

# RAPPORT

8 • 2006

## Analys av riskfaktorer efter stormen Gudrun



Erik Valinger, Mikael Ottosson Lövenius, Ulf Johansson,  
Jonas Fridman, Svante Claeson, Åsa Gustafsson

© Skogsstyrelsen juni 2006

**Författare**

*Erik Valinger, Sveriges Lantbruksuniversitet  
Mikael Ottosson Lövenius, Sveriges Lantbruksuniversitet  
Ulf Johansson, Sveriges Lantbruksuniversitet  
Jonas Fridman, Sveriges Lantbruksuniversitet  
Svante Claeson, Skogsstyrelsen  
Åsa Gustafsson, Skogsstyrelsen*

**Fotograf**

© Erik Valinger

**Papper**

*brilliant copy*

**Tryck**

JV, Jönköping

**Upplaga**

135 ex

ISSN 1100-0295

BEST NR 1758

Skogsstyrelsens förlag  
551 83 Jönköping

# Innehåll

|                                                                                                                                          |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Innehåll</b>                                                                                                                          | <b>2</b>  |
| <b>Förord</b>                                                                                                                            | <b>1</b>  |
| <b>Sammanfattning</b>                                                                                                                    | <b>2</b>  |
| <b>1 Introduktion</b>                                                                                                                    | <b>4</b>  |
| Syfte                                                                                                                                    | 4         |
| Frågeställningar                                                                                                                         | 4         |
| Projektgrupp                                                                                                                             | 5         |
| <b>2 Material</b>                                                                                                                        | <b>6</b>  |
| Riksskogstaxeringen                                                                                                                      | 6         |
| SLU:s långsiktiga försöksytor                                                                                                            | 7         |
| Skogsforsks proveniens-, avkomme- och klonförsök                                                                                         | 8         |
| SKS:s förändringsanalyser                                                                                                                | 8         |
| SKS:s obsytor                                                                                                                            | 8         |
| <b>3 Metoder</b>                                                                                                                         | <b>10</b> |
| Riksskogstaxeringen                                                                                                                      | 10        |
| SLU:s långsiktiga försöksytor                                                                                                            | 11        |
| SKS:s förändringsanalyser                                                                                                                | 12        |
| <b>4 Resultat</b>                                                                                                                        | <b>14</b> |
| Stormen                                                                                                                                  | 14        |
| Stormskadad skog                                                                                                                         | 17        |
| SKS:s uppskattning våren 2005                                                                                                            | 17        |
| Uppskattning med hjälp av Riksskogstaxeringens ytor                                                                                      | 18        |
| Uppskattning med hjälp av förändringsanalys                                                                                              | 23        |
| Skogstillståndet                                                                                                                         | 27        |
| Hur har virkesförrådet förändrats historiskt?                                                                                            | 27        |
| Hur har trädåldrarna förändrats historiskt?                                                                                              | 29        |
| Hur har trädslagen förändrats historiskt?                                                                                                | 31        |
| Hur har det sett ut vid tidigare stormfällningar?                                                                                        | 32        |
| Träd- och beståndskaraktärer                                                                                                             | 32        |
| Vad utmärker träd som skadats (t.ex. trädslag, proveniens, höjd, ålder)?                                                                 | 32        |
| Vad utmärker kvarstående träd?                                                                                                           | 37        |
| Vad utmärker skadade bestånd (t.ex. volym, blandskog, olikåldriga/likåldriga bestånd, bryn)?                                             | 37        |
| Tidigare skötsel                                                                                                                         | 39        |
| Hur påverkas skaderisken av olika röjnings- och gallringsprogram?                                                                        | 39        |
| Har dikessystems status i ett område påverkat skaderisken?                                                                               | 41        |
| Ståndort och yttre faktorer                                                                                                              | 42        |
| Hur påverkar olika ståndortsförhållanden risken för stormskador (t.ex. bonitet, markfuktighet, jordart, jordmån och lutning/exponering)? | 42        |

|                                                                                                                                  |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Väder                                                                                                                            | 43        |
| Analys av meteorologiska data i förhållande till faktiska skador                                                                 | 43        |
| Allvarliga stormar i Sverige                                                                                                     | 46        |
| Hur har träden fällts?                                                                                                           | 50        |
| Andra förhållanden                                                                                                               | 51        |
| Kommer viltstammarnas numerär att förhindra ett ståndortsanpassat<br>trädslagsval och trädbildning av betesprefererade trädslag? | 51        |
| <b>5 Slutord</b>                                                                                                                 | <b>54</b> |
| <b>6 Referenser</b>                                                                                                              | <b>55</b> |
| Internetadresser                                                                                                                 | 58        |
| Muntliga referenser                                                                                                              | 58        |

# Förord

Skogsstyrelsen har fått i uppdrag av regeringen att analysera konsekvenser för skogsbruket av den svåra storm som drabbade södra Sverige i januari 2005. Arbetet skall redovisas senast den 27 april 2006. Skogsstyrelsen skall i samverkan med Naturvårdsverket och andra berörda myndigheter utvärdera de ekologiska, ekonomiska och sociala konsekvenserna av stormen för skogsbruket. Analysen skall utgöra ett underlag för framtida rådgivning och insatser för återbeskogning. Det är också angeläget att dra lärdomar från arbetet efter stormen för att stå väl rustad vid liknande situationer i framtiden.

Uppdraget genomförs i form av projekt Stormanalys som innehåller fem delprojekt:

- Analys av riskfaktorer
- Skötsel av stormskadad skog
- Miljökonsekvenser
- Ekonomiska och sociala konsekvenser
- Framtida skogsbruk med riskhantering

Ett avtal har träffats mellan Skogsstyrelsen och SLU om ett nära samarbete med att ta fram resultat inom olika sakområden i delprojekten. Samarbete eftersträvas även med andra universitet och organisationer som kan bidra till ökad kunskap om stormens konsekvenser. Dessa underlag i sak utgör grund för kommande diskussion och utvärdering.

Denna rapport behandlar delprojekt A, analys av riskfaktorer. I rapporten beskrivs, baserat på analyser av material från det stormskadade området i Götaland, hur olika riskfaktorer påverkat vindskadornas omfattning och utseende. De material som utnyttjades var data och flygbilder från Riksskogstaxeringens provytor från 2003 och 2004, SLU:s långsiktiga försök, Skogsstyrelsens obs-ytor, Skogsforsks proveniens-, avkomme- och klonförsök, SKS:s förändringsanalyser, Svenska Jägarförbundets avskjutningsstatistik, samt klimatdata från bl.a. SMHI. I analysen har också en sammanställning av tidigare internationella och svenska erfarenheter från allvarliga vindfällningar gjorts.

Rapporten ingår i Skogsstyrelsens rapportserie där författarna står för innehållet. Detta innebär att rapporten inte i alla dess delar nödvändigtvis beskriver Skogsstyrelsens officiella syn. Inom projektet Stormanalys kommer Skogsstyrelsens officiella slutsatser och ställningstaganden att avrapporteras i projektets huvudrapport (Meddelande 2006: 1), till vilken föreliggande rapport är ett viktigt underlag.

Jönköping i juni 2006

|                |                |
|----------------|----------------|
| Håkan Wirtén   | Magnus Fridh   |
| Överdirektör   | Projektledare  |
| Skogsstyrelsen | Skogsstyrelsen |

# Sammanfattning

Denna undersökning har genomförts inom projekt Stormanalys, där en analys har gjorts av riskfaktorer med syfte att identifiera och om möjligt kvantifiera vindskadornas omfattning i samband med stormen Gudrun beroende av (1) skogstillståndet, (2) träd- och beståndskaraktärer, (3) tidigare skötsel, (4) ståndort och yttre faktorer, (5) väder samt (6) andra förhållanden i det aktuella området.

Vid analysen har data från Riksskogstaxeringens fasta och tillfälliga ytor från 2003 och 2004 använts. Efter flygbildsfotografering av delar av Götaland har bildtolkning av de enskilda provytorna gjorts med avseende på stormskada och slutenhetsgrad. Vidare har skadade långtidsförsök vid SLU av olika ursprung utnyttjats för en detaljanalys av inverkan av olika ståndorts-, bestånds- och trädvariabler på skadornas omfattning. För analysen har även data från Skogsstyrelsen, Skogforsk, Svenska Jägarförbundet, SMHI och befintlig svensk och internationell litteratur utnyttjats. För att utreda de samband som funnits mellan uppmätta variabler och förekomst av vindskada har materialen bearbetats med hjälp av linjära och logistiska statistiska metoder.

Analysen som omfattande 4,9 milj. ha skogsmark i Götaland visade att 272 000 ha (5,6 %) skadats, med en skadad volym på 66 milj. m<sup>3</sup>sk. Det är 3,7 milj. m<sup>3</sup>sk lägre än SKS:s tidiga inventering över samma område. Av den skadade volymen hade ca 80 % av skadorna drabbat gran, som hade en andel av 49 % av totala virkesförrådet i hela Götaland. Återbeskogningsplikt enligt 5 § i skogsvårdslagen förelåg på ca 64 % av den skadade arealen.

Sammanfattningsvis visade analysen att sannolikheten för vindskada ökade med

- byvindhastigheten.
- kontinuerligt växande virkesförråd, både totalt och per ha
- ökad andel gran
- trädens höjd, ålder och diameter (samvarierande faktorer)
- beståndets grundyta, volym och ståndortsindex (samvarierande faktorer)

Slutavverkningsskog drabbades i högre grad än gallringsskog. Sannolikheten för skada i gallringsskog ökade i bestånd som gallrats under de senaste fem åren. Risken ökade också ju äldre beståndet var vid gallringstillfället.

Enskiktade ytor hade högre sannolikhet att skadas än skiktade ytor.

De flesta vindfällda stammarna låg i riktning mot nordost och var rotvälta.

För att kunna trygga föryngringarna efter stormen är det viktigt att snabbt få en god kännedom om älgpolutionens utveckling samt betetrycket på plantskogen via inventeringar.

Från delprojekt A togs underlag till scenarioberäkningarna inom delprojekt D (Rapport nr 12, 2006 Skogsstyrelsen) fram. Fem variabler från Riksskogstaxeringsytorna uttogs med hjälp av multivariat statistik för utgångslägesberäkningarna. De var: andelen gran, grundytan för gran, medelhöjd, total medeldiameter och

om ytan varit avverkad (gallrad) inom den senaste femårsperioden. För att beskriva sannolikheten för skada på enskild yta togs en logistisk funktion fram för att beskriva risken för skada (1, 0) utifrån andelen gran, medelhöjd och andelen löv på ytan. Den framtagna modellen användes för att prioritera avverkningar i scenario C inom delprojekt D.

Analyserna som gjorts inom detta delprojekt måste betraktas som preliminära, och i flera avseenden kommer det att krävas fördjupade studier av de insamlade materialen. De analyser som utförts bekräftar i de flesta fall riskfaktorer som tidigare påvisats internationellt och i Sverige.

# 1 Introduktion

Stormar, och därpå följande vindskador, inträffar återkommande och verkan av dem varierar beroende på de förhållanden som råder vid det specifika tillfället. Det kan t.ex. röra sig om vid vilken tidpunkt på året stormen inträffar, vilka markförhållanden som råder och om lövträden är avlövnade eller inte. Vid stormen i januari 2005 förelåg således specifika förutsättningar till varför verkan av den blev den som kunde ses och upplevas av var och en, antingen på plats eller förmedlat via media. I media förklarades orsakssambanden tidigt av både forskare och lekmän. Vilka som hade mest rätt var inte lätt att reda ut. Forskarna stödde sig på tidigare beskrivna orsakssamband och lekmännen på vad de såg och upplevde på plats. Vid studier av stormfällningar, där underlaget oftast är begränsat, är det svårt att separera inverkan av olika riskfaktorer som t.ex. ståndortsförhållanden, trädhöjd, skogsskötselåtgärder. Dessutom samvarierar faktorerna med varandra, t.ex. jordart med exposition och trädslag, vilket försvårar analysen av de bakomliggande orsakerna till vindfällning. Den senaste stormens omfattning gör att vi nu har ett stort material med stormskadad skog enbart i Götaland. Det ger oss unika möjligheter att närmare utreda och bringa klarhet kring en mängd riskfaktorer för vindfällning. Med en ökad förståelse kring det specifika skadetillfället kan förbättrade möjligheter ges att kunna möta framtida stormar.

## Syfte

Syftet med delprojekt A var att identifiera och om möjligt kvantifiera vindskadornas omfattning beroende av:

1. Skogstillståndet
2. Träd- och beståndskaraktärer
3. Tidigare skötsel
4. Ståndort och yttre faktorer
5. Väder
6. Andra förhållanden

## Frågeställningar

Inom respektive avsnitt var uppgiften inom delprojektet att besvara ett antal frågor.

Inom avsnitt (1) ”Skogstillståndet” skulle följande frågor besvaras:

- Hur har skogstillståndet förändrats historiskt inom berört område (t.ex. virkesförråd, trädåldrar, trädslag)?
- Hur har det sett ut vid tidigare stormfällningar?

Inom avsnitt (2) ”Träd- och beståndskaraktärer” var frågeställningarna:

- Vad utmärker träd som skadats (t.ex. trädslag, proveniens, höjd, ålder)?
- Vad utmärker kvarstående träd?
- Vad utmärker skadade bestånd (t.ex. volym, blandskog, olikåldriga/likåldriga bestånd, bryn, rotröta)?



Inom avsnitt (3) "Tidigare skötsel" var frågeställningarna:

- Hur påverkas skaderisken av olika röjnings- och gallringsprogram?
- Hur kan röjning och gallring utföras för att minska skaderisken?
- Har tidigare avverkningar, vägsträckningar och skötsel av skog vid skogsbryn påverkat risken för stormskador?
- Hur påverkar gödsling skaderisken?
- Påverkar föryngringsmetod skaderisken för tidiga skador (t.ex. naturlig föryngring respektive plantering med olika planttyper)?
- Har dikessystems status i ett område påverkat skaderisken?

Inom avsnitt (4) "Ståndort och yttre faktorer" var frågeställningen:

- Hur påverkar olika ståndortsförhållanden risken för stormskador (t.ex. bonitet, markfuktighet, jordart, jordmån, och lutning/exponering)?

Inom avsnitt (5) "Väder" var uppgiften att:

- Analysera meteorologiska data i förhållande till faktiska skador.
- Utredda hur träden fällts (t.ex. fällningsriktning, brott eller omkullvält).

Inom avsnitt (6) "Andra förhållanden" var frågeställningen:

- Har viltstammarnas numerär förhindrat eller kan komma att förhindra ett ståndortsanpassat trädslagsval (så att t.ex. gran ibland planteras på marker lämpliga för bland- och tallskogar) och trädbildning av betesprefererade trädslag?

## **Projektgrupp**

Arbetet inom delprojekt A har genomförts av en projektgrupp bestående av Erik Valinger (delprojektledare, SLU), Tomas Thuresson, Svante Claesson, Anders Persson och Åsa Gustafsson vid SKS, samt Anders Lundström, Jonas Fridman, Ulf Johansson, Mikael Ottosson Lövenius, Göran Kempe och Nicole Suty vid SLU. Förutom dessa personer har klimatforskare vid Lunds Universitet bidragit med kopplingen av skadorna till klimatet och vädret och Bo Karlsson vid Skogforsk med fältdata från deras proveniens-, avkomme- och klonförsök.

## 2 Material

Här beskrivs vilka material som använts i arbetet att identifiera och kvantifiera vindskadornas omfattning.

### **Riksskogstaxeringen**

I arbetet inom Delprojekt A har data från Riksskogstaxeringen använts (Skogsdata 2005). Riksskogstaxeringen är en årlig stickprovsinventering som utförs av landets skogar av Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik vid SLU i Umeå. Inventeringen omfattar alla markslag, men är mest detaljerad på skogsmark. Riksskogstaxeringen och Markinventeringen samlas fr.o.m. 2003 under paraplybegreppet Riksinventering av skog (RIS).

Riksskogstaxeringen främsta syfte sedan starten 1923 är att beskriva tillstånd och förändringar i landets skogar. Inventeringen innefattar bl.a. ståndortsinventering (översiktlig beskrivning av växtplatsens egenskaper), arealinventering (registrering av variabler som beskriver det växande beståndet samt utförda och föreslagna åtgärder), förrådsinventering (skattning av virkesförråd, trädslagssammansättning, åldersfördelning och tillväxt) och stubbinventering (inklavning av stubbar för uppskattning av den årliga avverkningen).

År 1983 infördes permanenta ytor i Riksskogstaxeringen som komplement till de tillfälliga ytorna. Kombinationen av dessa ytor ger ökad precision i skattningarna av tillstånd och förändringar. Radien är 10 m för de permanenta ytorna och 7 m för de tillfälliga. De permanenta ytorna återinventeras i dagsläget vart 5:e till vart 10:e år. Två tredjedelar av de totalt 11 000 ytor som inventeras årligen på land är permanenta och resten tillfälliga. Drygt hälften av dessa ytor hamnar på skogsmark. Den sammanlagda provytearealen per år är ca 150 ha, vilket betyder att 0,006 % av skogsmarksarealen inventeras årligen. Förhållandet leder till en gles inventering som endast kan presenteras med acceptabel säkerhetsnivå på läns-, landsdel- och riksnivå.

I arbetet inom Delprojekt A har de fasta och de tillfälliga ytorna som inventerades 2003 och 2004 använts. Efter flygbildsfotografering av 514 trakter (tabell 1) i Götaland gjordes bildtolkning av de enskilda provytorna inom trakterna (1721 provytor) med avseende på stormskada och slutenhetsgrad. För att konstatera om ytor som skadats avverkats innan stormen gjordes jämförelse med Skogsvårdsstyrelsens förändringsanalyser för E, F, G, H län och södra delen av O län, samt inlämnade avverkningsanmälningar från hösten 2004.

**Tabell 1. De inventerade trakternas fördelning i Götaland**

| Län/Länsdel                       | Antal trakter |           |        |
|-----------------------------------|---------------|-----------|--------|
|                                   | Tillfälliga   | Permanent | Totalt |
| Södermanlands län, D              | 0             | 0         | 0      |
| Östergötlands län, E              | 21            | 36        | 57     |
| fd Skaraborgs län, R              | 12            | 12        | 24     |
| fd Älvsborgs län, Västgötadeln, P | 28            | 35        | 63     |
| Jönköpings län, F                 | 36            | 44        | 80     |
| Kronobergs län, G                 | 29            | 37        | 66     |
| Kalmar län, H                     | 25            | 31        | 56     |
| Hallands län, N                   | 25            | 46        | 71     |
| Blekinge län, K                   | 13            | 24        | 37     |
| fd Kristianstads län, L           | 16            | 41        | 60     |
| fd Malmöhus län, M                | 0             | 0         | 0      |
| Summa                             | 205           | 309       | 514    |

En analys av byvindarnas effekt på skadeförekomst gjordes med hjälp av SMHI-data på byighet (figur 4) över det stormdrabbade området i Götaland.

### **SLU:s långsiktiga försöksytor**

För detaljanalys av inverkan av olika ståndorts-, bestånds- och trädvariabler på skadornas omfattning utnyttjades 144 skadade långtidsförsök av olika ursprung vid SLU. Termen långtidsförsök betecknar olika typer av skogliga fältförsök och experiment med en observationstid på minst 10 år. En närmare presentation av SLU:s skogliga långtidsförsök finns i den gemensamma nordiska och baltiska försöksdatabasen Noltfox ([www.noltfox.fi](http://www.noltfox.fi)).

Antalet parceller per försök (lokal) varierade mellan 1 och 50. Totalt omfattade försöken tillsammans 806 parceller. Försöken är belägna inom SLU:s försökspar-ker ([www.esf.slu.se](http://www.esf.slu.se)) i Tönnersjöheden (Halland, latitud 56° 42'N, longitud 13° 06'E, altitud 60-140 m ö h) och Asa (Småland, latitud 57° 10'N, longitud 14° 47'E, altitud 165-250 m ö h) samt på andra försökslokaler inom det stormdrabbade området i Götaland. De försöksytor som ingick i materialet drabbades av stormskador i någon omfattning vid stormen i januari 2005. Det innebär således att materialet inte utgjorde något objektivet stickprov på skog i det stormdrabbade området utan istället kan anses representera förhållandena i stormskadad skog.

De i materialet ingående försöken var inte primärt anlagda för att studera stormskador på skog. De anlades istället med andra mål och syften. Men, då de representerar väl definierade ståndortsförhållanden och behandlingsprogram har de här ansetts lämpliga för uppföljning och analys av stormskador på skog. Vissa av de i materialet ingående försöken har tidigare utnyttjats i andra studier av stormskador på skog (Persson 1972, 1974, 1975; Valinger et al. 1994, Valinger & Pettersson 1996).

Initialt användes samtliga ingående försök för analysen, varefter försöken indelades efter olika försökstyper:

1. gallrings och gödslingsförsök (Eriksson & Karlsson 1997), de s.k. GG-försöken (167 parceller)
2. förbandsförsök (Pettersson 1992), (98 parceller)
3. röjnings- och gallringsförsök (t.ex. Carbonnier 1954, Pettersson 1992), förutom GG-försöken (244 parceller)
4. trädslagsförsök (Vollbrecht et al. 1995, Larsson-Stern et al. 1996) (91 parceller)
5. gödslings- och kalkningsförsök (Staaf et al. eds. 1996, Persson & Nilsson 2001), förutom GG-försöken (125 parceller)
6. övriga försök (81 parceller)

Försöken anlades under en lång tidsperiod (från 1911 och framåt) och observationsperiodens längd varierade därför från 10 till 95 år. Det innebär att vissa av försöken varit exponerade för stormar vid tidigare tillfällen under försöksperioden, bl.a. vid stormarna i september 1969. Försöksdesignen varierade från enskilda ytor till randomiserade blockförsök. Flertalet parceller var av kvadratisk eller rektangulär form men det förekom även cirkelprovytor. Parcellstorleken varierade mellan 0,03 och 0,25 ha. Gemensamt för alla försök var att parcellerna omgavs av skyddskappor med samma bestånd och behandling som själva provytan. Flertalet parceller var placerade inne i bestånd och omgavs därmed av skog, ofta av samma typ som inne på försöket. Parcellernas avstånd till beståndskant eller bryn mot annat ägoslag varierade. Detsamma gällde deras placering i terrängen och därigenom även deras exponering för vind (läge och riktning).

### **Skogsforsks proveniens-, avkomme- och klonförsök**

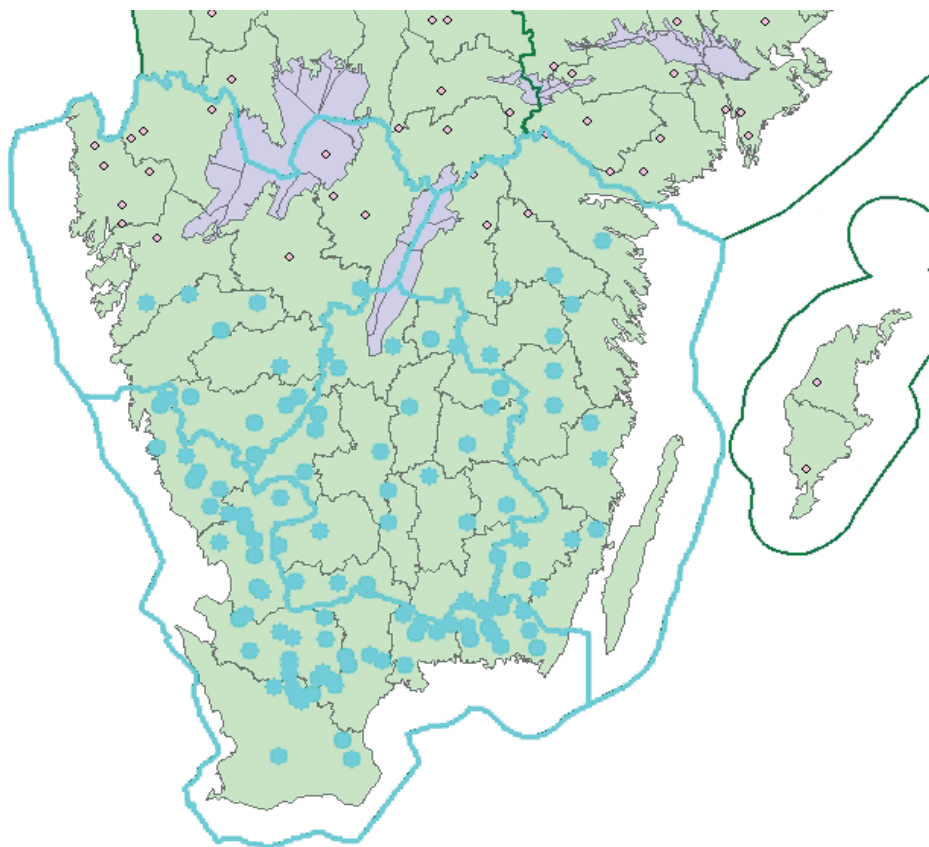
Skogsforsks proveniens-, avkomme- och klonförsök utnyttjades också i samband med utvärderingen av vindskadorna. Materialet bestod av 572 fältförsök med olika trädslag äldre än tio år, varav flertalet låg inom det vindskadedrabbade området (Formas projekt nummer 239-2005-382).

### **SKS:s förändringsanalyser**

För SKS:s förändringsanalyser har datakällorna skogsmasken, dataprogrammet Enforma och kNN använts. Skogsmasken är ett rasterskikt som motsvarar skogsmark enligt Blå kartans skogsmarksgränser. Enforma bygger på en förändringsanalys mellan två år av satellitbilder. Stor differens betyder ofta att skogen blivit avverkad eller stormfälld. I Enforma tilldelas varje 10×10m pixel ett värde mellan 0 och 255. I denna studie har pixelvärden >254 använts eftersom dessa oftast indikerar att i stort sett alla träd i pixeln har blåst ner. kNN innehåller uppgifter om ålder, trädslag, virkesförråd m.m. och baseras på satellitbilder som kalibrerats mot fältdata från Riksskogstaxeringen.

### **SKS:s obsytor**

I analysen av hur träden fällts har SVO:s s.k. obsytor utnyttjats (Hildingsson 2005). Ytorna, som är väl fördelade över Götaland har undersökts under sommaren 2005 med avseende på stormen (figur 1). Materialet omfattade totalt 86 ytor. Endast ytor med huvudträdslagen gran och tall undersöktes.



*Figur 1. Obsyrtornas position i Götaland (Hildingsson 2005).*

## 3 Metoder

### Riksskogstaxeringen

I arbetet inom Delprojekt A användes de fasta och de tillfälliga ytor från 2003 och 2004 inom Riksskogstaxeringen. Efter flygbildsfotografering av 514 trakter i Götaland bildtolkades de enskilda provytor inom trakterna (1721) med avseende på stormskada och slutenhetsgrad.

Provytorerna som flygbildstolkades var ett sub-sampel av Riksskogstaxeringsytorna på skogsmark som inventerades 2003 och 2004. Att inte alla ytor tolkades berodde på att:

- a) Ytor inte uppfyllde de ursprungliga kriterierna för tolkning (gallringsskog och äldre skog)
- b) Ytor saknade GPS-data
- c) Ytor var delade
- d) Ytor valdes bort vid sub-sampling av SKS.

