfologisk karaktärisering etc. utförs för varje objekt med samma metodik som i delprogram A. Dessutom krävs en noggrann dokumentation över de skogliga åtgärder som utförs inom delavrinningsområdet i enlighet med delprogram B.

Delprogrammets resultat redovisas årligen och utvärderas vart tredje år, med en mer omfattande utvärdering vart 6:e år i anslutning till att delprogram A utvärderas.



Redovisningsenheterna vid utvärderingarna skall beroende på syfte, fritt kunna väljas utgående från klimatzon, ekoregion och havsområde/vattendistrikt.

*D) Integrerad övervakning i små avrinningsområden med syfte att kvantitativt förstå de processer som olika skogsbruksåtgärder ger upphov till med avseende på effekter i vegetation, mark och vatten.*

Från den integrerade övervakningen av skogliga referensområden ( $IM_{ref}$ ), erhålls en god processkunskap om hur de naturgivna förutsättningarna, vädret och luftföroreningar påverkar ekosystemet och avrinningen av olika ämnen (Löfgren 2001). Denna kunskap används för att tolka annan miljöövervakningsdata och som input till olika modeller för att beräkna t.ex. markförurning, kväveförluster etc. Motsvarande kvantitativa processkunskap om effekten på avrinningskemin av olika skogsbruksåtgärder är idag mycket bristfällig (Kap. 7&8) och baseras vanligtvis på korttidsförsök med markvattenstudier i inströmningsområden som enda akvatiska komponent. Antalet integrerade studier baserade på det hydrologiska flödet från nederbörd, via in- och utströmningsområdena till bäcken, d.v.s. med avrinningsområdet som bas, är mycket begränsade.

Vi föreslår därför att  $IM_{ref}$  kompletteras med ett motsvarande integrerad övervakning av brukad skog ( $IM_{skog}$ ), vars huvudsakliga syfte skall vara att kvantitativt förstå de processer som olika skogsbruksåtgärder ger upphov till med avseende på effekter i vegetation, mark och vatten. Resultaten skall kunna användas för att tolka och skala upp resultaten från Obsytenätet (Kap. 7) och annan miljöövervakning samt för att utveckla modeller av olika brukningsåtgärders kvantitativa effekter på ekosystemet. Delprogrammet torde ha stort värde för att skatta såväl skogsmarkens långsiktiga produktionsförmåga som skogsbrukets miljöpåverkan. Eftersom processkunskapen även bör omfatta återhämtningsperioden, då skogsbrukseffekten avklingar, bör studierna utföras i form av miljöövervakning och ej vara baserade på osäker finansiering från tidsmässigt korta forskningsprojekt. Systemet bör vara finansiellt uthålligt i paritet med övriga miljöövervakningsprogram.

Vi föreslår att  $IM_{ref}$  och  $IM_{skog}$  så långt möjligt samlokaliseras geografiskt (Västkusten, Småländska höglandet, Bergslagen och Norrlands inland) för att  $IM_{ref}$  skall kunna fungera som klimatomfattig referens för opåverkade skogsområden och som kvantitativ referens för många av de processer som kan förväntas påverkas av olika skogsbruksåtgärder. Det innebär att fyra  $IM_{skog}$  bör instrumenteras, karteras och mätprogram upprättas som i stort överrensstämmer med  $IM_{ref}$ . I  $IM_{skog}$  bör ansvariga ha möjlighet att påverka när och hur skogsbruksåtgärderna utförs, vilket kan innebära att mark måste inköpas eller på annat sätt ställas till delprogrammets förfogande.

*E) Karteringar av avrinningsområdena i A-D, med syfte att definiera områdenas representativitet och som underlag för källfördelningar och andra modellberäkningar.*

Av det som redan sagts framgår det förhoppningsvis med all önskvärd tydlighet att avrinningsområdena bör karteras med avseende på markslag, markanvändning, hydromorfometri etc. Enligt vår bedömning bör karteringar baserade på fjärranalys alternativt kNN och utföras med systematisk metodik för samtliga delprogram för att uppnå så hög

jämförbarhet som möjligt. Representativitet och modeller kan då utvecklas baserat på samma bakgrundsunderlag, vilket ökar säkerheten i skattningarna. Metoderna erbjuder dessutom tidsmässiga upprepningar utan allt för stora kostnader. Ett viktigt arbete som återstår att utföra för att förbättra tolkbarheten av framförallt biologiska mätningar i akvatiska system är att systematiskt nätverksbilda och hydromorfologiskt (naturgivna förutsättningar och fysisk påverkan) beskriva Sveriges sjöar och vattendrag. Förhoppningsvis kommer RDV att påskynda detta utvecklingsarbete så att informationen kommer att finnas tillgänglig inom de närmaste åren.

