LÄNSSTYRELSEN I STOCKHOLMS LÄN

U U

Underlagsmaterial juni 1997 Nr 14

Utvärdering av regional miljöövervakning av skog och skogsmark

t.o.m. 1994 i AB-, C-, D-, T- och U-län

Miljövårdsenheten

UTVÄRDERING AV REGIONAL MILJÖÖVERVAKNING AV SKOG OCH SKOGSMARK T.O.M. 1994 I AB-, C-, D-, T- och U-LÄN

Maj-Britt Johansson
Åke Nilsson
Inst. för skoglig marklära
Sveriges lantbruksuniversitet
750 07 UPPSALA

Förord

Länsstyrelserna i Stockholms-, Uppsala-, Södermanlands-, Örebro- och Västmanlands län har låtit inventera vad som gjorts inom programområde skog och skogsmark före 1994 i länen. Arbetet har fortsatt med en bedömning av den tidigare övervakningens status i förhållande till nya krav inom miljöövervakningen.

Arbetet har utförts av Maj-Britt Johansson och Åke Nilsson, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig marklära. Projektet är ett exempel på samordnad regional miljöövervakning mellan mälarlänen och har bekostats av Naturvårdsverket. Arbetet har resulterat i två rapporter:

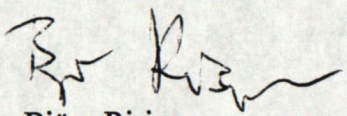
Regional miljöövervakning av skog, skogsmark och biologisk mångfald i AB-, C-, D-, T- och U-län. En sammanfattning av verksamheten t.o.m. 1994.

Utvärdering av regional miljöövervakning av skog och skogsmark t.o.m. 1994 i AB-, C-, D-, T- och U-län.

I båda rapporterna presenteras data som är av intresse i en vidare krets inom miljöövervakningen. Det är dock i den andra rapporten, där länens tidigare verksamhet granskas och utvärderas, som viktiga synpunkter och förslag inför framtiden presenteras.

För Länsstyrelserna i AB-, C-, D-, T- och U-län

Stockholm i juni 1997



Björn Risinger
Miljövårdsdirektör

INNEHÅLL

FÖRORD

SAMMANFATTNING

1. BAKGRUND 7

2. ALLMÄN BESKRIVNING AV REGIONENS SKOGAR OCH SKOGSMARK 8

2.1 Skogsmarksarealen, skogarnas huggningsklasser och trädslagsfördelning 11
2.2 Jordarter 15
2.3 Jordmåner 17
2.4 Humusformer 17
2.4 Jorddjup 18

3. BEFINTLIG ÖVERVAKNINGSVERKSAMHET 22

3.1 Skogsskador 22
3.2 Markkemi 22
3.3 Markvattenkemi och nederbördskemi 22
3.4 Likheter och olikheter mellan länens övervakningsverksamhet 23
3.4.1 Övervakningslokalernas antal och geografiska fördelning 23
3.4.2 Mätvariabler och provtagningsfrekvens 27
3.4.3 Provtagnings- och analysmetoder 27

4. UPPFYLLER ÖVERVAKNINGSVERKSAMHETEN NV:s RIKTLINJER FÖR REGIONAL MILJÖÖVERVAKNING? 33

4.1 Ger övervakningen "erforderlig kunskap om regionala miljöförhållanden" 34
4.1.1 Skogen och skogsmarkens hälsotillstånd 34
4.1.1.1 Uppsala län 34
4.1.1.2 Stockholms län 38
4.1.1.3 Södermanlands län 42
4.1.1.4 Örebro län 45
4.1.1.5 Västmanlands län 48
4.2 Kan "miljötillståndet och dess utveckling" bedömas? 51
4.2.1 Skogsskador 51
4.2.2 Markkemi 52
4.3 Kan "omfattningen av regionala miljöhot bedömas?" 65
4.4 Ger övervakningen möjlighet till "högre areell upplösning av regionalt intresse" 65

4.5 Ger övervakningen "underlag till nationell uppföljning av vissa miljöstörningar" 65

5. TACK 66

6. REFERENSER 67

SAMMANFATTNING

I föreliggande rapport utvärderas den regionala miljöövervakningsverksamheten för skog och skogsmark som bedrivits i AB-, C-, D-, T- och U-län t.o.m. 1994. Utvärderingen är gjord utifrån de riktlinjer för regional miljöövervakning som angivits i Naturvårdsverkets "Handbok för miljöövervakning". Enligt dessa ska regional miljöövervakning: a) "ge erforderlig kunskap om regionala miljöförhållanden", b) "bedöma tillstånd och utveckling", c) "bedöma omfattningen av regionala miljöhot", d) "i vissa fall ge möjlighet till högre areell upplösning av regionalt intresse" och d) "i andra fall ge underlag till en nationell uppföljning av vissa miljöstörningar".

De övervakningsverksamheter i länen som omfattas av utvärderingen är: 1) skogsskadeövervakningen som utförts på totalt ca 160 ytor i regionen (17-25 i C-län, 16 i D-län, 8 i U-län, 23 i T-län och 91 i AB-län) och 2) de markkemiska inventeringarna som utförts på totalt 138 ytor i regionen (20 ytor i C-län, 13 i D-län, 17 i U-län, 5 i T-län och 83 i AB-län).

Utvärderingens resultat kan sammanfattas i följande sju punkter:

1. *Övervakningen ger en bred kunskap om regionala miljöförhållanden*

Denna slutsats baseras på det faktum att övervakningen inriktats på att omfatta både skog, mark och nederbörd. Skogsskadeövervakning och markkemisk inventering har utförts i samtliga län och nederbördens och markvattnets kemiska sammansättning har övervakats i fyra av de fem länen (AB-, D-, T- och U-län). Uppsala län saknar övervakning av nederbördskemi och markvattenkemi vilket begränsar kunskapen om miljötillståndet i länet.

2. *Övervakningen av skogsskador och markkemi bedrivs i skogar som är relativt representativa för regionen*

Detta innebär att de karaktärer skogen och marken har på övervakningsytorna överenstämmer relativt bra med karaktärerna hos merparten av den totala skogsmarksarealen i länen. När det gäller skogarnas ålder har övervakningen inte speglat miljötillståndet i samtliga förekommande åldersklasser utan vanligtvis belyst tillståndet i framför allt medelålders och äldre skog (C- och D-skog). Det faktum att ca 70% av skogsmarken i länen upptas av C- och D-skog gör dock att övervakningarna rimligen bör ge en god bild av miljötillståndet. Dessutom är både markförsurning och skogsskador mer vanligt förekommande i äldre än i yngre skogar, vilket motiverar att övervakningsinsatserna har riktats mot medelålders och äldre skogar. Till följd av att mycket få eller inga övervakningsytor placerats i yngre skogar (A- och B-skog) är medelålders och äldre skogar kraftigt överrepresenterade i båda inventeringarna.

Beträffande skogarnas trädslagsfördelning har övervakningen vanligtvis omfattat gran, tall och barrblandskogar som tillsammans förekommer på ca 70-85% av skogsmarksarealen. Flest ytor har lagts ut i granskog vilket innebär att dessa är kraftigt överrepresenterade i förhållande till förekomsten i länen. Av jordarterna omfattas vanligtvis moräner och sediment medan häll, torv och gyttja oftast saknar övervakning. De två förstnämnda jordartstyperna upptar mellan 80 och 87% av skogsmarksarealen i länen. De jordmånstyper som övervakas är podsol och brunjord som sammantaget förekommer på 79-86% av skogsmarksarealen. Den försurningskänsliga jordmånen lithosol saknar övervakning i samtliga län trots att den är relativt vanligt förekommande i C-län och AB-län där den upptar ca 20% av skogsmarksarealen. I C-län har övervakningen omfattat humusformerna mull, mår och torv medan omfattningen i övriga län är okänd eftersom humusform vanligtvis ej bestämts på övervakningsytorna.

3. ***Skogsskadeövervakningen bör ge en uppfattning av skogsskadetillståndet och dess utveckling i länen.***

Den metod som använts för att inventera skogsskador, dvs "bedömning av kronutglesning", bör ge en bild av skogsskadesituationen och dess utveckling, förutsatt att systematiska fel till följd av skillnader i bedömningsteknik hos förrättningsmännen kan elimineras genom kalibrering. I de län som omfattats av utvärderingen tycks man vid utlägget av ytorna ha eftersträvat att förlägga dessa till bestånd som är likvärdiga vad gäller t.ex ålder, trädslagsfördelning, jordarter och jorddjup. Mot bakgrund av att många faktorer påverkar skogsskador är detta upplägg att rekommendera i de fall då ekonomin endast tillåter att ett fåtal ytor läggs ut. Detta upplägg av inventering blir dock inte heltäckande för länets skogar utan ger enbart en grov uppfattning om skogsskadetillståndet och dess utveckling i länen.

4. ***Den markkemiska inventeringen ger endast i vissa län en tillräckligt noggrann beskrivning av skogsmarkens kemiska tillstånd och dess utveckling.***

Den utvärdering som gjorts av de befintliga markkemiska inventeringarna visar att upplägget är otillfredsställande i flertalet av länen. Såväl vid markkemisk inventering, som syftar till att belysa det markkemiska tillståndet vid ett tillfälle, som vid markkemisk övervakning, då tillståndets utveckling över tiden studeras, är det viktigt att det uppmätta tillståndet inte avviker alltför mycket från det "sanna" tillståndet. Utvärderingen visar att två generalprov, vilket är det antal jordprov som vanligtvis insamlas från varje observationsyta, ofta resulterar i att skattningen av medelvärdena får mycket stor standardavvikelse. Detta får till följd att endast en grov beskrivning av tillståndet erhålls och att endast mycket stora förändringar i markkemiska variabler statistiskt kan säkerställas. Genom att öka antalet generalprov från varje yta, minskar variationen kring medelvärdet och en säkrare skattning av medelvärdet erhålls.

De provtagningar som statistiskt kan säkerställa de minsta pH-förändringarna i både humusskiktet och i B-horisonten är de som utförts av Länsstyrelserna i C-län och i U-län. I dessa undersökningar har 3 respektive 4 generalprov, i stället för två som i övriga läns undersökningar, insamlats och analyserats från ytorna. Med tre generalprov vardera innehållande 15 delprov, kan man på huvuddelen av de ytor som ingått i Länsstyrelsens provtagning i Uppsala län, statistiskt säkerställa pH-förändringar på ±0,2-0,5 pH-enheter i humustäcket och på ±0,2-0,6 pH-enheter i B-horisonten. Motsvarande resultat för huvuddelen av de ytor som provtagits av Länsstyrelsen i U-län, där man insamlat fyra generalprov, vardera bestående av 5 delprov, är säkerställda förändringar på ±0,1-0,5 pH-enheter i humusskiktet och ±0,2-0,5 enheter i B-horisonten. I övriga provtagningar som utförts i regionen och där två generalprov insamlats och analyserats, är storleken på den säkerställda förändringen oftast betydligt större. När det gäller övriga markkemiska parametrar (utbytbara baskatjoner, väte och aluminium) visar utvärderingen att det krävs fler än tre generalprov för att uppnå den säkerhet i uppskattningen som är önskvärd i miljöövervakningssammanhang.

5. ***Omfattningen av regionala miljöhot kan sannolikt ej bedömas i merparten av länen med den övervakningsverksamhet som bedrivs.***

För att kunna bedöma omfattningen av regionala miljöhot krävs ett relativt tätt nät av stickprov (många ytor) inom en region eller att övervakningsytorna placerats strategiskt i förhållande till utsläppskällorna. Eftersom antalet ytor i samtliga län, utom i Stockholms län, varit relativt få och många faktorer styrt ytornas placering, är det knappast troligt att omfattningen av regionala miljöhot kan bedömas utifrån den övervakningsverksamhet som i dag bedrivs inom regionen. I Stockholms län, där man övervakat skogsskador och inventerat det markkemiska tillståndet på ett mycket stort antal ytor, (som dessutom lagts ut på olika avstånd från centralorten), bör grundförutsättningarna vara betydligt bättre att lyckas med denna uppgift.

6. ***Med vissa kompletteringar kan övervakningen få en högre areell upplösning av regionalt intresse.***

Syftet med de ytor som Skogsvårdsstyrelsen och Länsstyrelsen lagt ut i länen för att övervaka skogsskadesituationen och inventera det markkemiska tillståndet är vanligtvis att få en bild av miljösituationen på länsnivå. För att erhålla en högre areell upplösning t.ex en uppfattning av miljötillståndet på kommunnivå krävs därför en viss komplettering av övervakningen på länsnivå. När dessa nya övervakningsytor läggs ut måste kommunen betraktas som enhet och övervakningsytorna placeras så att de beskriver kommunens miljötillstånd. Ett annat möjligt tillvägagångssätt är att förtäta Ståndortskarteringens objektivt utlagda ytor inom t.ex en kommun.

7. *Övervakningen kan ge underlag till nationell uppföljning av vissa miljöstörningar.*

Givetvis kan de inventeringar som gjorts på länsnivå utnyttjas i nationella sammanställningar. Utvärderingen av materialet förutsätter dock god kunskap om hur respektive undersökning utförts vad gäller provtagningsförfarande, använda analysmetoder och dyl.

1. BAKGRUND

Enligt Riksdagens beslut ska Länsstyrelserna ansvara för att enhetliga regionala miljöövervakningsprogram successivt införs i varje län, i syfte att erhålla erforderliga kunskaper om regionala miljöförhållanden, som underlag för regional och kommunal planering. Övervakningsprogrammen ska samordnas mellan naturgeografiskt lika regioner för att minimera kostnader och underlätta syntesarbete. Naturvårdsverket har fastlagt den generella strategin för övervakning av skog där den regionala övervakningen, såväl som den nationella, är uppdelad på två skilda typer av delprogram, dels yttäckande övervakning och dels processövervakande delprogram. Enligt NV:s "Handbok för miljöövervakning" är syftet för regional miljöövervakning att ge en bild av miljötillståndet inom ett mer begränsat område. Vidare är målsättningen att:

- "ge erforderlig kunskap om regionala miljöförhållanden"
- "bedöma tillstånd och utveckling"
- "bedöma omfattningen av regionala miljöhot"
- "i vissa fall ge möjlighet till högre areell upplösning av regionalt intresse"
- "i andra fall ge underlag till en nationell uppföljning av vissa miljöstörningar"

Dessutom ska de regionala övervakningsprogrammen vara utformade med hänsyn till:

- "regionala variationer i naturgivna förhållanden"
- "regional industristruktur"
- "de areella näringarnas fördelning inom regionen"

Under budgetåren 1993/94 och 1994/95 beviljades Länsstyrelserna i AB-, C-, D-, T- och U-län medel från NV för att mot bakgrund av de mål för miljöövervakning som antagits av Riksdagen utvärdera den övervakningsverksamhet för skog, skogsmark och biologisk mångfald som t.o.m. 1994 bedrivits i AB-, C-, D-, T- och U-län. I föreliggande rapport presenteras detta arbete. **Den biologiska mångfalden omfattas ej av utvärderingen eftersom den 1994 saknade systematisk övervakning i länen.** I utredningen hänförs även de markprovtagningar som utförts vid endast ett tillfälle, och inte upprepats, till övervakningsverksamhet. I dagsläget är dessa provtagningar snarare att betrakta som markkemisk inventering än markkemisk övervakning. Detta gäller huvuddelen av de markkemiska provtagningarna som utförts i länen. Endast i U-län och i AB-län har vissa av ytorna provtagits vid två tillfällen.

Utvärderingen inleds med en beskrivning av länens skogsekosystem (kapitel 2) samt en sammanfattning av befintlig övervakningsverksamhet (kapitel 3). Beskrivningen av länens skogar och skogsmark ligger bl.a till grund för analysen av den kunskap övervakningen ger om regionala miljöförhållanden. Här har två saker beaktats: 1). Vad övervakningen ger kunskap om (skogsskador, markkemi etc. och 2). Övervakningsytornas representativitet för skogen och skogsmarken

i länen. Beaktade karaktärer hos skogen har varit huggningsklass (ålder) och trädslagsfördelning samt jordart, jordmån och humusform hos marken. Genom att jämföra den andel varje karaktär utgör av skogsmarksarealen i länen med dess representation i övervakningen (andelen övervakningsytor med dessa karaktärer) fås en uppfattning om hur representativa de olika övervakningsverksamheterna är för regionens skogar och marker.

2. ALLMÄN BESKRIVNING AV REGIONENS SKOGAR OCH SKOGSMARK

Nedan ges en kortfattad beskrivning av regionens skogar och skogsmark. Grunddata är hämtade från Ståndortskarteringens och Riksskogstaxeringens databaser vid SLU och avser ägoslaget skogsmark. Detta innebär att **sammanställningen endast omfattar den produktiva skogsmarken, dvs där boniteten uppgår till minst 1 m^3sk per ha och år.** Detta är viktig att komma i håg när t.ex kartbilderna studeras. För t.ex Stockholms län, som har en stor andel trädbevuxen mark med en bonitet som är lägre än 1 m^3sk (t.ex hällmarkstallskogar), kommer kartorna inte att överensstämma med den allmänna bild vi har av skogen och skogsmarken i länet. Exempelvis kan kartbilden visa mäktigt jorddjup och brunjord inom områden som vi vet har grunda jordar och podsoler. I vårt synintryck har vi då inkluderat all skogklädd mark oberoende av bonitet. Kartbilden å andra sidan visar markförhållandena i den skog där den årliga produktionen uppgår till minst 1 m^3sk per ha och som kan förekomma i direkt anslutning till den improduktiva skogsmarken. Beskrivningen omfattar förutom rena sifferuppgifter på skogsmarksarealens storlek i de olika länen, även sådan information om skogsekosystemen som är av intresse när länen betraktas från skogsskade- och markförsurningssynpunkt. Parametrarna huggningsklass och trädslagsfördelning beskriver skogarnas karaktärer och förekommande jordarter, jordmåner, humusformer samt jorddjup belyser skogsmarkens egenskaper. Inledningsvis beskrivs parametrarna samt dess koppling till skogsskador och markförsurning.

Huggningsklassen hos en skog uttrycker utvecklingsgraden och ger inom ett län eller en mindre region en ungefärlig upplysning om åldern. Enkelt uttryckt avses med A-skog kalmark, med B-skog plant- och ungskog, med C-skog medelålders skog och äldre gallringsskog och med D-skog äldre skog. Skogens ålder ger upplysning om hur länge den naturliga försurningen pågått i en skog, ju äldre skogen är desto längre tid har växandet naturligt försurat marken. Det är dock viktigt att komma i håg att inte enbart tiden utan även hur mycket det har växt påverkar storleken på den naturliga försurningen. På merparten av den svenska skogsmarken (de mineralogisk starka markerna undantaget) avtar pH-värdet i humusskiktet hos barrskogar med ökad beståndsålder (Troedsson och Nilsson, 1984). Skogens ålder är också en intressant parameter i skogsskadesammanhang eftersom skogsskadorna vanligtvis är större i äldre skog än i yngre.