I den preliminära analysen klassades flygbildstolkade ytor först som skadade/oskadade (1, 0) varefter de fördelades på tre klasser enligt den relativa skillnaden i slutenhet mellan flygbild och fältmätning/bedömning:

Oskadad: SKADA=0 enligt flygbildstolkning

Skadat:  $\frac{((\text{slutenhet i fält} - \text{slutenhet i flygbild})/\text{slutenhet i fält}) > 0}$

Mycket skadat  $\frac{((\text{slutenhet i fält} - \text{slutenhet i flygbild})/\text{slutenhet i fält}) \geq 0.65}$ .

I den vidare utvecklingen av areal- och volym-skattningar nyttjades den relativa skillnaden i slutenhet enligt fältinventering och flygbildstolkning för att klassa den oskadade volymen på en provyta som klassats som skadad/mycket skadad. Arbetet utfördes i följande steg:

1. Flygbildstolkning av tax-ytor
2. Den inklavade volymen på en skadad provyta (där flygbildstolkningen indikerat skada: SKADA=1) fördelades på skadad/oskadad volym genom att ansätta förhållandet mellan slutenhet före Gudrun (bedömd i fält) och slutenhet efter Gudrun (bedömd i flygbild). Om efter=före  $\Rightarrow$  all volym oskadad, om efter/före=0.5  $\Rightarrow$  50 % skadat, 50 % oskadat osv.
3. Skattning av volymen på de flygbildstolkade ytorna fördelades på trädslag/skadeklass
4. Skattning av volym för samtliga Riksskogstaxeringsytor (2003, 2004) i län med flygbildstolkade ytor (exkl. Södermanland och Skåne) på trädslag
5. Kalibrering av volym för flygbildstolkade ytor (3) genom att nyttja relationen oskadad/skadad och fördela enligt total för samtliga Riksskogstaxeringsytor (4).

I analysen togs ingen hänsyn till tillväxten mellan fältinventering och Gudrun, inte heller till eventuell naturlig avgång under samma period. Analysmetoden medförde att den oskadade volymen ökade och den skadade/mycket skadade volymen minskade. I metoden togs hänsyn till att de flygbildstolkade ytor var ett sub-

sampel av alla Riksskogstaxeringsytor. Skattningar för län/länsdelar/huggningsklass/skadegrad/trädslag gjordes således genom att nyttja fördelningen mellan oskadade/skadade/mycket skadade ytor och fördela dessa andelar med hjälp av totalskattningar där samtliga ytor ingår.

Vid analysen av byighetens inverkan på förekomst av skada har den digitala bilden av figur 4 länkats med de utnyttjade Riksskogstaxeringsytornas position med hjälp av programmet ESRI ArcGIS 9.1, varefter de enskilda ytorna tilldelades en byvindvindhastighet.

För att kunna ge svar på frågorna inom Delprojekt A har därefter en koppling av identifierade skador på ytorna efter stormen Gudrun och tidigare insamlade variabler samt vindhastigheten i byarna analyserats statistiskt med hjälp av statistikpaketet SAS (SAS Institute Inc. 1987). Analysen avsåg att belysa hur skada/inte skada (1, 0) berodde av de olika ståndorts-, bestånds- och trädvariabler som uppmätts och beräknats av Riksskogstaxeringen. Analysen utfördes med hjälp av logistisk regression (Proc Logistic, SAS Institute Inc. 1987).

Vid denna analys är sannolikheten ( $p$ ) för att en yta skall vara skadad av vind en funktion av de variabler ( $x$ ) som uppmätts i fält. Sannolikheten kan beräknas enligt:

$$\text{logit } p = \ln p / 1 - p = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 \dots$$

Utifrån detta förhållande beräknades sannolikheten för vindskada som:

$$p = \exp(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 \dots) / 1 + \exp(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 \dots)$$

Vid de preliminära analyserna har i de flesta fall endast en variabel åt gången testats. En signifikansnivå på  $\alpha = 0,05$  användes för alla tester.

## SLU:s långsiktiga försöksytor

Ordinarie mätningar och observationer på de fasta långtidsförsöken följde standardiserade rutiner för skogliga produktionsförsök (Karlsson 1998). Dessa rutiner har i sina huvuddrag varit oförändrade sedan en lång tid tillbaka. I korthet innebär rutinerna att allmänna uppgifter, historik och ståndortsdata registreras i samband med anläggningen av försöksytor. Vid anläggning och därefter återkommande revisioner utförs behandling enligt försöksplaner, stamräkning (registrering av trädslag, trädklass, brösthöjdsdiameter, behandling, skador, m.m.) av samtliga träd på provytorna och provträdsobservationer (trädhöjd, krongränshöjd, barktjocklek, m.m.) på ett urval av de stamräknade träden. Efter avslutad revision beräknas volym för varje ingående trädslag (diameterklassvis och på beståndsnivå) med hjälp av volymfunktioner för enskilda träd (t.ex. Brandel 1990). Periodiska tillväxtuppgifter för diameter, grundyta och volym beräknas fortlöpande som skillnad mellan aktuellt och föregående revisionstillfälle.

Efter stormen i januari 2005 gjordes i samband med fältbesök en extra stormrevision på samtliga försöksytor som ingick i undersökningsmaterialet. Vid denna stormrevision registrerades aktuell brösthöjdsdiameter och behandlingskod för samtliga stormskadade träd. Vidare registrerades vilken typ av stormskada som

drabbat träden (stambrott, snö-/vindböjd, rotvälta, lutande, påfälld) och trädens huvudsakliga fallriktning (=väderstreck). På parceller där en ordinarie revision utförts under den senaste 2-årsperioden (2003-2004) mättes inte brösthöjdsdiameter. Några provträdsobservationer gjordes inte vid de extra stormrevisionerna. På vissa totalt stormfällda parceller var framkomligheten så starkt begränsad att en stormrevision inte var möjlig att genomföra. I dessa förekommande fall utnyttjades istället data från senaste ordinarie revisionstillfälle.

Vid primärbearbetningen av data från de extra stormrevisionerna beräknades för varje parcell hur stor andel av stamantal och grundyta som skadats vid stormfällningen. Aktuella data om beståndet före stormtillfället härleddes med hjälp av tidigare insamlade tillväxtuppgifter från senaste ordinarie revisionstillfälle. Underlaget för övriga i undersökningen använda variabler (ståndortsvariabler, beståndsvariabler, behandlingsvariabler) hämtades från data som registrerats vid de ordinarie revisionerna.

Analysen avsåg att belysa hur andel skadad grundyta/ha berodde av de olika ståndorts-, bestånds- och trädvariabler som uppmätts och beräknats av personal vid SLU. Analysen utfördes med hjälp av linjär regression (Proc GLM, SAS Institute Inc. 1987).

Vid analysen av samtliga inventerade långsiktiga försöksytor har skadad grundyta/ha (y) modellerats som en linjär funktion av de variabler (x) som uppmättes i fält enligt:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 \dots$$

Vid de preliminära analyserna har i de flesta fall endast en variabel åt gången testats.

När de olika försökstyperna analyserades var för sig gjordes detta enligt:

$$y_{ij} = \mu + T_i + B_j + e_{ij}$$

där  $y_{ij}$  är andel skadad grundyta/ha,  $\mu$  är den sammanlagda medeleffekten,  $T$  är effekten av behandling,  $B$  är effekten av block och  $e_{ij}$  är felet i skattningen. En signifikansnivå på  $\alpha=0,05$  användes för alla tester.

## SKS:s förändringsanalyser

Vid analysen av andel areal stormfälld skog definierades stormfälld skogsmarksareal som en yta på minst 10×10m där i stort sett all skog var stormfälld. Den stormfällda skogsmarksarealen baserades på en differensanalys (Enforma) och finns närmare beskriven i Daniel Thorells stencil "Kartering av stormfälld skog som behöver återbeskogas" (opublicerad). I beräkningarna togs ingen hänsyn till avverkningsanmälningar eller moln. Även små arealer (<0,08 ha) räknades med, vilket inte gjordes i Thorells rapport. Den totala arealen skog baserades på de uppgifter som fanns i skogsmasken. Beräkningarna utfördes i ArcView 9 och Access 97.

För att analysera volymens fördelning på olika trädslag användes kNN. Beräkningar gjordes för trädslagen gran, tall och övrigt. Volymen skog på stormfälld



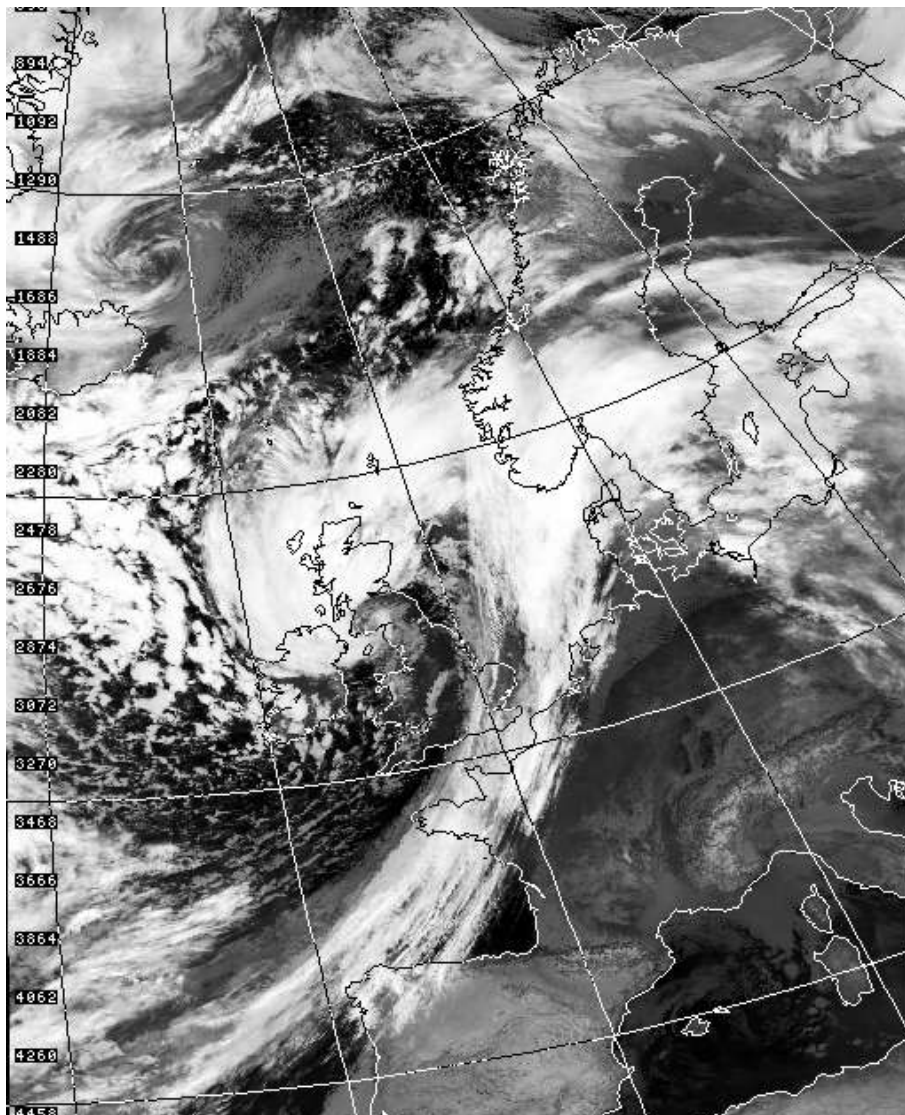
skogsmarksareal räknades ut genom att uppgifter från Enforma jämfördes med uppgifter i kNN. Totalvolymerna räknades sedan om till andelar. Även här gjordes beräkningarna i ArcView 9 och Access 97.

Metodiken vid analysen av åldersfördelningen var i stort densamma som för trädslagsfördelningen. Materialet delades in i ålderklasserna 0-2, 3-10, 11-20, 21-30, 31-40, 41-50, 51-60, 61-70, 71-80, 81-90, 91-100, 101-120, 121-140, 140-160, 161- år.

## 4 Resultat

### Stormen

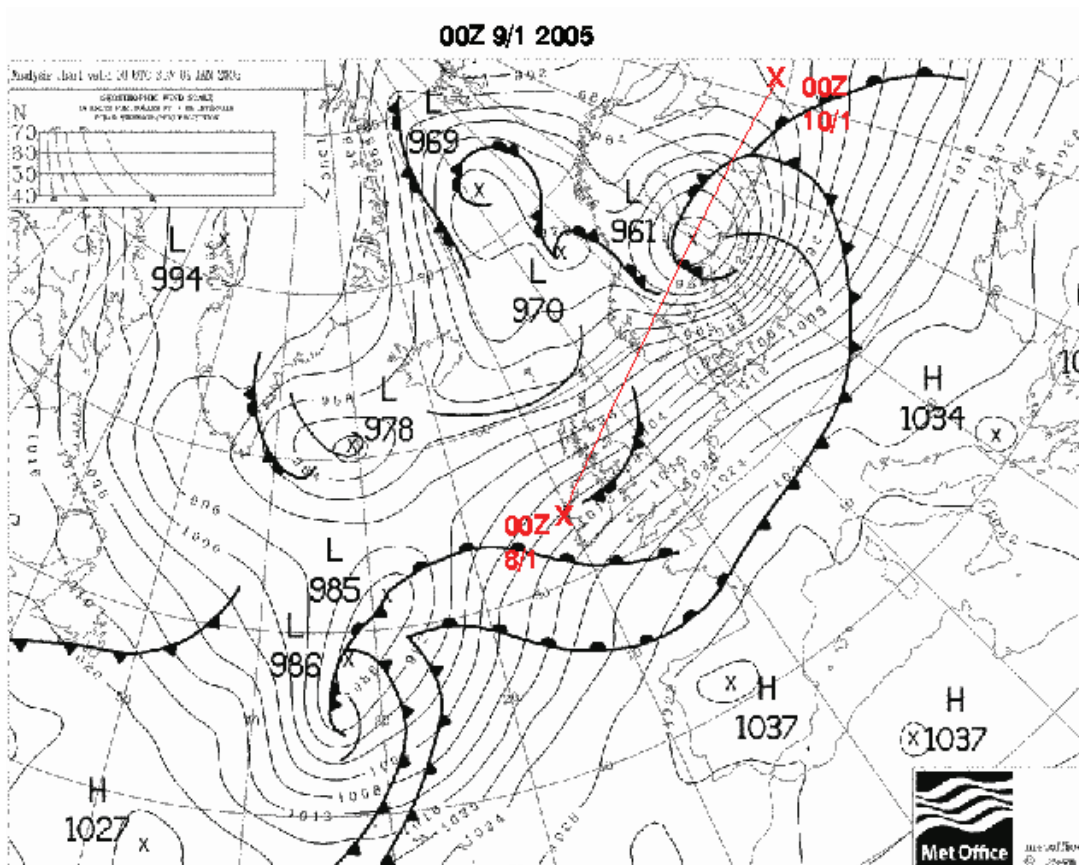
Av SMHI:s rapporter (SMHI 2005 a, b) framgår att på fredagskvällen den 7 januari hade ett lågtryck nybildats nordväst om Irland. På lördag middag nådde lågtryckets centrum sydvästra Norge och det blåste upp till svår storm vid svenska västkusten. Kulmen nåddes under natten till söndagen med storm<sup>1</sup> i södra och mellersta Götaland (figur 2).



Figur 2. Bild av "Gudrun" från vädersatelliten NOAA, kl. 06.36 den 8 januari 2005 (kanal 4). Satellitbilden har hämtats från centret i Dundee.

När vindstyrkan överstiger 24,5 m/s är det storm och över 32,7 m/s klassas den som orkan. Det var storm i medelvind och orkan i vindbyar varför man kan beteckna ovädret såväl som storm som orkan. Norska meteorologerna har, till skillnad ifrån svenska kollegor, ett system att sätta namn på kraftiga oväder och har gett detta oväder namnet Gudrun, som blivit allmänt känt även i Sverige. I denna rapport används omväxlande beteckningarna stormen 2005 och "Gudrun".

Lågtrycket gick i en nordvästlig riktning från nordvästra Irland (00Z 8/1) över Bottenhavet (00Z 9/1) och sedan österut in i Ryssland (figur 3 och figur 4). Utmärkande för lågtrycket när det passerade Sverige var den kraftiga tryckgradienten i dess södra del, som orsakade att de höga vindhastigheterna över Götaland hade en dominerande riktning från väst mot öst. Lågtrycket var betydligt flackare nära centrum och norr därom, varför vindhastigheten där var betydligt lägre. Likaså var den efterföljande nordvästliga vinden svagare efter att lågtrycket passerat. Således drabbades Götaland av höga vindhastigheter från en enda dominerande vindriktning, västvind, som varade i stort sett under hela lågtryckspassagen natten mellan den 8-9 januari 2005.



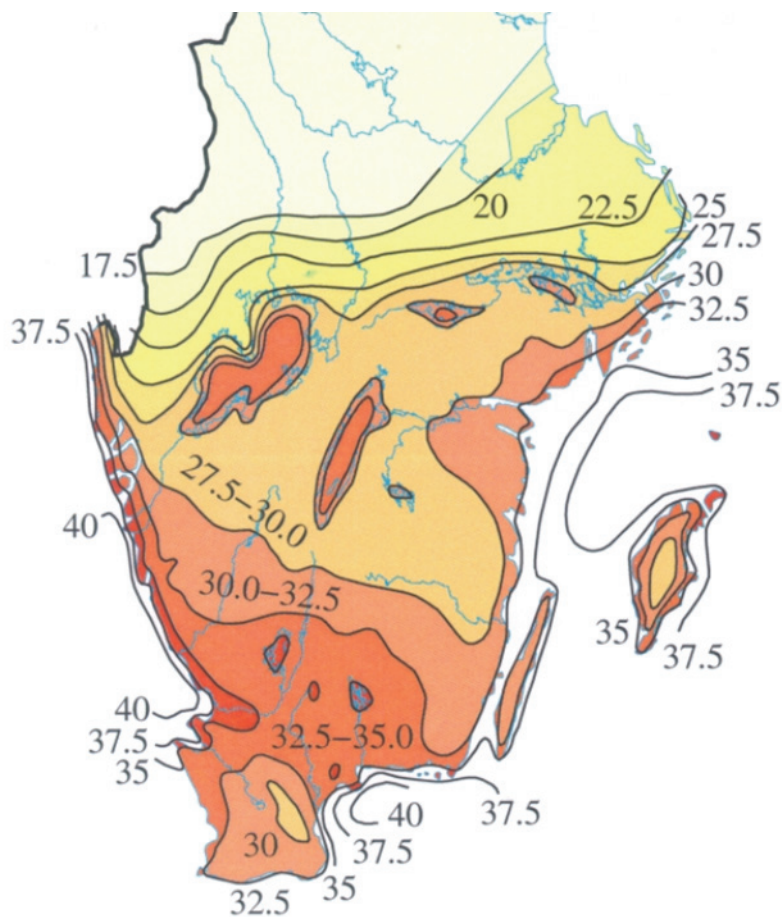
Figur 3. Stormen "Gudruns" passage över Sverige 8-10 januari 2005 ([www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)).

Vissa meteorologiska data förlorades på grund av att el- och teleförbindelser bröts. Högsta registrerade svenska mätdata var från Hanö utanför Blekinge med högsta medelvind, 33 m/s (orkanstyrka), och kraftigaste vindbyarna, 42 m/s. Anmärkningsvärt var de kraftiga västliga vindbyarna inne i Småland, där både Ljungby och Växjö uppmätte 33 m/s. Vindbyar på 25-30 m/s förekom i stora delar av Götaland och även i sydöstra Svealand (figur 5).

På många håll var byvinden den högsta som uppmäts, särskilt i de inre delarna av Småland. Byvinden har dock inte mätts under så lång period. Vid stormen 1969 uppmättes liknande vindhastigheter. Den stormen hade dock något mindre geografisk omfattning och drabbade områden något längre norrut.



Figur 4. Banan för lågtryckets centrum och särskilt påverkade områden. Källa: SMHI.

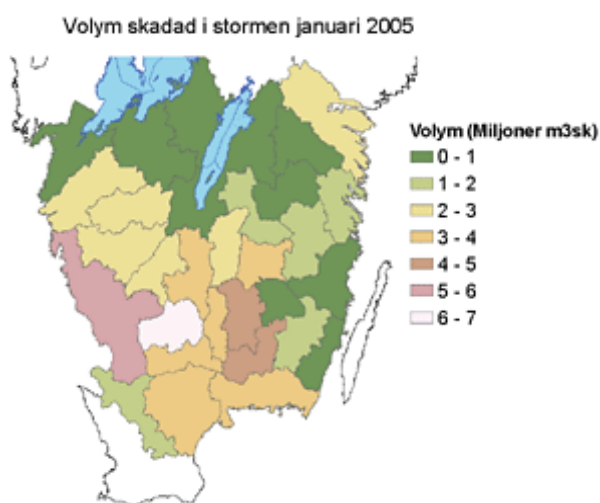


Figur 5. Högsta uppmätta byvindar i m/s på SMHI mätstationer 8-9 januari 2005. Byvinden är vindstötar under några sekunder medan medelvind är genomsnitt över 10 minuter.

## Stormskadad skog

### SKS:s uppskattning våren 2005

När lågtrycket drog fram över Sverige orsakade det inte bara skador i Sverige utan även i Danmark och Baltikum (Norges Skogeierforbund och Skogbrand 2005). I deras studie uppskattas omfattningen vara totalt 100 milj. m<sup>3</sup>sk. Den första översiktliga uppskattningen av mängden stormskadat virke i Sverige, som gjordes av personal vid Skogsvårdsstyrelsens distrikt, pekade på att ca 75 miljoner m<sup>3</sup>sk totalt hade skadats. Därefter gjordes en flyginventering av Götaland (Claesson & Paulsson 2005), förutom Öland, Gotland, södra och mellersta Skåne och Dalsland. Där uppskattades skadorna till 69,7 milj. m<sup>3</sup>sk. I Dalsland, Närke och Södermanland var distriktens uppskattning av volymen 2 milj. m<sup>3</sup>sk. Dessutom gjordes en uppskattning av spridda vindfällda träd i hela området av ca 3 milj. m<sup>3</sup>sk. Stormskadorna var främst koncentrerade till centrala delarna av Götaland (figur 6).

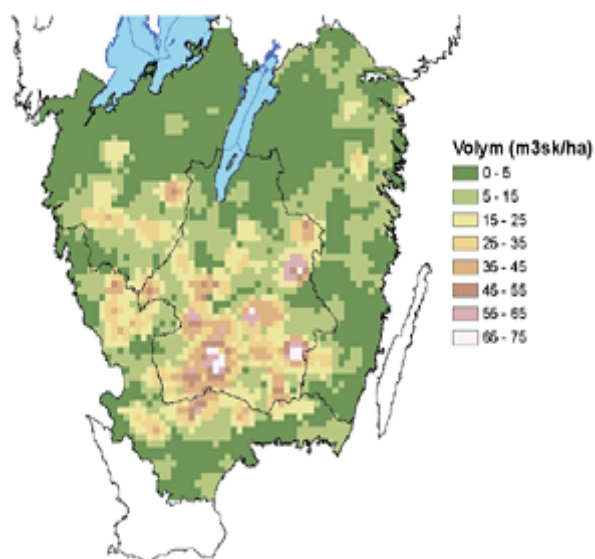


Figur 6. Volym skadad skog (miljoner m<sup>3</sup>sk) (Claesson & Paulsson 2005)

I de hårdast vindskadade områdena i centrala Götaland uppskattades mängden skadad skog per ha till mellan 65 och 75 m<sup>3</sup>sk/ha (figur 7).

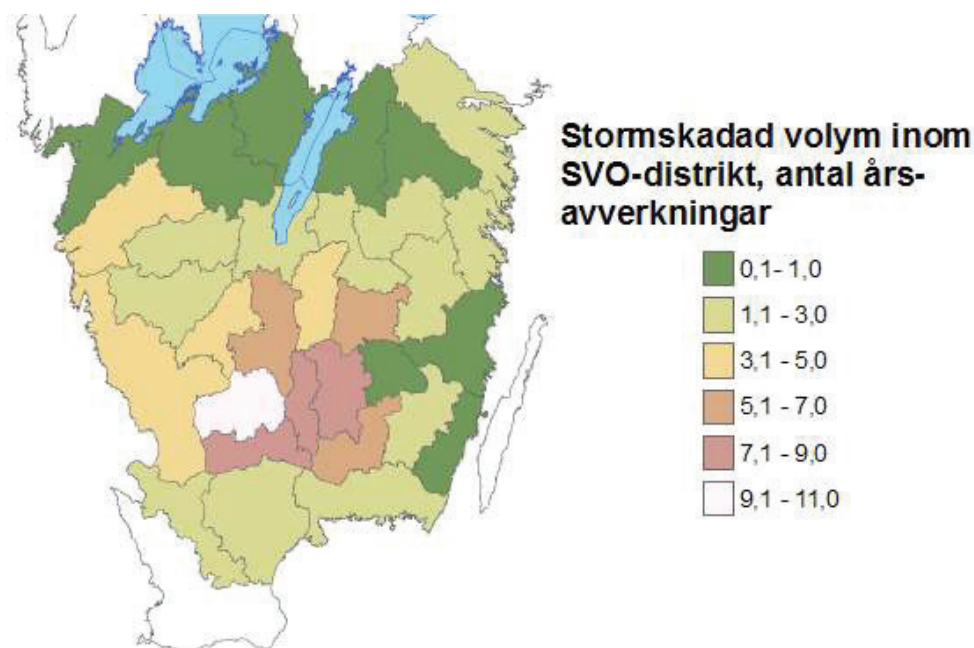


## Volym per hektar, skadad av stormen januari 2005



Figur 7. Volym skadad skog per ha ( $m^3sk/ha$ ) (Claesson & Paulsson 2005).

I det mest stormutsatta området i Götaland bedömdes mängden skadad skog överstiga nio årsavverkningar (figur 8).

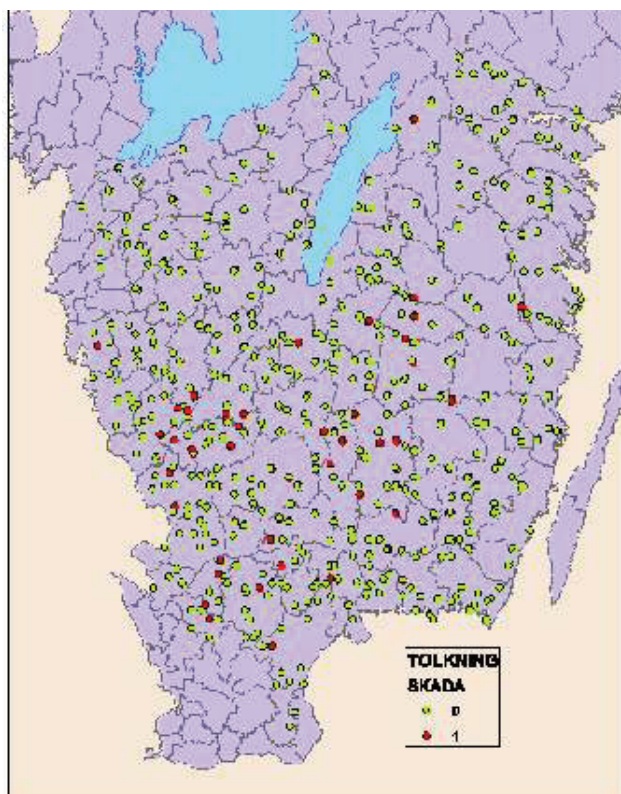


Figur 8. Uppskattat antal årsavverkningar som skadades i samband med stormen (Claesson & Paulsson 2005).