## 11. Program för övervakning av akvatiska system i brukad skog – kostnader

Kostnaderna för de föreslagna delprogrammen är grovt skattade i Tabell 9. I tabellen är den årliga driftkostnaden angiven. Av driftkostnaden på ca 16 mkr/år är knappt 4 mkr/år finansierad via andra miljöövervakningsprogram. Det innebär att den reella kostnaden för driften av programmet borde vara ca 12 mkr/år. Kostnaderna för att starta upp delprogrammen är höga på grund av kostnaderna för etablering av vattenföringsstationer, karteringar och instrumentering av IM<sub>skog</sub>. Genom att starta upp delprogrammen under en 2-årsperiod kan dock de årliga initialkostnaderna fördelas från 26 mkr till ca 13 mkr/år. För planering och utvärdering av mätprogrammen förväntas arbetskostnader av kvalificerad personal motsvarande 1 manår/delprogram (A-E), vilket ger en kostnad på ca 4 mkr/år (800 kkr/person inklusive allt). Kostnaderna för undersökningar av vattenkemi, bottenfauna och fisk har hämtats från Wallin (2002). Kostnaderna för att upprätta en vattenföringsstation inklusive registrerande mätinstrument skattats till 50 kkr/stn, karteringar till 10 kkr/stn, och IM-områden i enlighet med tabellen.

Tabell 9. Ungefärliga kostnader (miljoner kr) för delprogrammen inom den föreslagna övervakningen av akvatiska system i brukad skog

	Etablering mkr	Drift mkr/år	Kommentar
Delprogram A	0,5	0,3	Ke+Bf, 200 objekt/6 år
Delprogram B	2,0	4,5	Ke+Bf+Fi, 80 objekt
Delprogram C	1,8	2,9	Ke+Bf, 70 objekt
Delprogram D	8,0	2,8	4 IM-områden
Delprogram E	3,6	0,6	Kartering/6 år
Utvärdering A-E	4,0	4,0	5 manår/år inkl. drift
Vattenföring	6,3	0,8	Ca 125 st i B, C & D
<b>Totalt</b>	<b>26,2</b>	<b>15,9</b>	

## 12. Våra slutsatser av remissinstansernas yttranden

I detta kapitel sammanfattar vi de ur vår synvinkel viktigaste synpunkterna från remissinstanserna. Yttranden har erhållits från Skogsstyrelsen (samordnat svar från skogsskötsel-, analys- och miljöavdelningarna [SKS]), Skogsfakulteten vid SLU, IVL och

KSLA samt från två enheter vid Naturvårdsverket (NV, landmiljö- och miljöövervakningsenheterna). För remissinstansernas fullständiga yttranden hänvisas till Naturvårdsverket.

Flera av remissinstanserna (SKS, NV, IVL, KSLA) kommenterar att rapporten ger en riktig problembeskrivning och bild av de krav och befintliga övervakningssystem som föreligger kopplat till skogsbrukets effekter på akvatiska system. IVL konstaterar att det föreslagna övervakningsprogrammet sannolikt kan uppnå de mål som satts i rapporten, men konstaterar att det kommer att bli mycket resurskrävande. Flera instanser har bedömt kostnaderna för programmet som högt eller har lämnat förslag på hur kostnaderna skall kunna begränsas (SKS, NV, IVL, KSLA). Förslag på sådana är litteraturgenomgångar/riskanalyser som används för att reducera med de delar i programmet som ger lågt kunskapsutbyte i förhållande till kostnaden (SKS, IVL, KSLA). Andra förslag är att komplettera programmet med modeller (NV, IVL, KSLA), bättre utnyttja befintlig miljöövervakning (NV) och att i huvudsak inrikta studierna till små (<10 km<sup>2</sup>, SKS, IVL, KSLA) eller medelstora avrinningsområden (10-100 km<sup>2</sup>, NV). SKS, NV och IVL ger dessutom olika förslag på vilka frågeställningar/mätningar som borde prioriteras. SLU anser att det är bra att förslaget förordar långsiktigt säkerställd finansiering via miljöövervakningsbudgeten, medan NV konstaterar att kompletterande finansiering krävs. Både SLU och KSLA markerar att övervakningsprogrammet bör kompletteras med forskning inom angelägna områden.

Den viktigaste slutsatsen vi dragit av remissinstansernas yttranden är att man prioriterar olika delar i det föreslagna programmet olika högt, d.v.s. det saknas en gemensam syn på vilka frågeställningar som övervakningsprogrammet skall besvara och hur mycket det får kosta. Det innebär t.ex. att Skogsstyrelsen och Naturvårdsverket, de mest berörda myndigheterna, delvis förordar olika inriktning och ambitionsnivå.