Trädslagsfördelningen (eller eg. trädskiktets sammansättning) anger vilket eller vilka trädslag som skogen består av (dominerande trädslag). Trädslagsfördelningen beräknas m.h.a trädslagsblandningen vilken anges som tiondelar av grundytan om medelhöjden är 7 m eller mer, eller som tiondelar av antalet huvudstammar eller huvudplantor om medelhöjden understiger 7 m. Beroende på trädslagsfördelningen urskiljs bl.a följande typer av skogar: granskog (≥ 7/10 gran), tallskog (≥ 7/10 tall+contorta), lövskog (≥ 7/10 björk+övr.löv+övr.ädellöv), barrblandskog (≥ 7/10 tall+contorta+gran), ek-/bokskog (≥ 7/10 ek+bok) och blandskog där trädslagsblandningen kan fördela sig på något av följande sex sätt: 1) ≥ 7/10 ek + bok eller 5-6/10 barr + 3-5/10löv + 0-2/10 ek/bok eller 5-6/10 barr + ≤ 2/10 löv + 2-5/10 ek/bok eller 3-4/10 barr + 4-6/10 löv + 0-2/10 ek/bok eller 3-4/10 barr + ≤ 4/10 löv + 3-6/10 ek/bok eller ≤ 2/10 barr + 6/10löv + 2/10 ek/bok eller ≤ 2/10 barr + 2-6/10 löv + 3-6/10 ek/bok. 2) 5-6/10 barr + ≤ 2/10 löv + 2-5/10 ek + bok, 3) 3-4/10 barr + 4-6/10 löv + 0-2/10 ek + bok, 4) 3-4/10 barr + ≤ 4/10 löv + 3-6/10 ek + bok, 5) ≤ 2/10 barr + 6/10 löv + 2/10 ek+bok och 6) ≤ 2/10 barr + 2-6/10 löv + 3-6/10 ek + bok.

I likhet med i bestånd av olika åldrar föreligger det skillnader i humusskiktets pH-värde mellan olika typer av skogar. Detta framgår av de pH-mätningar som utförts på humusprov insamlade från hela landet av Riksskogstaxeringen under åren 1961-72 (Troedsson och Nilsson, 1984). Studien visar att humusskiktet i tallbestånd generellt är surare än humusskiktet i granbestånd samt att motsvarande skikt i lövbestånd är mindre surt än i barrbestånd. En trolig förklaring till detta är att tall växer på mineralogiskt svagare marker än gran och lövträd samt att förnan från gran och lövträd är rikare på basiska element än tallbarrsförnan.

Jordarten och dess textur är viktiga parametrar i skogssammanhang då jordartens egenskaper påverkar trädens livsvillkor på många olika sätt. Vid sidan av jordartens mineralogi, dvs vilka mineral och bergartspartiklar som jordarten är uppbyggd av, är dess textur en mycket viktig faktor. En finkornig jordart håller t.ex mer vatten och näring än en grovkornig jordart vilket påverkar trädens växtmöjligheter. Det faktum att markpartiklarnas sammanlagda yta är större i finkorniga jordar påverkar också markens förmåga att motstå försurning. En jords förmåga att buffra mot surt nedfall, buffertförmåga, gynnas nämligen av en lång kontakttid och stor kontaktyta mellan tillfört surt vatten och markens partiklar. Marker bestående av finkorniga moräner och finkorniga sediment är alltså mindre försurningskänsliga än marker bestående av grova moräner och grova sediment. Jordarten häll, som i egentlig mening inte är en jordart, används i ståndortskarteringens klassificering när jordmånen utgörs av lithosol och jordarten ej är torv. Häll innebär alltså att mineraljordstäcket är <10 cm vilket betyder att dessa marker är ytterst försurningskänsliga. Jordartsfördelningen ger med andra ord upplysning om skogsmarkens grundförutsättningar för skogsproduktion och markförsurning.

Jordmånen, som utbildas i den övre delen av en jordart, återspeglar markens bördighet och förmåga att motstå pH-förändringar. Podsolen, som förekommer på 66% av Sveriges skogsmarksareal, är landets vanligaste jordmånstyp. Jämfört med brunjorden, som finns på 14% av skogsmarken, är podsolen en betydligt sämre jordmån från växtlighetssynpunkt. Detta hänger bl.a samman med att brunjord utbildas på mineralogiskt starkare marker och i gynnsammare klimatlägen än podsolen. Den högre biologiska aktiviteten i en brunjord, där maskar och andra grävande organismer ständigt blandar döda växtrester med mineralpartiklar, bidrar också till en bättre struktur på marken, vilket ökar dess förmåga att kvarhålla vatten och näring. Det faktum att podsolen, jämfört med brunjorden, utbildas på mineralogiskt "svagare" marker som har sitt ursprung i svårvittrade berggrunder gör att dess innehåll av buffrande katjoner blir lägre. Podsolmarker anses därför allmänt som mer försurningskänsliga än brunjordar. Markens översta lager, humuslagret, består av döda växt- och djurrester som befinner sig i olika nedbrytningsstadier. Efter nedbrytningsgraden hos det organiska materialet, samt mängden mineraljordsinblandning och ev. förekomst av jordaggregat, indelas humuslagret i olika humusformer (vanligtvis mår, moder, mull-liknade moder, mull och torv). **Humusformen** mår, kännetecknas av att det organiska materialet bildar en väl avgränsad filt ovanpå mineraljorden som inte är nämnvärt blandad med mineraljord. I mull har däremot grävande markdjur blandat det organiska materialet med mineraljord. Mullen får därmed en lucker struktur och är otydligt avgränsad mot mineraljorden. Humusformerna moder och mull-liknande moder utgör övergångstyper mellan mår och mull. De hittills uppräknade humusformerna förekommer alla på fastmark. På torvmark utbildas humusformen torv som kännetecknas av att humuslagret är > 30 cm tjockt. Det råder en stark koppling mellan humusform och jordmånstyp. Mår förekommer vanligtvis på podsolmarker, mull och mull-liknande moder på brunjordar medan moder kan uppträda på såväl podsoler som på s.k. instabila brunjordar.

Med **jorddjup** avses det lösa jordlagrets genomsnittliga mäktighet. Jorddjupet anges vanligtvis i fyra klasser (mäktigt, tämligen grunt, grunt och mycket varierande). Vid mäktigt jorddjup är det genomsnittliga jorddjupet större än 70 cm och berghällar saknas. Ett genomsnittligt jorddjup på 20-70 cm med enstaka synliga berghällar klassas som tämligen grunt. Klassen grunt jorddjup avser jorddjup under 20 cm med riklig förekomst av berghällar. Vid mycket varierande jorddjup är brottytor i berggrunden delvis synliga. Jorddjupet har betydelse för hur stora mängder vittringsbara mineral och andra ämnen med buffertverkan marken kan innehålla. Tunna jordtäcken är därför vanligtvis mer försurningskänsliga än mäktiga. Ur växtlighetssynpunkt är dessutom mäktiga jordtäcken att föredra då tunna löper större risk för uttorkning.

2.1 Skogsmarksarealen, skogarnas huggningsklasser och trädslagsfördelning

Den totala skogsmarksarealen i regionen uppgår till ca 2 miljoner hektar. Mest skogsmark finns i Örebro län (ca 600 000 ha) och minst i Stockholms län (300 000 ha). Övriga tre län har mellan ca 350 000 och 400 000 ha (tabell 1 och figur 1). C- och D-skogar, dvs medelålders och avverkningsmogna skogar, dominerar i samtliga län och förekommer tillsammans på ca 70 % av skogsmarksarealen (tabell 1). A-skogar (kalmark) upptar mellan 6 och 7 % av länens skogsmark och B-skogar mellan 21 och 29 %. Vanligtvis är D-skogar något mer frekventa än C-skogar men D-län skiljer sig i detta avseende från de övriga länen genom att ha mer C-skogar än D-skogar. Andelen D-skogar är något högre i Stockholms län jämfört med i övriga län. Som framgår av tabell 2 och figur 2 är tallskogar mer vanligt förekommande än granskogar i såväl regionen som i samtliga län utom i Örebro län där granskogar dominerar. Vidare är barrblandskogar oftast något mindre frekventa än gran- och tallskogar även om barrblandskogarna i Stockholms och Västmanlands län upptar en nästan lika stor andel av skogsmarksarealen som granskogarna gör. Andelen blandskog är mycket högre i Stockholms län och Södermanlands län (16% resp. 13%) än i övriga län (ca 6-7%) vilket förklaras av att lövträd är mer vanligt förekommande i dessa två län. Detta avspeglas för övrigt i andelen lövskogar som är högre i dessa län än i övriga.

Tabell 1. Skogsmarksarealen och skogarnas huggningsklasser i regionen och i olika län.

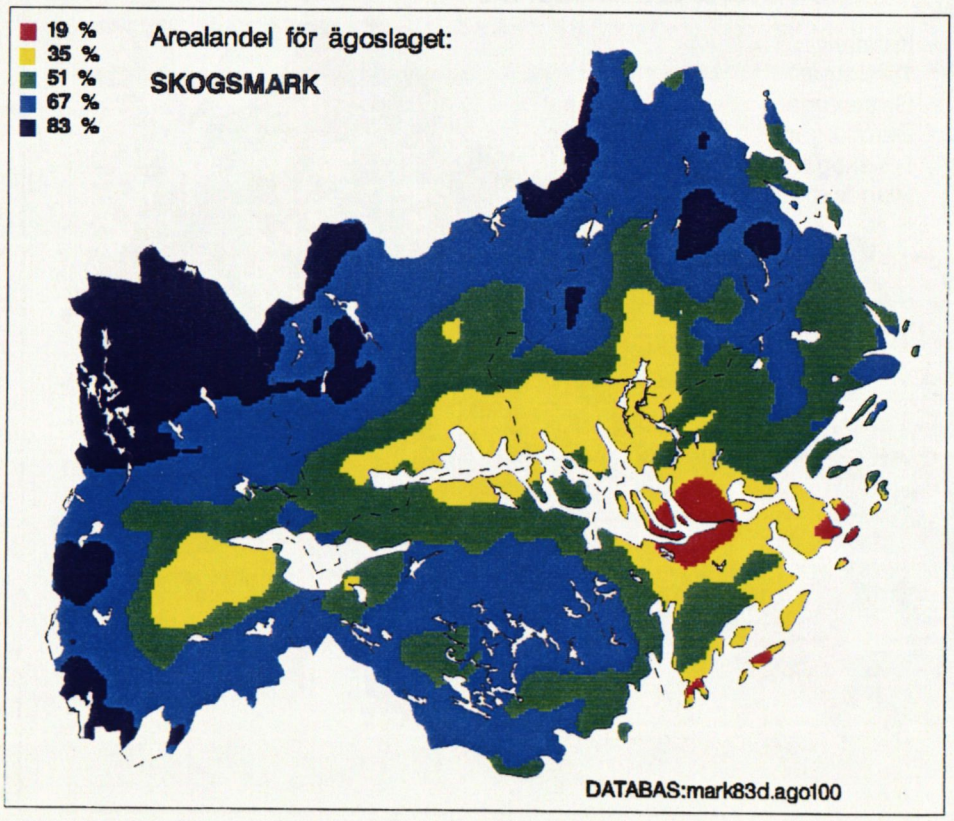
	Skogsmarks-areal (1000 ha)	Huggningsklass (% av skogsmarksarealen)			
		A[1]	B[2]	C[3]	D[4]
Regionen	2019	6,6	23,6	33,8	36,0
AB-län	300	7,0	20,5	29,4	43,2
C-län	397	7,4	21,1	34,6	36,9
D-län	352	6,7	22,5	41,9	28,8
U-län	384	6,6	22,2	32,8	38,4
T-län	586	5,7	28,5	31,2	34,7

[1] Kalmark, [2] Ungskog, [3] Medelålders skog, [4] Avverkningsmogen skog

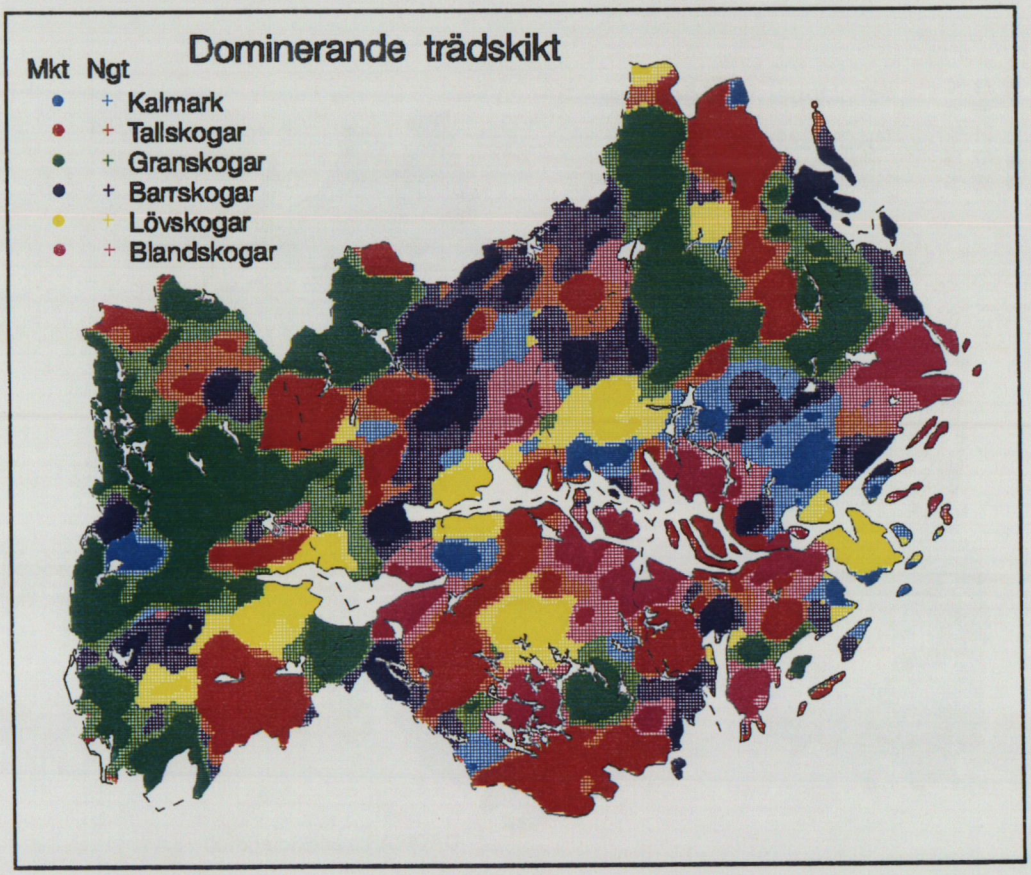
Tabell 2. Skogarnas trädslagsfördelning i regionen och i resp. län.

Skogstyp	% av skogsmarksarealen					
	Regionen	AB	C	D	T	U
Granskog[1]	28,1	21,0	27,8	22,1	37,1	25,9
Tallskog[2]	30,4	26,8	32,7	33,5	28,2	31,3
Barrblandskog[3]	20,5	20,7	21,2	18,4	18,8	23,9
Lövskog[4]	5,2	6,9	4,8	5,8	4,2	5,6
Blandskog[5]	9,0	16,2	6,5	13,4	5,6	7,2
Kalmark	6,8	8,5	7,0	6,8	6,2	6,1

[1] ≥ 7/10 gran, [2] ≥ 7/10 tall + contorta, [3] ≥ 7/10 tall + contorta + gran, [4] ≥ 7/10 björk + övr.löv + övr.ädel, [5] ≥ 7/10 ek + bok eller 5-6/10 barr + 3-5/10löv + 0-2/10 ek/bok eller 5-6/10 barr + ≤ 2/10 löv + 2-5/10 ek/bok eller 3-4/10 barr + 4-6/10 löv + 0-2/10 ek/bok eller 3-4/10 barr + ≤ 4/10 löv + 3-6/10 ek/bok eller ≤ 2/10 barr + 6/10löv + 2/10 ek/bok eller ≤ 2/10 barr + 2-6/10 löv + 3-6/10 ek/bok.



Figur 1. Skogsmarksarealens fördelning i regionen.



Figur 2. Skogarnas trädslagsfördelning i regionen. Med barrskog avses barrblandskog.

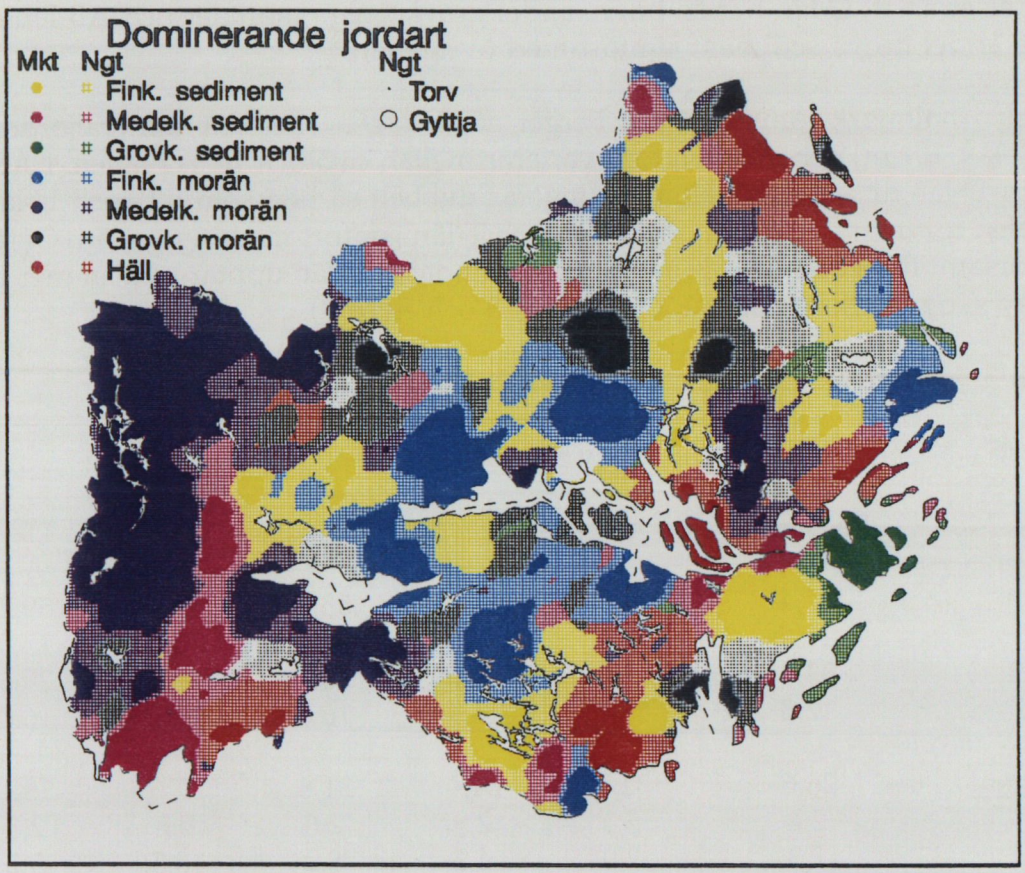
2.2 Jordarter

Jordartsmässigt domineras regionens skogsmark, såväl som länens, av morän som förekommer på mellan 51% och 64% av skogsmarksarealen. Mest frekvent är denna jordart i T-län (64 %) och minst i AB-län (51 %) (tabell 3 och figur 3). Sediment förekommer på mellan 22% och 32% av länens skogsmark och är därmed den näst vanligaste jordarten. I C- och T-län är sedimenten mindre vanliga än i övriga län och lägst andel sedimentmarker har T-län. I tabell 3 och figur 3 har moränen och sedimenten indelats efter grovleken på de dominerande kornstorlekarna. I gruppen grovkorniga dominerar kornstorlekarna grus och grovsand, i medelkorniga mellansand och grovmo och i finkorniga finmo, mjäla och lera. Som framgår av tabellen är medelkorniga moräner och vanligtvis finkorniga sediment de vanligast förekommande typerna av morän respektive sediment. T-län avviker något från övriga län genom att ha en högre förekomst av medelkorniga moräner och medelkorniga sediment samt en mindre förekomst av finkorniga moräner och finkorniga respektive grovkorniga sediment. Andra avvikelser är att C-län har en högre andel grovkorniga moräner och AB-län en högre andel grova sediment jämfört med övriga län.