### Uppskattning med hjälp av Riksskogstaxeringens ytor

I den efterföljande analysen utnyttjades Riksskogstaxeringens provytor i Götaland som inventerades i fält säsongerna 2003 och 2004. De representerade skogsmark

med huggningsklass  $>22$ , dvs. skog  $\geq 3$  m. Det totala antalet provytor som utnyttjats i analysen var 1721, varav 116 var skadade (figur 9).



Figur 9. Fördelningen av Riksskogstaxeringens provytor i Götaland som använts i analysen (Fridman 2005)

Analysen omfattade 4 865 000 ha (tabell 2). Den bildtolkade arealen representerade 58 % av denna, dvs. 2 821 700 ha. Av arealen de tolkade ytorna representerade var 272 000 ha skadade (skadat+mycket skadat). Den skadade arealen representerade 5,6 % av den totala skogsmarksarealen.

Analysen identifierade länen Kronoberg, Jönköping och Halland som de mest drabbade länen. I materialet fanns inga skador inom Södermanlands-, f d Skaraborgs- och Malmöhus län.

**Tabell 2. Tolkningresultat (oskadat/skadat) från flygbilder kombinerat med Riksskogstaxeringsdata från ytor på skogsmark inventerade 2003 och 2004 (1000 ha). (Jonas Fridman.)**

| Län/Länsdel                         | 1000 ha |                             |                               |                                                  |
|-------------------------------------|---------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------|
|                                     | Oskadat | Skadat+<br>mycket<br>skadat | Total<br>skogsmarks-<br>areal | Tolkad andel<br>av total<br>skogsmarks-<br>areal |
| Södermanlands län, D                | 359     | 0                           | 359                           | 1 %                                              |
| Östergötlands län, E                | 681     | 14                          | 696                           | 46 %                                             |
| F.d. Skaraborgs län, R              | 313     | 0                           | 313                           | 36 %                                             |
| F.d. Älvsborgs län, Västgötadeln, P | 510     | 18                          | 528                           | 69 %                                             |
| Jönköpings län, F                   | 704     | 63                          | 766                           | 74 %                                             |
| Kronobergs län, G                   | 548     | 87                          | 635                           | 71 %                                             |
| Kalmar län, H                       | 669     | 25                          | 694                           | 55 %                                             |
| Hallands län, N                     | 265     | 35                          | 300                           | 80 %                                             |
| Blekinge län, K                     | 177     | 6                           | 182                           | 82 %                                             |
| F.d. Kristianstads län, L           | 273     | 24                          | 297                           | 82 %                                             |
| F.d. Malmöhus län, M                | 93      | 0                           | 93                            | 3 %                                              |
| Summa                               | 4 593   | 272                         | 4 865                         | 58 %                                             |

I analysen av Riksskogstaxeringsytorna representerade den skadade skogsmarksarealen en total skadad virkesvolym på 66 milj. m<sup>3</sup>sk (tabell 3). Den största volymen skador fanns i Kronobergs-, Jönköpings- och Hallands län 20,2, 15,3 respektive 10 milj. m<sup>3</sup>sk. I dessa tre län fanns således ca 69 % av den skadade volymen i de studerade länen i Götaland. Vid jämförelse mellan denna analys och Skogsstyrelsens flyginventering (Claesson & Paulsson 2005) avvek den skadade volymen för Hallands län mest i de län som analyserats i båda studierna, och där länsindelningen överensstämte.



**Tabell 3. Tolkningsresultat (oskadat/skadat + mycket skadat) från flygbilder kombinerat med Riksskogstaxeringsdata från 2003 och 2004, (milj. m<sup>3</sup>sk) samt Skogsstyrelsens (SKS) flyginventering (Claesson & Paulsson 2005).**

| Län/Länsdel                         | Milj. m <sup>3</sup> sk |                             |                  |
|-------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|------------------|
|                                     | Oskadat                 | Skadat+<br>mycket<br>skadat | Skadat<br>(SKS)  |
| Södermanlands län, D                | –                       | –                           | –                |
| Östergötlands län, E                | 111,9                   | 2,0                         | 4,7              |
| F.d. Skaraborgs län, R              | –                       | –                           | –                |
| F.d. Älvsborgs län, Västgötadeln, P | 88,9                    | 3,2                         | 8,4 <sup>a</sup> |
| Jönköpings län, F                   | 131,0                   | 15,3                        | 14,9             |
| Kronobergs län, G                   | 99,6                    | 20,2                        | 22,0             |
| Kalmar län, H                       | 113,5                   | 8,0                         | 5,1              |
| Hallands län, N                     | 45,5                    | 10,0                        | 5,9              |
| Blekinge län, K                     | 31,7                    | 1,4                         | 3,2              |
| F.d. Kristianstads län, L           | 57,5                    | 6,2                         | 5,4              |
| F.d. Malmöhus län, M                | –                       | 0,0                         | –                |
| Summa                               | 679,8                   | 66,0                        | 69,7             |

<sup>a</sup>Gäller nuvarande Västra Götalands län exklusive norra Bohuslän och Dalsland.

Fördelningen av den totala mängden skador på olika trädslag inom det inventerade området visade att 11,3 milj. m<sup>3</sup>sk av den skadade volymen var tall, 51,3 milj.m<sup>3</sup>sk gran och 1,4 milj. m<sup>3</sup>sk löv (tabell 4). Observera att den totala volymen inte helt överensstämmer med totalmängden i tabell 3. Det beror på det sätt beräkningarna utförts. Skadorna på gran var högst i alla län förutom i Östergötland. Jämförs mängder skador i de studerade länen med andelen för trädslagen i hela Götaland syns att ca 80 % av skadorna drabbade gran, som hade en andel av 50 % i hela Götaland (Skogsdata 2005). Andelen skadad tall- och lövträdsvolym, 18 % respektive 2 % var lägre än de andelar, 29 % och 19 %, dessa trädslag hade av virkesförrådet i Götaland. Således hade skadorna på gran i området en förhöjd andel. Resultatet är tillförlitligt.

**Tabell 4. Tolkningsresultat (oskadat/skadat + mycket skadat) från flygbilder kombinerat med Riksskogstaxeringsdata från ytor på skogsmark inventerade 2003 och 2004 (milj. m<sup>3</sup>sk). (Jonas Fridman)**

| Län/Länsdel      | Milj. m <sup>3</sup> sk |                             |         |                             |         |                             |               |                             |
|------------------|-------------------------|-----------------------------|---------|-----------------------------|---------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|
|                  | Tall                    |                             | Gran    |                             | Löv     |                             | Alla trädslag |                             |
|                  | Oskadat                 | Skadat+<br>mycket<br>skadat | Oskadat | Skadat+<br>mycket<br>skadat | Oskadat | Skadat+<br>mycket<br>skadat | Oskadat       | Skadat+<br>mycket<br>skadat |
| E                | 50,7                    | 1,1                         | 44,0    | 0,8                         | 17,3    | 0,0                         | 111,9         | 1,9                         |
| F.d. P<br>(Vstg) | 24,1                    | 0,9                         | 50,6    | 2,0                         | 14,5    | 0,0                         | 88,9          | 2,9                         |
| F                | 39,3                    | 2,7                         | 69,5    | 12,3                        | 22,1    | 0,2                         | 131,0         | 15,2                        |
| G                | 27,4                    | 4,1                         | 56,0    | 15,7                        | 16,4    | 0,4                         | 99,6          | 20,2                        |
| H                | 44,0                    | 1,1                         | 48,2    | 6,3                         | 21,9    | 0,0                         | 113,5         | 7,4                         |
| N                | 8,5                     | 1,0                         | 23,9    | 8,3                         | 13,4    | 0,4                         | 45,5          | 9,7                         |
| K                | 4,1                     | 0,3                         | 15,5    | 1,0                         | 12,3    | 0,0                         | 31,7          | 1,3                         |
| F.d. L           | 9,3                     | 0,1                         | 27,7    | 4,9                         | 21,3    | 0,4                         | 57,5          | 5,4                         |
| Summa            | 207,4                   | 11,3                        | 335,4   | 51,3                        | 139,1   | 1,4                         | 679,8         | 64,0                        |

I analysen av Riksskogstaxeringsytorna hur den totala skogsmarksarealen på 4 865 000 ha fördelade sig på olika huggningsklasser inom det inventerade området visade det sig att 1 119 000 ha var kal mark och ungskog, 2 127 000 ha var gallringsskog och 1 620 000 ha var slutavverkningsskog (tabell 5). I alla län där skador identifierades var den skadade arealen högst för slutavverkningsskog.

**Tabell 5. Tolkningsresultat (oskadat/skadat + mycket skadat) från flygbilder kombinerat med Riksskogstaxeringsdata från ytor på skogsmark inventerade 2003 och 2004 (1000 ha). (Jonas Fridman)**

| Län/Länsdel   | 1000 ha       |                             |               |                             |                     |                             |
|---------------|---------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------------|-----------------------------|
|               | Kal + ungskog |                             | Gallringsskog |                             | Slutavverkningsskog |                             |
|               | Oskadat       | Skadat+<br>mycket<br>skadat | Oskadat       | Skadat+<br>mycket<br>skadat | Oskadat             | Skadat+<br>mycket<br>skadat |
| D             | 81            | 0                           | 167           | 0                           | 112                 | 0                           |
| E             | 163           | 0                           | 301           | 7                           | 217                 | 8                           |
| F.d. R        | 62            | 0                           | 123           | 0                           | 128                 | 0                           |
| F.d. P (Vstg) | 137           | 0                           | 204           | 6                           | 169                 | 12                          |
| F             | 168           | 0                           | 290           | 21                          | 246                 | 41                          |
| G             | 151           | 2                           | 237           | 38                          | 164                 | 43                          |
| H             | 169           | 0                           | 278           | 0                           | 223                 | 25                          |
| N             | 66            | 0                           | 131           | 16                          | 69                  | 19                          |
| K             | 37            | 0                           | 103           | 2                           | 37                  | 3                           |
| F.d. L        | 66            | 0                           | 135           | 10                          | 73                  | 14                          |
| F.d. M        | 18            | 0                           | 58            | 0                           | 17                  | 0                           |
| Summa         | 1 117         | 2                           | 2 027         | 100                         | 1 455               | 165                         |

Av den skadade arealen hade totalt 64 %, ca 171 000 ha, en slutenhet som var lägre än 0,3, vilket indikerade att återbeskogningsplikt enligt 5 § i skogsvårdslagen förelåg (mycket skadat, tabell 6). Arealen som var mycket skadad bestod till 39 % av gallringsskog och till 61 % av slutavverkningsskog. Ingen återbeskogningsplikt syntes inom ungskogsarealen.

**Tabell 6. Tolkningsresultat (skadat/mycket skadat) från flygbilder kombinerat med Riksskogstaxeringsdata från ytor på skogsmark inventerade 2003 och 2004 (1000 ha). (Jonas Fridman)**

| Län/Länsdel   | 1000 ha     |               |               |               |                     |               |
|---------------|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------------|---------------|
|               | Kal+ungskog |               | Gallringsskog |               | Slutavverkningsskog |               |
|               | Skadat      | Mycket skadat | Skadat        | Mycket skadat | Skadat              | Mycket skadat |
| D             | 0           | 0             | 0             | 0             | 0                   | 0             |
| E             | 0           | 0             | 0             | 7             | 8                   | 0             |
| F.d. R        | 0           | 0             | 0             | 0             | 0                   | 0             |
| F.d. P (Vstg) | 0           | 0             | 3             | 3             | 6                   | 6             |
| F             | 0           | 0             | 8             | 13            | 14                  | 27            |
| G             | 2           | 0             | 12            | 26            | 22                  | 21            |
| H             | 0           | 0             | 0             | 0             | 0                   | 25            |
| N             | 0           | 0             | 3             | 12            | 5                   | 14            |
| K             | 0           | 0             | 0             | 2             | 0                   | 3             |
| F.d. L        | 0           | 0             | 7             | 3             | 5                   | 9             |
| F.d. M        | 0           | 0             | 0             | 0             | 0                   | 0             |
| Summa         | 2           | 0             | 34            | 66            | 60                  | 105           |

Den preliminära analysen indikerade att kopplingen av flygbildstolkning och Riksskogstaxeringens inventeringsdata var en tillförlitlig väg för att kunna studera hur den skadade skogen såg ut vid skadetillfället.

Från delprojekt A togs underlag till scenarioberäkningarna inom delprojekt D fram. Fem variabler från Riksskogstaxeringens ytor togs ut med hjälp av multivariat statistik för utgångslägesberäkningarna (SAS Institute Inc. 1987). De var: andelen gran, grundytan för gran, medelhöjd, total medeldiameter och om ytan varit avverkad (gallrad) inom den senaste femårsperioden. För att beskriva sannolikheten för skada på enskild yta togs en logistisk funktion fram för att beskriva risken för skada utifrån andelen gran, medelhöjd och andelen löv på ytan. Den framtagna modellen användes för att prioritera avverkningar i scenario C inom delprojekt D. Den logistiska funktionen för sannolikhet för skada fick följande uttryck:

$$p = 1 - (1 / (1 + \exp(-6.3456 + (0.1251 * \text{granand}) + (0.0172 * \text{medhojd}) - (0.3565 * \text{lovand}))))$$

Där  $\chi^2_{df=3} = 116,7$ ,  $P < 0,0001$ .

### Uppskattning med hjälp av förändringsanalys

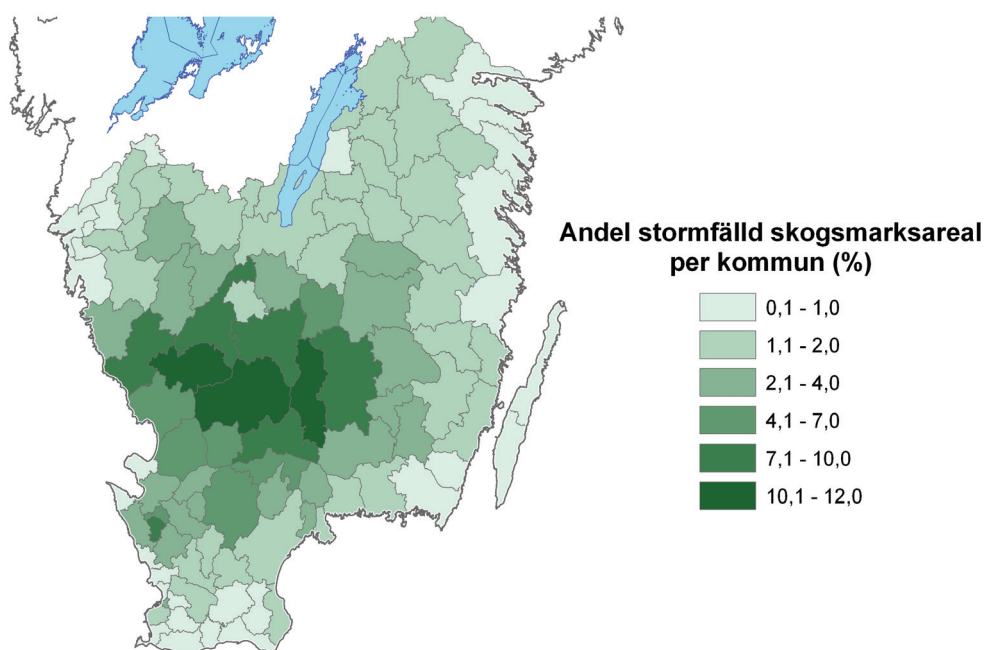
Via förändringsanalys av satellitbilder tagna sommaren 2004 och 2005 kartlade Skogsstyrelsen också de områden som avverkats eller stormfällts i en sådan om-

fattning att det uppstått en återbeskogningsplikt enligt 5 § SVL. Eftersom förändringsanalysen gjordes på bilder från sommaren 2004 och 2005 kunde man inte i den här analysen direkt avgöra hur mycket av det kartlagda som avverkats under hösten 2004, dvs. före stormen. För att få en uppfattning om hur mycket detta kunde vara har man även räknat bort de områden som under hösten haft en giltig avverkningsanmälan. Man kom då till att den totala arealen stormfälld skog med återbeskogningsplikt låg mellan 113 000 – 132 000 ha. Stormfällda ytor större än 0,5 ha var mellan 95 000 – 113 000 ha av denna areal. I tabell 7 redovisas arealen stormfälld skog, efter det att områden med en giltig avverkningsanmälan räknats bort, per Skogsstyrelseregion (2005 års regionindelning). Vid denna analys var således den areal där det uppstått återbeskogningsplikt lägre än den areal som identifierades med hjälp av Riksskogstaxeringens ytor.

**Tabell 7. Areal stormfällda skog med återbeskogningsplikt fördelat på storleksklasser, enligt 2005 års regionindelning (1000 ha). Länsbeteckningar för de ingående länen inom parentes.**

| Storleksklasser | Areal (ha) |              |           |        |         |
|-----------------|------------|--------------|-----------|--------|---------|
|                 | FG (F, G)  | SG (K, M, N) | ÖG (E, H) | VG (O) | Totalt  |
| <0,2 ha         | 2 500      | 1 600        | 1 100     | 600    | 5 900   |
| 0,2-0,49ha      | 5 600      | 3 300        | 1 900     | 1 200  | 12 000  |
| 0,5-0,99 ha     | 7 300      | 4 000        | 2 100     | 1 300  | 14 700  |
| 1-1,99 ha       | 9 900      | 5 200        | 2 300     | 1 500  | 19 000  |
| 2-4,99 ha       | 15 100     | 6 800        | 2 400     | 1 600  | 26 000  |
| 5-9,99 ha       | 10 600     | 3 900        | 1 000     | 500    | 16 000  |
| >10 ha          | 14 300     | 3 900        | 700       | 200    | 19 100  |
| Summa           | 65 400     | 28 700       | 11 600    | 7 000  | 112 700 |

Vid skillnadsanalysen av arealen vindfälld skog var Ljungby kommun hårdast drabbad. Där hade 11,3 % av skogsmarksarealen skadats (figur 10). Hylte kommun (11,1 %) och Alvesta (10,1 %) var också hårt drabbade.

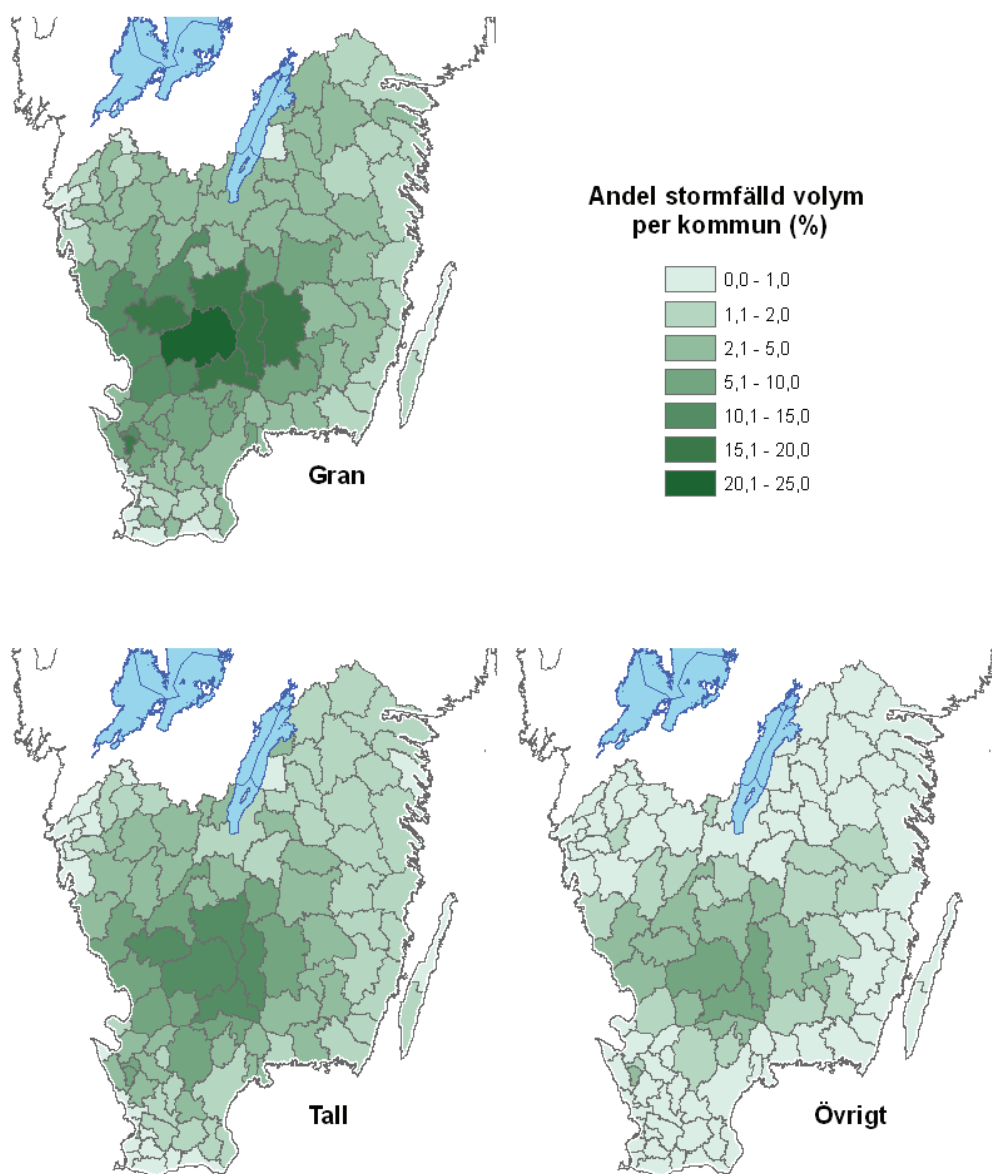


*Figur 10. Andel stormfälld skogsmarksareal av den totala skogsmarksarealen per kommun.*

Vid skillnadsanalysen visade det sig att gran var det mest vindfällda trädslaget, medelandelen av volymen för det studerade området var 4,7 %, (figur 11). Ljungby var den hårdast drabbade kommunen (21,8 %), följd av Hylte (19,9 %) och Värnamo (19,5 %).

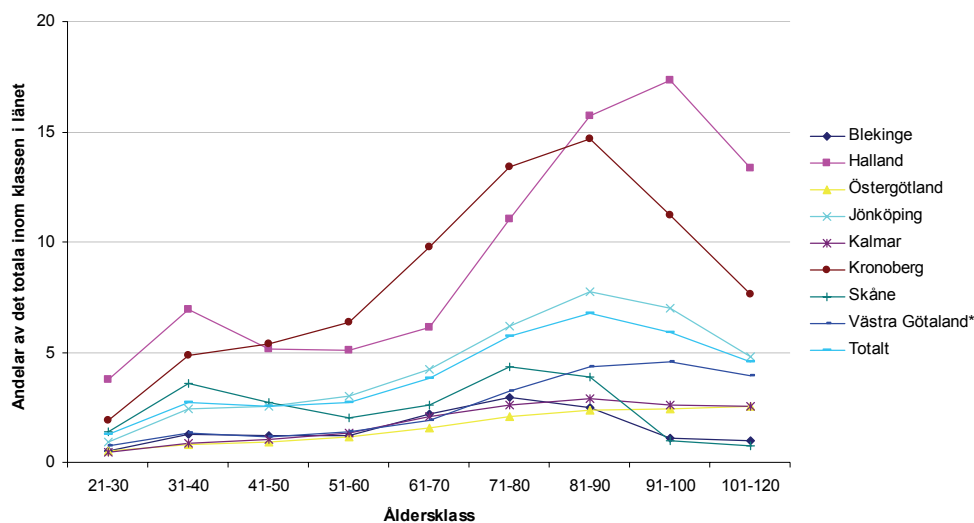
I genomsnitt hade 2,9 % av tallen stormfällts. Värst drabbad var Ljungby kommun (14,4 %) följd av Hylte (13,4 %) och Älmhult (13,1 %).

De övriga trädslagen var inte lika hårt drabbade av stormen (medel 1,1 %). Älmhults kommun fick mest stormfällningar (5,4 %) följd av Alvesta (5,3 %) och Ljungby (5,1 %).



Figur 11. Andel volym på stormfälld skogsmarksareal av total volym per kommun.

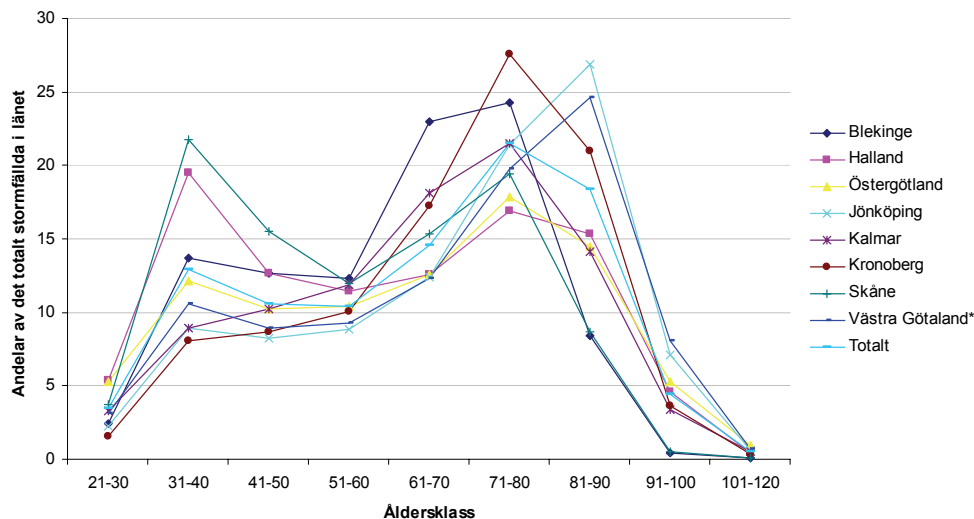
För andelen stormfälld skogsmarksareal av den totala skogsmarksarealen inom olika åldersklasser per län visade det sig att åldersklassen 81-90 år hade högst andel skador, där var medelandelen är 6,8 % (figur 12).



Figur 12. Andel stormfälld skogsmarksareal av den totala skogsmarksarealen inom olika åldersklasser per län.

\* Kommunerna Ale, Alingsås, Bollebygd, Borås, Essunga, Göteborg, Herrljunga, Härryda, Lerum, Mark, Mölndal, Partille, Svenljunga, Tranemo, Ulricehamn och Vårgårda.

