

## Metodstudie för rangordning av hårdighet för björkkloner

Lars-Göran Stener & Lars-Göran Sundblad



**Omslag: Oasisblock med björksticklingar**

**Foto: Lars-Göran Stener**

---

**SkogForsk – Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut**

SkogForsk arbetar för ett långsiktigt, lönsamt skogsbruk på ekologisk grund. Bakom SkogForsk står skogsbolag, skogsägareföreningar, stift, gods, allmänningar, plant-skolor, SkogsMaskinFöretagarna m.fl., som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som av-verkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

SkogForsk arbetar med forskning och utveckling med fokus på fyra centrala frågeställningar: Produktvärde och produktionseffektivitet, Miljöanpassat skogsbruk, Nya organisationsstrukturer samt Skogsodlingsmaterial. På de områden där SkogForsk har särskild kompetens utförs även i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

---

Serien **Arbetsrapport** dokumenterar långliggande försök samt inventeringar, studier m.m. och distribueras enbart efter särskild beställning.

Forsknings- och försöksresultat från SkogForsk publiceras i följande serier:

**SkogForsk-Nytt:** Nyheter, sammanfattningar, översikter.

**Resultat:** Slutsatser och rekommendationer i lättillgänglig form.

**Redogörelse:** Utförlig redovisning av genomfört forskningsarbete.

**Report:** Vetenskapligt inriktad serie (på engelska).

**Handledningar:** Anvisningar för hur olika arbeten lämpligen utförs.

# Innehåll

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| Bakgrund och syfte.....                                               | 3  |
| Metod och material .....                                              | 4  |
| Material .....                                                        | 4  |
| Frysmetod.....                                                        | 4  |
| Skadebedömning – Visuellt test .....                                  | 5  |
| Skadebedömning – Elektrolytisk konduktans .....                       | 6  |
| Beräkningar .....                                                     | 6  |
| Resultat och diskussion .....                                         | 8  |
| Visuellt test.....                                                    | 8  |
| Frekvens utspruckna knoppar .....                                     | 8  |
| Analys av tidpunkten för knopparnas brytning respektive intorkning .. | 11 |
| Konduktivitet.....                                                    | 16 |
| Slutdiskussion.....                                                   | 18 |
| Slutsatser .....                                                      | 20 |
| Erkännanden .....                                                     | 21 |
| Referenser .....                                                      | 22 |



## Bakgrund och syfte

År 1988 startade ett förädlingsprojekt inom SkogForsk med syfte att få fram ett ur produktions- och kvalitetssynpunkt bättre skogsodlingsmaterial av björk för hela Sverige. För att denna målsättning skall kunna uppnås krävs att materialet är väl anpassat till det klimat där det skall odlas. Material som förflyttas alltför kraftigt har en tillväxtrytm som inte är anpassad till det lokala klimatet. Sannolikheten för att sådant material skadas av vår- eller höstfroster är stor. Härdigheten, d.v.s. förmågan att klara av låga temperaturer under vinterperioden, påverkas också negativt om träden inte hinner invintra i tid (Koski & Selkäinaho, 1982). Klimatskador kan yttra sig som tillväxtnedsättningar, kvalitetsdefekter eller som ökad avgång, vilka samtliga leder till mer eller mindre allvarliga ekonomiska konsekvenser.

För att kunna uppfylla projektets målsättning krävs att olika typer av genetiskt definierade björkmaterial kan testas och rangordnas härdighetsmässigt. En viss fenologisk rangordning kan göras under både vår och höst, baserat på morfologiska karaktärer relaterade till knoppsprickning och lövfällning (Stener, 1996). Dessa karaktärers koppling till härdighet är dock osäker och ger endast uppskattning om fenologisk rangordning under en mycket begränsad del av året. Nivåer och rangordningar av härdighet under vintern kan t.ex. inte uppskattas m.h.a. fenologiska karaktärer relaterade till lövmorfologi.