Naturvårdsverket och Skogsstyrelsen rekommenderas därför att tillsammans med näringen skapa en gemensam syn på hur övervakningen av brukad skog skall utföras i framtiden. Denna rapport kan förhoppningsvis utgöra grund för sådana diskussioner.

## Referenser

- Essen,P-A., Glimskär,A., Inghe,O., Ringvall,A., Ståhl,G., Ericsson,S., Kruys,N., Lundin,L., Löfgren,P., Löfstrand,R. och Sjöberg,K. 2002: Stickprovvis Landskapsövervakning (SLÖ) - Förslag till design och innehåll. (PM utarbetad inför workshop i Uppsala 12-13 februari 2002).
- Fölster, J. & Johansson, K. 2002. Miljö kvalitetsbedömning av sjöar och vattendrag enligt EU:s ramdirektiv för vatten. Vad behöver göras för att implementera direktivet? Rapport Inst. f. miljöanalys, SLU. 2002-03-14, 25 sidor.
- Löfgren, S. & H. Olsson. 1990. Tillförsel av kväve och fosfor till vattendrag i Sveriges inland. Underlagsrapport till Hav-90, Aktionsprogram mot havsföreningar, Naturvårdsverket rapport 3692, 100 pp.
- Löfgren, S. (Red.) 2001. Integrerad miljöövervakning av miljö tillståndet i svensk skogsmark – IM. Årsrapport 1999. Inst. f. miljöanalys, SLU rapport 2001:10. 28 sidor + bilagor.

- Löfgren, S., Nordström, K., Olofsson, H., Rystedt, S. & Sandin, L. 2001. Bedömningsgrunder för fysisk påverkan – ett pilotprojekt med Dalälvens avrinningsområde som exempel. Länsstyrelsen i Dalarnas län, Miljövårdsenheten Rapport 2001:15, 20 sidor.
- Löfgren, S. & Westling, O. 2002. Modell för att beräkna kväveförluster från växande skog och hyggen i Sydsverige. Inst. f. miljöanalys, SLU rapport 2002:1, 23 sidor.
- Nilsson, M.&Olsson,H., 2002: Kortfattad beskrivning av planerad produktion avseende skattning av skogliga variabler baserat på Riksskogstaxeringens provytedata och satellitbilsdata - "kNN- Sverige". Stencil, Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik.
- Skogsstyrelsen. 2001a. Åtgärder mot markförsurning och för ett uthålligt brukande av skogsmarken. Meddelande 4-2001, 37 sidor+bilaga 18 sidor.
- Skogsstyrelsen, 2001b. Obsytor miljöövervakning på skogliga observationsytor, Broschyr, 8 sidor.
- Ståhl,G., Eriksson.B., Holm, S., Lundin, L. och Sjöberg, K. 2002: Innehåll och design för Riksskogstaxeringen\* 2003.(PM inför seminarium i Uppsala 11/3 - 2002).
- Wallin, M. Slutrapport från projektet: Referensnät för ytvattenstationer enligt ramdirektivet för vatten. Rapport Inst. f. miljöanalys, SLU. 63 sidor+bilagor.
- Westling, O., Löfgren, S. & Akselsson, C. 2000. Arealförluster från skogliga avrinningsområden i Västra Götaland. Skogsstyrelsen rapport 2001:2. 78 sidor.
- Wilander, A., Johnson, R., Goedkoop, W. & Lundin, L. 1998. Riksinventeringen 1995. En synoptisk studie av vattenkemi och bottenfauna i svenska sjöar och vattendrag. Naturvårdsverket rapport 4813. 191 sidor

## Bilaga 1

### Följebrev och enkät

IMA genomför på uppdrag av NV projektet "Övervakning av akvatiska system i brukad skog nuvarande status och förslag till framtida program". Projektet syftar till att dokumentera den svenska forskning och övervakning som idag är inriktad mot att belysa långsiktiga biogeokemiska effekter på akvatiska system i brukad skog samt att ge förslag på hur denna övervakning skulle kunna utformas i framtiden.

Inledningsvis skall vi sammanställa "alla" studier i definierade avrinningsområden som startats sedan 1970-talet m a p tidsperiod, använd metodik, belägenhet, mark- och skogsegenskaper, samt skogsbruksåtgärder. Mätresultaten beaktas ej i detta sammanhang (det är dock av intresse att veta om, av vem/var och i vilket form mätvärden finns tillgängliga).