För andelen stormfälld skogsmarksareal inom olika åldersklasser av den totala stormfällda skogsmarksarealen per län sågs ett liknande förhållande (figur 13). Vid denna analys framträdde även en hög arealsandel inom åldersklassen 31-40 år för de flesta studerade länen.



Figur 13. Andel stormfälld skogsmarksareal inom olika åldersklasser av den totala stormfällda skogsmarksarealen per län..

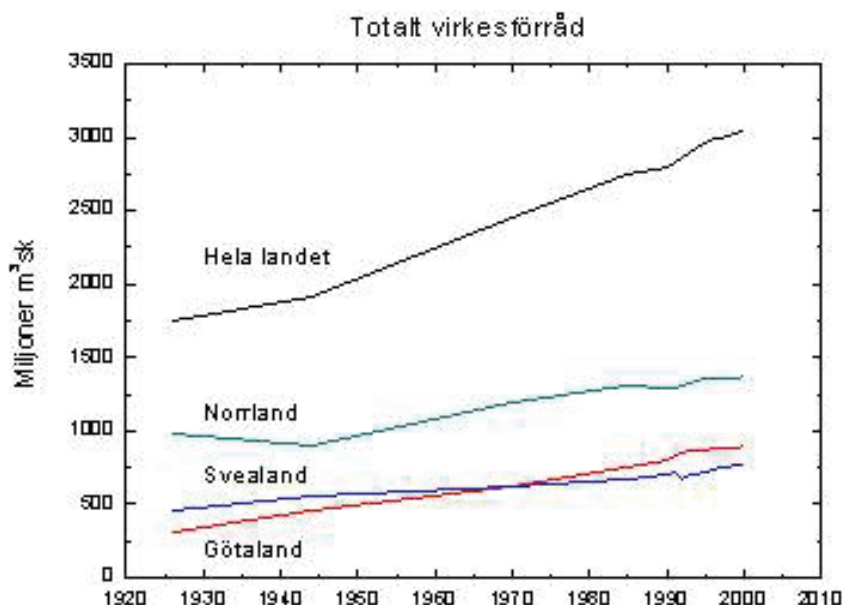
\* Kommunerna Ale, Alingsås, Bollebygd, Borås, Essunga, Göteborg, Herrljunga, Härryda, Lerum, Mark, Mölndal, Partille, Svenljunga, Tranemo, Ulricehamn och Vårgårda.

## Skogstillståndet

### Hur har virkesförrådet förändrats historiskt?

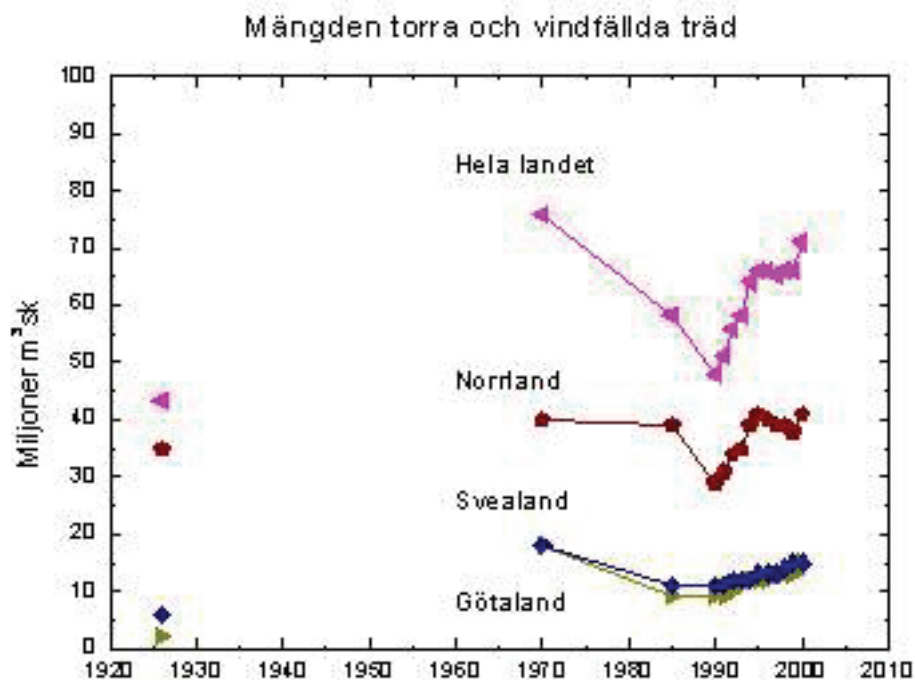
Den uppskattade totala skogsmarksarealen för hela landet var på 22 886 000 ha under perioden 1999-2003 och i Götaland 4 999 000 ha (Skogsdata 2005). Den totala virkesvolymen på alla ägoslag, inklusive torra och döda träd, var 3086 milj. m<sup>3</sup>sk. Av denna volym fanns 914 milj. m<sup>3</sup>sk i Götaland, dvs. en högre andel av volymen än av arealen, 29,6 % i förhållande till 21,8 %.

Det totala virkesförrådet har ökat i alla delar av Sverige (figur 14) sedan 1923, då Riksskogstaxeringen startade sina uppskattningar av Sveriges skogar. Det totala virkesförrådet har ökat med ca 70 % från 1 760 milj. m<sup>3</sup>sk till 3 000 milj. m<sup>3</sup>sk under denna period.



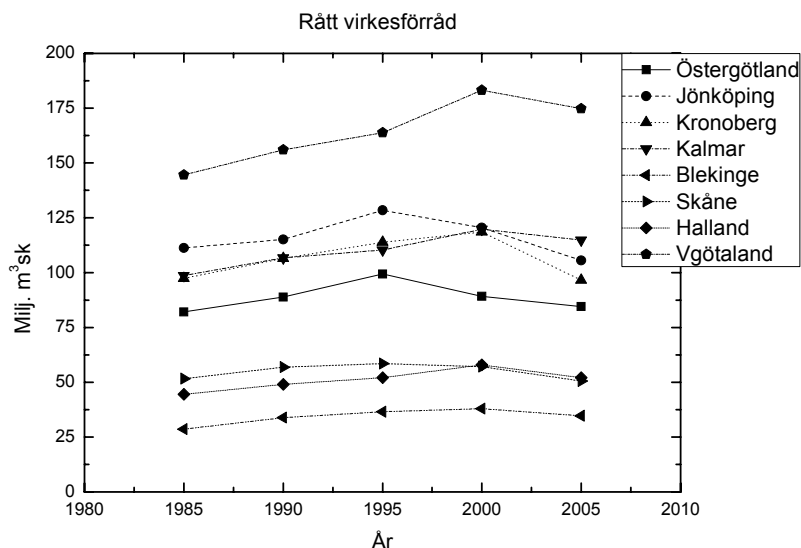
Figur 14. Totala virkesförrådsutvecklingen (milj. m<sup>3</sup>sk) i Sverige sedan 1923 (Skogsdata 2004).

År 2000 bestod det totala virkesförrådet i hela landet av ca 70 milj. m<sup>3</sup>sk döda och vindfällda träd (figur 15). Av denna volym fanns 14,5 milj. m<sup>3</sup>sk i Götaland. Från data kan en effekt av strävanden efter att öka mängden död ved i skogarna, vilket initierades under 90-talet, spåras.



Figur 15. Virkesförråd av torra och vindfällda träd i olika delar av Sverige (Skogsdata 2004).

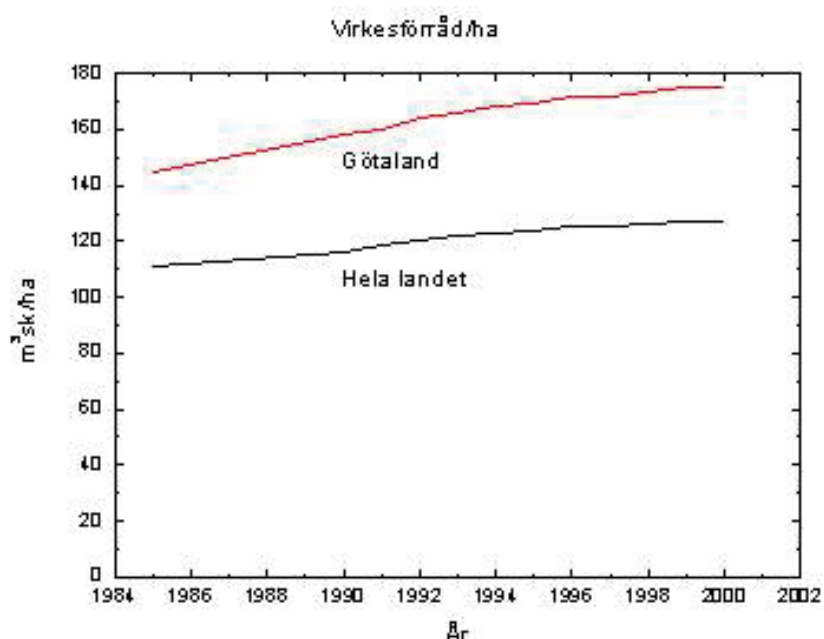
Vid en jämförelse mellan åren 1985–2005 innebar det prognostiserade virkesförrådsbortfallet efter januaristormen 2005 att virkesförrådet av levande träd på skogsmark i Jönköpings-, Östergötlands- och Kronobergs län nu ligger på den nivå som rådde i mitten av 80-talet (figur 16). Även innan stormen inträffade skedde en sänkning av virkesförråden i Jönköpings och Östergötlands län.



Figur 16. Rått virkesförråd för länen i Götaland (Kempe 2005).

Ökningen av virkesförrådet/ha från 1985 till 2000 har varit större i Götaland än i hela landet i medeltal (figur 17). Skogarna i Götaland har i genomsnittligt högre virkesförråd/ha än i andra delar av landet.





Figur 17. Virkesförrädsutvecklingen ( $m^3$  sk/ha) i Götaland och Sverige sedan 1985 (Skogsdata 2004).

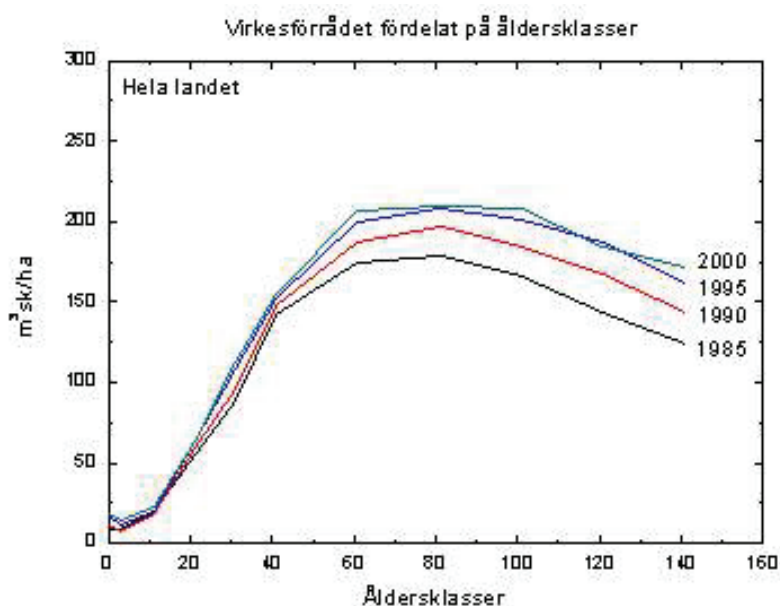
### Hur har trädåldrarna förändrats historiskt?

På skogsmarksarealen där de presenterade volymerna växer syns en tendens för hela landet att andelen skogsmarksareal som består av skog äldre än 40 år har minskat sedan 70-talet (tabell 8). Minskningen är tydligast i åldersklasserna över 61 år. I Götaland har andelen skogsmarksareal mellan 40-80 år också minskat sedan 70-talet, men andelen skog i dessa klasser var högre än för hela landet år 2000. Andelen skogsmarksareal i Götaland äldre än 101 år har varit lägre än riksgenomsnittet under hela perioden 1970-2000. Andelen har dock ökat under perioden med 5 %. Andelen skogsmark yngre än 40 år skiljer inte nämnvärt mellan Götaland och riksgenomsnittet.

Tabell 8. Skogsmarksarealen fördelad på åldersklasser (%) i hela Sverige och Götaland under perioden 1970-2000 (Skogsdata 2004)

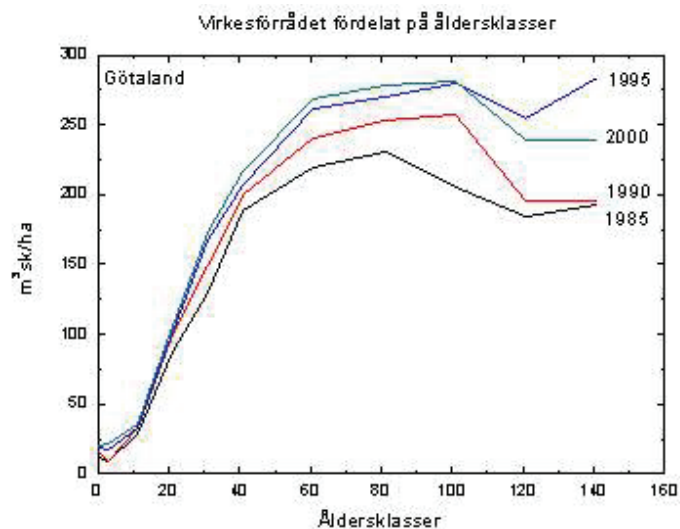
|             | 1970        |          | 1985        |          | 1990        |          | 1995        |          | 2000        |          |
|-------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Åldersklass | Hela landet | Götaland | Hela landet | Götaland | Hela landet | Götaland | Hela landet | Götaland | Hela landet | Götaland |
| 0           | 8           | 6        | 5           | 4        | 4           | 4        | 4           | 4        | 4           | 3        |
| 3-          | 17          | 17       | 18          | 20       | 22          | 21       | 22          | 20       | 21          | 20       |
| 21-         | 8           | 15       | 13          | 17       | 17          | 19       | 19          | 22       | 20          | 22       |
| 41-         | 13          | 24       | 12          | 20       | 11          | 18       | 12          | 16       | 13          | 16       |
| 61-         | 16          | 22       | 13          | 19       | 13          | 20       | 13          | 19       | 12          | 18       |
| 81-         | 16          | 11       | 13          | 13       | 12          | 12       | 11          | 11       | 10          | 11       |
| 101-        | 24          | 5        | 26          | 8        | 21          | 6        | 19          | 8        | 20          | 10       |

Virkesförrådet/ha har ökat i hela Sverige i alla åldersklasser under perioden från 1985 till 2000, förutom i klassen 101-120 mellan åren 1995 till 2000 (figur 18).



Figur 18. Virkesförrådet i Sverige fördelat på åldersklasser ( $m^3 sk/ha$ ) under åren 1985-2000 (Skogsdata 2004).

I Götaland ökade virkesförrådet/ha ända fram till mitten av 1990-talet varefter en sänkning av förrådet i skog äldre än 101 år har inträffat under senaste 5-årsperioden (figur 19).



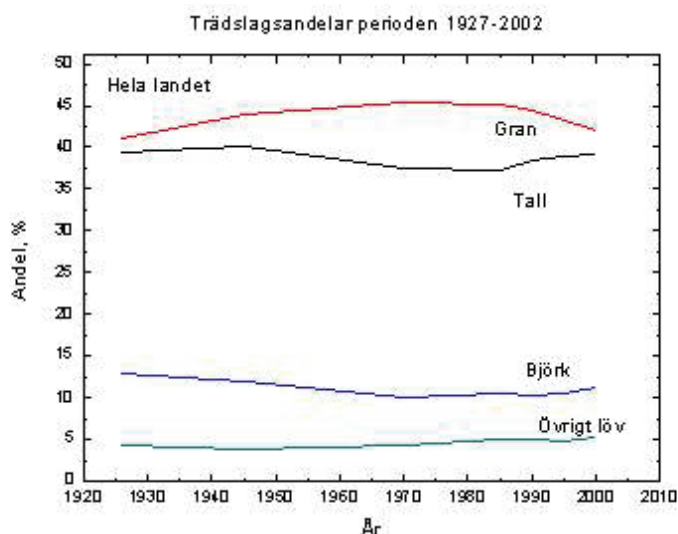
Figur 19. Virkesförrådet per ha i Götaland fördelat på åldersklasser ( $m^3 sk/ha$ ) under åren 1985-2000 (Skogsdata 2004).

I den senast presenterade fördelningen av skogsmarksarealen (Skogsdata 2005) fanns inte några stora skillnader i åldersfördelningen mellan olika markägarkategorier i Götaland. I hela landet däremot har de allmänna (fastighetsverket, övriga statliga ägare, ecklesiastiska ägare, allmänningar och besparingsskogar, kommunala och landstingsägda marker samt övriga allmänna ägare) en nästan dubbelt så hög andel skog äldre än 141 år och en lägre andel ungskog (0-10 år) än övriga ägargrupper.

Av den totala skogsmarksarealen på 22 886 000 ha under perioden 1999-2003 var 69,6 % gallrings-, slutavverknings- och blädningsskog (huggningsklass C + D + E) i hela landet, i Götaland var andelen 75,2 %. Andelen plant- och ungskog var alltså ca 5 % lägre i Götaland.

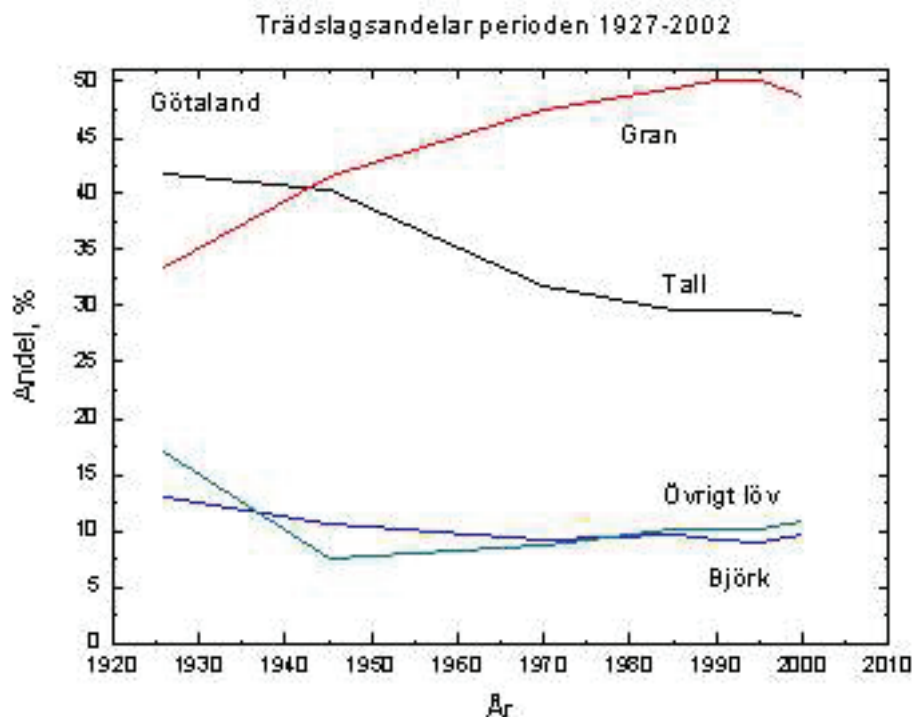
### Hur har trädslagen förändrats historiskt?

Det totala virkesförrådet på 3 086 milj. m<sup>3</sup> sk fördelat på trädslag i hela landet perioden 1999-2003 var 1 286 milj. m<sup>3</sup> sk gran, 1 194 milj. m<sup>3</sup> sk tall, 514 milj. m<sup>3</sup> sk lövträd, och ca 2,4 % av det totala virkesförrådet bestod av torra och vindfällda träd (Skogsdata 2004). Granens andel av det totala virkesförrådet ökade under perioden 1927-1990, men har minskat under 90-talet på bekostnad av tall och lövträd (figur 20).



Figur 20. Andelen av virkesförrådet i landet (%) fördelat på trädslag (Skogsdata 2004).

Den ökning av granens andel av det totala virkesförrådet som funnits i Götaland sedan 20-talet har avtagit sedan 1995 (figur 21). Vid en jämförelse med landet som helhet vid den studerade periodens slut var andelen gran i Götaland ca 5 % högre än i landet som helhet, andelen övrigt löv ungefär dubbelt så hög, andelen björk lika och andelen tall 10 % lägre.



Figur 21. Andelen av virkesförrådet i Götaland (%) fördelat på trädslag (Skogsdata 2004).

Under perioden 1999-2003 bestod 24,7 % av skogsmarksarealen (4 999 000 ha) i Götaland av beståndstypen tallskog, 38,6 % av granskog, 14,0 % av barrblandskog, 7,4 % av blandskog, 8,3 % av lövskog, 4,0 % av ädellövskog och på 3,0 % av skogsmarken är inga trädslagsandelar registrerade (Skogsdata 2005).

### Hur har det sett ut vid tidigare stormfällningar?

Enligt de virkesförrådsuppskattningar som Riksskogstaxeringen gjort kontinuerligt sedan 1923 har virkesförråden vid tidigare allvarliga vindfällningar, t.ex. 1954 och 1969, inte varit så höga som vid skadetillfället 2005 (jfr figur 14). Det totala virkesförrådet i landet vid skadetillfällena 1954, då uppskattningsvis 18,45 milj. m<sup>3</sup>sk skadades (Holmberg 2005), var ca 73 % av dagens och vid stormarna 1969, då ca 37 milj. m<sup>3</sup>sk skadades (Holmberg 2005), ca 78 %. Vid en Europeisk utvärdering av vindskadors utveckling pekar författarna (Schelhaas et al. 2003) på att den viktigaste orsaken till att vindskadorna ökat över tiden är det kontinuerligt växande virkesförrådet, både totalt och per ha i länderna. Skogarnas medelåldrar har dessutom ökat vilket också bidrar till att bestånden blir mer utsatta. För Götalands del är detta förhållande tydligt under perioden 1970-2000 då både virkesförrådet/ha ökat (figur 17) och andelen skog i den äldsta klassen ökat från 5 % till 10 % (tabell 8).

### Träd- och beståndskaraktärer

#### Vad utmärker träd som skadats (t.ex. trädslag, proveniens, höjd, ålder)?

Resultat från stormen Lothar i Centraleuropa 1999 visade att barrträd skadats i högre grad än lövträd och att en inblandning av 10–20 % bok i det övre höjdsiktet i blandskog sänkte mängden skador (Indermüle et al. 2005). Vid en genom-

gång av de träd- och beståndskaraktärer som utgör de viktigaste riskfaktorerna för att skador av vind skall komma att inträffa i bestånd utpekades artsammansättningen, beståndshöjden och höjdskillnaden mellan bestånd som de största riskfaktorerna (Indermüle et al. 2005). Vindskador synes uppträda tidigare i barrbestånd och ökar snabbare med åldern än för lövträd. Tall, gran och ädelgran anses speciellt utsatta (Savill et al. 1995). Det beror troligen på hur träden etableras på utsatta ståndorter och på trädens karaktärer. Lövträden är oftast avlövnade under den period under året när de flesta stormarna uppträder. Vid analysen av stormarna i Sverige 1969 konstaterades att det var mindre vindskador i blandskog och lövskog (Carlquist 1972). Från samma skadetillfälle skriver Persson (1972) att lövskogen erfarenhetsmässigt klarar storm bättre än barrskog. Senare danska studier (Nørgaard Nielsen & Larsen 2001) pekar på att risken för vindskada ökar i blandbestånd med löv- och barrträd för att lövträden vintertid inte ger tillräckligt skydd för barrträden. De danska resultaten indikerar att risken för vindskada i blandbestånd med barr och löv kan variera. Huruvida blandskogar av olika karaktär har haft olika risk för skada vid stormen 2005 har ännu inte kunnat analyseras.

När mekaniska vindkrafter verkar kontinuerligt på träd ger de upphov till anpassning av tillväxten hos träden (Wood 1995). I utsatta lägen eller efter friställning i samband med gallring tillväxer träden nedtill (Valinger 1992). Det är trädens sätt att motstå bl.a. vindbelastning, men när krafterna blir för stora, som vid t.ex. kraftiga stormar, kollapsar rotsystem eller stam vilket resulterar i vindskador. Träd med liten avsmalning faller eller bryts lättare än träd med stor avsmalning. Avsmalning är mer uttalad hos dominanta träd eller hos träd i gallrade bestånd (Newnham 1965), vilket leder till att kronbrott är vanligare för medhärskande än härskande träd. Avsmalning är en av de faktorer som lättast åtgärdas med korrekt utförd röjning eller gallring. Densiteten hos veden har också en betydelse för risken för skada (Nepveu et al. 1985).

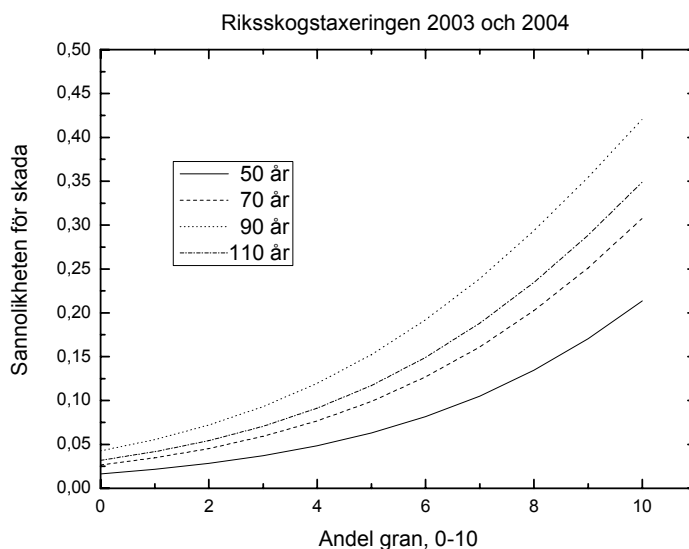
Den mekaniska belastningen på träd ökar kontinuerligt när de växer och det är därför det finns ett direkt samband mellan trädhöjd och risken för vindskador (Fraser 1964, 1965, Dobbertyn 2002). I samband med stormen 1954 i Sverige anger Werner & Årmann (1955) att bestånd under 10 m inte hade några skador och att bestånd 10–15 m hade relativt obetydliga skador, men att skadorna tilltog kraftigt över 15 m med stigande höjd. Carlquist (1972) fann också att vindfällningsgraden tycktes ha en klart stigande tendens med stigande trädhöjd. Motståndet mot vindskador för de enskilda träden varierar dock kraftigt beroende på trädens rotningsbetingelser. Risken för att träd skadas av vind ökar också med stigande ålder (Andersen 1954, Werner & Årmann 1955, Persson 1972, Dobbertyn 2002), vilket ju är helt naturligt eftersom träd blir högre ju äldre de blir. Att känsligheten för vindskada ökar med trädhöjd och ålder har även konstaterats i Storbritannien (Mayer 1989). Vindskador drabbar genomgående de grövre träden i ett bestånd (Persson 1975), där diameterkvoten vid en vindskada kan jämföras med en höggallring (gallringskvot >1,15).