Problemet med att utvärdera härdighet för löv är att de metoder som finns tillhands är tids- och arbetskrävande, vilket medför höga kostnader vid studier av stora material. För förädlingsändamål finns följaktligen behov av att ta fram en enkel och snabb visuell metod för utvärdering av frysskador på lövträd. En sådan enkel metod är emellertid beroende av att kvistar som samlats in och frusits, kan hållas vitala så länge, att en eventuell frysskada hinner utvecklas.

För barrträd finns ett stort antal metoder för härdighetsmätning. Flertalet av dessa metoder är destruktiva och inbegriper kontrollerad frysbehandling följt av skattning av frysskada. Skadeutvärderingen kan göras på flera sätt, genom en enkel visuell bedömning eller med hjälp av kemiska eller andra skademarkörer. Fördelen med visuell skadebedömning är att den är enkel att utföra samt att den ger en samlad, integrerad bild av olika fysiologiska uttryck för frysskadan. Nackdelen med visuell skadebedömning, å andra sidan, är att en viss tid måste förflyta mellan frysningen och skadebedömningen. Detta för att skadan skall hinna utvecklas och bli synlig.

För lövträd finns betydligt färre härdighetsmetoder tillgängliga än för barrträd. En orsak till detta är att det är svårare att bedöma frysskada hos lövträd än hos barrträd. Bland de frysskadeevalueringsmetoder som använts på löv kan nämnas elektrolytisk konduktans (Deans et al., 1995), fluorescens från kambiet (Larcher & Nagele, 1992), missfärgning av kambiet (Pellett & Heleba, 1998) och exoterm analys (Neuner & Bannister, 1995). På ask har

en enkel visuell bedömning av frostinducerade rotskador på hela plantor använts med framgång (Santamour, 1979).

Vid frystestning av gran har ett nytt förfarande, baserat på stickprov av gran-kvistar, börjat testats vid SkogForsk. Metoden bygger på att kvistar sticks ned i block av ett mycket kraftigt vattenhållande material, kallat Oasis (figur 1). Materialet används normalt av florister för att arrangera långlivade blomsteruppställningar utan vas. Materialet har en konsistens liknande våt sand och kan beställas i block av önskad storlek. Fördelen med materialet är dels att kvistar som samlats in i fält, direkt kan stickas i de blöta blocken, varför uttorkningsrisken kan minimeras, dels att materialet är så mjukt att man slipper förborra hål till kvistarna. Vidare kan sampling, frysning, väntetid för skadeutbildning samt skadebedömning göras med kvistarna kvarsittande i blocken, varför metoden bör kunna utvecklas till att fungera mycket rationellt på stora material.

I denna studie undersöktes om frusna kvistar som lagras i blöta oasisblock är en användbar metod för visuell klassning av hårdighet på björk.

## Metod och material

### Material

Kvistmaterialet, som studien baseras på, samlades in från tre vårtbjörkskloner i ett av SkogForsks björkförsök (tabell 1 och 2). Insamlingen gjordes vid fyra olika tillfällen: 1997-11-11, 1997-12-01, 1998-03-09 och 1998-04-06. Kvistarna utgjordes av 3-5 mm grova, vitala årsskott från den övre delen av kronan. För att tillgodose mängden testmaterial samlades kvistarna vid varje testtillfälle in från 4-6 olika rameter av respektive klon.

**Tabell 1.**  
**Uppgifter om försöket där kvistarna samlades in.**

|                     |                                                        |
|---------------------|--------------------------------------------------------|
| Försöksnr           | S21S9231222                                            |
| Ort                 | Jordkull, Skåne                                        |
| Lat-, longitud, höh | 55° 59', 12° 59', 75 m                                 |
| Ägoslag             | F.d. åkermark                                          |
| Planteringsår       | 1992                                                   |
| Totalålder          | 7 år                                                   |
| Försöksdesign       | Parceller om 11 × 11 plantor per klon × 3 upprepningar |

**Tabell 2.**  
**Uppgifter om de tre kloner som använts.**

|          |                     |                   |                       |
|----------|---------------------|-------------------|-----------------------|
| Klon     | WG2131              | F01V5390          | S21K883085            |
| Ursprung | Holland, de Utrecht | Finland           | Sverige, Östergötland |
| Latitud  |                     | 61° 40' × 60° 10' | 58° 10'               |
| Longitud |                     | 29° 30' × 24° 50' | 15° 37'               |