Trots dagens alla förträffliga och lättillgängliga databaser så är det så att många av de studieobjekt vi skall sammanställa är "doldisar" eller på väg att falla i glömska. Jag har genom att ringa runt på myndigheter och forskningsinstitutioner funnit att Du har/kan ha den information vi söker. Jag önskar därför att Du tar dig tid och fylleri bifogade Excel-ark och mailar det till mig snarast.

Vid ifyllandet vill jag att Du beaktar följande:

1. Det är meningen att enkäten skall kunna besvaras fort och lätt (d vs ur minnet med kontroll av siffervärden). Obesvarade rutor kommer att tolkas som att information ej finns alternativt undersökningsmomentet ej genomförts. Kolla innan ifyllandet de exempel som bifogas enkäten, så förstår Du vilken ambitionsnivå som är önskvärd.
2. Om undersökningsobjektet under hela studieperioden markant har förändrats m a p undersökningsmoment och provtagningsintensitet, så kan Du redovisa samma objekt i två eller flera tidsperioder.
3. Enkäten avser i första hand studier av små (<20 km<sup>2</sup>) skogsdominerade avrinningsområden (ARO), men relativt stora inslag av myrmark och fjäll accepteras. Avrinningsområden med jordbruksmark accepteras ej, vilket är fallet även för områden med >2% sjöareal. Kemiska analyser och skattningar av vattenföringen i bäcken skall ha genomförts under mer än 2 år och med en provtagningsintensitet omfattande minst 6ggr/år.

**GLÖM INTE SKICKA IN ENKÄTEN SÅ FORT NI KAN! Tack på förhand**

Hans Olofsson

## Pågående eller avslutade studier av bäckar i små skogsdominerade avrinningsområden.

Objekt 1   Objekt 2   Objekt 3   Objekt 4

---

### Basinformation

Namn undersökningsobjekt  
X-koordinat mätpunkt  
Y-koordinat mätpunkt  
Huvudvattendrag  
Flodområde enligt SMHI  
Undersökningarna påbörjades  
Undersökningarna avslutades

### Information om avrinningsområdet (ARO)

Areal (km<sup>2</sup>)  
Lägsta höjd (m ö h)  
Högsta höjd (m ö h)  
Andel skog (%)  
Andel myr (%)  
Andel fjäll (%)  
Andel sjö (%)  
Dominerande jordart  
Dominerande berggrund

### Information om skogsbeståndet

Skattad andel tall (%)  
Skattad andel gran (%)  
Skattad andel björk (%)  
Skattning av genomsnittlig trädålder (år)

### Skogsbruksåtgärder under studieperioden

Inga åtgärder utförda (markera med X)  
Slutavverkning (andel av ARO i %)  
Markberedning (andel av ARO i %)  
Bränning (andel av ARO i %)  
N-gödsling (andel av ARO i %)  
Vitaliseringsgödsling (andel av ARO i %)  
Markkalkning (andel av ARO i %)  
Våtmarkskalkning (andel av ARO i %)  
Annan åtgärd (ange vilken)  
Annan åtgärd (andel av ARO i %)

### Genomförda undersökningar i ARO (markera med X)

Systematisk registrering av klimatvariabler  
Nedfall (öppet fält)  
Nedfall (krondropp)  
markkemisk kartering/inventering  
markvattenkemisk undersökning  
grundvattenkemisk undersökning  
Inventering av skogstillstånd  
Annan inventering (ange inriktning)

---

---

Metod för skattning av vattenföring (markera med X)

Kontinuerlig registrering av vattenstånd +avbörningskurva  
vid bestämmande sektion.

Modellberäknad Q (ex HBV/PULS)

Flödesbestämning vid provtagning

Registrering av vattenstånd vid provtagning

Annan metod (ange vilken)

Kemiska undersökningar i bäckvatten (antal prov/år)

Baskemi: pH, alk/Acid, konduktivitet, vattenfärg

Fosfor-löst: PO<sub>4</sub>-P

Fosfor-total

Kväve - löst: NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N

Kväve-total

Kol: TOC, DOC alternativt COD

Jonbalans: Ca, Mg, Na, K, SO<sub>4</sub>, Cl, NO<sub>3</sub>

Metaller: Fe, Mn, Al

Tungmetaller: Zn, Cu, Pb, Cd

Aluminiumspeciering

Kvicksilver

Andra kemiska variabler (ange vilka)

Biologiska undersökningar i bäckvatten (markera med X)

Elfiske

Bottenfauna

Påväxtalger

Tillgänglighet av mätvärden (vattenföring och vattenkemi)

Allmänt tillgänglig via internet (ange web-adress)

Finns lagrad i digital form hos ( ange namn och adress)

Finns lagrad i pappersform hos (ange namn och adress)

---