Vid analysen av träd- och beståndskaraktärer i Riksskogstaxeringsmaterialet var det ett flertal av de mest signifikanta variablerna som tillförlitligt visade att gran-tytor hade större sannolikhet att drabbas av skada än andra trädslag. Variabler som beskrev detta var bl.a. grundytan för gran ( $\chi^2_{df=1} = 98,7$ ,  $P < 0,0001$ ), volym för gran ( $\chi^2_{df=1} = 78,3$ ,  $P < 0,0001$ ), granandel på ytan ( $\chi^2_{df=1} = 44,8$ ,  $P < 0,0001$ ) och

medeldiametern för gran ( $\chi^2_{df=1} = 95,3$ ,  $P < 0,0001$ ). Detta förhållande kan anses tillförlitligt.

Skogforsk har utrett sambandet mellan proveniens och vindskadorna 2005 (Karls-son B, muntlig referens). De konstaterar att miljön där träden växer och hur de sköts är viktigare än trädens ursprung. Det visar sig genom att sambanden mellan vindskada och proveniens inte gett något tydligt svar. De få studier inom området som finns tillgängliga har fokuserat på effekter av snö (Meyfarth 1955, Remröd et al. 1972). Inom de extremaste höjdlägena och fjällskogarna bör uppflyttning av provenienser ske med stor försiktighet, och inom områden med stark exponering för vind och snö bör sådan uppflyttning helt undvikas (Remröd et al. 1972).

Ett flertal av de variabler som analyserats samvarierar med varandra. Vid en analys av Riksskogstaxeringsmaterialet, där sannolikheten för skada modellerades med hjälp av beståndsålder och granandel ( $\chi^2_{df=2} = 84,6$ ,  $P < 0,0001$ ) var sannolikheten för skada mer än fördubblad i ett 90-årigt rent granbestånd i jämförelse med ett 50-årigt (figur 22). Resultatet pekar också att sannolikheten för skada inom alla åldersklasser ökar med andelen gran. I materialet syns också en tendens till att bestånd som är 110 år gamla är stabilare än de 90-åriga. Troliga orsaker till detta förhållande kan vara att riktigt gammal skog, som klarat sig lång tid från skador, inte tillväxer så mycket på höjden och att gallring i dessa bestånd gjorts för lång tid sedan.

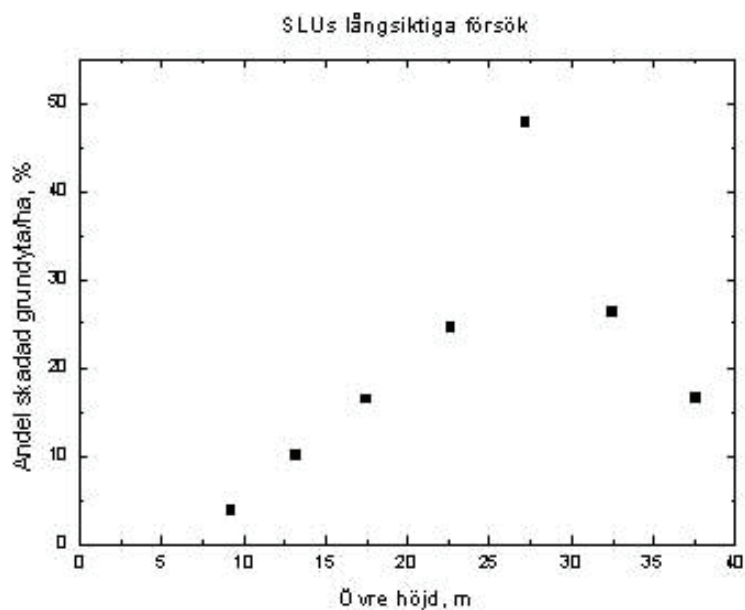


Figur 22. Det linjära sambandet mellan sannolikheten för skada i Riksskogstaxeringsmaterialet som funktion av beståndsålder och andel gran.

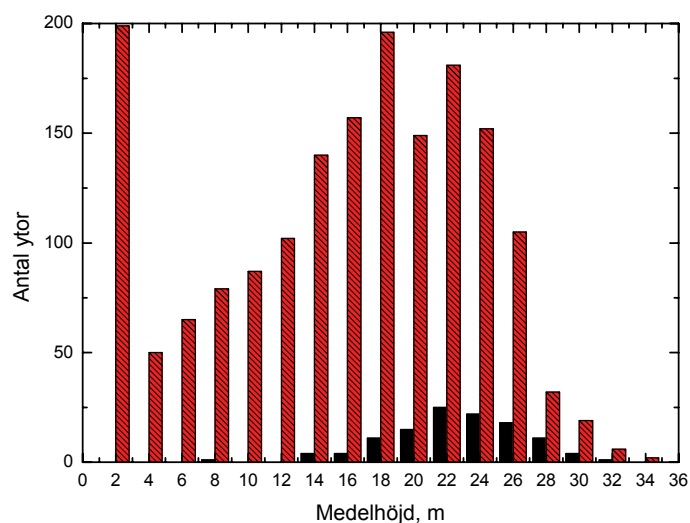
Skogforsk har utrett sambandet mellan proveniens och vindskadorna 2005 (Karls-son B, muntlig referens). De konstaterar att miljön där träden växer och hur de sköts är viktigare än trädens ursprung. Det visar sig genom att sambanden mellan vindskada och proveniens inte gett något tydligt svar. De få studier inom området som finns tillgängliga har fokuserat på effekter av snö (Meyfarth 1955, Remröd et al. 1972). Inom de extremaste höjdlägena och fjällskogarna bör uppflyttning av

provenienser ske med stor försiktighet, och inom områden med stark exponering för vind och snö bör sådan uppflyttning helt undvikas (Remröd et al. 1972).

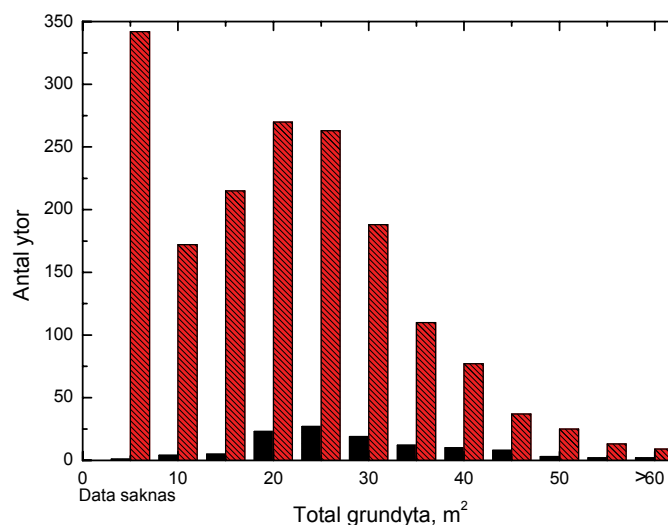
Vid analysen av SLU:s långsiktiga försöksytor ökade andelen skadad grundyta/ha med ytornas övre höjd ( $P < 0,0001$ , figur 23), ålder ( $P = 0,0140$ ), diameter ( $P < 0,0001$ ) och grundyta ( $P = 0,0088$ ). Analysen av skada/inte skada med hjälp av materialet från Riksskogstaxeringen visade också att skadorna ökade med medelhöjden ( $\chi^2_{df=1} = 72,6$ ,  $P < 0,0001$ ) och grundytan ( $\chi^2_{df=1} = 42,4$ ,  $P < 0,0001$ ) på ytan (figur 24 och figur 25), för diametern gällde förhållandet både för gran och totalt. Medelåldern för de skadade bestånden på Riksskogstaxeringsytorna var 68 år och för de oskadade 49,5 år. Dessa resultat kan betraktas som tillförlitliga, och överensstämmer med vad som visats i tidigare studier.



Figur 23. Andelen skadad grundyta/ha (%) i SLU:s långsiktiga försöksytor fördelad över övre höjd (m).



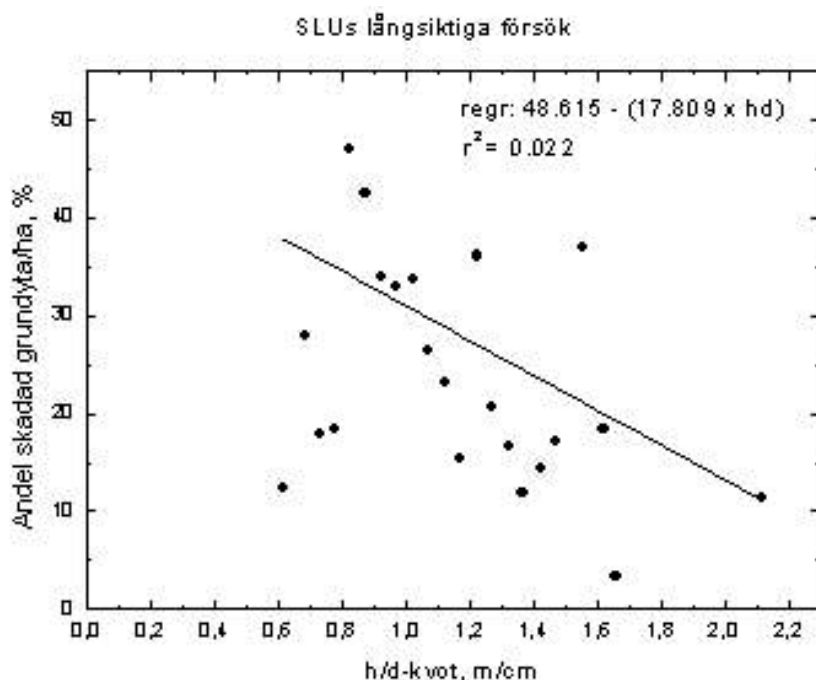
Figur 24. Fördelning av oskadade (grå) och skadade (svart) ytor över medelhöjd (m) i Riksskogstaxeringsmaterialet.



Figur 25. Fördelning av oskadade (grå) och skadade (svart) ytor över total grundyta (m<sup>2</sup>) i Riksskogstaxeringsmaterialet.

H/d-kvoten, höjd/diameter-kvoten, är ett sätt att beskriva trädens anpassning till förhärskande mekaniska förhållanden. En låg h/d-kvot kan sägas vara en anpassning till kraftig påkänning, träden växer sig grova men inte så långa, och en hög kvot representeras av träd med låg mekanisk belastning. Förhållandet har belysts i ett flertal studier (t.ex. Nørgaard Nilsen & Larsen 2001), och för enskilda träd innebär en låg h/d-kvot att det har en förhöjd stabilitet. Vid analysen av SLU:s långsiktiga försök var andelen skadad grundyta/ha högre på de ytor som hade låga h/d-kvoter ( $P < 0,0001$ , figur 26). Förhållandet skulle kunna indikera att träden blåste ned på de ytor där träden även tidigare utsatts för de kraftigaste mekaniska påkänningarna, men att de då klarat sig. Resultatet av analysen är emellertid så svagt att tidigare resultat inte kan vare sig bekräftas eller förkastas.





Figur 26. Andelen skadad grundyta/ha (%) i SLU:s långsiktiga försöksytor fördelad över h/d-kvot (m/cm), samt det linjära samband som representeras av materialet.

### Vad utmärker kvarstående träd?

Utifrån litteraturen konstateras att de träd som har en för ståndorten väl anpassad stamform har goda förutsättningar att klara av kraftiga vindpåkänningar (bl.a. Wood 1995, Nørgaard Nielsen & Larsen 2001). Som exempel på god ståndortanpassning kan nämnas träd i kustbandet och i fjälltrakterna som klarar av att motstå stora påkänningar från vind. Då analysen av SLU:s långsiktiga försök fokuserats på skadade bestånd och Riksskogstaxerings-materialet inte täcker in analys av enskilda träd har inte denna fråga inte kunnat undersökas fullständigt.

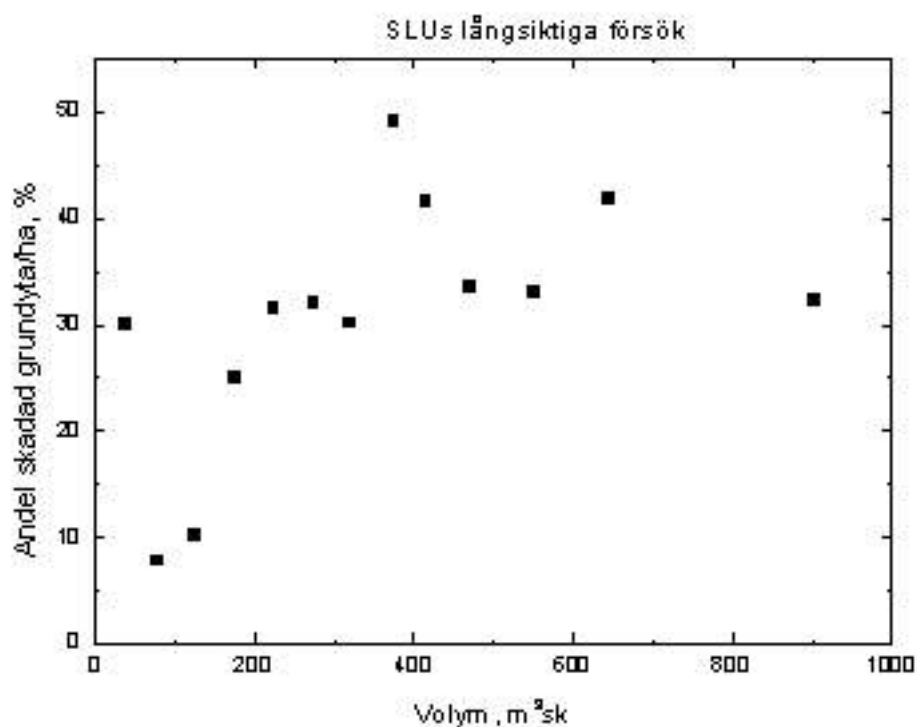
### Vad utmärker skadade bestånd (t.ex. volym, blandskog, olikåldriga/likåldriga bestånd, bryn)?

Ett flertal studier internationellt och i Sverige pekar på att risken för vindskada ökar med stigande kubikmassa (t.ex. Carlquist 1972, Persson 1972). Flerskiktade bestånd hade mindre skador än enskiktade (Indermüle et al. 2005). Risken för skada ökade om det fanns luckor i beståndet. Vid en genomgång av faktorer som påverkar risken för vindskada framgår att beståndsstrukturen sannolikt utgjorde en medelstor risk. Persson (1972) skriver att skiktade bestånd har något större stormfasthet än oskiktade och att slutavverkningsskogen var mer utsatt för skador än gallringsskogen (jfr högre, äldre, grövre, högre grundyta och volym).

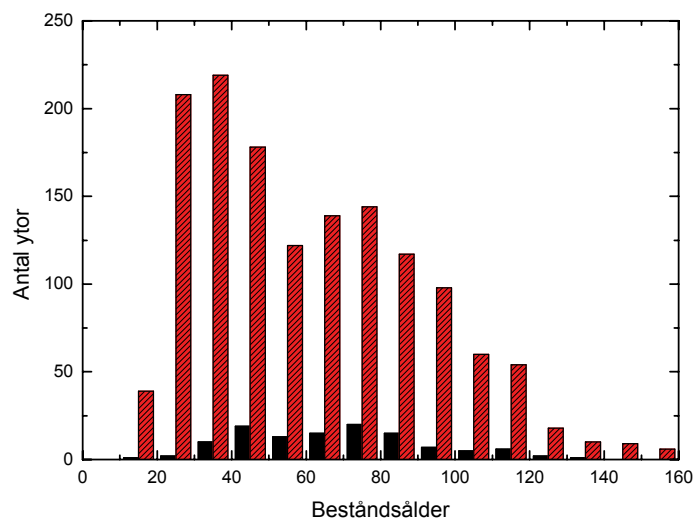
Mest påtagligt vid stormarna 1969 var att slutavverkningsskog drabbades värre än gallringsskog (Carlquist 1972). Samma gällde likåldrig skog i förhållande till olikåldrig. Beståndshöjden hade stor inverkan, vilken även samvarierar med bonitet och virkesförråd. Markförhållandena gav förhållandevis litet utslag.

Vid analysen av SLU:s långsiktiga försöksytor ökade andelen skadad grundyta/ha med ytornas volym/ha ( $P < 0,0001$ , figur 27). Riksskogstaxeringsmaterialet visade också att sannolikheten för skada ökade med ökad total grundyta/ha (se ovan),

volym/ha ( $\chi^2_{df=1} = 23,3$ ,  $P < 0,0001$ ), med ålder ( $\chi^2_{df=1} = 8,7$ ,  $P < 0,0032$ , figur 28), och att slutavverkningsskog drabbats hårdare än gallringsskog, och att flerskiktade ytor hade mindre skador än enskiktade. Resultaten är tillförlitliga.



Figur 27. Andelen skadad grundyta/ha (%) i SLU:s långsiktiga försöksytor fördelad över volym/ha ( $m^3 sk$ ).



Figur 28. Fördelning av oskadade (grå) och skadade (svart) ytor över beståndsålder i Riksskogstaxeringsmaterialet.

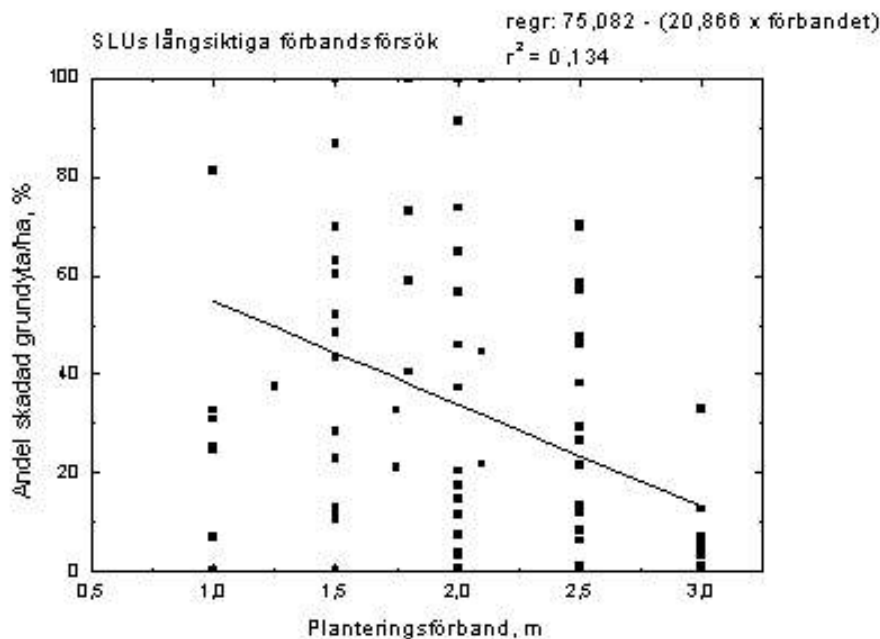
## Tidigare skötsel

### Hur påverkas skaderisken av olika röjnings- och gallringsprogram?

Då vindskador, som tidigare konstaterats, är vanligast i äldre, högre skog är beståndsanläggningens inverkan på vindskador föga utvärderat. Ökade planteringsförband, tidigare och hårdare röjning har ansetts ge garantier för bättre stormfasthet mot stormfällning. Från Storbritannien rapporteras att effekten av planteringsförband var olika på torrare och våtare marker (Fraser & Gardiner 1967). På torra marker gav vida förband och gallring en positiv effekt på rötternas utveckling, vilket gav stabilare bestånd. På våtare marker minskade däremot rotningsdjupet vid glesare förband eller efter gallring.

Carlquist (1972) fann att korridorgallring gav mera vindskador än traditionell gallring, samt att kalhuggning mot nygallrade bestånd bör undvikas. Han konstaterade också att bestånden är mest utsatta de första 2,5 åren efter gallring, men att det finns en ökad risk ännu efter 7,5 år. Att avverkning i bestånd under de senaste fem åren ger en ökad risk för skador rapporteras även av Indermüle et al. (2005), lika så ökar risken om det finns luckor i beståndet.

SLU:s långsiktiga försök i Götaland (98 observationer, enbart förbandsförsöken) visade en svag tendens till att risken för skada minskade med ökande planteringsförband ( $P=0,0002$ , figur 29). Här måste dock nämnas att risken även sammanhänger med antalet gallringar som utförts, och då försöken följts under lång tid betyder det att de täta förbanden också gallrats flest gånger. Resultatet, som är sannolikt, behöver utredas närmare.



Figur 29. Andelen skadad grundyta/ha (%) i SLU:s långsiktiga försöksytor fördelad över förbandet (m), samt det linjära samband som representeras av materialet.

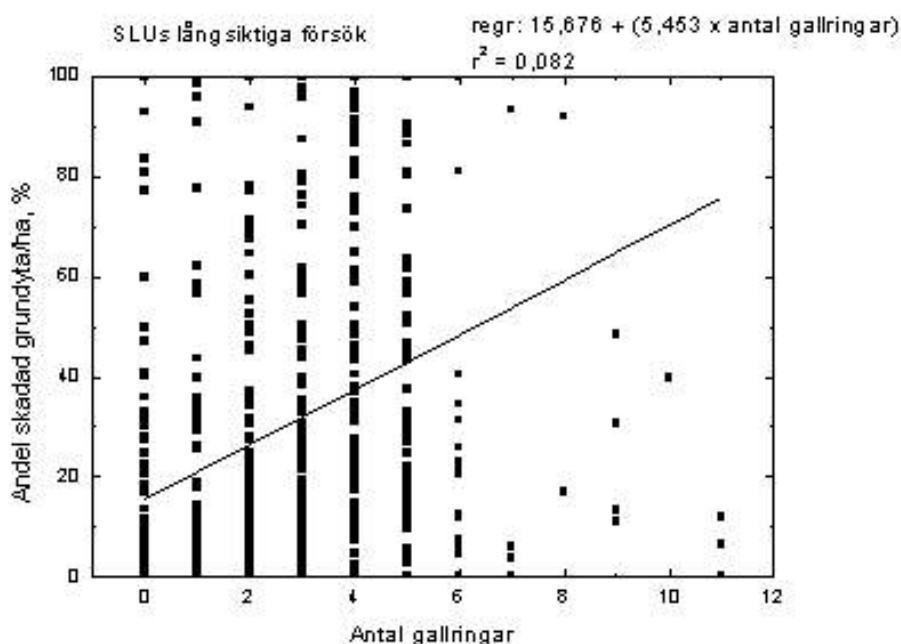
När det gäller tidpunkten för första gallring betonas vikten av att gallringarna utförs i tid mycket starkt därför att de största skadorna uppstår i sent gallrade täta bestånd (Persson 1972). Gruppställda bestånd löper större risk för framtida skador

än de med jämn stamfördelning p.g.a. att träden ofta har gängligare stammar och asymmetriska kronor.

För tall finns ett positivt samband mellan gallringsstyrka och vindskadefrekvens (Persson 1972, 1975). För gran är detta samband ännu starkare. Han ansåg att jämförelsen mellan trädslagen är svår att göra då de växer på olika mark och har olika grundtytor, granbestånden var dessutom betydligt tätare vid anläggningen av den gallrings- och gödslingsförsöksserie han utvärderade.

Ogallrade, liksom svagt låggallrade (<40 % av grundytan) försöksled i den s.k. gallrings- och gödslingsförsöksserien har haft små vindskador (Persson 1972, Valinger et al 1994, Valinger & Pettersson 1996). Höggallrade och hårt gallrade ytor i gran har fått mer vindskador än svagt låggallrade- och ogallrade ytor (Valinger & Pettersson 1996). För vindskador anger Persson (1972) att några vegetationsperioder kan vara tillräckligt för att även mycket hårda gallringar skall bli stabila. Han skriver att skaderiskens förändring över tiden ger en alltför mörk skadebild för de hårdare gallringarna, framför allt v.g. vindskadorna som drabbade nygallrade försöksytor i samband med 1900-talets mest omfattande stormfällning i Sverige (stormarna 1969). Vid en senare analys av samma material drabbades dessa behandlingar av vindskador under de första 6,5 åren efter gallringen (Valinger & Pettersson 1996).

Vid analysen av SLU:s långsiktiga försök, fanns det ett svagt samband mellan antal gallringar och andelen skadad grundyta/ha ( $P < 0,0001$ , figur 30), och vid analysen av Riksskogstaxeringsmaterialet fanns det ett klart samband mellan skada och utförd gallring under den senaste 5-årsperioden ( $\chi^2_{df=1} = 14,8$ ,  $P < 0,0001$ ). Dessa resultat är sannolika, men behöver utredas närmare.



Figur 30. Andelen skadad grundyta/ha (%) i SLU:s långsiktiga försöksytor fördelad över antal utförda gallringar, samt det linjära samband som representeras av materialet.

Carlquist (1972) visade att hyggeskanternas riktning påverkar stormfällningsrisken. Han konstaterade att hyggeskantens riktning efter vindens naggande i kanterna av ett hygge i utsatt läge till slut blir vinkelräta mot farligaste vindriktningen, därför bör kanten ligga vinkelrätt mot densamma. Hyggeskanter på vind- och läsi- da bör då anläggas på torrast lämpliga fastmark. I samband med hyggesupptagning bör hänsyn tas till de bestånd som finns runt hygget. Övriga hyggeskanter bör om möjligt läggas parallellt med vindriktningen. Han fann ingen inverkan av väggators riktning, men att ett minskat antal gallringar, inklusive stickvägsupptagning, minskar stormfällningsrisken. Effekten av nybrutna skogsgator och stickvägar borde ha liknande inverkan. Han pekar på att stickvägssystem som anläggs i väst-östlig riktning kan tänkas ha viss negativ effekt, samma effekt som vid korridorgallring. Carlquist (1972) fann ingen effekt av förekomst av rotröta på mängden skador i samband med stormarna 1969. Huruvida rotröteförekomst bidragit till skadornas omfattning vid stormen Gudrun har ännu inte kunnat utredas.

En detaljanalys av inverkan av olika gallringsregimer på vindskadors omfattning har tidigare gjorts med hjälp av den s.k. gallrings- och gödslingsförsökserien (Eriksson 1990, Valinger & Pettersson 1996). Efter vindskadorna 2005 uttogs samtliga försöksytor inom det skadedrabbade området i Götaland, 71 tall- och 88 granparceller, för separat analys. Det fanns ingen statistiskt säkerställd effekt på omfattningen av vindskador av hur behandlingarna utförts. Den faktor som däremot bidrog till skadornas omfattning var de enskilda försöksblockens belägenhet. Det innebär att vi inte kunde spåra någon åtgärd som hade kunnat minimera skadeutfallet vid detta enskilda skadetillfälle. Resultatet var det samma både för tall- och granytorna. Vad gäller behandlingarna gav analysen inget klart svar efter den kraftiga stormen, men sambanden bör utredas vidare.