Andelen hällmark (områden där berget går i dagen eller där mineraljordens tjocklek < 10 cm) och andelen torv varierar mellan ca 5 och 10 % i länen. I AB-, C- och D-län är andelen hällmark ungefär dubbelt så hög som i T- och U-län. Andelen torvmark är något högre i C- och T-län jämfört med övriga län. Gyttja är sparsamt förekommande i samtliga län. Endast i C-län upptar gyttjan mer än 1 % av skogsmarksarealen (1,3 %) (tabell 3 och figur 3).

Tabell 3. Jordartsfördelningen i regionen och i resp. län.

Jordart	% av skogsmarksarealen					
	Regionen	AB	C	D	T	U
Morän	57,4	51,2	55,5	53,2	63,5	59,2
Grov	11,6	9,8	15,1	10,4	10,0	13,0
Medel	33,0	28,0	26,0	26,2	46,7	29,6
Fin	12,8	13,4	14,4	16,6	6,8	16,6
Sediment	26,6	31,7	24,4	31,6	21,6	28,1
Grov	2,4	5,1	2,3	2,6	0,8	2,3
Medel	7,3	7,0	4,2	8,2	10,5	5,2
Fin	16,9	19,6	17,9	20,8	10,3	20,5
Häll	7,5	9,7	9,7	8,8	6,0	4,5
Torv	7,9	6,9	9,1	5,9	8,9	7,8
Gyttja	0,4	0,5	1,3	0,4	0,0	0,3



Figur 3. Jordartsfördelningen i regionen.

2.3 Jordmåner

Jordmånsmässigt uppvisar länen stora olikheter (tabell 4 och figur 4). AB-, C- och D-län har mycket hög andel brunjordar (45-50 %) jämfört med U-län (36 %) och T-län (20 %). De sistnämnda länen har i stället högre förekomst av podsolmarker. I T-län och i U-län förekommer podsoler på 66% resp. 48% av skogsmarksarealen. I övriga län varierar andelen mellan 29% och 37%. I D-, T- och U-län är järnpodsol den klart dominerande podsoltypen. I C-län är däremot humuspodsol den vanligaste typen och i AB-län är båda podsoltyperna ungefär lika frekventa. Jordmånen lithosol, som består av ett lager av enbart rent organiskt material och/eller ett tunt mineraljordslager som högst får vara 10 cm tjockt, är en grund jordmån ofta utvecklad på hällmark. Denna jordmånstyp är något mer vanligt förekommande i AB- och C-län än i de övriga länen. I de förra länen täcker denna jordmånstyp 19-20% av skogsmarksarealen och i D-, T- och U-län 12-15%.

Tabell 4. Jordmånsfördelningen i regionen och i resp. län.

Jordmån	% av skogsmarksarealen					
	Regionen	AB	C	D	T	U
Podsol	45,6	28,9	34,5	37,2	65,6	47,5
Järnpodsol	27,8	15,5	14,4	24,1	44,4	29,2
Humuspodsol	17,8	13,4	20,1	13,1	21,2	18,3
Brunjord	37,3	49,6	44,9	48,4	20,2	35,7
Lithosol	15,2	18,7	19,7	13,3	11,9	14,8
Störd[1]	1,8	2,8	0,9	1,0	2,3	1,9

[1] Jordmånen är störd p.g.a markberedning, rotvältor och dyl.

2.4 Humusformer

Den höga brunjordsandelen i AB-, C- och D-län resulterar i att humusformen mull blir mycket vanligt förekommande i dessa län (55-59 % av skogsmarksarealen) (tabell 5 och figur 5). Motsvarande siffror för T- och U-län är 26 % och 34 %. Detta betyder att i T-län är mulljordar ungefär hälften så vanligt förekommande som i AB-, C- eller D-län. T-län har å andra sidan sett ungefär dubbelt så hög andel av mårmarker jämfört med AB-, C- och D-län (ca 60 % jämfört med ca 30 %). Även skogsmarken i U-län domineras av humusformen mår (54 % av skogsmarksarealen). Humusformen torv förekommer på ca 7 till 12 % av skogsmarksarealen i länen. Andelen är lägst i D-län och högst i C- och T-län.

Tabell 5. Humusformernas fördelning i regionen och i resp. län.

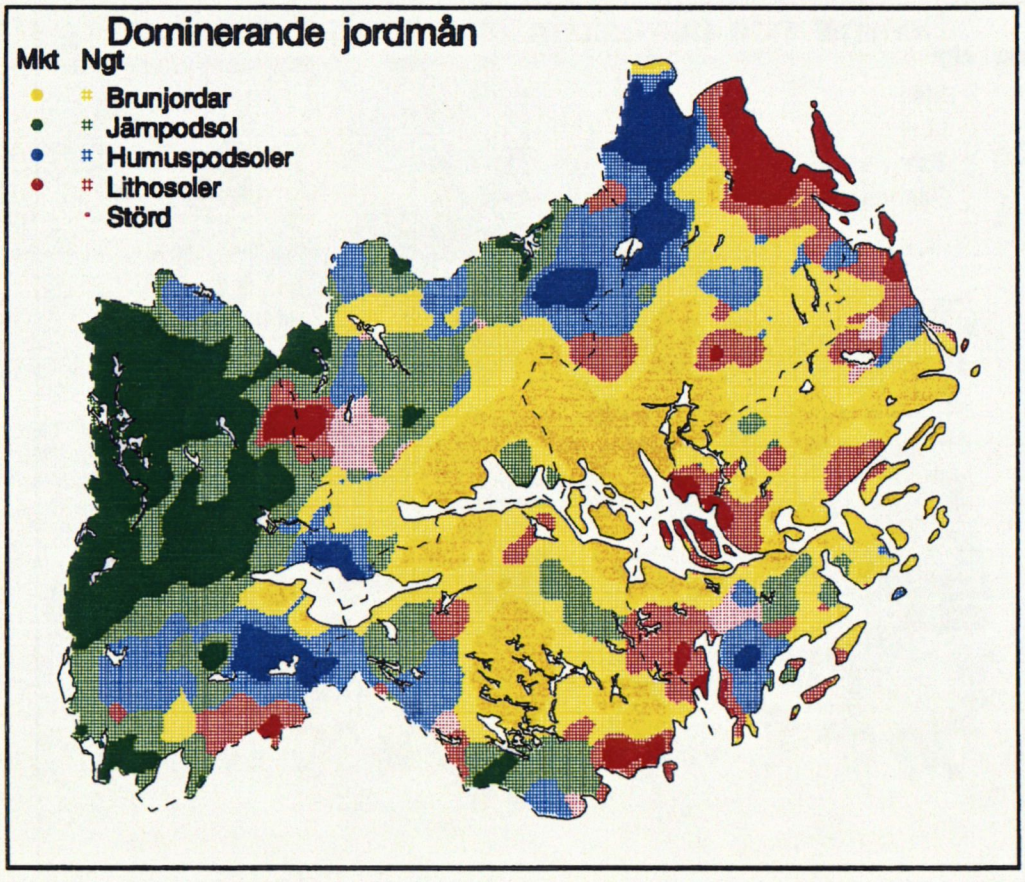
Humusform	% av skogsmarksarealen					
	Regionen	AB	C	D	T	U
Mår	44,7	30,2	31,9	31,7	62,7	54,0
Mull	43,6	58,9	54,5	58,5	25,6	34,3
Torv	10,2	8,9	12,5	7,5	11,0	10,1
Saknas	1,4	2,1	1,0	2,3	0,7	1,6

2.5 Jorddjup

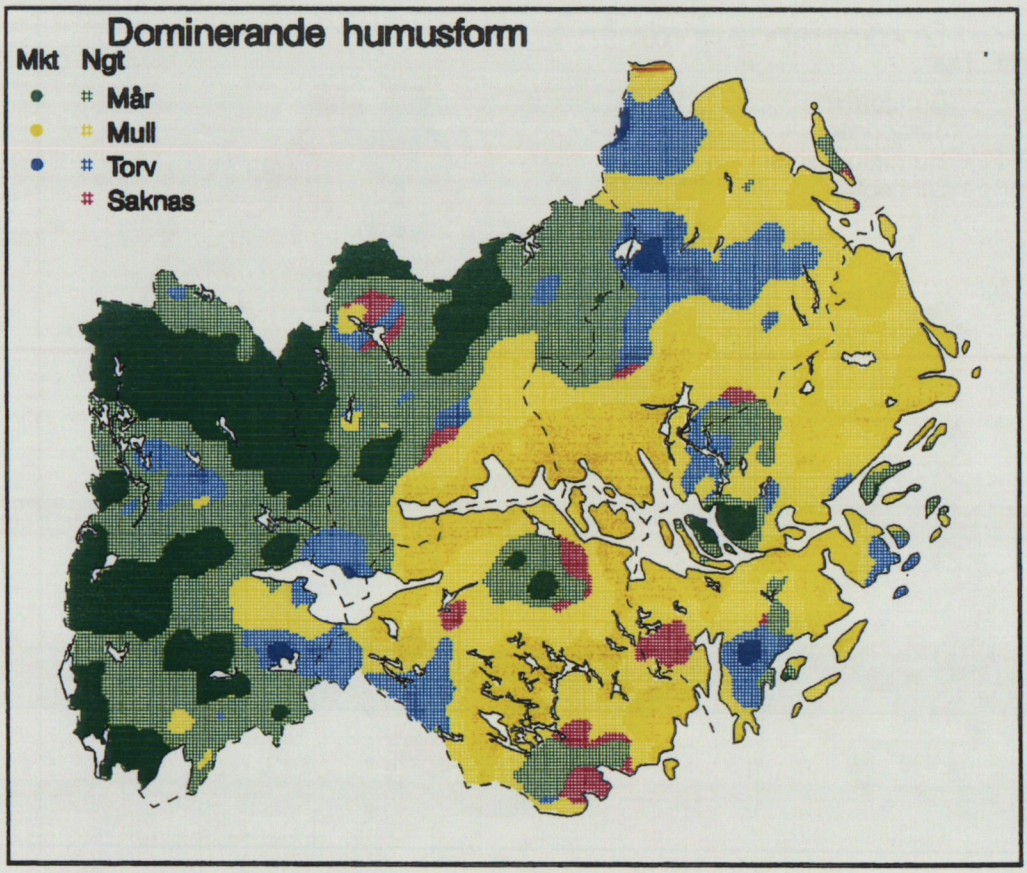
Mäktigt jorddjup (> 70 cm, inga synliga hällar) dominerar i samtliga län även om länen uppvisar stora skillnader (tabell 6 och figur 6). T- och U-län har den största arealandelen med mäktigt jorddjup (ca 85 % av skogsmarksarealen) och AB-län den lägsta (67 %). Det sistnämnda länet har jämfört med övriga län i stället en högre andel jordar med framför allt grunt jorddjup (<20 cm) men även med tämligen mäktigt jorddjup (20-70 cm). Hela 13 % av skogsmarksarealen i AB-län har grunt jordtäcke vilket jämfört med C- och D-län är en dubbelt så hög andel (6 %) och en fyra gånger så hög andel jämfört med T- och U-län (3 %). Mycket varierat jorddjup, vilket innebär att brottytor i berggrunden är delvis synliga, förekommer vanligtvis på en mycket liten andel (ett par %) av skogsmarksarealen i länen. I D-län är detta jorddjup något mer vanligt förekommande än i övriga län (5 %).

Tabell 6. Jorddjupets mäktighet i regionen och i resp. län.

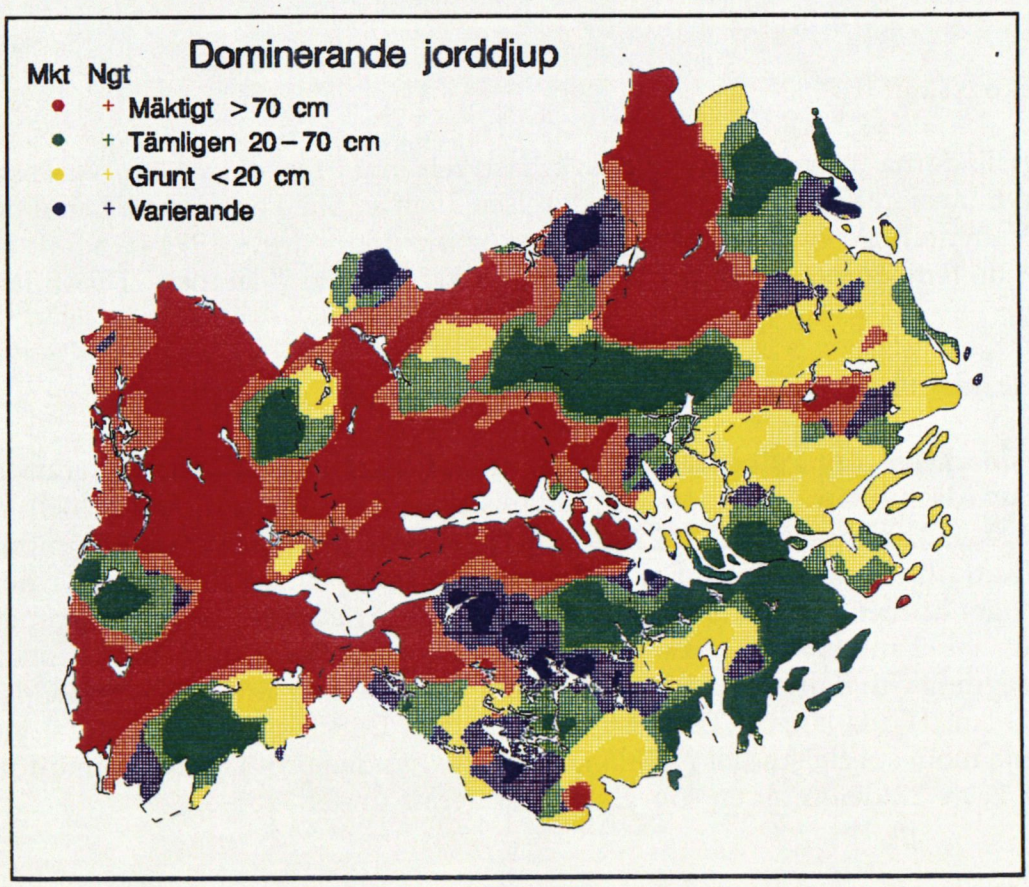
Jorddjup	% av skogsmarksarealen					
	Regionen	AB	C	D	T	U
Mäktigt	78,9	66,6	77,1	74,8	85,3	84,5
Tämligen mäkt.	12,8	17,5	14,3	14,9	9,9	10,3
Grunt	5,6	12,8	6,3	5,2	3,3	3,2
Varierande	2,6	3,1	2,4	5,1	1,5	2,0



Figur 4. Jordmånsfördelningen i regionen.



Figur 5. Humusformernas fördelning i regionen.



Figur 6. Jorddjupets fördelning i regionen.

3. BEFINTLIG ÖVERVAKNINGSVERKSAMHET

Den övervakningsverksamhet som t.o.m. 1994 bedrivits inom regionala program i länen beskrivs i rapporten "Regional miljöövervakning av skog, skogsmark och biologisk mångfald i AB-, C-, D-, T- och U-län. En sammanfattning av verksamheten t.o.m. 1994", Underlagsmaterial Nr 18 (U:18), 1997, Länsstyrelsen i Stockholms län. Verksamheten kan sammanfattas på följande sätt;

* Skogsskadeövervakning pågår i samtliga fem län
* Markkemin har inventerats vid åtminstone ett tillfälle i varje län.
* Markvattenkemisk övervakning sker i AB-, T-, U-län och D-län men saknas i C-län
* Nedfall av luftföroreningar övervakas i samtliga län med undantag av C-län
* Systematisk övervakning av biologisk mångfald saknades 1994 i länen men är f.n. under uppbyggnad

3.1 Skogsskador

Skogsskadorna övervakas av Skogsvårdsstyrelserna i respektive län. Verksamheten finansieras förutom av Skogsstyrelsen även av bl.a kommuner, Landsting och Vattenfall. Årliga inventeringar av skogsskador bedrevs 1994 på totalt 155 ytor i de fem länen (17 i C-län, 16 i D-län, 8 i U-län, 23 i T-län och 91 i AB-län).

3.2 Markkemi

Skogsmarkens försurningssituation har under åren 1985-1994 inventerats av Skogsvårdsstyrelsen samt av Länsstyrelsen i AB-, C- och U-län och av Nyköpings kommun (D-län). Endast Länsstyrelsen i U-län och vissa kommuner och Luftfartsverket i AB-län har upprepat sina markprovtagningar varför det i dagsläget är mer riktigt att tala om markkemisk inventering än övervakning. Totalt har Länsstyrelser, kommuner och Skogsvårdsstyrelser utfört markprovtagning och markkemisk analys på 138 ytor i de fem länen (20 ytor i C-län, 13 i D-län, 17 i U-län, 5 i T-län och 83 i AB-län). Därtill kommer ett antal ytor utlagda inom specialstudier i AB-län. Hit hör ex.vis den provtagning som utförts inom 17 av 22 delområden som flygfotograferats under 1985-87.

3.3 Markvattenkemi och nederbördskemi

Markvattenkemisk resp. nederbördskemisk övervakning (öppet fält/bestånd) bedrivs i AB-, T-, U- och D-län. Vanligtvis utförs övervakningen av IVL på uppdrag av luftvårdsförbund eller Länsstyrelser. I vissa län (t.ex U-län) svarar Länsstyrelsen för provinsamlingen. Markvattenprovtagning utförs vid tre

provtagningstillfällen per år och nederbördskemisk provtagning sker 1 gång per månad. Totalt utförs markvattenkemisk resp. nederbördskemisk övervakning på 28 ytor i de fem länen (9 i AB-län, 5 i U-län, 7 i T-län och 7 i D-län).

3.4 Likheter och olikheter mellan länens övervakningsverksamhet

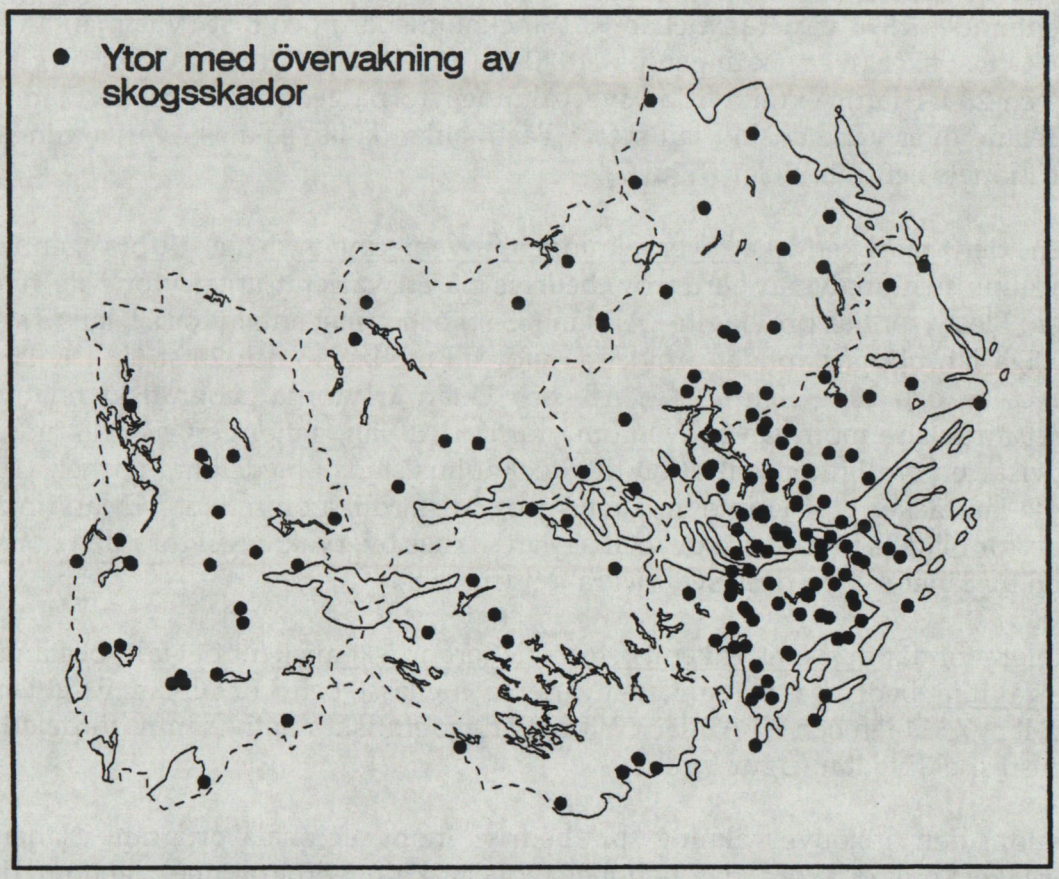
3.4.1 Övervakningslokalernas antal och geografiska fördelning

Skogsskadeinventeringens omfattning, vad gäller antalet ytor som övervakas, skiljer sig högst avsevärt mellan länen. Antalet ytor där barrförlusten årligen inventerades 1994 varierar mellan 91 (Stockholms län) och 8 st (Västmanlands län). Oftast sker övervakningen på ett 20-tal ytor i varje län (17 i C-län, 16 i D-län och 23 i T-län). Vanligtvis är övervakningsytorna geografiskt relativt jämnt fördelade över varje enskilt län men i Västmanlands län saknas övervakningsytor i länets centrala delar (figur 7).