### Frysmetod

I laboratoriet sprayades kvistarna med ultrarent vatten, klipptes ned till 10 cm långa skott med åtminstone tre vitala knoppar inkl. toppknoppen och

fördelades till olika oasisblock (figur 1). Varje oasisblock innehöll tio kvistar per klon i ett systematiskt mönster. Två oasisblock placerades sedan i var och en av fem programmerbara frysar. Testtemperaturerna valdes så att den högsta temperaturen inte skulle skada materialet alls och den lägsta temperaturen skulle orsaka allvarliga skador på materialet (tabell 3). Vid varje test sattes dessutom 1–2 ofrusna oasisblock i en kyl med temperatur +4°C. Dessa utgjorde således kontrollmaterialet.

Frysarna programmerades till frysning ned till +2°C med 10°C per timme och därefter med 5°C per timme ned till respektive testtemperatur (tabell 3). Denna temperatur behölls i 3 timmar innan materialet värmdes upp till +2°C med 10°C per timme (Deans et al., 1995). Samtliga frysar stängdes av samtidigt och då tidigast en timme efter det att +2°C uppnåtts.



**Figur 1.**  
Exempel på oasisblock som använts i frystesten.

**Tabell 3.**

**Temperaturer som kvistarna utsattes för vid olika tidpunkter.**

| Testdatum  | Testtemperatur |     |     |     |     |     |
|------------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1997-11-11 | +4             | -10 | -15 | -20 | -25 | -35 |
| 1997-12-01 | +4             | -20 | -25 | -30 | -35 | -40 |
| 1998-03-09 | +4             | -20 | -30 | -35 | -40 | -45 |
| 1998-04-06 | +4             | -15 | -20 | -25 | -30 | -40 |

### **Skadebedömning – Visuell test**

Efter frysmomentet placerades oasisblocken från respektive frys samt den ofrusna kontrollserien från kylkammaren i två olika temperaturklimat för utbildande av skada:

1. Utplacering direkt i växthus med en dag-natt temperatur på 22°C resp. 18°C, 20 timmars ljus och regelbunden vattning av oasisblocken. Denna miljö användes för att testa om det snabbt gick att driva fram stam- och knoppskador.
2. Insättning i en +4°C-kylkammare under åtta veckor. Temperaturen +4°C bedömdes vara optimal för att uppfylla kvistarnas behov av vintervila (Leinonen, 1996). För att undvika uttorkning vattnades oasisblocken regelbundet, och för att undvika störningar med dygnsrytmen tändes en vanlig 60W glödlampa under den ljusa delen av dygnet. Efter de åtta veckorna testades om knopparna kunde fås att skjuta i samma växthus och under samma växthusförhållanden som under punkt 1.

Under testerna som gjordes 9/3 och 6/4 1998 användes dock aldrig temperaturklimat 2 enligt ovan, eftersom köldb behovet för knoppbrytning då ansågs vara tillgodosett.

I växthusmiljön registrerades datum för utsprickningen av toppknoppen och av de två snabbaste utspruckna sidoknopparna på samtliga kvistar. Dessutom noterades datum för intorkningen av respektive knopp.

### **Skadebedömning – Elektrolytisk konduktans**

Eftersom elektrolytisk konduktans visat ge en god korrelation med hårdighet i andra studier (Deans et al., 1995; Deans & Harvey, 1996; Lindström & Nyström, 1994) användes denna metod som referens. Inför konduktivitetsmätningen beskars 2 cm av ytterändan på tre kvistar per klon och frystemperatur samt sex kvistar per klon från kontrollserien. Dessa 2 cm bitar sköljdes noggrant i ultrarent vatten och skars sedan av så att en central 1 cm bit återstod. Därefter lades respektive kvistbit i varsitt provrör, som tillfördes 15 ml ultrarent vatten. Provrören placerades sedan i sex dagar på ett skakbord som förvarades i en kylkammare i +4°C. Vattnets konduktivitet, som beror på mängden joner som läckt ut från respektive kvistbit, mättes sedan via en temperaturkompenserande mätelektrod. Eftersom jonläckaget är beroende av kvistens längd och grovlek, vilket rent praktiskt är omöjligt att standardisera, måste jonläckaget relateras till den totala mängd joner som finns i materialet. Detta erhöles genom att autoklavera proven i 121°C i två timmar och mäta joninnehållet efter att de stått ett dygn på skakbord i kylkammaren.