### **Har dikessystems status i ett område påverkat skaderisken?**

Skog på marker som enbart tillåter ytlig rotutveckling, speciellt blöta marker är utsatta för vindskador, liksom nyligen gallrade vilka inte kan motstå vindenergin (Savill et al. 1997). Vid analys av stormfällningarna i samband med stormen Lothar i Centraleuropa 1999 visade det sig att högt vattenstånd i samband med vinden ökade skadorna (Indermüle et al. 2005). Liknande resultat presenterades av Persson (1972) och Carlquist (1972) efter stormarna i Sverige 1969. Carlquist (1972) anger att vindfällningsgraden är högre där dikningsbehov finns. Dikning av våtare marker ger träden möjlighet att utveckla djupare rotsystem (Fraser & Gardiner 1967). Persson (1972, 1975) anger att där rotutvecklingsförhållandena är goda minskar risken för vindfällning kort tid efter gallringen. Stambrott är vanliga där vertikalerötterna har haft möjlighet att utvecklas.

I analysen av Riksskogstaxeringsmaterialet fanns ingen tydlig inverkan av förekomsten av diken och deras status på sannolikheten för vindskada ( $P=0,1407$ ). Resultatet behöver utredas vidare.

## Ståndort och yttre faktorer

### Hur påverkar olika ståndortsförhållanden risken för stormskador (t.ex. bonitet, markfuktighet, jordart, jordmån och lutning/exponering)?

Quine (1992) beskriver tre komponenter i känslighet för skada på en ståndort: ständig, ökande och tillfällig. Den ständiga känsligheten bestäms av faktorer som består relativt oförändrade under hela beståndets livstid, såsom jordart eller för-ynglingsmetod. Den ökande innefattar åldersberoende faktorer som trädens form, höjd/diametersamband. Den tillfälliga komponenten består av förändringar i känsligheten beroende på skötsel av beståndet, gallring, röjning, avverkning av fröträd, liksom andra händelser som nederbörd (snö eller regn), eller om träden har löv när de utsätts för kraftiga vindar.

Analysen av stormen 1969 gav inget tydligt svar för att jordart eller jorddjup påverkade skadebilden, och ytstenighet gav inte några garantier för minskad stormfällning (Carlquist 1972). Dessa faktorer måste ses i relation till andra faktorer, som t.ex. markfuktigheten. Vindskadorna i det nu analyserade Riksskogstaxeringsmaterialet visade sig vara påverkade av jorddjupet ( $\chi^2_{df=1} = 8,1$ ,  $P = 0,0043$ ). Skadade ytor fanns endast på ståndorter med större jorddjup än 20 cm. Resultatet samvarierar troligen med andra faktorer som också visat sig ge högre sannolikhet för skada såsom t.ex. andel gran (se ovan) och boniteten ( $\chi^2_{df=1} = 9,6$ ,  $P = 0,0020$ ).

Det topografiska läget gav inget tydligt utslag på skademängden enligt Indermüle et al. (2005). De ansåg att markens surhetsgrad hade den största inverkan på mängden skador, genom att träden på sura marker får en nedsatt vitalitet är de mer utsatta. En medelstor risk för vindskada ansåg de fanns utifrån vattenhalten. De svenska resultaten (Carlquist 1972) visar att motluten (dvs. lutning i den riktning som är vänd emot vinden) har mer skador än medluten, därefter följer plana marker och sänkor och kuperade marker. Stormfällningsrisken avtar med stigande marklutning, vilket kan ha betydelse vid förläggning av t.ex. hyggeskanter, gallringsgränser och använda gallringsstyrkor. Vindfällningsgraden var alltså lägst i den grupp som ur vindsynpunkt borde ha varit mest utsatt. Analysen av Riksskogstaxeringsmaterialet avseende effekter av lutning gav inget signifikant resultat ( $P=0,7758$ ). Resultaten avseende de beskrivna ståndortsförhållandena behöver utredas vidare.

Den skadade andelen av grundytan/ha i SLU:s material från långsiktiga försöksytor visade att de mesta skadorna skett mellan latituderna 56° N och 56,5° N och mellan longituderna 12,5° E och 14,5° E. Det överensstämmer med det tidigare identifierade vindskadeområdet (jfr figur 6). De skadade provytorna i Riksskogstaxeringsmaterialet uppvisade ett liknande mönster över var skadorna efter stormen Gudrun inträffat (figur 9). Dessa resultat är tillförlitliga.

Bonitetens inverkan på vindskademängden analyserades efter stormen 1969 av Carlquist (1972) och han fann att skadorna var normalfördelade, dvs. det fanns inget klart samband mellan vindskador och bonitet. I Riksskogstaxeringsmaterialet däremot ökade vindskadorna med ökat ståndortsindex uppmätt enligt ståndortsfaktorer ( $\chi^2_{df=1} = 9,6$ ,  $P = 0,0020$ ). Resultatet är sannolikt riktigt, då de mest skadedrabbade länen Kronoberg, Jönköping och Halland samtliga hade högre medelbonitet på skogsmarksarealen än medelboniteten för Götaland, som var 8,7

m<sup>3</sup>sk/ha och år under perioden 1999–2003 (Skogsdata 2005). Medelboniteten för Götaland var 3,4 m<sup>3</sup>sk/ha och år högre än medelvärdet för hela landet.

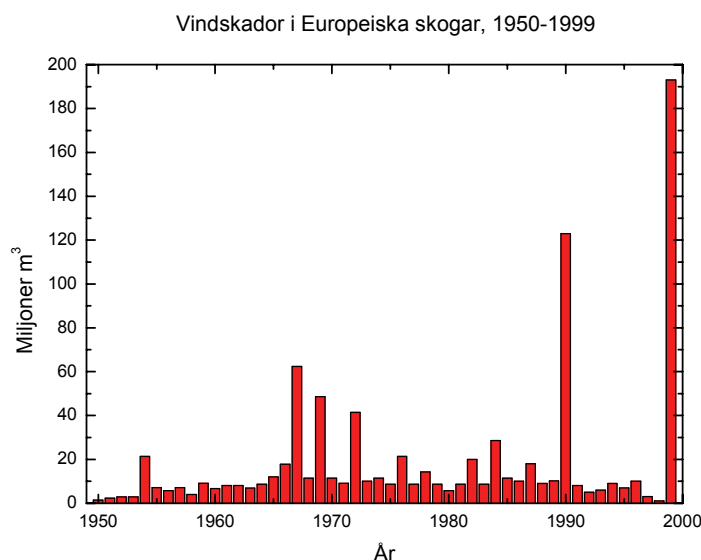
Vindskadorna på SLU:s långsiktiga försöksytor visade att höjden över havet hade en viss inverkan, skadorna ökade upp till ca 125 m ö.h. varefter de minskade ( $P < 0,0001$ ). Någon liknande trend fanns inte i Riksskogstaxeringsmaterialet.

För fuktigheten på den skadade ståndorten, som så ofta nämns som en viktig faktor i litteraturen fanns ingen effekt på skadornas omfattning vid analysen av SLU:s långsiktiga försök. I Riksskogstaxeringsmaterialet var variabeln humiditet (skillnaden mellan tillskott av vatten via nederbörd och avdunstning plus transpiration under vegetationsperioden) däremot signifikant ( $\chi^2_{df=1} = 11,9$ ,  $P = 0,0006$ ), vindskadorna ökade med ökad humiditet. Resultatet är sannolikt riktigt eftersom vindskadorna inträffade i de delar av Sverige där nederbörden normalt är hög (<http://www.smhi.se/>).

## Väder

### Analys av meteorologiska data i förhållande till faktiska skador

Den avgörande faktorn för om vindskador kommer att ske eller inte är förekomsten av allvarligare stormar. Under senare tid har analyser av vindskador och dess koppling till vädersituationer med hård vind intensifierats. En orsak till det ökade intresset har varit de stormar som drabbat Europa under senare tid (figur 31), och som medförde enorma skador på stående skog. De tre allvarligaste är Vivian 1990, då 120 milj. m<sup>3</sup> skadades (Lässig & Schönenberger 2000), Lothar 1999, som drabbade drygt 190 milj. m<sup>3</sup> (Lässig & Schönenberger 2000), och nu senast Gudrun 2005 när ca 100 milj. m<sup>3</sup> blåste ned (Norges Skogeierforbund och Skogbrand 2005). När stormen Gudrun drog fram orsakade den inte bara skador i Sverige utan även i Danmark och Baltikum. Den största mängden skador drabbade Sverige.

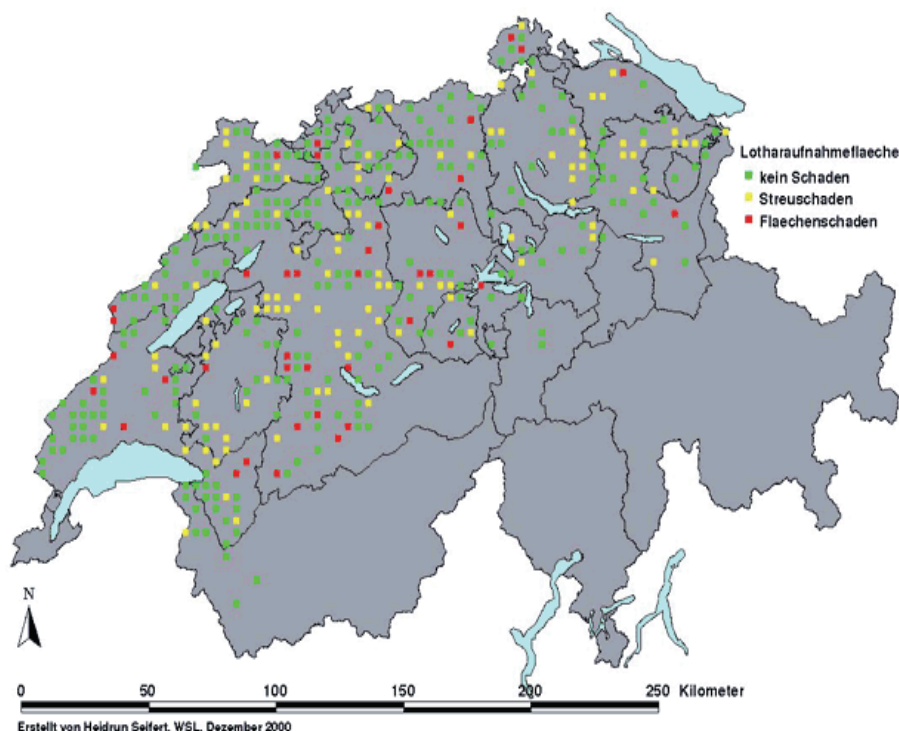


Figur 31. Vindskador i Europeiska skogar åren 1950-1999. (Efter Schelhaas, M.-J. 2003.)

De mest spektakulära och katastrofiska vindskadorna uppstår som ett resultat av stora stormar och tropiska cykloner (Quine et al. 1995). Dessa är ytterst sällsynta, det kanske kan vara 50 till 100 år mellan dem. Vanligtvis är det ganska små arealer, där vinden är som allra högst, som drabbas av dessa skador. Utmärkande för dessa typer av skador är att ingenting kan göras för att förhindra att de uppstår. Exempel på denna typ av stormar i Europa är de väldokumenterade stormarna i november 1972 och april 1973 i Saxen och i närliggande delar av Tyskland, Holland och Danmark, vilka drabbade 7 000 ha lövskog och 65 000 ha barrskog. En storm i oktober 1987 fällde 15 000 000 träd eller 4 milj. m<sup>3</sup> i södra Storbritannien. Vindhastigheter över 41 m/s uppmättes vid det senare tillfället.

Utifrån ett meteorologiskt perspektiv, var stormen Lothar ovanlig. Inte för det faktum att den bildades ur en cyklon över Atlanten utan för att det bildades en sekundär cyklon med lågt tryck inne i orkanen som gav enorma maximala vindstyrkor vid marknivå. Detta ledde också till starka byvindar, vilka bidrog till den stora mängden skador. Högsta vindhastigheterna uppstår nära uppstickande berg och speciellt där vinden dragit fram i dalgångar innan den möter uppskjutande bergsformationer. Det kan härledas ur det förhållande att rörelseenergin (E) i vinden är proportionell mot vindhastigheten (v) i kvadrat ( $E = m v^2/2$ , m=massan) varför en fördubbling av vindhastigheten orsakar 4 gånger högre kinetisk energi. Dessutom ökar rörelseenergin då luften har låg temperatur, dvs. luftens densitet är högre, vilket också bidrar till vindskador under vinterstormar. Fenomenet kunde uppmätas vid stormen Lothars passage av Schweiz. Under de 2,5 timmar den passerade Schweiz uppmättes vindhastigheter på 140 km/tim (ca 39 m/s) i dalgångar, och i bergsterräng över 240 km/tim (ca 67 m/s). Fjorton människor miste livet och 12,5 miljoner m<sup>3</sup> skog fälldes, vilket var 2-3 årsavverkningar eller totalt 3 % av Schweiz skogar (Bründl & Rickli 2002, figur 32).





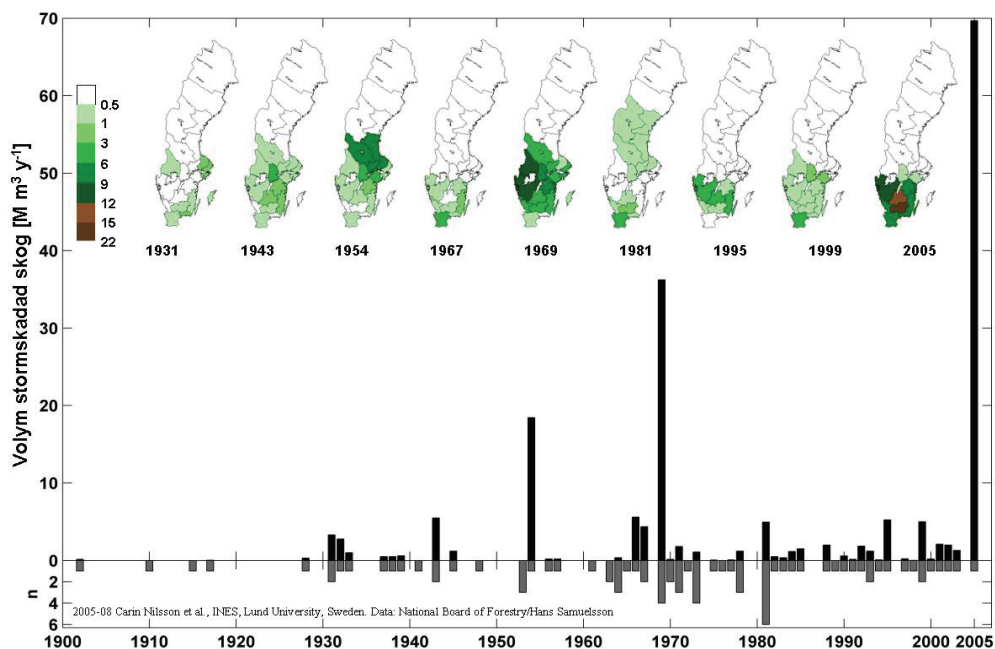
Figur 32. Stormen Lothars utbredning i Schweiz (Från: Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Davos, Schweiz).

Mayer (1989) skriver att inga träd klarar av stormar med hastigheter över 30 m/s i mer än 10 minuter. Uthålliga vindar med hastigheter mellan 25-29 m/s kan orsaka avsevärda skador på träd på nästan alla marktyper. Byvindar mellan 22-27 m/s-1 kan fälla individuella träd eller grupper av träd på marktyper där rotutvecklingen hämmats. Sådana byvindar kan uppstå när medelvindhastigheten är ca 18 m/s, vilket är hård kuling, vindstyrka 8 på Beaufortskalan. Vid analysen av sannolikheten för skada med hjälp av Riksskogstaxerings- och SMHI-data för byighet visade det sig att det fanns en koppling mellan var byvindhastigheterna varit högst och var skador inträffade ( $\chi^2_{df=1} = 27,9, P < 0,0001$ ).

Hur vinden beter sig över en yta med träd och hur det påverkar vindflödet har beskrivits av ett flertal forskare (t.ex. Finnigan & Brunet 1995, Gardiner et al. 2005). Normalt fluktuerar vindstyrkan oregelbundet och dessa fluktuationer orsakas av turbulens. Vid turbulens varierar vindhastigheten mycket under kort tid. Med några minuters mellanrum kan vindhastigheten öka eller minska med >5 m/s (byig vind). Genom att vindbyarna innehåller mycket rörelseenergi är det vanligare att byiga förhållanden leder till mer skador än relativt hög men stadig vind. Vanligen har vind liten skadlig effekt när trädkronorna har kontakt med närstående träd, men turbulens orsakar svajning som medför att stammar, grenar och rötter rör sig. Om sidorötter inte är väl förankrade kan det leda till att träd faller. Att turbulensen är slumpmässig syns på det oregelbundna mönster träden fallits, oberoende av vindens riktning (Finnigan & Brunet 1995).

Under 1900-talet och fram till idag har Sverige drabbats av ett flertal allvarliga stormar som medfört stora förluster av stående skog. Några av de mest tydliga är 1954, 1969, 1999 och 2005 års stormar (figur 33). Vilka områden som drabbats

värst av de olika stormarna kan också ses i figuren. I sammanhanget kan nämnas att Sveriges skogar i medeltal drabbas av en utspridd naturlig avgång orsakad av bl.a. vind och snö med i storleksordningen 4 milj. m<sup>3</sup>sk årligen (Valinger & Fridman 1995), vilket inte visas i figuren.

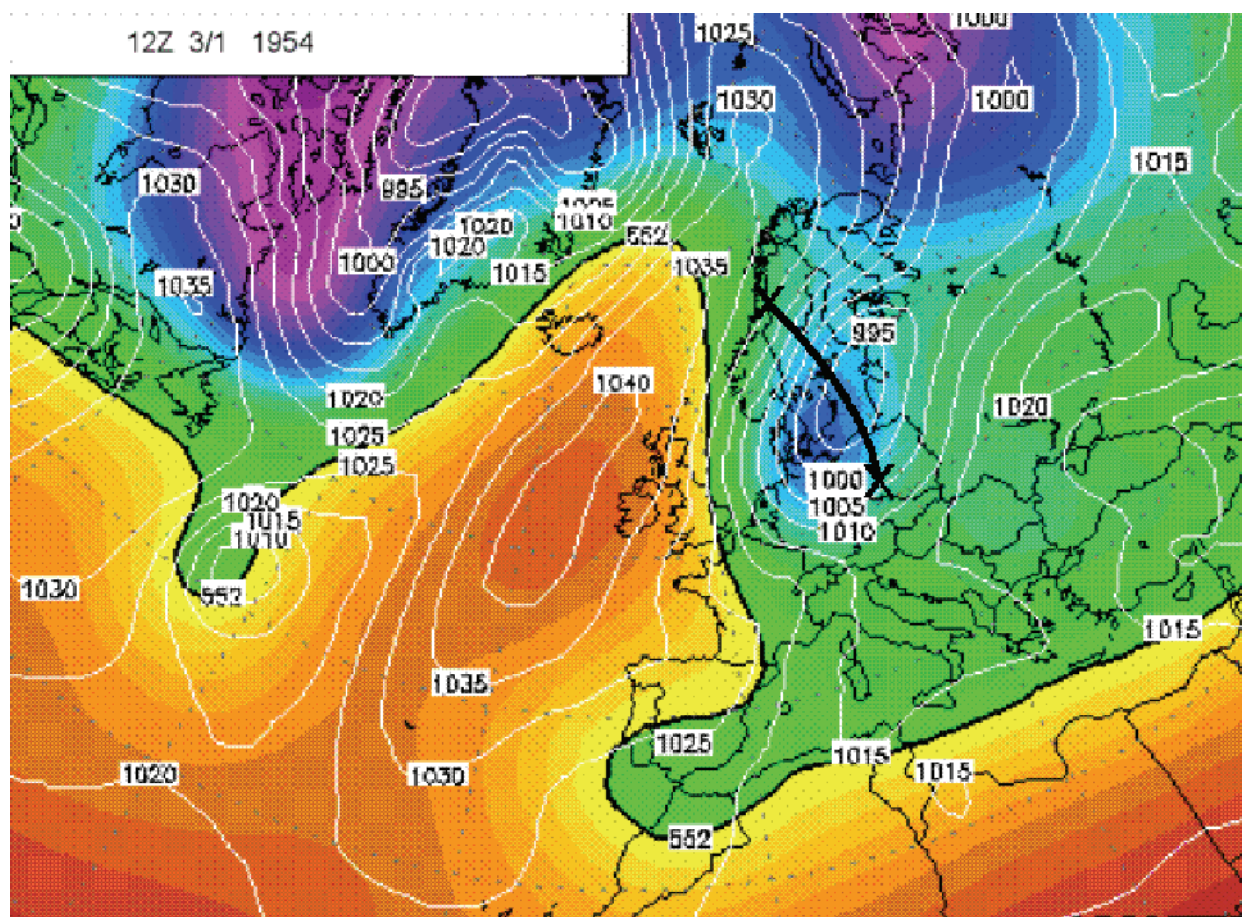


Figur 33. Årligt stormskadad volym, miljoner m<sup>3</sup>sk/år (övre staplarna). Uppgifter före 1930 saknas. Nedre staplarna visar antal stormar per år som förorsakat rapporter om stormskador. Kartorna visar länsvisa utbredningen för de större stormskadorna (Nilsson, C & Samuelsson, H. 2005).

## Allvarliga stormar i Sverige

### Stormen 3-4 januari 1954

Denna var den största av fyra snöstormar under januari månad 1954 (figur 34). Inom ett större lågtrycksområde med centrum nordost om Kolahalvön skedde fördjupning i dess lågtrycksrännan strax nordväst om Island under natten 1-2 januari 1954. Detta nya lågtryck rörde sig sedan snabbt in över norra Norrland under kraftig fördjupning (12Z 2/1) och ”tog över” det gamla lågtrycket. Det passerade därefter ut över Bottenhavet (12Z 3/1) och vidare söderut över Gotland och in över Polen (12Z 4/1). Lågtrycket hade under dagen den 2/1 en relativt kraftig tryckgradient mot söder vilket medförde en kraftig västvind över Svealand och Götaland, vilken ökade främst i Götaland under eftermiddag/kvällen. Under det att lågtryckscentrum rörde sig ut över Östersjön mitt på dagen den 3/1 hamnade den kraftiga tryckgradienten norr om centrum över Norrland. Starka vindar, först från nord över Norrlands inland, sedan från nordost över de östra delarna av Norrland följde denna utveckling. Dessutom strömmade kall luft efterhand in från Bottenhavet vilken troligen medförde kraftigt snöfall (orografiskt förstärkt) över de östra delarna av Norrland. Under natten till den 4/1 kvarstod en kraftig nordostvind över främst Svealand och norra Götaland. Den högsta 10-minuters medelvindhastighet som uppmättes vid SMHI-stationen Agö var 36 m/s. Stormen drabbade främst södra Norrland, Svealand och norra Götaland. Den orsakade skador i storleksordningen 18,5 milj. m<sup>3</sup>sk (Holmberg 2005).



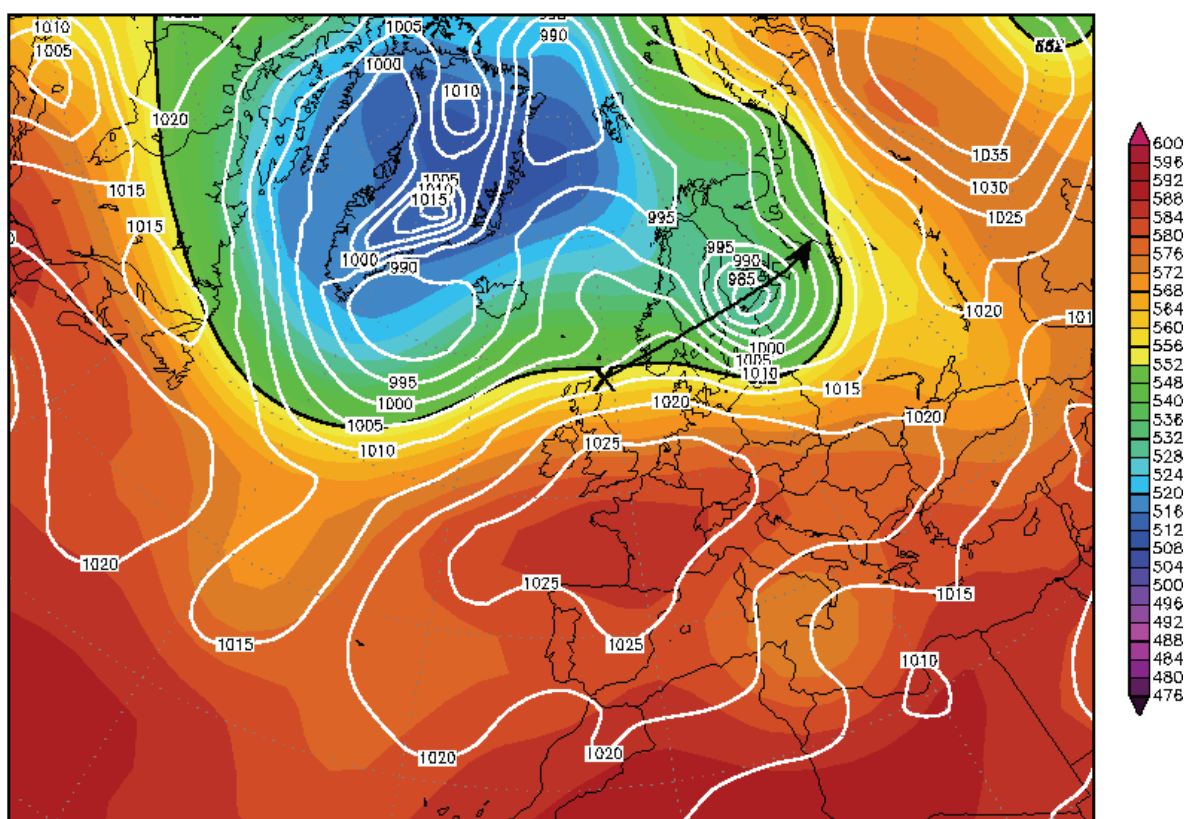
Figur 34. Tryckfält kl 12Z den 3 januari 1954 ([www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de), NCEP Reanalysis). X markerar lågtryckscentrum före och efter presenterad tryckkarta.

#### Stormen 22-23 september 1969

Ett lågtryck rörde sig relativt långsamt från Shetlandsöarna (00Z 22/9) över norra Svealand till Finska viken (00Z 23/9) och sedan vidare österut (figur 35). Lågtrycket hade kraftiga tryckgradienter främst i dess sydvästra och västra sida vilket orsakade höga vindhastigheter från nordväst och från nord, särskilt kännbart torde detta varit i de östra delarna av Svealand och Götaland, men också vid den södra Norrlandskusten. Lågtryckets långsamma förflyttning torde ha medfört åtskilliga timmar med höga vindhastigheter i de drabbade områdena. Högsta 10-minuters medelvind, 35 m/s, uppmättes vid SMHI-stationen Ölands södra grund.