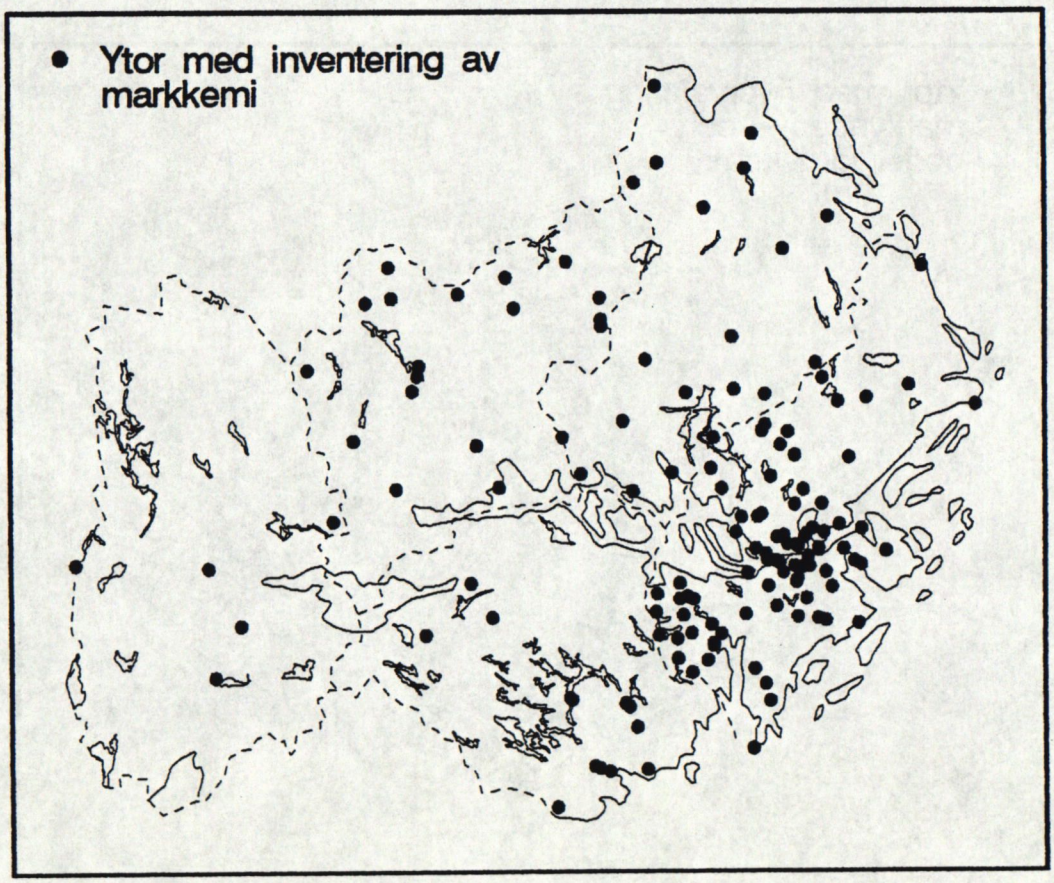
Även den markkemiska övervakningen/inventeringen, som utförs genom insamling och analys av jordprov, bedrivs på ett varierat antal ytor i de fem länen. Flest ytor har provtagits i AB-län (83 st) och minst antal ytor i T-län (5 st). I övriga län uppgår antalet provtagna ytor till mellan 13 och 20 st (13 i D-län, 17 i U-län och 20 i C-län). I C-, AB- och U-län är ytorna geografiskt relativt jämnt fördelade inom länen även om ytorna i AB-län, genom en riktad studie, uppvisar en tydlig koncentration till Stockholms stads omedelbara närhet. I T- och D-län täcker ytorna inte in länens geografiskt olika områden. I D-län finns inga ytor i länets nord-östra del och i T-län saknas övervakningsytor i den norra delen av länet samt i dess syd-västra del (figur 8).

Antalet ytor där markvattenkemisk resp. nederbördskemisk (öppet fält/bestånd) övervakning bedrivs i de fem länen varierar mellan 0 och 9 (0 i C-län, 5 i U-län, 7 i T-län, 7 i D-län och 9 i AB-län). Ytorna är geografiskt relativt jämnt fördelade inom respektive län (figur 9).

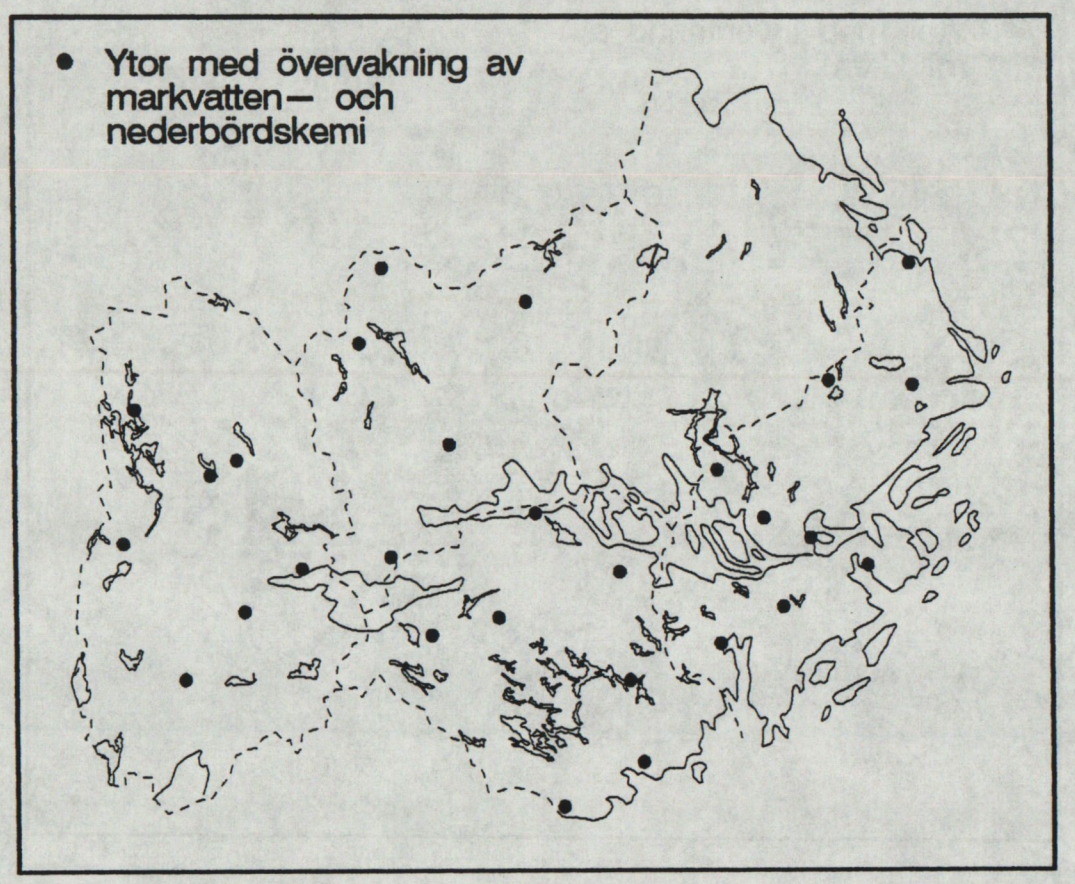
Förutom den miljöövervakning som bedrivs inom regionala program i länen, övervakas miljön inom det nationella övervakningsprogrammet, genom de provytor som inventeras av Riksskogstaxeringen och Ståndortskarteringen vid SLU. Inom detta program övervakas skogsskadesituationen, markkemin och den biologiska mångfalden. Riksskogstaxeringens skogsskadeinventering utförs med 5 års intervall och omfattar totalt 1883 ytor i de fem länen (362 i C-län, 333 i D-län, 386 i U-län, 515 i T-län och 287 i AB-län). Ståndortskarteringens markprovtagning utförs på totalt 2071 ytor inom de fem länen (386 i C-län, 359 i D-län, 407 i U-län, 592 i T-län och 327 i AB-län) och planeras att upprepas ca vart 10:e år.



Figur 7. Ytor där skogsskadeövervakning bedrivits inom regionala övervakningsproprogram i AB-, C-, D-, T- och U-län.



Figur 8. Övervakningsytor där markkemisk övervakning/inventering bedrivits inom regionala övervakningsprogram under 1985-1994 i AB-, C-, D-, T- och U-län.



Figur 9. Övervakningsytor där markvattenkemisk- respektive nederbördskemisk (krondropp) övervakning bedrivits under 1991-1994 inom regionala program i AB-, D-, T- och U-län.

3.4.2 Mätvariabler och provtagningsfrekvens

I den regionala skogsskadeövervakningen, som enbart omfattat barrträd, har den övervakade mätvariabeln i samtliga län varit utglesningsgraden (kronutglesningen) hos trädkronornas gröna del. Inventering har utförts 2 ggr/år (vår och höst).

De mätvariabler som ingår i den markkemiska övervakningen varierar något mellan länen. Av samtliga myndigheter som inventerat det markkemiska tillståndet i de fem länen har jordproven analyserats på utbytesaciditet, pH, utbytbara halter av H, Al, Na, K, Ca och Mg, basmättnadsgrad och katjonbyteskapacitet. Halten av C, N, P och S har vanligtvis endast ingått i Skogsvårdsstyrelsens undersökningar. Emellertid har C och N analyserats i Länsstyrelsens inventering i AB-län och Nyköpings kommuns inventering i D-län. I den inventering av markens kemiska tillstånd som utförts av Länsstyrelser eller kommuner var den ursprungliga avsikten att återinventera det markkemiska tillståndet vart 5:e eller vart 10 år beroende på tillgängliga medel. Enligt uppgift från central nivå på Skogsstyrelsen har denna myndighet däremot i dag inga planer på att upprepa sina provtagningar på befintliga ytor i de fem länen.

I den markvattenkemiska- och den nederbördskemiska övervakningen, som bedrivits i fyra län och vanligtvis utförs av IVL på uppdrag av luftvårdsförbund eller Länsstyrelser, övervakas identiska mätvariabler. I markvattnet övervakas pH, alkalinitet samt halterna och mängderna av Ca, Mg, Na, K, Fe, Mn, Al_{tot} (totalt Al), Al_{org} (organiskt Al), Al_{oorg} (oorganiskt Al), SO_4, Cl, NO_3-N, NH_4-N och TOC (totalt organiskt C). I nederbördsvattnet och krondroppet övervakas pH, konduktivitet, halterna av SO_4, Cl, NO_3-N och NH_4-N. I samtliga län är provtagningsfrekvensen för nederbördsvattnet och krondroppet 1 g/månad och för markvattnet 3 ggr/år.

3.4.3 Provtagnings- och analysmetoder

Skogsskadeinventeringen har utförts med enhetlig metodik i samtliga län. Utglesningsgraden har bedömts okulärt för varje träd inom observationsytan från marken med hjälp av kikare. Bedömningen har gjorts i 10-procentsklasser, hos gran på kronans övre halva och hos tall på de översta 2/3 av kronan. Inom varje enskilt län har förrättningsmannen vanligtvis varit densamma vid varje inventeringstillfälle.

I den markkemiska övervakningen, som utförts genom markprovtagning och kemisk analys av insamlade jordprov, har provtagningsmetoderna i vissa fall varierat mellan länen (tabell 7 och 8). Storleken hos övervakningsytorna, inom vilket provtagningen har utförts, har dock i samtliga län varit densamma (30x30m). I den markkemiska övervakningen som bedrivs i Skogsvårdsstyrelsernas regi, och som omfattar alla fem länen, har diagonalerna på övervaknings-

ytan provtagits ned t.o.m. B-horisonten. Ingen provtagning av C-horisonten (underlaget) har skett. Ett generalprov från varje diagonal, bestående av 15 delprov har insamlats, vilket resulterat i två generalprov per övervakningsyta. Avståndet mellan provpunkterna på diagonalen, där delprov insamlats, har varit 3 m. Samma provtagningsdesign har använts vid provtagning ned t.o.m. B-horisonten i Länsstyrelsens provtagning i AB-län och i Nyköpings kommuns undersökning. I den förstnämnda undersökningen utfördes provtagning av C-horisonten genom att sammanlagt 8 profiler grävdes strax utanför ytorna. De 8 groparna fördelades efter två av ytans sidor (4 gropar utmed var och en av sidorna). Delprov insamlades från varje grop. Delproven från de fyra groparna på var och en av de två sidorna sammanslogs till ett generalprov vilket resulterade i två generalprov per yta. I Nyköpings kommuns undersökning provtogs C-horisonten genom att två gropar grävdes utanför ytan och ett prov insamlades från varje grop.

I Länsstyrelsens övervakning av markkemin i U-län har 4 generalprov à 5 delprov insamlats från varje övervakningsyta. Generalproven har insamlats efter ytans diagonaler samt efter de två linjer som bildas då mittpunkterna på ytans motstående sidor sammanbinds. C-horisonten provtogs i fyra gropar utanför ytan varvid ett delprov insamlades från varje grop och sammanslogs till ett generalprov. Vid Länsstyrelsens provtagning i C-län har provtagning ned t.o.m. B-horisonten i stället utförts genom att 3 generalprov à 15 delprov insamlats från varje övervakningsyta. Vid linjernas utläggning valdes en av sidorna som baslinje. På 5, 15 och 25 m från baslinjens startpunkt drogs sedan linjerna (vinkelrätt mot baslinjen) över till den motstående sidan. Efter varje linje utlades fem provpunkter (på 5, 10, 15, 20 och 25 m från baslinjen). Vid insamling av det första generalprovet besöktes samtliga provpunkter efter de tre linjerna och ett delprov från varje provpunkt insamlades. Generalprov 2 och 3 insamlades genom att besöka de 15 provpunkterna ytterligare två gånger och insamla delprov. De 15 delproven ingående i generalprov 2 och 3 insamlades alltså från samma provpunkter som generalprov 1 men då provpunkterna besöktes den andra resp. tredje gången placerades jordborren någon cm från den redan provtagna punkten. Provtagning av C-horisonten utfördes genom att tre gropar grävdes inom ytan. Groparnas lägen bestämdes genom slumpmässig sampling. Från varje grop insamlades delprov från gropens fyra hörn samt från dess mittpunkt. Delproven från varje grop sammanfördes till ett generalprov.

Tabell 7. Provtagningsdesign och antal prov som insamlats från humus och mineraljord (exkl. C-horisont) vid den markkemiska övervakningen i olika län.

Provtagnings-design	Antal gereral- och delprov	Länsstyrelse- och kommunytor AB	C	D	T	U	SVS-ytor
Diagonalerna på 30x30 m yta	2 gen. prov à 15 delprov	X		X			X
Diagonalerna samt 2 linjer på 30x30 m yta	4 gen. prov à 5 delprov					X	
3 linjer på 30x30 m yta	3 gen. prov à 15 delprov		X				

Tabell 8. Provtagningsdesign och antal prov som insamlats från C-horisonten vid den markkemiska övervakningen i olika län.

Provtagnings-design	Antal gereral- och delprov	Länsstyrelse- och kommunytor AB	C	D	T	U	SVS-ytor
4 gropar utanför 30x30 m yta	1 gen. prov à 4 delprov					X	
3 gropar inom 30x30 m yta	3 gen. prov à 5 delprov		X				
8 gropar utanför 30x30 m yta	2 gen. prov à 4 delprov	X					
2 gropar utanför 30x30 m yta	1 prov (ej gen.prov)			X			

Tabell 9. Provtagna markhorisonter på podsolmarker i den markkemiska övervakningen i olika län.

Markhorisont	Länsstyrelse- och kommunytor					SVS-ytor
	AB	C	D	T	U	
Humus (A_0+A_1)	X	X	X			X
Humus (A_{02}+A_1)					X	
Blekjord (A_2)	X	X	X			
Blekjord (A_2) endast vid tjocklek >2.5 cm[1]						X
Rostjord (0-10 cm)		X			X	X
Rostjord (10-20 cm)	X	X	X			
Rostjord (20-30 cm)		X[2]				X
Rostjord (under blekjord)	X		X			
Underlag (C-hor.) 50 cm					X	
Underlag (C-hor.) 50-60 cm	X					
Underlag (C-hor.) 60-110 cm)		X				
Underlag (C-hor.) 90-110 cm			X			

[1] Om blekjordens tjocklek är 2,5 cm eller mindre hamnar blekjorden i B-provet
[2] Endast på sedimentmark

Tabell 10. Provtagna markhorisonter på brunjordar och övergångstyper i den markkemiska övervakningen i olika län.

Markhorisont	Länsstyrelse- och kommunytor					SVS-ytor
	AB	C	D	T	U	
Humus (A_1)		X			(X)	X
Humus (0-5 cm)	X		X			
Rostjord (0-10 cm)		X			X	X
Rostjord (10-20 cm)	X	X	X			
Rostjord (20-30 cm)		X[2]				X
Underlag (C-hor.) 50-60 cm	X				X	
Underlag (C-hor.) 60-110 cm		X				
Underlag (C-hor.) 90-110 cm			X			

[1] Om blekjordens tjocklek är 2,5 cm eller mindre hamnar blekjorden i B-provet
[2] Endast på sedimentmark

Tabell 11. Provtagningsdjup på torvmarker i den markkemiska övervakningen i olika län.

Markhorisont	Länsstyrelse- och kommunytor					SVS-ytor
	AB	C	D	T	U	
Humus (0-10 cm)		X				
Humus (10-20)		X				
Humus (20-30 cm)		X				
Humus (30-50 cm)		X				
Humus (50-70 cm)		X				
Underlag (C-hor.) 60-110 cm		X				

I stort sett övervakas markkemin i samma horisonttyper i de olika länen, dvs i humusskiktet, rostjorden och i underlaget (C-horisonten). I Skogsvårdsstyrelsernas markundersökningar har dock den sistnämnda horisonten ej provtagits (tabell 9 och 10). I alla fem länen, med undantag för Länsstyrelsens provtagning i U-län, provtas även blekjorden. I Skogsvårdsstyrelsernas provtagningar inkluderas blekjorden i det ytnära rostjordsprovet om blekjordens tjocklek är 2,5 cm eller tunnare. Även om den markkemiska övervakningen i länen omfattat samma typ av markhorisonter kan dock den del av horisonten som provtagits variera mellan länen. I Länsstyrelsens övervakning i U-län ingår ex.vis inte humusskiktets A_{01}-horisont i humusprovet, vilket är fallet i de andra undersökningarna. I C-läns provtagning ingår även en torvmark. Prover har i detta fall insamlats från olika djup i torvprofilen (se tabell 11).