### **Beräkningar**

Den statistiska bearbetningen utfördes genomgående i form av variansanalyser med hjälp av programmet PROC GLM (SAS, 1987). Den statistiska bearbetningen baserades på tre metoder:

1. Andelen utspruckna knoppar. Variansanalysen utgick därvid från aritmetiska medelvärden som beräknades klon- och temperaturvis. Eftersom knoppvärdena inte var normalfördelade, testades också variansanalys

utifrån arcsin-transformerade medelvärden. Det var dock inga relevanta skillnader mellan de båda analyserna, varför endast den första redovisas här. Den modell som användes var:

$$y_{ik} = \mu + a_{ik} + b_k + e_{ik}$$

där

$$\begin{aligned} y_{ik} &= \text{Observation } ik \\ \mu &= \text{Testets medelvärde} \\ a_{ik} &= \text{Fix effekt av klon, } i = 1, 2 \text{ och } 3 \text{ för temperaturerna} \\ &\quad k = 0, -10, \dots m \\ b_k &= \text{Fix effekt av nedfrysningstemperatur } k = 0, -10, \dots m \\ e_{ik} &= \text{Residualeffekt för observation } ik, \text{IND}(0, \sigma_e^2). \end{aligned}$$

2. Topp- resp. sidoknopparnas livslängd i antal dagar. För varje testtemperatur sattes kvistarnas livslängd i relation (%) till livslängden för resp. klons kontrollkvistar. Analys gjordes även av tidpunkten ("Julian day", årsdagnumret) för knoppsprickningen. Exempelvis motsvaras datumet 18/11 av "Julian day"  $10 \times 30 + 18 = 318$ . Variansanalysen utfördes enligt modellen:

$$y_{ijk} = \mu + a_{ij} + b_k + a_{ij} \times b_k + e_{ijk}$$

där

$$\begin{aligned} y_{ijk} &= \text{Observation } ijk \\ \mu &= \text{Testets medelvärde} \\ a_{ij} &= \text{Fix effekt av klon, } i = 1, 2 \text{ och } 3 \text{ för kvist } j = 1, 2, \dots, 10 \\ b_k &= \text{Fix effekt av nedfrysningstemperatur } k = -10, -15, \dots m \\ a_{ij} \times b_k &= \text{Samspelseffekt} \\ e_{ijk} &= \text{Residualeffekt för observation } ijk, \text{IND}(0, \sigma_e^2). \end{aligned}$$

3. Den relativa konduktiviteten beräknades för varje frusen kvist enligt Flints formel (Flint et al., 1967):

$$(\text{Prov}_{\text{Fauto}} / \text{Prov}_{\text{Eauto}} - \text{Kontr}_{\text{Fauto}} / \text{Kontr}_{\text{Eauto}}) \times 100 / (1 - \text{Kontr}_{\text{Fauto}} / \text{Kontr}_{\text{Eauto}})$$

där

$$\begin{aligned} \text{Prov}_{\text{Fauto}} &= \text{Frysta provets konduktivitet före autoklivering.} \\ \text{Prov}_{\text{Eauto}} &= \text{Frysta provets konduktivitet efter autoklivering.} \\ \text{Kontr}_{\text{Fauto}} &= \text{Medelvärdet av kontrollprovernans konduktivitet före autoklivering.} \\ \text{Kontr}_{\text{Eauto}} &= \text{Medelvärdet av kontrollprovernans konduktivitet efter autoklivering.} \end{aligned}$$