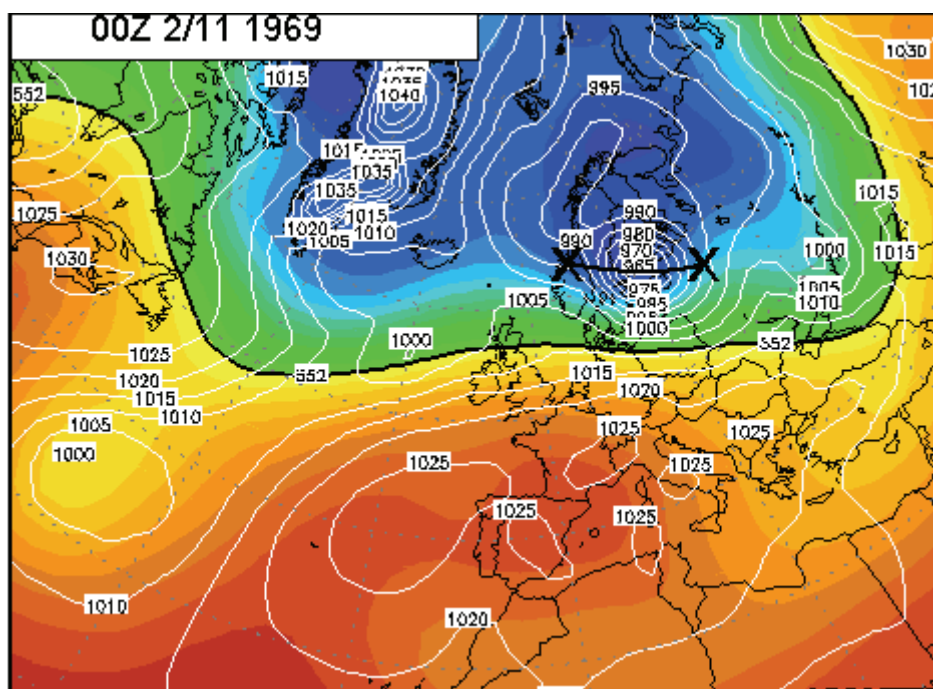
Tue, 23 SEP 1969 00Z



Figur 35. Tryckfält kl 00Z den 23 september 1969 (www.wetterzentrale.de, NCEP Reanalysis). X markerar lågtryckscentrum 00Z 22/9 (24 timmar före presenterad tryckkarta).

### Stormen 1-2 november 1969 (Allahelgona-orkanen)

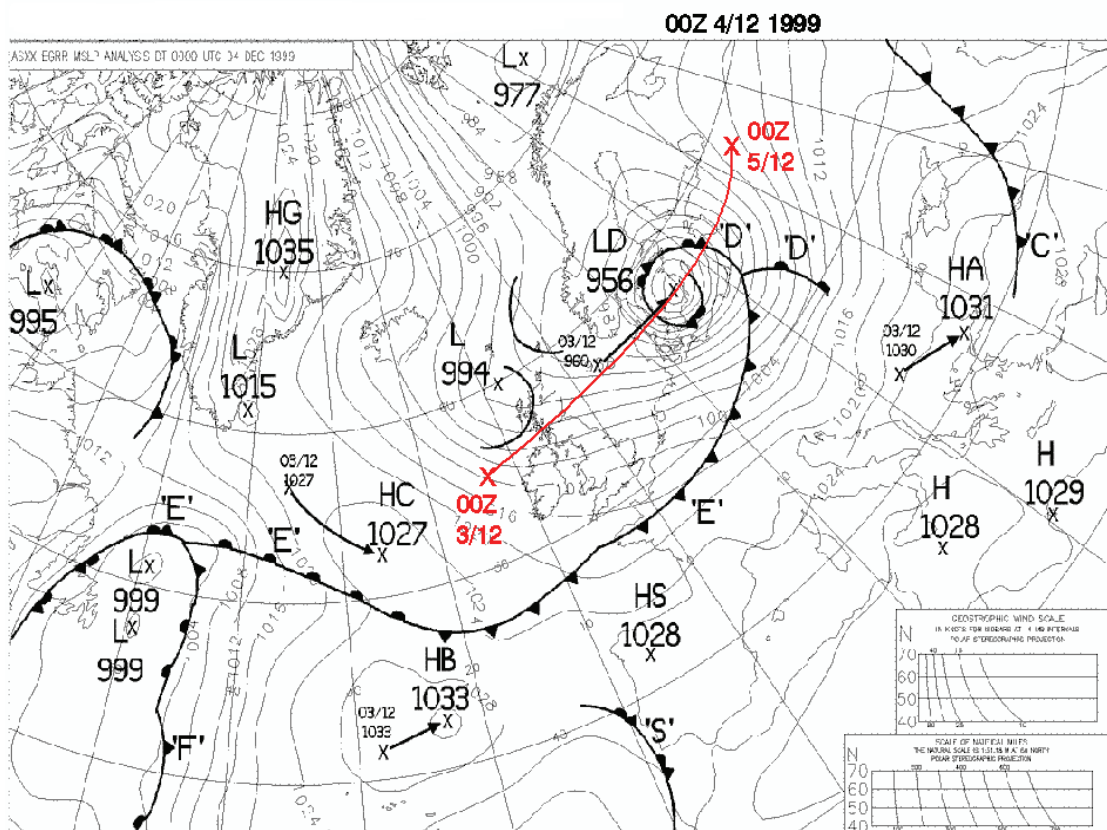
Ett lågtryck med centrum strax nordost om Bergen (12Z 1/11) fördjupades snabbt och rörde sig på 12 timmar till Åland (00Z 2/11) och sedan vidare österut in över norra Baltikum och Ryssland där lågtrycket också försvagades (figur 36). Lågtrycket var relativt koncentriskt med litet centrum, dvs. det var stora tryckgradienter även nära centrum. Största tryckgradienterna fanns dock på lågtryckets västra sida, dvs. de kraftigaste vindarna torde ha kommit från nord-nordväst över Svealands centrala-östra del då lågtryckscentrum hade passerat över Åland. Utmärkande var att lågtrycket rörde sig snabbt och hade kraftiga tryckgradienter runt om och nära centrum, vilket medförde kraftiga vindar som under Allahelgonnatten ändrade riktning från sydost-syd-sydväst-väst-nordväst-nord över Svealand. Högsta 10-min medelvindhastighet uppmättes vid SMHI-stationen Örskär till 36 m/s. Denna storm och stormen 22-23 september 1969 orsakade skador på skog i en omfattning av ca 37 milj. m<sup>3</sup>sk (Holmberg 2005).



Figur 36. Tryckfält kl 00Z den 2 november 1969 ([www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de), NCEP Reanalysis). X markerar lågtryckscentrum 12Z 1/11 och 12Z 2/11.

#### Stormen 3-4 december 1999

Ett lågtryck gick i en nästan rak östlig riktning från nordvästra Irland (00Z 3/12) över Småland (00Z 4/12) och vidare österut in mot Ryssland (figur 37). Lågtrycket hade en cirkulär form med kraftiga tryckgradienter såväl söder som väster om lågtryckscentrum, vilket medförde måttligt kraftiga inledande sydvästlig vind, kraftig västvind och efterföljande mycket kraftiga och troligen byiga nordvästvindar i samband med lågtryckspassagen. Lågtrycket gick en sydligare bana jämfört med stormen i januari 2005 varför södra Götaland och Danmark drabbades hårdast. Lågtryckets förflyttning var också något långsammare jämfört med stormen i januari 2005 varför perioden med höga vindhastigheter varade längre tid. Högsta 10-minuters medelvindhastighet uppmättes i Danmark till 36 m/s. Stormen orsakade skador på skog i en omfattning av ca 5 milj. m<sup>3</sup>sk (Holmberg 2005).



Figur 37. Tryckfält kl 00Z den 4 december 1999 (www.wetterzentrale.de).

### Stormen 8-9 januari 2005

Stormen Gudrun som gav upphov till den största mängden skogsskador i Sverige sedan 1900-talets början, ca 75 milj. m<sup>3</sup>sk (Holmberg 2005). Den är beskriven ingående under kapitel Stormen (se figur 3), varför den utlämnas vid denna genomgång av de större stormarna som drabbat Sverige.

### Hur har träden fällts?

På de inventerade obsyterna i Götaland fanns totalt 405 vindskadade träd efter stormen Gudrun, vilket motsvarade 11 % av de inventerade träden (tabell 9). Kronobergs län stod för 45 % av de skadade träden i materialet.

Tabell 9. Klassning av samtliga inventerade träd på obs-yterna

| Område         | Trädslag | Oskadade | Skadade | Andel skadade, % |
|----------------|----------|----------|---------|------------------|
| Götaland       | Gran     | 2606     | 366     | 14,0             |
|                | Tall     | 1084     | 39      | 3,6              |
|                | Totalt   | 3690     | 405     | 11,0             |
| Kronobergs län | Gran     | 304      | 169     | 55,6             |
|                | Tall     | 128      | 12      | 9,4              |
|                | Totalt   | 432      | 181     | 41,9             |

Över 89 % av de tallar och granar som hade kända skador var rotvälda (tabell 10). Andelen stammar med stambrott var högre bland tallarna (10 %) än granarna (2 %).

**Tabell 10. Skadade trädets fördelning över skadeklasser**

| Trädslag | Skadeklass | Antal träd | Andel, % | Andel av kända skador, % |
|----------|------------|------------|----------|--------------------------|
| Gran     | lutande    | 5          | 1,1      | 1,3                      |
|          | rotvält    | 361        | 76,5     | 96,3                     |
|          | stambrott  | 9          | 1,9      | 2,4                      |
|          | okänd      | 97         | 20,6     | -                        |
|          | TOTALT     | 472        | 100      | 100,0                    |
| Tall     | lutande    | 0          | 0        | 0                        |
|          | rotvält    | 34         | 85,0     | 89,5                     |
|          | stambrott  | 4          | 10,0     | 10,5                     |
|          | okänd      | 2          | 5,0      | -                        |
|          | TOTAL      | 40         | 100,0    | 100,0                    |

Fällningsriktningarna på de omkullblåsta träden inventerades inte på obsytorna, men vid inventeringen av SLU:s långsiktiga försök visade det sig att variationen i fällriktning var liten. På Tönnersjöhedens försökspark med omgivning (Västra Götaland) låg träden med toppen nästan uteslutande i riktning mot nordost. I Småland var det lite mera variation mellan nordostlig och östlig riktning. Resultaten avseende skadeklass och fällningsriktning är tillförlitliga.

## Andra förhållanden

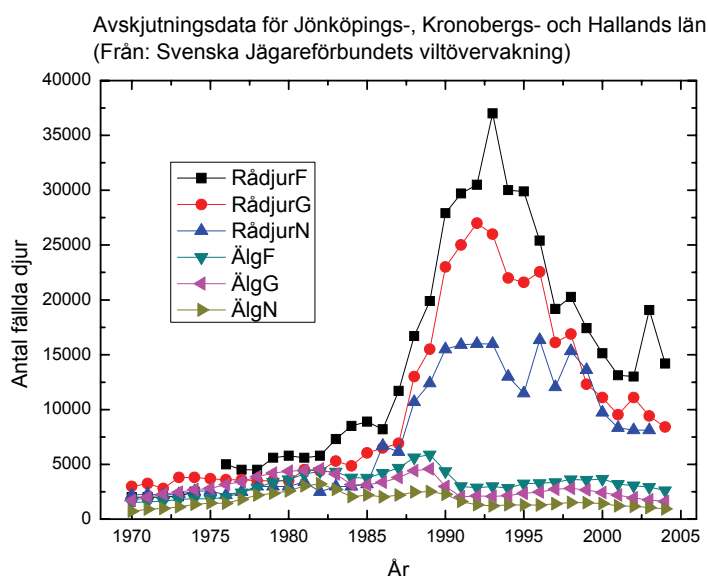
### **Kommer viltstammarnas numerär att förhindra ett ståndortsanpassat trädslagsval och trädskadning av betesprefererade trädslag?**

I Sverige finns inga kända studier som direkt besvarar de frågor som är av intresse för att belysa huruvida viltstammarnas numerär förhindrat eller kan komma att förhindra ett ståndortsanpassat trädslagsval i vindskadade områden (Edenius, L. muntlig referens). Internationellt har studier gjorts för att belysa detta. I Schweiz genomfördes en analys efter stormen Vivian som drabbade landet 1990 (Senn et al. 2002). De konstaterade att betande djur traditionellt uppfattas som ett hot mot naturlig förnying i vindskadade områden. De studerade djurens påverkan på den vegetation som etablerades i luckor efter vindskadade på den norra sidan av de Schweiziska Alperna. Femtio par av stängslade och ostängslade ytor etablerades sju år efter vindskadan och växtarter och vegetationstäckningsgrader registrerades. Vid försöksstarten fanns inga skillnader i vegetationstäckningen, inkluderat vedartade växter, mellan de två behandlingarna. Tre år senare hade vegetationstäckningen ökat med 40 % på båda behandlingarna. Således fanns ingen effekt av betande klövdjur på vegetationen. Djuren hade endast lindrig effekt på några av de studerade plantgrupperna: mjölke (*Epilobium angustifolium*), vilken de prefererar, var färre i kontrollen än på den inhägnade behandlingen, medan frekvensen av andra

favoritarter som t.ex. blåbär (*Vaccinium myrtillus*) inte påverkades. Antalet planter och små träd hade ökat fyra gånger i båda behandlingarna vid avslutningen av försöket. Således hade betning vare sig påverkat utvecklingen eller överlevnaden av vedartade växter. Bara rönn (*Sorbus aucuparia*), en art som herbivorererna prefererar, var 30 % högre inom den inhägnade behandlingen. Andra prefererade arter, som Tysklönn (*Acer pseudoplatanus*), påverkades inte av betning. Deras tolkning av resultaten var att trots att växtätare kan påverka ekosystem och reducera vegetationen så ökade plantbiomassan i de vindskadade luckorna så mycket att det överträffade djurens behov och den beteskapacitet de hade. De hade möjlighet att välja den art de tyckte bäst om. Resultaten pekar på att det inte finns bevis för att betande klövvilt hotar naturlig föryngring av skogsbestånd i vindskadeluckor.

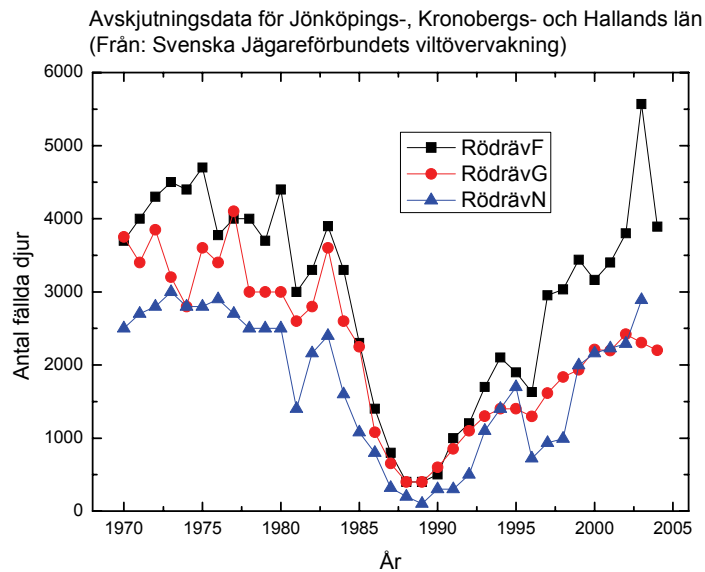
### Funktionell och numerisk respons

Hur situationen i Sverige kommer att bli i efterförloppet av stormen Gudrun är svårt att säkert veta. En trolig effekt av en ökad föryngringsareal är en ökad fordertillgång, vilken inom några år leder till att populationerna av älg, hjort och rådjur ökar i antal. Så, om inget görs så kan betestrycket öka lokalt. Innan populationerna av betande klövvilt hunnit öka kan det ökade utbytet av föda ge till resultat att betesskadorna blir mindre totalt sett på enskilda föryngringsytor (Edenius, L. muntlig referens). Det kan också medföra att betning av de mest prefererade arterna ökar. Till bilden hör också att det är stora oklarheter vad gäller antalet älgar, hjortar och rådjur samt hur många lodjur och rävar det finns i det vindskadedrabbade området. När ungskogsarealen ökar blir uppskattningen av stammarna av dessa djur än svårare. Det vi kan förlita analysen på är avskjutningsstatistiken för rådjur och älg (figur 38) som kan innebära framtida problem vid etablering av plantskogen och deras viktigaste predator i området, rödräven (figur 39).



Figur 38. Avskjutningsstatistik för rådjur och älg inom det mest stormskadedrabbade länen, Jönköpings- (F), Kronobergs- (G) och Hallands (N) län (Data från Kindberg, J. Svenska Jägareförbundets viltövervakning).





Figur 39. Avskjutningsstatistik för rödräv inom det mest stormskadedrabbade länen, Jönköpings- (F), Kronobergs- (G) och Hallands (N) län (Data från Kindberg, J. Svenska Jägareförbundets viltövervakning).

Med hjälp av avskjutningsstatistiken kan effekterna av rävskebans utbredning under 80-talet tydligt ses. Under senare delen av 80-talet sköts få rävar med en samtidig uppgång i avskjutningen av rådjur. När rödräven sedan åter etablerade sig under senare delen av 90-talet minskade avskjutningen av rådjur. Rödrävsavskjutningen ligger idag på en nivå som indikerar en hög population, liknande den som rådde innan rävskebans. Om rådjurens numerär ökar i samband med en ökad fodermängd efter stormen har rödräven minst lika goda möjligheter att öka i antal, eftersom de ökar minst lika fort (Ericsson, G. muntlig referens). Det bör betyda att trots att man vet att det tar drygt två år innan jägarkåren kommer att reagera på uppmaningar från myndighetshåll att öka avskjutningen för att säkerställa förökningsresultaten för betesprefererade trädslag (Solberg et al. 1999), så kommer räven att hjälpa till att hålla antalet rådjur på en lägre nivå än idag. Det bör betyda att betestrycket från rådjur på förökningsytorna kommer att ligga på den nivå som rådde fram till mitten av 80-talet. När det gäller inverkan på förökningsringen av älgen bli analysen mer osäker. Den ökade fodermängden leder troligen till en ökning av älgstammen, varför det är viktigt att snabbt få en god kännedom om populationens utveckling samt betestrycket på plantskogen via inventeringar.

## 5 Slutord

Stora delar av analysarbetet inom Delprojekt A kunde inte utföras förrän flygbilder över Riksskogstaxeringsytorna fanns tillgängligt för tolkning. Det innebar att detaljanalyser av samband mellan de uppmätta variablerna inte hanns med på ett helt tillfredställande sätt under den korta tid som stod till förfogande innan årsskiftet 2005/06. I flertalet av analyserna inom delprojektet analyserades därför endast inverkan av enskilda variabler var för sig på sannolikheten för skada (Riksskogstaxeringsmaterialet), respektive skadad andel av grundytan (SLU:s långsiktiga försök). En annan aspekt på detta förfarande var försiktighet i fråga om att övertolka det enskilda skadetillfället.

Sedan materialet för denna del av arbetet inom projekt Stormanalys insamlats har ytterligare obearbetat material insamlats, bl.a. 2006 års fältmätningar inom Riksskogstaxeringen. Med hjälp av en komplettering av data kan betydligt mer omfattande analyser göras. Då kan samband utredas ytterligare, t.ex. blir studier av vindskador på enskilda träd möjliga med hjälp av ett objektvt sampel. De data som hämtats från SLU:s långsiktiga försök hade, som tidigare beskrivits, endast hämtats från skadade parceller, vilket gjorde att analyser av skillnader mellan skadade och oskadade träd inte kunde utföras invändningsfritt.

De analyser som utförts inom Delprojekt A verifierade i flertalet fall redan tidigare kända riskfaktorer. Förhållandet gör att det är viktigt att fortsätta arbetet med att föra ut kunskapen kring de kända faktorer som ökar risken för vindskador i den svenska skogen.

## 6 Referenser

- Andersen, K. F. 1954. Gales and gale damage to forests, with special reference to the effects of the storm of 31st January, in the northeast Scotland. *Forestry* 27, 97-121.
- Brandel, G. 1990. Volymfunktioner för enskilda träd. Tall, gran och björk. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsproduktion, Rapport nr 26, 181 pp.
- Bründl, M. & Rickli, C. 2002. The storm Lothar 1999 in Switzerland – an incident analysis. *For. Snow Landsc. Res.* 77, 1/2: 207–216.
- Carbonnier, Ch. 1954. Några exempel på produktionen i planterad granskog i södra Sverige. *Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut* 44(5):1-59
- Carlquist, C-G. 1972. Studier över stormfällningar av skog år 1969 inom V Sverige. Domänverket, centralförvaltningen. Stencil.
- Claesson, S. & Paulsson, J. 2005. Flyginventering av stormfälld skog – januari 2005. PM 2005-02-02. Skogsstyrelsen. 10 s.
- Dobbertin, M. 2002. Influence of stand structure and site factors on wind damage comparing the storms Vivian and Lothar *For. Snow Landsc. Res.* 77, 1/2: 187–205.
- Eriksson, H. 1990. Hur har det gått med höggallringen? SST 2/90, 15 s.
- Eriksson, H. & Karlsson, K. 1997. Olika gallrings- och gödslingsregimers effekter på beståndsutvecklingen baserat på långliggande experiment i tall- och granbestånd i Sverige. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsproduktion, Report 42, 135 pp
- Finnigan, J. J. & Brunet, Y. 1995. Turbulent airflow in forests on flat and hilly terrain. Sid. 3-40. In: *Wind and trees* (Eds. M.P Coutts & J. Grace). Cambridge University Press.
- Fraser, A. I. 1964. Wind tunnel and other related studies on coniferous trees and tree crops. *Scottish Forestry* 18, 84-92.
- Fraser, A. I, 1965. The uncertainties of wind-damage in forest management. *Irish Forestry* 22, 23-30.
- Fraser, A. I. & Gardiner, J. B. H. 1967. Rooting and stability in Sitka spruce. *Bull. For. Com.* No 40, 1-28.
- Gardiner, B., Marshall, B., Achim, A. Belcher, R. & Wood, C. 2005. The stability of different silvicultural systems: a wind-tunnel investigation. *Forestry* 78, 471-484.
- Hesselman, H. 1912. Om snöbrotten i norra Sverige vintern 1910-11. *Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt* 9, 47-74.
- Holmberg, L-E. 2005. Sammanställning av stormskador i Sverige under senaste 210 åren. Rapport 9. Skogsstyrelsen.
- Indermüle, M., Raetz, P. & Volz, R. 2005. LOTHAR Ursächliche Zusammenhänge und Risikoentwicklung . *Synthese des Teilprogramms 6. Umwelt-*

- Materialien Nr. 184. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Bern. 145 s.
- Karlsson, K. 1998. A strategy for reducing the number of sample trees when estimating stand volume on sample plots. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Yield Research, Report 43, 18pp.
- Larsson-Stern, M., Albrektsson, A. & Ekö, P. M. 1996. Hybridlärk (*Larix X eurolepis* Henry) i södra Sverige. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap, Arbetsrapport 12, 36 pp
- Lässig, R. & Schönenberger, W. 2000. Nach "Lothar" und "Vivian" – Erfahrungen profitieren. Wald und Holz 81, 179-194.
- Mayer, H. 1989. Windthrow. Philosophical transactions of the Royal Society of London, B324, 267-81.
- Meyfarth, H. 1955. Schnee- und Sturmschäden im Thüringer Wald. Forst und Jagt Zeitung 5, 53-56.
- Nepveu, G., Bailly, A. & Coquet, M. 1985. The susceptibility of *Picea excelsa* to wind damage may be explained by the wood density being too low. Revue Forestière Française 37, 305-308.
- Newnham, R.M. 1965. Stem form and the variation of taper with age and thinning regime. Forestry 38, 218-224.
- Nørgaard Nielsen, C. & Larsen, J.B. 2001. Stormstabilitet og naturnæaer skovdrift – med focus på bevoksninger med en høj nåletræandel. Dansk Skovbrugs Tidsskrift 86, 264–284.
- Norges Skogeierforbund och Skogbrand. 2005. Beredskapsplan for bruk ved omfattande stormskader. Rapport juni, 2005. Norges Skogeierforbund og Skogsbrand, Oslo.
- Persson, P. 1972. Vind- och snöskadors samband med beståndsbehandlingen – inventering av yngre gallringsförsök. Institutionen för skogsproduktion, Rapporter och Uppsatser, Nr 23. Skogshögskolan. Stockholm. 205 s.
- Persson, P. 1974. Beståndsbehandlings inverkan på risken för vind- och snöskador. In: Framtidsskogen – skogsproduktionens mål och medel. Skogshögskolan, Institutionen för skogsproduktion, Rapporter och uppsatser nr 33:162-177.
- Persson, P. 1975. Stormskador på skog – uppkomstbetingelser och inverkan av skogliga åtgärder. Institutionen för skogsproduktion, Rapporter och uppsatser, Nr 36. Skogshögskolan, Stockholm. 294 s.
- Persson, T. & Nilsson, L-O. (eds.) 2001. Skogabyförsöket. Effekter av långvarig kväve- och svaveltillförsel till ett skogsekosystem. Naturvårdsverket, Rapport 5173, 220 pp.
- Pettersson, N. 1992. The effect on stand development of different spacing after planting and precommercial thinning in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsproduktion, Rapport 34, 17 pp

- Quine, C.P. 1992. Windthrow as a constraint on silviculture. Proceedings of a symposium 28-29 November 1991, 21-29. Institute of Chartered Foresters, Edinburgh.
- Quine, C.P., Coutts, M.P., Gardiner, B.A. & Pyatt, D.G. 1995. Forests and wind: management to minimize damage. Forestry Commission Bulletin 114. HMSO, London.
- Remröd, J., Ericsson, T. & Andersson, G. 1972. Norrländska granproveniensenförsök. Föreningen skogsträdsförädling och institutet för skogsförbättring, Årsbok 1971, 140-197.
- SAS Institute Inc. 1987. SAS/STAT<sup>TM</sup> Guide for personal computers, version 6 edition. Cary, NC:SAS Institute Inc., 1028 s.
- Savill, P., Evans, J., Auclair, D. & Falck, J. 1997. Plantation silviculture in Europe. Oxford University Press. Oxford, New York, Tokyo. 297 s. ISBN 0-19-854909-1.
- Schelhaas, M.-J., Nabuurs, G.-J. & Schuck, A. 2003. Natural disturbances in the European forests in the 19<sup>th</sup> and 20<sup>th</sup> centuries. Global Change Biology 9, 1620-1633.
- Senn, J., Wasem, U. & Odermatt, O. 2002. Impact of browsing ungulates on plant cover and tree regeneration in windthrow areas. For. Snow Landsc. Res. 77, 1/2: 161-170.
- Skogsdata 2004. Aktuella uppgifter om de svenska skogarna från Riksskogstaxeringen. SLU, Inst f resurshushållning och geomatik. 124 s.
- Skogsdata 2005. Aktuella uppgifter om de svenska skogarna från Riksskogstaxeringen. SLU, Inst f resurshushållning och geomatik. 108 s.
- SMHI 2005 a. Redovisning av krishanteringsarbetet i samband med orkanen som drabbade södra Sverige i januari 2005. Rapport regeringsuppdrag. SMHI.
- SMHI 2005 b. Januaristormen 2005. SMHI Kan hämtas på [http://www.smhi.se/sgn0102/n0205/faktablad\\_janstorm.pdf](http://www.smhi.se/sgn0102/n0205/faktablad_janstorm.pdf)
- Solberg, E. J., Sæther, B.-E., Strand, O. & Loison, A. 1999. Dynamics of a harvested moose population in a variable environment. Journal of Animal Ecology 68: 186-204.
- Staafl, H., Persson, T. & Bertills, U. (eds.) 1996. Skogsmarkskalkning. Resultat och slutsatser från Naturvårdsverkets försöksverksamhet. Naturvårdsverket, Rapport 4559, 290 pp.
- Valinger, E. 1992. Effects of thinning and nitrogen fertilization on stem growth and stem form of Pinus sylvestris trees. Scandinavian Journal of Forest Research 7, 219-228.
- Valinger, E., Lundqvist, L. & Brandel, G. 1994. Wind and snow damage in a thinning and fertilisation experiment in Pinus sylvestris. Scandinavian Journal of Forest Research 9, 129-134.
- Valinger, E. & Fridman, J. 1995. Vind- och snöskador – omfattning och motåtgärder. Skog & Forskning 3, 40-45.