I den övervakning som bedrivs av Länsstyrelser, kommuner och Skogsvårdsstyrelser uppvisar de använda kemiska analysmetoderna mycket god överensstämmelse (se Johansson och Nilsson, 1996). Detta innebär att direkta jämförelser kan göras mellan länens analysresultat.

4. UPPFYLLER ÖVERVAKNINGSVERKSAMHETEN NV:s ANGIVNA RIKTLINJER FÖR REGIONAL MILJÖÖVERVAKNING?

Enligt Naturvårdsverkets "Handbok för miljöövervakning" är syftet med regional miljöövervakning att ge en bild av miljötillståndet inom ett mer begränsat område. Vidare är målsättningen att:

- "ge erforderlig kunskap om regionala miljöförhållanden"
- "bedöma tillstånd och utveckling"
- "bedöma omfattningen av regionala miljöhot"
- "i vissa fall ge möjlighet till högre areell upplösning av regionalt intresse"
- "i andra fall ge underlag till en nationell uppföljning av vissa miljöstörningar"

Dessutom ska de regionala övervakningsprogrammen vara utformade med hänsyn till:

- "regionala variationer i naturgivna förhållanden"
- "regional industristruktur"
- "de areella näringarnas fördelning inom regionen"

Nedan utvärderas den befintliga regionala miljöövervakningen av skog och skogsmark i AB-, C-, D-, T- och U-län utifrån NV:s angivna riktlinjer för regional miljöövervakning. Den biologiska mångfalden omfattas ej av utvärderingen eftersom den 1994 saknade systematisk utvärdering i länen. För utvärderingens genomförande har en karaktärisering av länens skogsekosystem utförts vad gäller de naturgivna förhållandena.

4.1 Ger övervakningen "erforderlig kunskap om regionala miljöförhållanden?"

4.1.1 Skogens och skogsmarkens tillstånd

Vilken kunskap ett skogligt övervakningsprogram ger om regionala miljöförhållanden är avhängigt av hur väl övervakningsytorna representerar skogen och skogsmarken i regionen. För att ta reda på hur representativa varje läns övervakningsytor är för länets skogar och skogsmark jämförs nedan övervakningsytornas karaktärer med skogsekosystemens. Jämförelsen omfattar skogens huggningsklass (ålder) och trädslagsblandning samt skogsmarkens jordart, jordmån och humusform. Genom att jämföra den andel varje karaktär utgör av skogsmarksarealen i länet med dess representation i övervakningen (antal ytor av det totala) fås dessutom en uppfattning om de olika skogs- och marktyperna övervakas i proportion till förekomsten i länet.

4.1.1.1 UPPSALA LÄN

Skogsmarkens kemiska tillstånd har undersökts vid ett tillfälle på totalt 20 ytor i länet (15 i Länsstyrelsens regi och 5 av Skogsvårdsstyrelsen). Skogsskador har övervakats (1-2 ggr per år) på 25 ytor i Skogsvårdsstyrelsens regi.

Skogarnas huggningsklasser och trädslagsfördelning

Som framgår av tabell 12 dominerar C- och D-skogar i länet (förekommer på 35 % resp. 37% av skogsmarksarealen) medan A- och B-skogar utgör 7 % resp. 21 % av skogsmarksarealen. Övervakningen omfattar dock nästan uteslutande D-skogar (avverkningsmogen skog) då endast 4 av skogsskadeytorna (16%) och endast 2 av de markkemiska övervakningsytorna (10%) är utlagda i C-skog (medelålders skog). A- och B-skogar (kalhyggen och ungskogar) saknar övervakning. Detta betyder att övervakningsprogrammet inte speglar skogsskadesituationen och det markkemiska tillståndet i samtliga förekommande åldersklasser utan belyser tillståndet i framför allt äldre skog.

Tallskog är vanligast förekommande i länet (upptar 33% av skogsmarksarealen) följt av granskog (28%), barrblandskog (21%), blandskog (6,5%) och lövskog (5%). Skogsskadeövervakningen har omfattat samtliga trädslagsfördelningar utom lövskog och endast blandskogar saknar inventering av markkemi. Det faktum att de trädslagsfördelningar som saknar övervakning endast täcker några få procent av skogsmarksarealen gör att både den markkemiska inventeringen och skogsskadeövervakningen väl täcker in länets förekommande skogar. När det gäller ytornas fördelning över de olika trädslagsfördelningarna överensstämmer den andel ytor som lagts ut i gran- och tallbestånd (ca 30% resp. ca 35%) i den markkemiska övervakningen med de två skogstypernas förekomst i länet (vardera ca 30%). I skogsskadeövervakningen är däremot tallskogar

kraftigt underrepresenterade (16 % tallytor) och granskogar kraftigt överrepresenterade (44% granytor) i förhållande till förekomsten i länet. Barrblandskogar, som är blandskogar av gran, tall och contorta, men där inget av trädslagen ensamt utgör mer än 7/10 av grundytan, förekommer på ca 20 % av skogsmarksarealen. Dessa är överrepresenterade i såväl den markkemiska övervakningen (30% av ytorna) som i skogsskadeövervakningen (36% av ytorna). Andelen markkemiska övervakningsytor i lövskog överensstämmer med lövskogarnas andel i länet (5%). Lövskogar omfattas dock ej av skogsskadeövervakningen. En av de 25 skogsskadeytorna har blandskog, dvs 4 % av ytorna, vilket i grova drag motsvarar förekomsten i länet (6 %). Ingen markkemisk övervakning bedrivs dock i denna typ av skog.

Skogsmarkens jordarter

Morän förekommer på 55% av skogsmarksarealen och är därmed den dominerande jordarten i länet. Näst vanligast är sedimenten som förekommer på ca 25% av skogsmarken. Häll, torv och gyttja utgör vardera 10%, 9% resp. 1% av skogsmarksarealen. Övervakningen har omfattat jordarterna morän, sediment och torv men varken skogsskador eller markkemi har övervakats på häll och gyttja. Även om dessa två jordartstyper saknar övervakning i länet täcks nästan 90% av de förekommande jordarterna in vilket ger en god överblick av såväl skogsskadesituationen som markförsurningens tillstånd i länets jordarter. Moränmarkerna är dock något underrepresenterade i den markkemiska övervakningen (45% av ytorna) men kraftigt överrepresenterade i skogsskadeövervakningen (72% av ytorna) (tabell 12). Vidare är sedimenten kraftigt överrepresenterade i markövervakningen (50% av ytorna) medan andelen skogsskadeytor på sediment (24%) överenstämmer med sedimentens andel i länet (ca 24% av skogsmarken). Varken skogsskador eller markkemi övervakas på jordarterna häll och gyttja. Även om torvmarken omfattas av båda övervakningsprogrammen (1 skogsskadeyta och 1 markkemiyta, 4 resp. 5 % av ytorna) är ytantalet för lågt för att överensstämma med torvmarksförekomsten i länet (9%). En bättre överenstämmelse mellan jordarternas arealmässiga täckning i länet och dess representation i övervakningen hade kunnat uppnås om skogsskadeövervakningen omfattat en mindre andel moränytor och markkemin inventerats på en mindre andel sedimentmarker.

Skogsmarkens jordmåner

Den vanligaste jordmånstypen i länets skogar är brunjord som förekommer på ca 45% av skogsmarksarealen. Något mindre vanlig är podsol vars andel uppgår till ca 35%. Minst frekvent är lithosol som täcker ca 20%. Övervakningsytorna är utlagda på podsoler och brunjordar vilket innebär att 80% av länets förekommande jordmåner omfattas av övervakningen. Även om detta är en hög andel hade det varit önskvärt att även lithosolmarkerna ingått i övervakningen.

Denna jordmånstyp är mycket försurningskänslig eftersom dess ringa mäktighet gör att förrådet av buffrande ämnen är lågt. Podsolerna är kraftigt överrepresenterade i både skogsskadeövervakningen (64% av ytorna) och den markkemiska övervakningen (55% av ytorna) (tabell 12). Brunjordarna är å andra sidan underrepresenterade i skogsskadeövervakningen (36% av ytorna) men övervakas i proportion till förekomsten vad gäller markkemi (45% av ytorna).

Skogsmarkens humusformer

Enligt tabell 12 är humusformen mår betydligt mer vanligt förekommande än mull i länets skogsmark (ca 55% resp. 32%), trots att brunjordar är mer frekventa än podsoler. Detta kan tyckas motsägelsefullt eftersom mår vanligtvis förekommer på podsolmark men förklaras av att humusformen moder är inkluderad i mårtypen i tabell 12. Moder är däremot en vanlig humusform på s.k. instabila brunjordar, som är den brunjordstyp som dominerar länet. Humusformen torv är också relativt vanlig i länet (ca 13%) vilket hänger samman med att en ganska stor andel av skogsmarken utgörs av jordarten torv. Hur väl skogsskadeytorna täcker in länens förekommande humusformer kan ej anges eftersom humusform ej bestämts på dessa. Uppgifter på humusform saknas dessutom för de ytor där markkemin inventerats av Skogsvårdsstyrelsen. Länsstyrelsens markprovtagning har omfattat samtliga förekommande humusformer i länet. Mullmarkerna är dock något överrepresenterade (40% av ytorna) i förhållande till den andel de utgör av skogsmarksarealen i länet. Den andel mårmarker som inventerats överenstämmer däremot relativt bra med förekomsten (53% av ytorna). Humusformen torv är dock något underrepresenterad i övervakningen.

Tabell 12. Skogsmarksarealens och övervakningsytornas fördelning på olika huggningsklasser, trädslagsfördelningar, jordarter, jordmåner och humusformer i C-län.

	Andel av skogsmarksarealen %	Andel av övervakningsytorna (%)	
		Markkemi	Skogsskador
Huggningsklass			
A-skog	7,4	0	0
B-skog	21,1	0	0
C-skog	34,6	10	16
D-skog	36,9	90	84
Trädslagsfördelning			
Granskog	27,8	35	44
Tallskog	32,7	30	16
Barrblandskog	21,2	30	36
Lövskog	4,8	5	0
Blandskog	6,5	0	4
Jordart			
Morän	55,5	45	72
Sediment	24,4	50	24
Häll	9,7	0	0
Torv	9,1	5	4
Gyttja	1,3	0	0
Jordmån			
Podsol	34,5	55	64
Brunjord	44,9	45	36
Lithosol	19,7	0	0
Humusform			
Mull	31,9	40[1]	A
Mår	54,5	53[1]	A
Torv	12,5	7[1]	A

[1] Endast Länsstyrelsens provtagning eftersom uppgifter om humusform saknas i Skogsvårdsstyrelsens provtagning
[A] Uppgift saknas eftersom humusform ej bestämts i Skogsvårdsstyrelsens undersökning.

4.1.1.2 STOCKHOLMS LÄN

Skogsskador och markkemi har inventerats på ett stort antal ytor i länet. Skogsskadeövervakningen, med årliga inventeringar på s.k. "skogsskadeytor", påbörjades 1984. Antalet ytor har successivt utökats från ett 60-tal i mitten på 1980-talet till 91 ytor i dag. Så sent som 1991 lades 25 ytor ut av Stockholms stad. Inventeringarna utförs av Skogsvårdsstyrelsen och bekostas av kommuner, Landstinget och Länsstyrelsen. Under 1985-87 utfördes även en inventering av skogsskador med hjälp av flygfotografering med infrarödkänslig film. Inventeringen utfördes inom 22 delområden omfattande delar av 6 kommuner (Nacka, Södertälje, Haninge, Huddinge, Stockholm och Tyresö). Inventeringen bekostades av kommunerna gemensamt. Ytterligare ett antal skogsskadeinventeringar har utförts av vissa kommuner under 1980-talet. Hit hör t.ex de inventeringar som utförts i Botkyrka kommun vid två tillfällen (1984/85 och 1989).

Under 1987/88 provtog Länsstyrelsen 68 ytor varav 50 s.k. "skogsskadeytor" och 18 centralt belägna ytor. På ett mindre antal av dessa (24 st) har provtagningen upprepats under 1994. Arbetet har bekostats av berörda kommuner och utförts av Skogsvårdsstyrelsen. Inom 17 av de 22 delområden där skogsskadorna under 1985-87 inventerats m.h.a flygfotografering utfördes 1989 även en markprovtagning. Arbetet utfördes av VIAK och bekostades av berörda kommuner. Under 1990 inventerade även Södertälje kommun det markkemiska tillståndet på 15 ytor i kommunen. En ytterligare markkemisk undersökning som utförts inom länet är den provtagning av marken längs en kraftledning på Södertörn som utfördes 1986. Arbetet var ett samarbete mellan Landstinget, Länsstyrelsen, KTH och Stockholm universitet.

I den följande utvärderingen av hur väl övervakningsytorna representerar länets skogar och skogsmark, har det ej varit möjligt att inkludera alla de ovan nämnda undersökningarna. Skälet till detta är att det i vissa undersökningar saknas uppgifter från ytorna på de karaktärer hos skog och mark som används i utvärderingen. I vissa fall har även andra klassificeringssystem använts. Utvärderingen av den markkemiska övervakningen baseras därför enbart på de 68 ytor som ingått i Länsstyrelsens provtagning 1987/88. Utvärderingen av skogsskadeövervakningen baseras på de 91 "skogsskadeytorna" som inventeras av Skogsvårdsstyrelsen.

Skogarnas huggningsklasser och trädslagsfördelning

D-skog upptar 43% av skogsmarken i länet. Detta innebär att D-skog är mer frekvent än C-skog som förekommer på 29% av skogsmarksarealen. Andelen B- och C-skog uppgår till ca 21% resp. 7%. Samtliga övervakningsytor för markkemi och skogsskador är utlagda i C- och D-skog (tabell 13). Detta innebär att A- och B-skogarna ej omfattas av övervakningen. Det faktum att 72% av

skogsmarken i länet upptas av C- och D-skog gör att båda övervakningarna rimligen bör ge en god bild av miljötillståndet i länet. Även det faktum att både markförsurning och skogsskador är mer vanligt förekommande i äldre än i yngre skog samt det mycket höga ytantalet (68 ytor för markkemi och 91 st! för skogsskador) talar för detta. Till följd av att inga ytor placerats i A- och B-skog är C- och D-skog, i förhållande till förekomsten i länet, kraftigt överrepresenterade i båda inventeringarna. Ca 60% av både markkemiytorna och skogsskadeytorna är utlagda i D-skog och ca 40% i C-skog.

Tallskog, som upptar 27% av skogsmarksarealen, är något mer vanligt förekommande än gran- och barrblandskog som vardera förekommer på ungefär lika stor andel av skogsmarken (ca 21%). Blandskog kommer därnäst (16%) och minst frekvent i länet är lövskog (7%). Både markkemi och skogsskador har inventerats i de tre vanligast förekommande skogstyperna (gran-, tall- och barrblandskog) vilka tillsammans upptar 69% av länets skogsmark (tabell 13). Drygt 50% av ytorna i båda inventeringarna är utlagda i granskog vilket gör att denna skogstyp är kraftigt överrepresenterad i förhållande till förekomsten (21%). Däremot överensstämmer andelen ytor i tall- och barrblandskog (ca 29% resp. 15%) ganska väl med dessa skogars förekomst i länet (27% resp. 21%). Med tanke på det stora ytantal som lagts ut i länet kan det dock tyckas att fler typer av skog borde ha kunnat omfattats av övervakningarna. Om ett antal granytor bytts ut mot blandskogsytor skulle den andel av skogsmarksarealen som inventeringarna omfattar ha ökat till 85%. Med dagens design bör inventeringarna dock ge en god beskrivning av miljösituationen i de undersökta skogstyperna.

Skogsmarkens jordarter

Både markkemi och skogsskador har inventerats på jordarterna morän och sediment, som tillsammans förekommer på 83% av skogsmarksarealen (tabell 13). Däremot saknas ytor på torv och gyttja som upptar 7% resp. 0,5% av skogsmarken i länet. Ingen markkemiyta är belägen på hällmark, däremot finns en skogsskadeyta på denna jordart. Det råder en kraftig snedfördelning av ytorna mellan morän och sediment. Trots att moränmarkerna är betydligt mer frekventa än sedimentmarkerna (51% resp. 32%) har en avsevärt högre andel av ytorna förlagts till sedimentmark. Detta gäller båda inventeringarna även om fördelningen av ytorna mellan morän och sediment är minst tillfredsställande i skogsskadeövervakningen. Hela 70% av skogsskadeytorna är belägna på sediment mot 59% av markkemiytorna. Den sista utläggningen av skogsskadeytor som skedde 1991 (Stockholms stads) är kraftigt bidragande till överrepresentationen av sedimentytor. Av de 25 ytor som då lades ut placerades 23 på sedimentmark. Även om ytorna kunnat vara mer jämt fördelade över de dominerande jordarterna bör inventeringarna ge en god bild av det markkemiska tillståndet samt skogsskadebilden i länet. Det höga ytantalet borde dock ha medgivet att även hällmarkerna kunnat inkluderas i inventeringarna. Även

om det på hällmark endast är möjligt att provta det översta marklagret (mineraljordstäcket är tunnare än 10 cm) motiveras deras närvaro i försurningsinventeringar av deras mycket höga försurningskänslighet. Denna jordart är dessutom relativt vanligt förekommande i länet. Av länets produktiva skogsmark, utgör häll 10% (tabell 13). Därtill kommer den höga andel hällmarker som finns på den icke produktiva skogsmarken, dvs i skogar som producerar under 1 m^3sk per hektar och år.

Skogsmarkens jordmåner

Jordmånsmässigt domineras länet av brunjordar (50%) följt av podsoler (29%) och lithosoler (19%). Ytor för inventering av markkemi och skogsskador finns både på podsoler och brunjordar men ytor saknas på lithosoler (tabell 13). Den höga förekomsten av brunjordar och podsoler i länet gör att inventeringen omfattar ca 80% av skogsmarksarealen. Även om detta är en relativt hög andel hade det varit önskvärt att även lithosolerna ingått i övervakningen. Denna jordmånstyp upptar en femtedel av den produktiva skogsmarken och en ansenlig del av impedimenten. Jordmånstypen är dessutom mycket försurningskänslig eftersom dess ringa mäktighet gör att förrådet av buffrande ämnen är lågt. Inventeringarna speglar därmed inte det markkemiska tillståndet och skogsskadesituationen i samtliga förekommande jordmånstyper. Det mycket höga ytantalet bör däremot innebära att en god överblick av tillståndet erhålls på länets brunjordar och podsoler.

Det sätt på vilket ytorna fördelats mellan de jordmånstyper som är representerade i inventeringarna är rätt så till vida att fler ytor lagts ut på brunjord än på podsol. Andelen brunjordsytor är emellertid för hög i förhållande till brunjordens andel i länet. Av markkemiytorna finns 60% på brunjord och hela 76% av ytorna med skogsskadeövervakning. Även andelen ytor med podsol i den markkemiska inventeringen är något högre än motiverat av podsolförekomsten i länet. Den sista utläggningen av skogsskadeytor som skedde 1991 (Stockholms stads) är kraftigt bidragande till överrepresentationen av brunjordsytor i skogsskadeinventeringen. De 25 ytor som då lades ut placerades samtliga på brunjord.

Skogsmarkens humusformer

I konsekvens med den höga brunjordsförekomsten i länet är mull den dominerande humusformen (59%), följd av mår (30%) och torv (9%). Hur väl de utlagda ytorna representerar humusformernas fördelning i länets skogsmark är okänt eftersom uppgift om humusform saknas på de inventerade ytorna (tabell 13).

Tabell 13. Skogsmarksarealens och övervakningsytornas fördelning på olika huggningsklasser, trädslagsfördelningar, jordarter, jordmåner och humusformer i AB-län.

	Andel av skogsmarksarealen %	Andel av övervakningsytorna (%)	
		Markkemi	Skogsskador
Huggningsklass			
A-skog	7,0	0	0
B-skog	20,5	0	0
C-skog	29,4	41	42
D-skog	43,2	59	58
Trädslagsfördelning			
Granskog	21,0	56	53
Tallskog	26,8	29	29
Barrblandskog	20,7	15	0
Lövskog	6,9	0	19
Blandskog	16,2	0	0
Jordart			
Morän	51,2	41	29
Sediment	31,7	59	70
Häll	9,7	0	1
Torv	6,9	0	0
Gyttja	0,5	0	0
Jordmån			
Podsol	28,9	40	24
Brunjord	49,6	60	76
Lithosol	18,7	0	0
Humusform			
Mull	58,9	A	A
Mår	30,2	A	A
Torv	8,9	A	A

[A] Uppgift saknas eftersom humusform ej bestämts på ytorna

4.1.1.3 SÖDERMANLANDS LÄN

Markkemin har inventerats på totalt 13 ytor i länet. Nio ytor undersöktes 1993 av Nyköpings kommun och Länsstyrelsen gemensamt och 4 ytor 1990 av Skogsvårdsstyrelsen. Årliga inventeringar av skogsskador har bedrivits sedan 1988 på 16 ytor i Skogsvårdsstyrelsens regi. Under vintern 1993/94 bedömdes i samarbete med Skogsvårdsstyrelsen även skogsskadorna på de 9 markkemiska övervakningsytorna som Nyköpings kommun och Länsstyrelsen etablerat.

Skogarnas huggningsklasser och trädslagsfördelning

C-skogar är mest frekventa i länet (42%) därefter följer D-skogar (29%), B-skogar (23%) och A-skogar (7%). Nästan samtliga övervakningsytor är utlagda i C- och D-skogar (tabell 14). Varken skogsskador eller markkemi har inventerats i A-skog och bortsett från en yta med skogsskadeövervakning saknar även B-skogen övervakning. Ca 70% av skogsmarksarealen i länet upptas dock av C- och D-skogar och det är också denna typ av skogar som är mest drabbade ur skogsskade- och markförsurningssynpunkt. Därför är det rimligt att anta att det sätt som övervakningsytorna fördelats över skogarnas huggningsklasser ger en relativt god bild av miljötillståndet i länets skogar. Det faktum att D-skogarna dessutom är kraftigt överrepresenterade i båda inventeringarna ökar chanserna att regionalt identifiera drabbade områden, eftersom denna huggningsklass vanligtvis uppvisar de flesta skadorna. C-skogarna, inventeras vad gäller både markkemi och skogsskador, i proportion till förekomsten i länet.

Tallskogar är vanligast förekommande i länet (33,5%). Därefter följer granskogar (22,1%), barrblandskogar (18,4%), blandskogar (13,4%) och lövskogar (5,8%). Både markkemin och skogsskador har inventerats i samtliga av dessa vilket innebär en 100%-ig täckning av trädslagsfördelningarna i länet om kalmarken räknas bort (tabell 14). Granskogar är i proportion till förekomsten, överrepresenterade i båda inventeringarna. Detta gäller även barrblandskogarna i den markkemiska övervakningen. Tallskogar är i samma övervakning underrepresenterade och detsamma gäller för blandskogarna i båda inventeringarna. Den andel av skogsskadeytorna som är utlagda i tall- och barrblandbestånd överensstämmer med förekomsten av dessa skogar i regionen.

Skogsmarkens jordarter

Både markkemi och skogsskador har inventerats på jordarterna morän och sediment, som tillsammans förekommer på ca 85% av skogsmarksarealen. Däremot saknas ytor på häll, torv och gyttja som täcker ca 9%, 6% och 0,5% av skogsmarken (tabell 14). Flest övervakningsytor finns på morän (>75% av samtliga ytor) och endast ett mindre antal på sediment (<25% av samtliga ytor). Detta innebär att moränmarkerna är kraftigt överrepresenterade och att

sedimentmarkerna är något underrepresenterade i förhållande till deras förekomst i länet (53% morän och 32% sediment).

Skogsmarkens jordmåner

Jordmånsmässigt domineras länet av brunjordar (48%) följt av podsoler (37%) och lithosoler (13%). Övervakningsytor för markkemi och skogsskador är utlagda på podsoler och brunjordar vilket innebär att 85% av länets förekommande jordmåner omfattas av övervakningen (tabell 14). Även om detta är en hög andel hade det varit önskvärt att även lithosolmarkerna ingått i övervakningen. Denna jordmånstyp är mycket försurningskänslig eftersom dess ringa mäktighet gör att förrådet av buffrande ämnen är lågt.

Trots att brunjordarna är mer frekventa än podsolerna i länets skogsmark har fler övervakningsytor lagts ut på podsoler än på brunjordar. Detta betyder att podsolerna är kraftigt överrepresenterade i både skogsskadeövervakningen (68% av ytorna) och den markkemiska övervakningen (54% av ytorna) (tabell 14). Brunjordarna är å andra sidan underrepresenterade i skogsskadeövervakningen (32% av ytorna) men övervakas i proportion till förekomsten vad gäller markkemi (46% av ytorna).

Skogsmarkens humusformer

Mull är den dominerande humusformen i länets skogsmark (58,5%) följt av mår (ca 32%) och torv (7,5%). Humusform har endast bestämts på de övervakningsytor som utlagts gemensamt av Nyköpings kommun och Länsstyrelsen. Dessa ytor är utlagda på mull- och mårmarker och täcker därmed in ca 90% av länets skogsmarksareal vad gäller humusformer (tabell 14). Mullmarkerna övervakas i proportion till förekomsten, vad gäller både markkemi och skogsskador (56% av ytorna), medan mårmarkerna är något överrepresenterade i båda programmen (44% av ytorna). En ännu bättre överenstämmelse mellan humusformernas arealmässiga täckning i länet och dess representation i övervakningen hade kunnat uppnås om även humusformen torv omfattats av övervakningen.

Tabell 14. Skogsmarksarealens och övervakningsytornas fördelning på olika huggningsklasser, trädslagsfördelningar, jordarter, jordmåner och humusformer i D-län.

	Andel av skogsmarksarealen %	Andel av övervakningsytorna (%)	
		Markkemi	Skogsskador
Huggningsklass			
A-skog	6,7	0	0
B-skog	22,5	0	4
C-skog	41,9	46	44
D-skog	28,8	54	52
Trädslagsfördelning			
Granskog	22,1	31	44
Tallskog	33,5	23	32
Barrblandskog	18,4	31	16
Lövskog	5,8	8	4
Blandskog	13,4	8	4
Jordart			
Morän	53,2	77	76
Sediment	31,6	23	24
Häll	8,8	0	0
Torv	5,9	0	0
Gyttja	0,4	0	0
Jordmån			
Podsol	37,2	54	68
Brunjord	48,4	46	32
Lithosol	13,3	0	0
Humusform			
Mull	58,5	56[1]	56[1]
Mår	31,7	44[1]	44[1]
Torv	7,5	0[1]	0[1]

[1] Endast Nyköpings kommuns undersökning eftersom humusform ej bestämts på Skogsvårdsstyrelsens ytor.

4.1.1.4 ÖREBRO LÄN

Det markkemiska tillståndet har vid ett tillfälle (1985) inventerats på fem ytor av Skogsvårdsstyrelsen. Skogsskadorna övervakas i dagsläget på 23 ytor i Skogsvårdsstyrelsens regi.

Skogarnas huggningsklasser och trädslagsfördelning

C- och D-skogar dominerar i länet (förekommer på 31 % resp. 35% av skogsmarksarealen) medan A- och B-skogar utgör ca 6 % resp. 29 %. Både markkemi och skogsskador övervakas i C- och D-skogar, vilka tillsammans förekommer på 66% av länets skogsmark (tabell 15). A- och B-skogar saknar övervakning vilket innebär att övervakningsprogrammet inte speglar skogsskadesituationen och det markkemiska tillståndet i samtliga förekommande åldersklasser utan endast i medelålders och äldre skog. Övervakningen av markkemi är koncentrerad till C-skog (60% av ytorna) och skogsskadeövervakningen till D-skog (73% av ytorna). C-skogarna är därmed överrepresenterade i den markkemiska övervakningen och D-skogarna i skogsskadeövervakningen. Däremot övervakas skogsskadorna i C-skogar och markkemin i D-skogar i proportion till förekomsten.

Granskogar är vanligast förekommande i länet (upptar 37% av skogsmarksarealen) följt av tallskogar (28%), barrblandskog (19%), blandskog (ca 6%) och lövskog (4%). Både markkemin och skogsskador har övervakats i gran-, tall- och barrblandskogar (tabell 15). Blandskog och lövskog saknar övervakning men täcker tillsammans endast 10% av skogsmarksarealen. Både den markkemiska inventeringen och skogsskadeövervakningen täcker därmed väl in länets förekommande typer av skog. Ytornas fördelning över de olika trädslagsfördelningarna är däremot något sned. Cirka 60% av övervakningsytorna för både markkemi och skogsskador finns i granskog vilket innebär att denna typ av skog är kraftigt överrepresenterad i förhållande till dess förekomst i länet (täcker 37% av skogsmarksarealen). På motsvarande sätt är tallskog något underrepresenterad i den markkemiska inventeringen och barrblandskog i skogsskadeövervakningen.

Skogsmarkens jordarter

Skogsmarken i länet domineras av morän (ca 64%). Sediment upptar ca 22% av skogsmarksarealen och torv och häll vardera 9% och 6%. Jordarten gyttja förekommer ej i länet. Både markkemi och skogsskador inventeras på såväl morän som sediment men övriga jordarter saknar övervakning (tabell 15). Detta innebär att övervakningen/inventeringen ur jordartssynpunkt täcker in 85% av skogsmarksarealen. Även om detta är relativt tillfredsställande hade täckningen kunnat öka till hela 94% om även jordarten torv omfattats av övervakningen. I

den befintliga övervakningen är moränmarkerna något överrepresenterade vad gäller såväl inventering av markkemi som skogsskador (ca 80% av ytorna på morän). Andelen ytor som är utlagda på sediment (ca 20%) överensstämmer däremot med den andel sedimenten utgör av skogsmarksarealen.

Skogsmarkens jordmåner

Den vanligast förekommande jordmånstypen i länets skogar är podsol som förekommer på 66% av skogsmarksarealen. Mindre vanlig är brunjord (20%) och lithosol (12%). Övervakningsytor för både markkemi och skogsskador finns utlagda på podsoler och brunjordar vilket innebär att övervakningen ur jordmånssynpunkt täcker in 86% av länets skogsmarksareal (tabell 15). Även om detta är en relativt hög andel hade det varit önskvärt att även lithosolmarkerna ingått i övervakningen. Denna jordmånstyp är mycket försurningskänslig eftersom dess ringa mäktighet gör att förrådet av buffrande ämnen är lågt. Brunjordar är kraftigt överrepresenterade i både den markkemiska övervakningen (60% av ytorna) och skogsskadeövervakningen (45% av ytorna) (tabell 15). Podsolerna är å andra sidan underrepresenterade i båda övervakningarna då 40% av de markkemiska övervakningsytorna och 55% av skogsskadeytorna är utlagda på denna jordmånstyp.

Skogsmarkens humusformer

Mår förekommer på 63% av skogsmarksarealen i länet och är därmed den vanligaste humusformen. Mull och torv upptar vardera 26% resp. 11%. Hur väl de två övervakningstyperna täcker in länens förekommande humusformer är ej känt eftersom humusform ej har bestämts på övervakningsytorna (tabell 15).

Tabell 15. Skogsmarksarealens och övervakningsytornas fördelning på olika huggningsklasser, trädslagsfördelningar, jordarter, jordmåner och humusformer i T-län.

	Andel av skogsmarksarealen %	Andel av övervakningsytorna (%)	
		Markkemi	Skogsskador
Huggningsklass			
A-skog	5,7	0	0
B-skog	28,5	0	0
C-skog	31,2	60	27
D-skog	34,7	40	73
Trädslagsfördelning			
Granskog	37,1	60	59
Tallskog	28,2	20	32
Barrblandskog	18,8	20	9
Lövskog	4,2	0	0
Blandskog	5,6	0	0
Jordart			
Morän	63,5	80	82
Sediment	21,6	20	18
Häll	6,0	0	0
Torv	8,9	0	0
Gyttja	0,0	0	0
Jordmån			
Podsol	65,6	40	55
Brunjord	20,2	60	45
Lithosol	11,9	0	0
Humusform			
Mull	25,6	A	A
Mår	62,7	A	A
Torv	11,0	A	A

[A] Uppgift saknas eftersom humusform ej bestämts på ytorna

4.1.1.5 VÄSTMANLANDS LÄN

Skogsmarkens kemiska tillstånd har inventerats på 17 ytor i länet. Åren 1987 och 1992 provtog Länsstyrelsen samtliga 17 ytor och 1989 utförde Skogsvårdsstyrelsen en provtagning på 3 av dessa. Skogsskadesituationen övervakas i dag, genom årliga inventeringar i Skogsvårdsstyrelsens regi, på totalt 8 ytor. På 6 av de 8 ytorna påbörjades inventeringen redan 1984.

Skogarnas huggningsklasser och trädslagsfördelning

D-skogar är mest frekventa i länet (38%), därefter följer C-skogar (33%), B-skogar (22%) och A-skogar (7%). Samtliga skogsskadeytor är utlagda i D-skog vilket betyder att övriga huggningsklasser saknar övervakning av skogsskadesituationen (tabell 16). Detta innebär att övervakningen ur huggningsklassynpunkt endast täcker in 38% av länets skogsmarksareal. Givetvis är detta en låg siffra men mot bakgrund av att endast 8 skogsskadeytor lagts ut i länet förefaller det som ett klokt beslut att ha koncentrerat skogsskadeövervakningen till D-skog. Den högsta skadefrekvensen återfinns oftast i denna huggningsklass. Så även om övervakningen inte belyser skogsskadesituationen i skogarnas samtliga huggningsklasser bör den ge en viss uppfattning av situationen i länets äldre skogar. Vilka huggningsklasser som omfattas av den markkemiska övervakningen är inte känt eftersom uppgift på beståndsålder saknas för vissa av de ytor som provtagits av Länsstyrelsen.

Tallskog är vanligast förekommande i länet (31%). Därefter följer granskog och barrblandskog som vardera upptar ungefär lika stor andel av skogsmarken (26% resp. 24%). Blandskogens andel utgör 7% och lövskog förekommer på 6% av skogsmarksarealen. Den markkemiska övervakningen omfattar samtliga typer av skog utom blandskog och skogsskador övervakas i gran-, tall- och barrblandskog (tabell 16). Detta innebär att ur skogstypssynpunkt (trädslagsfördelning) täcker den markkemiska övervakningen in 93% av länets skogsmarksareal och skogsskadeövervakningen 81%. Granskog är i proportion till förekomsten kraftigt överrepresenterad i båda inventeringarna och tallskog något underrepresenterad. Detta gäller även blandskogen i skogsskadeövervakningen. Andelen lövskogsytor som markkemin inventerats på överensstämmer med skogstypens förekomst i länet.

Skogsmarkens jordarter

Jordartsmässigt domineras länet av morän och sediment (59% resp. 28%). Torv och häll utgör vardera ca 8% resp. 5%. Gyttja förekommer på <0,5% av skogsmarksarealen. Markkemin har inventerats på jordarterna morän och sediment, som tillsammans förekommer på ca 87% av skogsmarksarealen (tabell 16). Däremot saknas ytor på häll, torv och gyttja. De flesta övervakningsytor för

markkemi finns på morän (76% av samtliga ytor) och endast ett mindre antal på sediment (24% av samtliga ytor). Detta innebär att moränmarkerna är kraftigt överrepresenterade och sedimentmarkerna relativt väl representerade i förhållande till deras förekomst i länet. Samtliga skogsskadeytor är förlagda till moränmark, vilket innebär att moränmarkerna är kraftigt överrepresenterade i förhållande till förekomsten i länet. Ur jordartssynpunkt täcker skogsskadeövervakningen in 59% av skogsmarken. Det faktum att inga sedimentytor ingår i undersökningen gör att skogsskadeövervakningen inte belyser skogsskadesituationen på sedimentmark. Denna avvägning som gjorts vid ytutläggningen hänger troligtvis samman med det låga ytantalet (8 st).

Skogsmarkens jordmåner

Podsol dominerar länets skogsmark (47%) följt av brunjord (36%) och lithosol (15%). Både podsoler och brunjordar är representerade i såväl den markkemiska övervakningen som i skogsskadeövervakningen (tabell 16). Detta innebär att övervakningarna ur jordmånssynpunkt täcker in 83% av länets skogsmarksareal. Även om detta är en hög andel hade det varit önskvärt att även lithosolmarkerna ingått i övervakningen. Denna jordmånstyp är mycket försurningskänslig eftersom dess ringa mäktighet gör att förrådet av buffrande ämnen är lågt.

I båda övervakningarna är podsolerna kraftigt överrepresenterade i förhållande till förekomsten. Hela 82% av de markkemiska ytorna och 75% av skogsskadeytorna har jordmånstypen podsol. Brunjordarna är å andra sidan underrepresenterade, framförallt i den markkemiska övervakningen där endast 8% av ytorna är brunjord.

Skogsmarkens humusformer

Mår är den vanligaste humusformen i länets skogsmark (54%) följt av mull (34%) och torv (10%). Vilka humusformer som omfattas av de två övervakningarna är inte känt eftersom humusform ej bestämts på ytorna (tabell 16).

Tabell 16. Skogsmarksarealens och övervakningsytornas fördelning på olika huggningsklasser, trädslagsfördelningar, jordarter, jordmåner och humusformer i U-län.

	Andel av skogsmarksarealen %	Andel av övervakningsytorna (%)	
		Markkemi	Skogsskador
Huggningsklass			
A-skog	6,6	A	0
B-skog	22,2	A	0
C-skog	32,8	A	0
D-skog	38,4	A	100
Trädslagsfördelning			
Granskog	25,9	47	63
Tallskog	31,3	24	25
Barrblandskog	23,9	23	12
Lövskog	5,6	6	0
Blandskog	7,2	0	0
Jordart			
Morän	59,2	76	100
Sediment	28,1	24	0
Häll	4,5	0	0
Torv	7,8	0	0
Gyttja	0,3	0	0
Jordmån			
Podsol	47,5	82	75
Brunjord	35,7	8	25
Lithosol	14,8	0	0
Humusform			
Mull	34,3	B	B
Mår	54,0	B	B
Torv	10,1	B	B

[A] Uppgift saknas eftersom åldersuppgifterna ej kompletta i Länsstyrelsens undersökning
[B] Uppgift saknas eftersom humusform ej bestämts i varken Länsstyrelsens eller Skogsvårdsstyrelsens undersökning.