- Valinger, E. & Pettersson, N. 1996. Wind and snow damage in a thinning and fertilization experiment in *Picea abies* in southern Sweden. *Forestry* 69, 25-33.
- Werner, F. och Årmann, J. 1955. Stormfällningens dynamik – en studie. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 53, 311-330.
- Volbrecht, G., Johansson, U., Eriksson, H. & Stenlid, J. 1995. Butt rot incidence, yield and growth pattern in a tree species experiment in southwetsren Sweden. *Forest Ecology and Management* 76:87-93. Petty, J.A. \_& Worrell, R. 1981. Stability of coniferous tree stems in relation to damage by snow. *Forestry* 54, 115-128.
- Wood C. J. 1995. Understanding wind forces on trees. Sid 133-164. In: *Wind and trees* (Eds. M.P Coutts & J. Grace). Cambridge University Press.

### **Internetadresser**

[www.esf.slu.se](http://www.esf.slu.se)

[www.noltfox.fi](http://www.noltfox.fi)

[www.smhi.se](http://www.smhi.se)

[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)

### **Muntliga referenser**

- Edenius, L. Institutionen för skoglig zooekologi, SLU, Umeå.
- Ericsson, G. Institutionen för skoglig zooekologi, SLU, Umeå.
- Fridman, J. Institutionen för resurshushållning och geomatik, SLU, Umeå.
- Hildingsson, A. SKS.
- Karlsson, B. Skogforsk, Ekebo.
- Kempe, G. Institutionen för resurshushållning och geomatik, SLU, Umeå
- Kindberg, J. Svenska Jägareförbundet.

## Av Skogsstyrelsen publicerade Rapporter:

- 1988:1 Mallar för ståndortsbonitering; Lathund för 18 län i södra Sverige
- 1988:2 Grusanalys i fält
- 1990:1 Teknik vid skogsmarkskalkning
- 1991:1 Tätortsnära skogsbruk
- 1991:2 ÖSI; utvärdering av effekter mm
- 1991:3 Urboträffar; utvärdering
- 1991:4 Skogsskador i Sverige 1990
- 1991:5 Contortarapporten
- 1991:6 Participation in the design of a system to assess Environmental Consideration in forestry a Case study of the GREENERY project
- 1992:1 Allmän Skogs- och Miljöinventering, ÖSI och NISP
- 1992:2 Skogsskador i Sverige 1991
- 1992:3 Aktiva Natur- och Kulturvårdande åtgärder i skogsbruket
- 1992:4 Utvärdering av studiekampanjen Rikare Skog
- 1993:1 Skoglig geologi
- 1993:2 Organisationens Dolda Resurs
- 1993:3 Skogsskador i Sverige 1992
- 1993:5 Nyckelbiotoper i skogarna vid våra sydligaste fjäll
- 1993:6 Skogsmarkskalkning – *Resultat från en fyraårig försöksperiod samt förslag till åtgärdsprogram*
- 1993:7 Betespräglad äldre bondeskog – *från naturvårdssynpunkt*
- 1993:8 Seminarier om Naturhänsyn i gallring i januari 1993
- 1993:9 Förbättrad sysselsättningsstatistik i skogsbruket – *arbetsgruppens slutrapport*
- 1994:1 EG/EU och EES-avtalet ur skoglig synvinkel
- 1994:2 Hur upplever "grönt utbildade kvinnor" sin arbetssituation inom skogsvårdsorganisationen?
- 1994:3 Renewable Forests - Myth or Reality?
- 1994:4 Bjursåsprojektet - *underlag för landskapsekologisk planering i samband med skogsinventering*
- 1994:5 Historiska kartor - *underlag för natur- och kulturmiljövård i skogen*
- 1994:6 Skogsskador i Sverige 1993
- 1994:7 Skogsskador i Sverige – *nuläge och förslag till åtgärder*
- 1994:8 Häckfågelinventering i en åkerholme åren 1989-1993
- 1995:1 Planering av skogsbrukets hänsyn till vatten i ett avrinningsområde i Gävleborg
- 1995:2 SUMPSKOG – ekologi och skötsel
- 1995:3 Skogsbruk vid vatten
- 1995:4 Skogsskador i Sverige 1994
- 1995:5 Långsam alkalisering av skogsmark
- 1995:6 Vad kan vi lära av KMV-kampanjen?
- 1995:7 GROT-uttaget. Pilotundersökning angående uttaget av trädrester på skogsmark
- 1996:1 Women in Forestry – What is their situation?
- 1996:2 Skogens kvinnor – Hur är läget?
- 1996:3 Landmollusker i jämtländska nyckelbiotoper
- 1996:4 Förslag till metod för bestämning av prestationstal m.m. vid självverksamhet i småskaligt skogsbruk.
- 1997:1 Sjövatten som indikator på markförsurning
- 1997:2 Naturvårdsutbildning (20 poäng) Hur gick det?
- 1997:3 IR-95 – Flygbildsbaserad inventering av skogsskador i sydvästra Sverige 1995
- 1997:5 Miljeu96 Rådgivning. Rapport från utvärdering av miljeurådgivningen
- 1997:6 Effekter av skogsbränsleuttag och askåterföring – *en litteraturstudie*
- 1997:7 Målgruppsanalys
- 1997:8 Effekter av tungmetallnedfall på skogslevande landsnäckor (*with English Summary: The impact on forest land snails by atmospheric deposition of heavy metals*)
- 1997:9 GIS-metodik för kartläggning av markförsurning – *En pilotstudie i Jönköpings län*
- 1998:1 Miljökonsekvensbeskrivning (MKB) av skogsbränsleuttag, asktillförsel och övrig näringskompensation
- 1998:2 Studier över skogsbruksåtgärdernas inverkan på snäckfaunans diversitet (*with English summary: Studies on the impact by forestry on the mollusc fauna in commercially used forests in Central Sweden*)
- 1998:3 Dalaskog - Pilotprojekt i landskapsanalys
- 1998:4 Användning av satellitdata – *hitta avverkad skog och uppskatta lövröjningsbehov*
- 1998:5 Baskatjoner och aciditet i svensk skogsmark - tillstånd och förändringar
- 1998:6 Övervakning av biologisk mångfald i det brukade skogslandskapet. *With a summary in English: Monitoring of biodiversity in managed forests.*
- 1998:7 Marksvampar i kalkbarrskogar och skogsbeten i Gotländska nyckelbiotoper
- 1998:8 Omgivande skog och skogsbrukets betydelse för fiskfaunan i små skogsbäckar
- 1999:1 Miljökonsekvensbeskrivning av Skogsstyrelsens förslag till åtgärdsprogram för kalkning och vitalisering
- 1999:2 Internationella konventioner och andra instrument som behandlar internationella skogsfrågor
- 1999:3 Målklassificering i "Gröna skogsbruksplaner" - betydelsen för produktion och ekonomi
- 1999:4 Scenarier och Analyser i SKA 99 - Förutsättningar

|          |                                                                                                                                                                           |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2000:1   | Samordnade åtgärder mot försurning av mark och vatten - Underlagsdokument till Nationell plan för kalkning av sjöar och vattendrag                                        |
| 2000:2   | Skogliga Konsekvens-Analyser 1999 - Skogens möjligheter på 2000-talet                                                                                                     |
| 2000:3   | Ministerkonferens om skydd av Europas skogar - Resolutioner och deklarationer                                                                                             |
| 2000:4   | Skogsbruket i den lokala ekonomin                                                                                                                                         |
| 2000:5   | Aska från biobränsle                                                                                                                                                      |
| 2000:6   | Skogsskadeinventering av bok och ek i Sydsverige 1999                                                                                                                     |
| 2001:1   | Landmolluskfaunans ekologi i sump- och myrskogar i mellersta Norrland, med jämförelser beträffande förhållandena i södra Sverige                                          |
| 2001:2   | Arealförluster från skogliga avrinningsområden i Västra Götaland                                                                                                          |
| 2001:3   | The proposals for action submitted by the Intergovernmental Panel on Forests (IPF) and the Intergovernmental Forum on Forests (IFF) - in the Swedish context              |
| 2001:4   | Resultat från Skogsstyrelsens ekenkät 2000                                                                                                                                |
| 2001:5   | Effekter av kalkning i utströmningsområden <i>med kalkkross 0 - 3 mm</i>                                                                                                  |
| 2001:6   | Biobränslen i Söderhamn                                                                                                                                                   |
| 2001:7   | Entreprenörer i skogsbruket 1993-1998                                                                                                                                     |
| 2001:8A  | Skogspolitisk historia                                                                                                                                                    |
| 2001:8B  | Skogspolitiken idag - en beskrivning av den politik och övriga faktorer som påverkar skogen och skogsbruket                                                               |
| 2001:8C  | Gröna planer                                                                                                                                                              |
| 2001:8D  | Föryngring av skog                                                                                                                                                        |
| 2001:8E  | Fornlämningar och kulturmiljöer i skogsmark                                                                                                                               |
| 2001:8G  | Framtidens skog                                                                                                                                                           |
| 2001:8H  | De skogliga aktörerna och skogspolitiken                                                                                                                                  |
| 2001:8I  | Skogsbilvägar                                                                                                                                                             |
| 2001:8J  | Skogen sociala värden                                                                                                                                                     |
| 2001:8K  | Arbetsmarknadspolitiska åtgärder i skogen                                                                                                                                 |
| 2001:8L  | Skogsvårdsorganisationens uppdragsverksamhet                                                                                                                              |
| 2001:8M  | Skogsbruk och rennäring                                                                                                                                                   |
| 2001:8O  | Skador på skog                                                                                                                                                            |
| 2001:9   | Projekterfarenheter av landskapsanalys i lokal samverkan – (LIFE 96 ENV S 367) Uthålligt skogsbruk byggt på landskapsanalys i lokal samverkan                             |
| 2001:11A | Strategier för åtgärder mot markförsurning                                                                                                                                |
| 2001:11B | Markförsurningsprocesser                                                                                                                                                  |
| 2001:11C | Effekter på biologisk mångfald av markförsurning och motåtgärder                                                                                                          |
| 2001:11D | Urvalskriterier för bedömning av markförsurning                                                                                                                           |
| 2001:11E | Effekter på kvävedynamiken av markförsurning och motåtgärder                                                                                                              |
| 2001:11F | Effekter på skogsproduktion av markförsurning och motåtgärder                                                                                                             |
| 2001:11G | Effekter på tungmetallers och cesiums rörlighet av markförsurning och motåtgärder                                                                                         |
| 2001:12  | Forest Condition of Beech and Oak in southern Sweden 1999                                                                                                                 |
| 2002:1   | Ekskador i Europa                                                                                                                                                         |
| 2002:2   | Gröna Huset, slutrapport                                                                                                                                                  |
| 2002:3   | Project experiences of landscape analysis with local participation – (LIFE 96 ENV S 367) Local participation in sustainable forest management based on landscape analysis |
| 2002:4   | Landskapsekologisk planering i Söderhamns kommun                                                                                                                          |
| 2002:5   | Miljöriktig vedeldning - Ett informationsprojekt i Söderhamn                                                                                                              |
| 2002:6   | White backed woodpecker landscapes and new nature reserves                                                                                                                |
| 2002:7   | ÄBIN Satellit                                                                                                                                                             |
| 2002:8   | Demonstration of Methods to monitor Sustainable Forestry, Final report Sweden                                                                                             |
| 2002:9   | Inventering av frötäktssbestånd av stjärkek, bergek och rödek under 2001 - Ekdöd, skötsel och naturvård                                                                   |
| 2002:10  | A comparison between National Forest Programmes of some EU-member states                                                                                                  |
| 2002:11  | Satellitbildsbaserade skattningar av skogliga variabler                                                                                                                   |
| 2002:12  | Skog & Miljö - Miljöbeskrivning av skogsmarken i Söderhamns kommun                                                                                                        |
| 2003:1   | Övervakning av biologisk mångfald i skogen - En jämförelse av två metoder                                                                                                 |
| 2003:2   | Fågelfaunan i olika skogsmiljöer - en studie på beståndsnivå                                                                                                              |
| 2003:3   | Effektivare samråd mellan rennäring och skogsbruk -förbättrad dialog via ett utvecklat samrådsförfarande                                                                  |
| 2003:4   | Projekt Nissadalen - En integrerad strategi för kalkning och askspredning i hela avrinningsområden                                                                        |
| 2003:5   | Projekt Renbruksplan 2000-2002 Slutrapport, - ett planeringsverktyg för samebyarna                                                                                        |
| 2003:6   | Att mäta skogens biologiska mångfald - möjligheter och hinder för att följa upp skogspolitikens miljömål i Sverige                                                        |
| 2003:7   | Vilka botaniska naturvärden finns vid torplämningar i norra Uppland?                                                                                                      |
| 2003:8   | Kalkgranskogar i Sverige och Norge – förslag till växtsociologisk klassificering                                                                                          |
| 2003:9   | Skogsägare på distans - Utvärdering av SVO:s riktade insatser för utbör                                                                                                   |
| 2003:10  | The EU enlargement in 2004: analysis of the forestry situation and perspectives in relation to the present EU and Sweden                                                  |
| 2004:1   | Effektuppföljning skogsmarkskalkning tillväxt och trädvitalitet, 1990-2002                                                                                                |
| 2004:2   | Skogliga konsekvensanalyser 2003 - SKA 03                                                                                                                                 |
| 2004:3   | Natur- och kulturinventeringen i Kronobergs län 1996 - 2001                                                                                                               |



|            |                                                                                                                                                                                       |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2004:4     | Naturlig föryngring av tall                                                                                                                                                           |
| 2004:5     | How Sweden meets the IPF requirements on nfp                                                                                                                                          |
| 2004:6     | Synthesis of the model forest concept and its application to Vilhelmina model forest and Barents model forest network                                                                 |
| 2004:7     | Vedlevande arters krav på substrat - sammanställning och analys av 3.600 arter                                                                                                        |
| 2004:8     | EU-utvidgningen och skogsindustrin - En analys av skogsindustrins betydelse för de nya medlemsländernas ekonomier                                                                     |
| 2004:9     | Nytt nummer se 2005:1                                                                                                                                                                 |
| 2004:10    | Om virkesförrådets utveckling och dess påverkan på skogsbrukets lönsamhet under perioden 1980-2002                                                                                    |
| 2004:11    | Naturskydd och skogligt genbevarande                                                                                                                                                  |
| 2004:12    | När vi skogspolitiken mångfaldsmål på artnivå? - Åtgärdsförslag för uppföljning och metodutveckling                                                                                   |
| 2005:1     | Access to the forests for disabled people                                                                                                                                             |
| 2005:2     | Tillgång till naturen för människor med funktionshinder                                                                                                                               |
| 2005:3     | Besöksstudier i naturområden - en handbok                                                                                                                                             |
| 2005:4     | Visitor studies in natureareas - a manual                                                                                                                                             |
| 2005:5     | Skogshistoria år från år 1177-2005                                                                                                                                                    |
| 2005:6     | Vägar till ett effektivare samarbete i den privata tätortsnära skogen                                                                                                                 |
| 2005:7     | Planering för rekreation - Grön skogsbruksplan i privatägd tätortsnära skog                                                                                                           |
| 2005:8a-8c | Report from Proceedings of ForestSAT 2005 in Borås May 31 - June 3                                                                                                                    |
| 2005:9     | Sammanställning av stormskador på skog i Sverige under de senaste 210 åren                                                                                                            |
| 2005:10    | Frivilliga avsättningar - en del i Miljö kvalitetsmålet Levande skogar                                                                                                                |
| 2005:11    | Skogliga sektorsmål - förutsättningar och bakgrundsmaterial                                                                                                                           |
| 2005:12    | Målbilder för det skogliga sektorsmålet - hur går det med bevarandet av biologisk mångfald?                                                                                           |
| 2005:13    | Ekonomiska konsekvenser av de skogliga sektorsmålen                                                                                                                                   |
| 2005:14    | Tio skogsägars erfarenheter av stormen                                                                                                                                                |
| 2005:15    | Uppföljning av skador på fornlämningar och övriga kulturlämningar i skog                                                                                                              |
| 2005:16    | Mykorrhizasvampar i örtrika granskogar - en metodstudie för att hitta värdefulla miljöer                                                                                              |
| 2005:17    | Forskningsseminarium skogsbruk - rennärning 11-12 augusti 2004                                                                                                                        |
| 2005:18    | Klassning av renbete med hjälp av ståndortsboniteringens vegetationstypsindelning                                                                                                     |
| 2005:19    | Jämförelse av produktionspotential mellan tall, gran och björk på samma ståndort                                                                                                      |
| 2006:1     | Kalkning och askspridning på skogsmark - redovisning av arealer som ingått i Skogsstyrelsens försöksverksamhet 1989-2003                                                              |
| 2006:2     | Satellitbildsanalys av skogsbilvägar över våtmarker                                                                                                                                   |
| 2006:3     | Myllrande Våtmarker - Förslag till nationell uppföljning av delmålet om byggande av skogsbilvägar över värdefulla våtmarker                                                           |
| 2006:4     | Granbarkborren - en scenarioanalys för 2006-2009                                                                                                                                      |
| 2006:5     | Överensstämmer anmält och verkligt GROT-uttag?                                                                                                                                        |
| 2006:6     | Klimathotet och skogens biologiska mångfald                                                                                                                                           |
| 2006:7     | Arenor för hållbart brukande av landskapets alla värden - begreppet Model Forest som ett exempel                                                                                      |
| 2006:8     | Analys av riskfaktorer efter stormen Gudrun                                                                                                                                           |
| 2006:9     | Stormskadad skog - insektsskador, viltsskador, föryngring och fortsatt skötsel <b>ännu inte klar</b>                                                                                  |
| 2006:10    | Miljökonsekvenser för vattenkvalitet, Underlagsrapport inom projektet Stormanalys                                                                                                     |
| 2006:11    | Miljökonsekvenser för biologisk mångfald och kulturmiljön <b>ännu inte klar</b>                                                                                                       |
| 2006:12    | Ekonomiska och sociala konsekvenser av stormen Gudrun <b>ännu inte klar</b>                                                                                                           |
| 2006:13    | Hur drabbades enskilda skogsägare av stormen Gudrun - Resultat av en enkätundersökning <b>ännu inte klar</b>                                                                          |
| 2006:14    | Riskhantering i skogsbruket <b>ännu inte klar</b>                                                                                                                                     |
| 2006:15    | Granbarkborrens utnyttjande av vindfällerna under första sommaren efter stormen Gudrun - (The spruce bark beetle in wind-felled trees in the first summer following the storm Gudrun) |
| 2006:16    | Skogliga sektorsmål i ett internationellt sammanhang                                                                                                                                  |
| 2006:17    | Skogen och ekosystemansatsen i Sverige                                                                                                                                                |

## Av Skogsstyrelsen publicerade Meddelanden:

|         |                                                                                                                               |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1991:2  | Vägplan -90                                                                                                                   |
| 1991:3  | Skogsvårdsorganisationens uppdragsverksamhet<br>– Efterfrågade tjänster på en öppen marknad                                   |
| 1991:4  | Naturvårdshänsyn – Tagen hänsyn vid slutavverkning 1989–1991                                                                  |
| 1991:5  | Ekologiska effekter av skogsbränsleuttag                                                                                      |
| 1992:1  | Svanahuvudsvägen                                                                                                              |
| 1992:2  | Transportformer i väglöst land                                                                                                |
| 1992:3  | Utvärdering av samråden 1989-1990 /skogsbruk – rennärning                                                                     |
| 1993:2  | Virkesbalanser 1992                                                                                                           |
| 1993:3  | Uppföljning av 1991 års lövträdplantering på åker                                                                             |
| 1993:4  | Återväxttaxeringarna 1990-1992                                                                                                |
| 1994:1  | Plantinventering 89                                                                                                           |
| 1995:2  | Gallringsundersökning 92                                                                                                      |
| 1995:3  | Kontrolltaxering av nyckelbiotoper                                                                                            |
| 1996:1  | Skogsstyrelsens anslag för tillämpad skogsproduktionsforskning                                                                |
| 1997:1  | Naturskydd och naturhänsyn i skogen                                                                                           |
| 1997:2  | Skogsvårdsorganisationens årskonferens 1996                                                                                   |
| 1998:1  | Skogsvårdsorganisationens Utvärdering av Skogspolitiken                                                                       |
| 1998:2  | Skogliga aktörer och den nya skogspolitiken                                                                                   |
| 1998:3  | Föryngringsavverkning och skogsbilvägar                                                                                       |
| 1998:4  | Miljöhänsyn vid föryngringsavverkning - Delresultat från Polytax                                                              |
| 1998:5  | Beståndsanläggning                                                                                                            |
| 1998:6  | Naturskydd och miljöarbete                                                                                                    |
| 1998:7  | Röjningsundersökning 1997                                                                                                     |
| 1998:8  | Gallringsundersökning 1997                                                                                                    |
| 1998:9  | Skadebilden beträffande fasta fornlämningar och övriga kulturmiljövärden                                                      |
| 1998:10 | Produktionskonsekvenser av den nya skogspolitiken                                                                             |
| 1998:11 | SMILE - Uppföljning av sumpskogsskötsel                                                                                       |
| 1998:12 | Sköter vi ädellövskogen? - Ett projekt inom SMILE                                                                             |
| 1998:13 | Riksdagens skogspolitiska intentioner. Om mål som uppdrag till en myndighet                                                   |
| 1998:14 | Swedish forest policy in an international perspective. (Utfört av FAO)                                                        |
| 1998:15 | Produktion eller miljö. (En mediaundersökning utförd av Göteborgs universitet)                                                |
| 1998:16 | De trädbevuxna impedimentens betydelse som livsmiljöer för skogslevande växt- och djurarter                                   |
| 1998:17 | Verksamhet inom Skogsvårdsorganisationen som kan utnyttjas i den nationella miljöövervakningen                                |
| 1998:18 | Auswertung der schwedischen Forstpolitik 1997                                                                                 |
| 1998:19 | Skogsvårdsorganisationens årskonferens 1998                                                                                   |
| 1999:1  | Nyckelbiotopsinventeringen 1993-1998. Slutrapport                                                                             |
| 1999:2  | Nyckelbiotopsinventering inom större skogsbolag. En jämförelse mellan SVOs och bolagens inventeringsmetodik                   |
| 1999:3  | Sveriges sumpskogar. Resultat av sumpskogsinventeringen 1990-1998                                                             |
| 2001:1  | Skogsvårdsorganisationens Årskonferens 2000                                                                                   |
| 2001:2  | Rekommendationer vid uttag av skogsbränsle och kompensationsgödsling                                                          |
| 2001:3  | Kontrollinventering av nyckelbiotoper år 2000                                                                                 |
| 2001:4  | Åtgärder mot markförsurning och för ett uthålligt brukande av skogsmarken                                                     |
| 2001:5  | Miljöövervakning av Biologisk mångfald i Nyckelbiotoper                                                                       |
| 2001:6  | Utvärdering av samråden 1998 Skogsbruk - rennärning                                                                           |
| 2002:1  | Skogsvårdsorganisationens utvärdering av skogspolitikens effekter - SUS 2001                                                  |
| 2002:2  | Skog för naturvårdsändamål – uppföljning av områdesskydd, frivilliga avsättningar, samt miljöhänsyn vid föryngringsavverkning |
| 2002:3  | Recommendations for the extraction of forest fuel and compensation fertilising                                                |
| 2002:4  | Action plan to counteract soil acidification and to promote sustainable use of forestland                                     |
| 2002:5  | Blir er av                                                                                                                    |
| 2002:6  | Skogsmarksgödsling - effekter på skogshushållning, ekonomi, sysselsättning och miljön                                         |
| 2003:1  | Skogsvårdsorganisationens Årskonferens 2002                                                                                   |
| 2003:2  | Konsekvenser av ett förbud mot permetrinbehandling av skogsplanter                                                            |
| 2004:1  | Kontinuitetsskogar - en förstudie                                                                                             |
| 2004:2  | Landskapsekologiska kärnområden - LEKO, Redovisning av ett projekt 1999-2003                                                  |
| 2004:3  | Skogens sociala värden                                                                                                        |
| 2004:4  | Inventering av nyckelbiotoper - Resultat 2003                                                                                 |
| 2006:1  | Stormen 2005 - en skoglig analys                                                                                              |

### **Beställning av Rapporter och Meddelanden**

Skogsstyrelsen,  
Förlaget  
551 83 JÖNKÖPING  
Telefon: 036 – 15 55 92  
vx 036 – 15 56 00  
fax 036 – 19 06 22  
e-post: [sksforlag.order@skogsstyrelsen.se](mailto:sksforlag.order@skogsstyrelsen.se)  
[www.skogsstyrelsen.se](http://www.skogsstyrelsen.se)

I Skogsstyrelsens författningssamling (SKSFS) publiceras myndighetens föreskrifter och allmänna råd. Föreskrifterna är av tvingande natur. De allmänna råden är generella rekommendationer som anger hur någon kan eller bör handla i visst hänseende.

I Skogsstyrelsens Meddelande-serie publiceras redogörelser, utredningar m.m. av officiell karaktär. Innehållet överensstämmer med myndighetens policy.

I Skogsstyrelsens Rapport-serie publiceras redogörelser och utredningar m.m. för vars innehåll författaren/författarna själva ansvarar.

Skogsstyrelsen publicerar dessutom fortlöpande: Foldrar, broschyrer, böcker m.m. inom skilda skogliga ämnesområden.

Skogsstyrelsen är också utgivare av tidningen Skogseko.

Rapporten redovisar det arbete som genomförts inom projekt Stormanalys, delprojekt Analys av riskfaktorer. Baserat på analyser av olika material från det stormdrabbade området i Götaland och internationell litteratur beskrivs hur olika riskfaktorer påverkat vindskadornas omfattning och utseende. Arbetet fokuserades på hur skogstillståndet, träd- och beståndskaraktärer, tidigare skötsel, ståndort och yttre faktorer, väder och andra förhållanden påverkat skadebilden.