4.2 Kan "miljötillståndet och dess utveckling" bedömas?

4.2.1 Skogsskador

Den vanligaste metoden för att övervaka skogsskador innebär att kronutglesningen hos samtliga träd, eller hos vissa provträd inom försöksytan, bedöms från marken m.h.a kikare. Metoden används såväl på länsnivå som i nationella och internationella undersökningar. Det faktum att metoden innebär en bedömning av barrförlusten ställer stora krav på utföraren. För att undvika systematiska fel, som kan skapa falska trender i inventeringsresultaten, måste en fortlöpande kalibrering av förrättningsmännens bedömningsteknik ske. Detta är också ytterst viktigt för jämförelsen av resultaten mellan olika län eller olika landsdelar. En annan viktig faktor att beakta vid jämförelse av olika skogsskadeinventeringars resultat är upplägget av inventeringen. Riksskogstaxeringens inventeringen ger t.ex en annan bild av skogsskadesituationen än Skogsvårdsstyrelsens, vilket förklaras av skillnader i undersökningarnas upplägg. Riksskogstaxeringens undersökning bedrivs på slumpvis utlagda ytor över landet medan Skogsvårdsstyrelsen inventering utförs på subjektivt utvalda ytor. I de skadenivåer som rapporteras från Skogsvårdsstyrelsens undersökning har träd med kända orsaker till skador ej tagits med. Detta kan gälla t.ex. vindpiskade träd som till följd av trängsel förlorat en del av sina barr samt rötskadade och insektshärjade träd. I Riksskogstaxeringens rapporterade skadenivåer har man däremot ej bortsett från träd med skador av denna typ. Dessutom har man vid utlägget av Skogsvårdsstyrelsens ytor strävat efter att välja sådana bestånd som redan uppvisade skadesymptom.

Förutsatt att systematiska fel, till följd av skillnader i bedömningsteknik hos förrättningsmännen, kan elimineras genom kalibrering, bör kronutglesningsbedömningar kunna ge en bild av skogsskadesituationen och dess utveckling. För att inventeringen inte enbart ska spegla skogsskadesituationen på den inventerade ytan, utan ge en bild av situationen inom ett län eller en region, ställs dock stora krav på upplägget av inventeringen. Beståndsålder, lokalklimat, bonitet samt beståndets läge i terrängen och jorddjup är faktorer som signifikant påverkar kronutglesningen (Nilsson och Olsson 1995). Det faktum att så många faktorer påverkar skogsskadorna gör det givetvis svårt att med ett fåtal ytor få en bild av skogsskadesituationen inom t.ex ett län. Man kan givetvis välja att förlägga ytorna till bestånd som är likvärdiga vad gäller ovanstående faktorer dvs samtliga ytor representerar samma beståndsålder, typ av lokalklimat, bonitet, läge i terrängen och jorddjup. Denna typ av inventering blir dock inte heltäckande för länets skogar. Ett annat sätt är att ta reda på hur stor arealandel varje faktorskombination utgör av länets skogsmarksareal och därefter förlägga övervakningsytorna till de areellt sett dominerande skogstyperna. Fördelen med denna design är att skogsskadenivåerna kan kopplas till en arealandel av länet. Har man möjlighet att lägga ut ett mycket stort antal ytor är det dock enklast att tillämpa Riksskogstaxeringens metod med objektivt utlägg av inventeringsytorna.

4.2.2 Markkemi

Såväl vid markkemisk inventering, som syftar till att belysa det markkemiska tillståndet vid ett tillfälle, som vid markkemisk övervakning, då tillståndets utveckling över tiden studeras, är det viktigt att det uppmätta tillståndet inte avviker alltför mycket från det "sanna" tillståndet. Innan jordprov insamlas från t.ex fasta provytor inom ett län och analyseras på ett antal variabler, är det därför lämpligt att fundera kring de tilltänkta variablernas naturliga variation inom provytan. Varje variabel har en naturlig variation som bidrar till variabelns standardavvikelse. Ju större standardavvikelsen är desto mer avviker medelvärdet från det "sanna" värdet. Ett sätt att minska osäkerheten i skattningen av fördelningens medelvärde är att insamla fler prov från ytan. Standardavvikelsen beräknas enligt formeln:

$$s_d=\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}$$

där s_d är standardavvikelsen, x_i de observerade värdena för variabeln, $\bar{x}$ medelvärdet för variabeln och n antalet prov. Om värdena i materialet är tämligen lika blir differenserna x_i-$\bar{x}$ små och s_d blir alltså liten. Om värdena är utspridda blir s_d större. Är standardavvikelsen stor är det svårare att statistiskt säkerställa förändringar. I miljöövervakningssammanhang är man ofta intresserad av att undersöka om miljötillståndet förändrats sedan förra undersökningstillfället. Om vi vid vart och ett av de två tillfällena tagit n generalprov från en viss provyta och fått mätvärdena $x_1,x_2.....x_n$ respektive $y_1,y_2,.....y_n$, kan vi först beräkna den genomsnittliga skillnaden

$$\bar{d}=\bar{y}-\bar{x}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}y_i-\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}x_i=\frac{1}{n}\sum_{i=1}d_i \text{ där } d_i=y_i-x_i$$

Denna observerade skillnad kan betraktas som en uppskattning av den verkliga medelförändringen δ av provytans tillstånd mellan de två undersökningstillfällena. För att visa hur osäker uppskattningen är kan vi beräkna ett s.k. konfidensintervall för δ. Intervallets konfidensgrad, som ofta väljs till 90, 95 eller 99%, talar om för oss hur stor sannolikheten är att beräkningsmetoden ska ge ett intervall som innehåller det sanna värdet på δ. Om man vid vart av ett av provtagningstillfällena tar generalproven på slumpmässigt valda platser inom provytan, kan man beräkna ett dubbelsidigt 95% konfidensintervall för δ enligt formeln:

$$\delta=\bar{d}\pm t_{0.975}(2n-2)\sqrt{(s_y^2+s_x^2/2}\ \sqrt{\frac{1}{n}+\frac{1}{n}}$$

där s_y och s_x betecknar de skattade standardavvikelserna för y- respektive x-serien och $t_{0,975}(2n - 2)$ är 97,5-percentilen för en s.k. t-fördelning med $2n$-2 frihetsgrader. t-konstantens värde kan antingen hämtas ur tabell över Students t-fördelning eller beräknas med hjälp av ett kalkylprogram. Om man vid det andra provtagningstillfället tar proven strax intill de platser där man tog prov första gången, blir beräkningen av konfidensintervall något annorlunda. Eftersom observationerna hör ihop parvis, räknar man standardavvikelsen s_d på de parvisa differenserna

$$d_i = y_i - x_i \quad = 1,2,...,n$$

Konfidensintervallet ges sedan av formeln:

$$\delta = \bar{d} \pm t_{0.975}(n-1)s_d / \sqrt{n}$$

Jämfört med det först beräknade konfidensintervallet har antalet frihetsgrader sjunkit från $2n$-2 till n-1, vilket ger en högre t-konstant. I gengäld, bör s_d vara mindre än roten ur $(s_y^2 + s_x^2)/2$ om två prov som tagits nära varandra i allmänhet är mer lika än två prov som tagits helt slumpmässigt inom provytan.

Om konfidensintervallet för δ ligger helt på den positiva sidan eller helt på den negativa sidan om nollpunkten, kan man säga att det föreligger en statistiskt säkerställd förändring, och intervallets konfidensgrad anger vilken tilltro man kan fästa till utsagan att en förändring inträffat. Om däremot konfidensintervallet innefattar såväl negativa som positiva värden, kan man inte utesluta att provytans miljötillstånd varit oförändrat mellan undersökningstillfällena.

Formlerna ovan visar att en förändring är statistiskt säkerställd om den observerade medelskillnaden $\bar{d}$ är större än halva konfidensintervallets längd. Därför använder man ibland halva konfidensintervallets längd som ett mått på hur stora förändringarna måste vara för att kunna upptäckas i ett övervakningsprogram. Man bör dock ha i åtanke att konfidensintervallets längd är en slumpvariabel vars värde beror på var inom provytan som generalproven tagits. Speciellt om man tagit ett litet antal prov per provyta får man därför en mycket osäker skattning av hur stora skillnader mellan provtagningstillfällen som kan statistiskt säkerställas. Det bästa sättet att minska detta problem är att bara uttala sig om medelvärdet av halva konfidensintervallets längd för att antal provytor.

Exempel

Markens kemiska tillstånd ska övervakas på en yta utlagd i skogsmark. Ytan provtas genom att insamla 2 generalprov à 15 delprov. Vid pH-bestämning av markens B-horisont uppmättes medelvärdet till 4,8 med standardavvikelsen 0,4. Hur mycket måste pH sjunka till nästa provtagning för att förändringen statistiskt ska kunna säkerställas? Den statistiskt formulerade frågeställningen

kan sammanfattas i två möjliga utfall. Det första är att pH-förändringen är ett resultat av slumpmässig variation i datamaterialet och att den inte motsvarar en reell förändring, dvs d=0. Det andra är att en reell förändring ägt rum. Genom att beräkna ett konfidensintervall, dvs ett intervall där medeltalet för ett stickprov med viss sannolikhet (i exemplet 95%) hamnar om man känner standardavvikelsen och stickprovsstorleken kan vi avgöra hur stor den uppmätta förändringen måste vara för att den med motsvarande sannolikhet ska utgöra en reell förändring. Vi antar här att man vid vart och ett av provtagningstillfällena tar generalproven på slumpmässigt valda platser inom provytan. Med de aktuella data beräknar vi ett 95%-igt konfidensintervall:

$$\delta_2=\bar{d} \pm 4.30 \sqrt{0.4^2+0,4^2/2} \sqrt{\frac{1}{2}+\frac{1}{2}}$$

vilket ger $\delta=\bar{d}\pm1,72$

Medelvärdet för förändringen ($\bar{d}$) måste vara större än 1,72 (d>halva intervall omfånget) för att skillnaden skall anses vara statistiskt säkerställd. Detta betyder att endast mycket stora pH-förändringar (≥1,8 pH-enheter!!!) statistiskt kan säkerställas om provtagningen utförs på detta sätt dvs med 2 generalprov. Om i stället 4 generalprov insamlas från ytan och vi antar att medeltal och standardavvikelse inte förändras blir konfidensintervallet:

$$\delta_4=\bar{d} \pm 2.45 \sqrt{0.4^2+0.4^2/2} \sqrt{\frac{1}{4}+\frac{1}{4}}$$

vilket ger $\delta=\bar{d}\pm0,69$

I detta fall kan en pH-förändring på >0,69 enheter statistiskt säkerställas. Insamlas i stället 6 och 10 generalprov och vi antar att medeltal och standardavvikelse inte förändras blir konfidensintervallen:

$$\delta_6=\bar{d} \pm 2.23\sqrt{0.4^2+0.4^2/2} \sqrt{\frac{1}{6}+\frac{1}{6}}$$

vilket ger $\delta=\bar{d}\pm0,52$

och

$$\delta_{10}=\bar{d} \pm 2.10 \sqrt{0.4^2+0,4^2/2} \sqrt{\frac{1}{10}+\frac{1}{10}}$$

vilket ger $\delta=\bar{d}\pm 0,38$

I fallet med sex generalprov kan en förändring i pH på >0,52 pH-enheter statistiskt säkerställas och i fallet med 10 generalprov en förändring på >0,38 pH-enheter.

Antalet generalprov som insamlas från den yta man provtar har alltså en mycket stor betydelse för hur stora eller små förändringar man statistiskt kan säkerställa i miljöövervakningssammanhang. Att förändringen måste vara så stor i de visade exemplen beror till väsentlig del på att informationen om den naturliga variationen inom provytorna är osäker och detta avspeglar sig i höga *t*-konstanter i Student's *t*-fördelning. Vid två generalprov (4-2 frihetsgrader) är *t*-värdet 4,30, vid 3 generalprov (6-2 frihetsgrader) 2,78, vid 6 generalprov (12-2 frihetsgrader) 2,23 och vid 10 generalprov (20-2 frihetsgrader) 2,10. Vid över 20 generalprov förändras *t*-värdet mycket litet och i detta fall innebär en fördubbling av antalet insamlade prov att konfidensintervallet grovt räknat minskar med en faktor 1,4.

För att ta reda på vilka skillnader i pH-värde man statistiskt kan säkerställa med det provtagningsförfarande man använt i de olika markkemiska inventeringarna i länen har konfidensintervallen (95%) beräknats som i exemplen ovan. Resultaten för pH(KCl) i humusskiktet och i B-horisonten (0-10 cm) redovisas i tabellerna 17 och 18. Här anges förutom storleken på säkerställd förändring i pH, även halva konfidensintervallets genomsnittliga bredd (i % av medelvärdet) i varje undersökning. Det är vanligt att man i övervakningssammanhang vill kunna uppskatta medelvärdet för en parameter med högst ±10% eller ±20% fel vid 95 %-igt konfidensintervall. Detta innebär att halva konfidensintervallets längd ej ska överstiga ±10% eller ±20% av medelvärdet. Som framgår av tabellerna 17 och 18 skiljer sig de olika undersökningarna åt vad gäller såväl halva konfidensintervallets genomsnittliga bredd som storleken på den säkerställda pH-förändringen. I samtliga undersökningar utom en (Skogsvårdsstyrelsens provtagning i C-län) är det möjligt att uppskatta medelvärdet för pH(KCl) i både humusskiktet och rostjorden (0-10 cm) med högst ±20% fel. I vissa undersökningar är felet betydligt mindre (omkring ±10%). Av det intervall som presenteras för storleken på den säkerställda pH-förändringen i varje undersökning framgår att det ofta föreligger en avsevärd variation mellan ytorna i varje undersökning. På vissa av ytorna i en och samma undersökning är det möjligt att statistiskt säkerställa pH-förändringar på ett par tiondels pH-enheter

medan den säkerställda pH-förändringen på andra ytor uppgår till en eller flera pH-enheter. Detta beror sannolikt på att vissa ytor är mer heterogena än andra och att pH:s naturliga variation därmed är större på dessa ytor.

För de ytor som provtagits av Länsstyrelsen i C-län (14 st) kan man på samtliga av de provtagna ytor (14 st) säkerställa pH-förändringar i humusskiktet på ±0,2-0,5 pH-enheter. Detta mycket tillfredsställande resultat erhölls genom att insamla 3 generalprov från varje yta. Med 4 generalprov per yta, som insamlades i Länsstyrelsens undersökning i Västmanlands län, erhölls ett betydligt större intervall för den säkerställda pH-förändringen (±0,1-1,6 pH-enheter). Detta betyder att för vissa av ytorna behöver pH-värdet förändras med 1,6 pH-enheter för att vara statistiskt säkerställt. För merparten av ytorna (ca 80%) kan dock förändringar på ±0,1-0,5 pH-enheter säkerställas. Två generalprov per yta, som insamlats i övriga undersökningar, gav ett mycket varierande resultat. Analysen av Länsstyrelsens provtagning i AB-län, som omfattat ett mycket stort antal ytor (45 st), visar att pH-förändringar på ±0,1-2,0 pH-enheter statistiskt kan säkerställas i humusskiktet. För ca 80% av ytorna gäller förändringar på mellan ±0,1 och ±1,0 pH-enheter. I Skogsvårdsstyrelsens provtagning i Uppsala län (5 ytor), kan pH-förändingar på ±0,5-3,9 pH-enheter säkerställas för samma horisont (±0,5-1,0 för 60% av ytorna). I de övriga undersökningarna erhölls ett betydligt bättre resultat varierande mellan ±0,2-0,8 (Skogsvårdsstyrelsernas provtagningar i T- och U-län) och ±0,2-1,2 (Skogsvårdsstyrelsens provtagning i D-län). I dessa fall var ytantalet mycket lågt (3-5 ytor) vilket kan ha påverkat resultatet.

Motsvarande analys för B-horisonten visar att storleken på den säkerställda pH-förändringen för ytorna varierar mellan ±0,1 och ±2,0. Även i de undersökningar som uppvisar den lägsta variationen mellan ytorna är det svårt att säkerställa pH-förändringar understigande 1 pH-enhet, om samtliga provtagna ytor som ingått i en undersökning betraktas. Detta gäller oavsett antalet insamlade generalprov. För huvuddelen av de ytor som provtagits med 3 eller 4 generalprov kan dock relativt små pH-förändringar statistiskt säkerställas även i denna horisont. I Länsstyrelsens provtagning i C-län kunde pH-förändringar i B-horisonten på ±0,1-0,6 pH-enheter säkerställas på 93% av ytorna. Motsvarande siffror för Länsstyrelsens provtagning i U-län är ±0,2-0,5 pH-enheter på 94% av ytorna. Detta betyder att det är rekommendabelt att insamla fler generalprov än två från varje yta om vi vill säkerställa en pH-förändring på ca en halv pH-enhet i skogsmarkens humus- och rostjordsskikt.

När det gäller övriga analyser som utförts i de olika markkemiska undersökningarna i regionen är det betydligt svårare att överskådligt redovisa vilka förändringar som statistiskt är möjliga att påvisa med de provtagningsdesigner som har använts. I fallet med pH innebär den logaritmiska transformationen av vätejonkoncentrationen att pH-värdet kan uttryckas i pH-enheter. Detta är ej fallet med t.ex halten utbytbara katjoner där halten vanligtvis uttrycks i uekv/g. Eftersom vi här inte gör någon logaritmisk transformering av halterna och dessa

kan variera högst avsevärt mellan olika ytor (100 ggr eller mer) säger inte min- och maxvärdet för konfidensintervallet för katjonerna på ett antal ytor i en undersökning oss något om hur stora eller små skillnader vi statistiskt kan säkerställa. Genom att studera halva konfidensintervallets genomsnittliga bredd, uttryckt i % av medelvärdet, kan vi dock få en uppfattning om hur stor variationen kring medelvärdet är för varje ämne. Detta redovisas i tabellerna 19 och 20. Som framgår överstiger detta värde den variation kring medelvärdet man anser bör gälla i övervakningssammanhang (±20%) i samtliga undersökningar. I de flesta undersökningarna uppgår variation kring medelvärdet till mellan 50% och 100%. Detta innebär att betydligt fler generalprov behöver insamlas för att övervaka dessa ämnen i miljösammanhang. Det framgår tydligt av tabellerna att tre generalprov innehållande 15 delprov resulterar i en betydligt säkrare bestämning av medelvärdet. Detta antal är dock inte fullt tillräckligt eftersom variationen kring medelvärdet för de flesta ämnen ligger kring 30-40%.

Den utvärdering som gjorts av de befintliga markkemiska inventeringarna visar att försöksdesignen är otillfredsställande i flertalet av länen. Två generalprov, vilket är det antal som vanligtvis tas på varje observationsyta, resulterar i att skattningen av medelvärdena får mycket stor standardavvikelse. Detta får till följd att endast mycket stora förändringar i markkemiska variabler statistiskt kan säkerställas. Att i stället för två generalprov insamla tre generalprov från varje yta medför att variationen kring medelvärdet minskar vilket i sin tur innebär en säkrare bestämning av medelvärdet.

Hur säkra de uppmätta medelvärdena är vid insamling av två generalprov, vardera innehållande 15 delprov, och hur säkerheten i medelvärdesbestämningen ökar då i stället tre generalprov insamlas framgår av figurerna 10-12. Här presenteras resultaten från Länsstyrelsens markprovtagning av fastmarksytor i Uppsala län (14 st) där tre generalprov insamlades vid den markkemiska inventeringen av länet. I de statistiska testen har medelvärdet framräknat från två respektive tre generalprov använts för varje analyserat ämne. Testen anger med vilken säkerhet vi kan påstå att det sanna medelvärdet är skilt från noll (signifikansen ns betyder att det inte är statistiskt säkerställt att det sanna medelvärdet är skilt från noll, vid signifikansen $p<0.05$ är säkerheten >95%, vid $p<0.01$ är den >99% och vid $p<0.001$ är den >99.9%). För varje analyserat ämne (som anges på X-axeln) anges på Y-axeln andelen prov (av totalt 14) som hamnar inom respektive signifikansnivå. För huvuddelen av analyserna var medeltalen i ca 50 % av fallen ej skilda från 0, dvs de kan ur strikt statistisk synvinkel lika gärna vara 0 som det uppmätta värdet, då två generalprov insamlades. Utvärderingen visar också att resultatet förbättras avsevärt om i stället tre generalprov insamlas från varje observationsyta.

Tabell 17. Variationen hos pH(KCl) i humusskiktet i olika markkemiska undersökningar i AB-, C-, D-, T- och U-län.

Undersökning	Antal insamlade generalprov	Antal delprov i varje generalprov	Halva konfidensintervallets (95%igt) genomsnittliga bredd (% av medelvärdet)	Storleken på säkerställd förändring
Länsstyrelsens provtagning i AB-län, 45 ytor	2	15	14	±0,1-2,0 pH-enheter[1]
Länsstyrelsens provtagning i C-län, 14 ytor	3	15	6	±0,2-0,5 pH-enheter[2]
Skogsvårdsstyrelsens provtagning i C-län, 5 ytor	2	15	37	±0,5-3,9 pH-enheter[3]
Skogsvårdsstyrelsens provtagning i D-län, 4 ytor	2	15	14	±0,2-1,2 pH-enheter[4]
Skogsvårdsstyrelsens provtagning i T-län, 5 ytor	2	15	11	±0,2-0,8 pH-enheter[5]
Länsstyrelsens provtagning i U-län, 17 ytor	4	5	12	±0,1-1,6 pH-enheter[6]
Skogsvårdsstyrelsens provtagning i U-län, 3 ytor	2	15	17	±0,2-0,8 pH-enheter

[1] ±0,1-1,0 på 84% av ytorna
[2] ±0,2-0,4 på 79% av ytorna
[3] ±0,5-1,0 på 60% av ytorna
[4] ±0,2-0,5 på 75% av ytorna
[5] ±0,2-0,6 på 80% av ytorna
[6] ±0,1-0,5 på 77% av ytorna

Tabell 18. Variationen hos pH(KCl) i B-horisonten (0-10 cm) i olika markkemiska undersökningar i AB-, C-, D-, T- och U-län.

Undersökning	Antal insamlade generalprov	Antal delprov i varje general-prov	Halva konfidensintervallets (95%igt) genomsnittliga bredd (% av medelvärdet)	Storleken på säkerställd förändring
Länsstyrelsens provtagning i AB-län, 45 ytor	2	15	9	±0,1-2,0 pH-enheter[1]
Länsstyrelsens provtagning i C-län, 14 ytor	3	15	5	±0,1-1,4 pH-enheter[2]
Skogsvårdsstyrelsens provtagning i C-län, 5 ytor	2	15	28	±0,4-2,0 pH-enheter[3]
Skogsvårdsstyrelsens provtagning i D-län, 4 ytor	2	15	16	±0,3-1,3 pH-enheter[4]
Skogsvårdsstyrelsens provtagning i T-län, 5 ytor	2	15	18	±0,2-1,3 pH-enheter[5]
Länsstyrelsens provtagning i U-län, 17 ytor	4	5	7	±0,2-1,1 pH-enheter[6]
Skogsvårdsstyrelsens provtagning i U-län, 3 ytor	2	15	12	±0,2-0,9 pH-enheter[7]

[1] ±0,1-1,0 på 80% av ytorna
[2] ±0,1-0,6 på 93% av ytorna
[3] ±0,4-1,0 på 40% av ytorna
[4] ±0,3-0,7 på 75% av ytorna
[5] ±0,2-0,8 på 60% av ytorna
[6] ±0,2-0,5 på 94% av ytorna
[7] ±0,2-0,6 på 66% av ytorna

Tabell 19. Variationen hos utbytbara katjoner i humusskiktet i olika markkemiska undersökningar i AB-, C-, D-, T- och U-län.

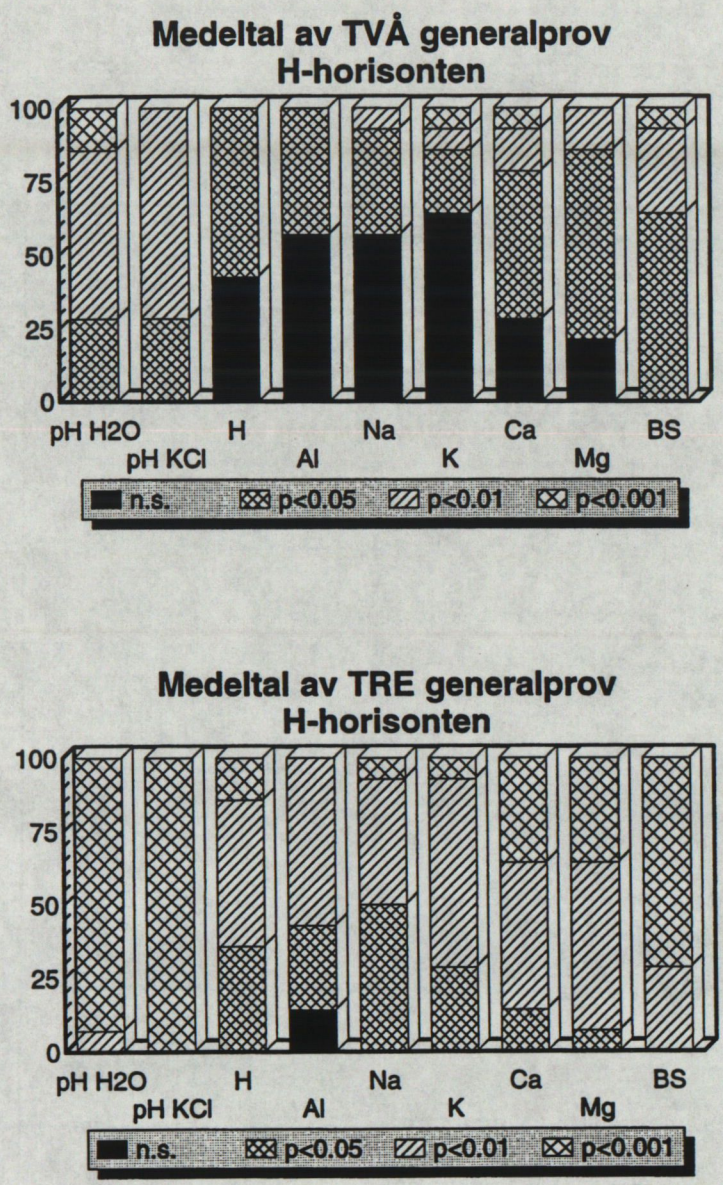
Undersökning	Antal insamlade generalprov à 15 delprov	Halva konfidensintervallets (95%igt) genomsnittliga bredd (% av medelvärdet)					
		H	Al	Na	K	Ca	Mg
Länsstyrelsens provtagning i AB-län	2	110	137	123	77	87	71
Länsstyrelsens provtagning i C-län	3	38	56	43	43	28	26
Skogsvårdsstyrelsens provtagning i C-län	2	161	278	133	88	42	97
Skogsvårdsstyrelsens provtagning i D-län	2	29	31	34	127	47	56
Skogsvårdsstyrelsens provtagning i T-län	2	97	44	36	47	84	47
Länsstyrelsens provtagning i U-län	4[b]	a	162	a	a	a	a
Skogsvårdsstyrelsens provtagning i U-län	2	63	78	128	52	65	32

[a] Uppgift om standardavvikelse ej publicerad varför konfidensintervallet ej kan beräknas.
[b] Fem delprov i varje generalprov

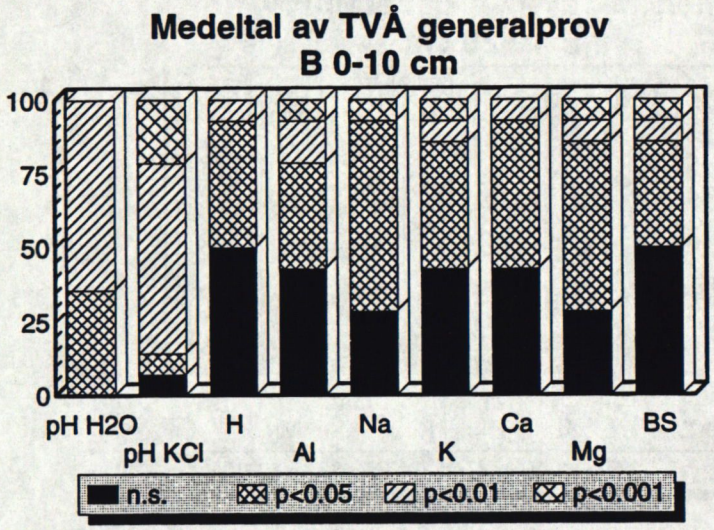
Tabell 20. Variationen hos utbytbara katjoner i B-horisonten (0-10 cm) i olika markkemiska undersökningar i AB-, C-, D-, T- och U-län.

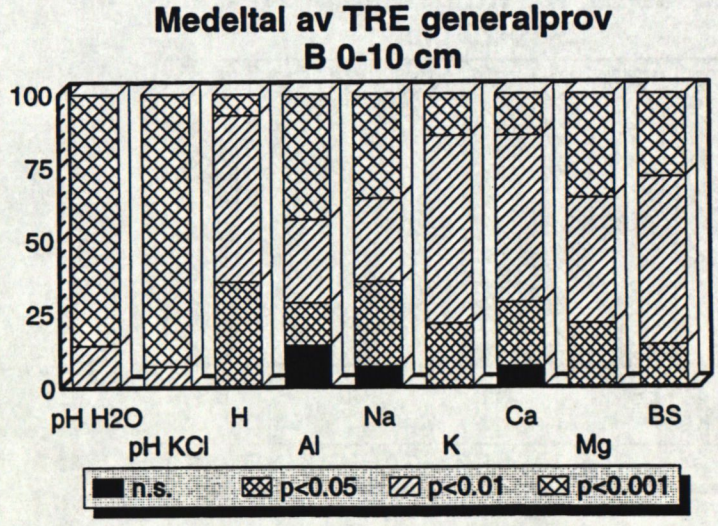
Undersökning	Antal insamlade generalprov à 15 delprov	Halva konfidensintervallets (95%igt) genomsnittliga bredd (% av medelvärdet)					
		H	Al	Na	K	Ca	Mg
Länsstyrelsens provtagning i AB-län	2	202	118	107	67	136	98
Länsstyrelsens provtagning i C-län	3	41	45	33	37	42	27
Skogsvårdsstyrelsens provtagning i C-län	2	177	312	88	84	132	116
Skogsvårdsstyrelsens provtagning i D-län	2	59	130	42	126	189	199
Skogsvårdsstyrelsens provtagning i T-län	2	104	53	67	44	160	122
Länsstyrelsens provtagning i U-län	4[b]	a	54	a	a	a	a
Skogsvårdsstyrelsens provtagning i U-län	2	87	51	30	26	76	77

[a] Uppgift om standardavvikelse ej publicerad varför konfidensintervallet ej kan beräknas.
[b] Fem delprov i varje generalprov

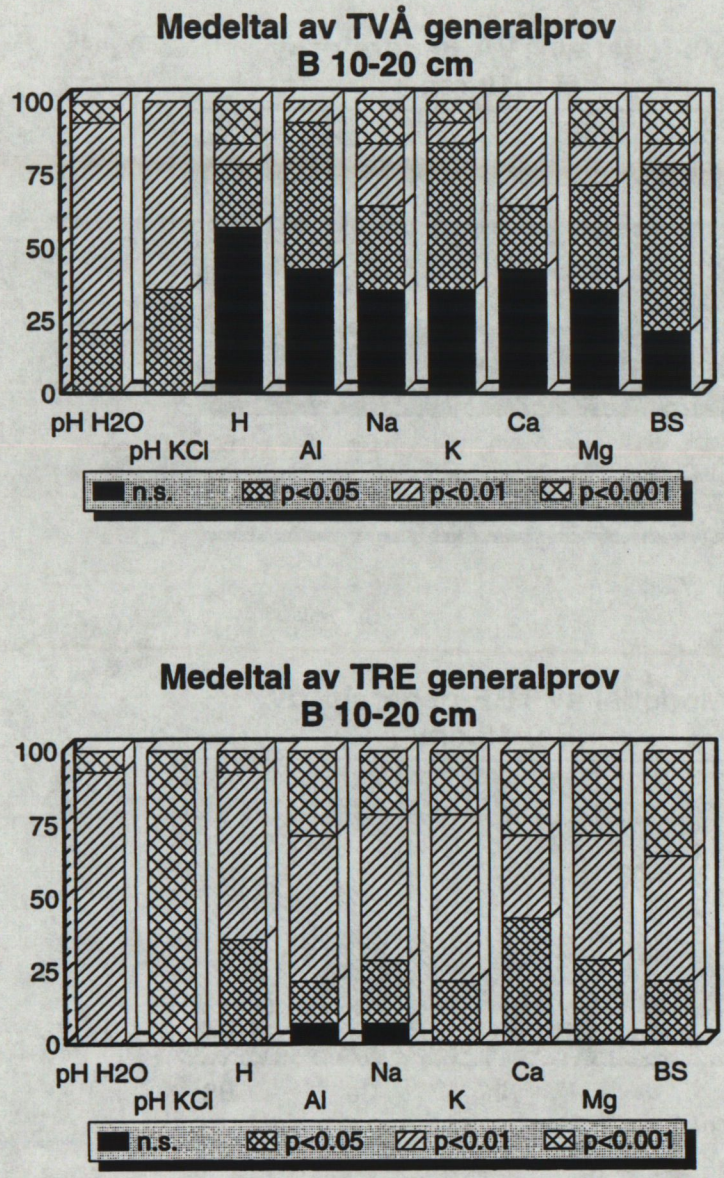


Figur 10. Andelen prov där medeltalen för två respektive tre generalprov är skilda från noll (streckade eller rutmönstrade staplar) resp. ej skilda från noll (svarta staplar) för olika analyser utförda på prov från humusskiktet i Länsstyrelsens markprovtagning i Uppsala län (totalt 14 ytor).





Figur 11. Andelen prov där medeltalen för två respektive tre generalprov är skilda från noll (streckade eller rutmönstrade staplar) resp. ej skilda från noll (svarta staplar) för olika analyser utförda på prov från B-horisonten (0-10 cm) i Länsstyrelsens markprovtagning i Uppsala län (totalt 14 ytor).



Figur 12. Andelen prov där medeltalen för två respektive tre generalprov är skilda från noll (streckade eller rutmönstrade staplar) resp. ej skilda från noll (svarta staplar) för olika analyser utförda på prov från B-horisonten (10-20 cm) i Länsstyrelsens markprovtagning i Uppsala län (totalt 14 ytor).

4.3 Kan "omfattningen av regionala miljöhot bedömas?"

För att kunna bedöma omfattningen av regionala miljöhot krävs ett relativt tätt nät av stickprov (många ytor) inom en region eller att övervakningsytorna placerats strategiskt i förhållande till utsläppskällorna. Eftersom antalet ytor i samtliga län, utom i Stockholms län, varit relativt få och många faktorer styrt ytornas placering, är det knappast troligt att omfattningen av regionala miljöhot kan bedömas med den övervakningsverksamhet som i dag bedrivs inom regionen. I Stockholms län, där man övervakat skogsskador och inventerat det markkemiska tillståndet på ett mycket stort antal ytor, som dessutom lagts ut på olika avstånd från centralorten, bör grundförutsättningarna vara betydligt bättre att lyckas med denna uppgift.

4.4 Ger övervakningen möjlighet till "högre areell upplösning av regionalt intresse"

Syftet med de ytor som Skogsvårdsstyrelsen och Länsstyrelsen lagt ut i respektive län för att övervaka skogsskadesituationen och det markkemiska tillståndet är vanligtvis att få en bild av miljösituationen på länsnivå. För att få en högre areell upplösning, t.ex en bild av miljötillståndet på kommunnivå, krävs fler ytor. När dessa ytor läggs ut måste kommunen betraktas som enhet och ytorna lämpligen placeras i för kommunen representativa skogssystem. Ett annat möjligt tillvägagångssätt är att förtäta ståndortskarteringens objektivt utlagda ytor inom t.ex en kommun.

4.5 Ger övervakningen "underlag till nationell uppföljning av vissa miljöstörningar"

Givetvis kan de övervakningsresultat som erhållits från undersökningar på länsnivå utnyttjas i nationella sammanställningar. Utvärderingen av materialet förutsätter dock god kunskap om hur respektive undersökning utförts vad gäller provtagningsförfarande, använda analysmetoder och dyl.

5. TACK

Föreliggande utvärdering har varit möjlig att genomföra tack vare ett aktivt deltagande från myndigheter och andra som varit involverade i miljöövervakningsverksamheten i de berörda länen. Ett varmt tack riktas därför bl.a till Länsstyrelserna och Skogsvårdsstyrelserna i AB-, C-, D-, T- och U-län, till IVL samt till ansvariga för Riksskogstaxeringen och Ståndortkarteringen vid SLU. Ett stort tack även till Torbjörn Tirén och Lennart Ljungqvist vid Länsstyrelsen i Stockholms län som varit huvudansvariga för projektet och som bidragit med värdefulla synpunkter, uppmuntran och stöd under utvärderingens genomförande. Ett varmt tack även till Anders Grimvall vid SLU som granskat de statistiska delarna av utvärderingen.

6. REFERENSER

Johansson, M-B. och Nilsson, Å. 1996. Regional miljöövervakning av skog, skogsmark och biologisk mångfald i AB-, C-, D-, T- och U-län. En sammanfattning av verksamheten t.o.m. 1994. Underlagsmaterial Nr 18 (U:18), 1997. Länsstyrelsen i Stockholms län.

Nilsson, T. och Olsson, M. 1995. Markförsurning och skogsskador i Stockholms län. Länsstyrelsen i Stockholms län. Rapport 1995:12.

Troedsson, T. och Nilsson, Å. 1984. pH in Swedish forest soils. Swedish Environmental Protection Agency. Report PM 1853.

Länsstyrelsens A- och U-serie:

A= allmänt om Länsstyrelsen U=underlagsmaterial

Tidigare utkomna under 1997

1997

U:01 Våtmarksinventering i Stockholms län, *miljövårdsenheten*
A:02 Direktiv för verksamheten 1997 samt budget, *länsledningen*
A:03 Årsredovisning, 1 juli 1995–31 december 1996, *ekonomienheten*
U:04 Förslag till miljömål för Stockholms län, underlag till miljövårdsprogram –97, *miljövårdsenheten*
U:05 Vattnet mellan kommunerna, *planenheten*
U:06 Ekologiskt särskilt känsliga områden, *planenheten*
A:07 Handlingsplan för arbetsmiljökommittén 1997, *personalenheten*
U:08 Stockholms Stads skärgårdsinnehav, *miljövårdsenheten*
U:09 Kunskapslyftet i Stockholm län, *enheten för regional utveckling*
U:10 Assessment of the effect of acid deposition on forest soils in Stockholm County, *miljövårdsenheten*
A:11 Administratörernas framtida roll på Länsstyrelsen
U:12 Provfiske i Mälaren, *enheten för regional utveckling*
A:13 Kompetensutvecklingsplan 1997/98, *personalenheten*
U:14 Utvärdering av regional miljöövervakning av skog och skogsmark, *miljövårdsenheten*

Ytterligare exemplar av denna rapport kan beställas från Länsstyrelsens miljövårdsenhet, tfn 08-785 51 28
ISBN91-87088-45-2