Till variansanalysen användes modellen:

$$y_{ijk} = \mu + a_{ij} + b_k + e_{ijk}$$

där

$y_{ijk}$  = Relativ konduktivitet för prov  $ijk$

$\mu$  = Testets medelvärde

$a_{ij}$  = Fix effekt av klon,  $i = 1, 2$  och  $3$  för kvist  $j = 1, 2$  och  $3$

$b_k$  = Fix effekt av nedfrysningstemperatur  $k = -10, -15, \dots m$

$a_{ij} \times b_k$  = Samspelseffekt

$e_{ijk}$  = Residualeffekt för observation  $ijk$ ,  $IND(0, \sigma_e^2)$ .

## Resultat och diskussion

### Visuell test

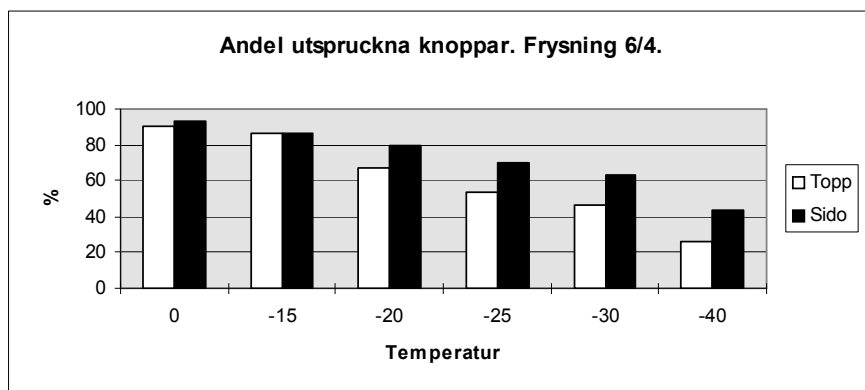
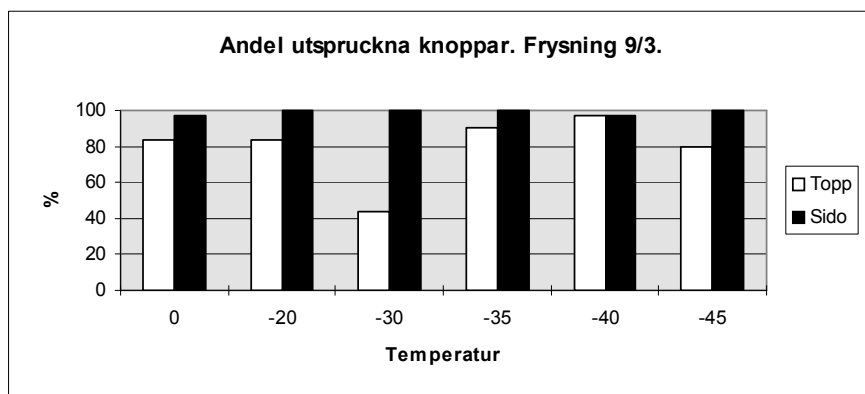
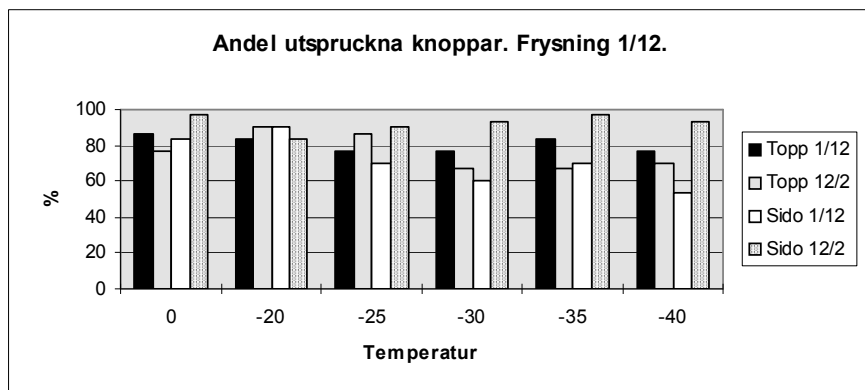
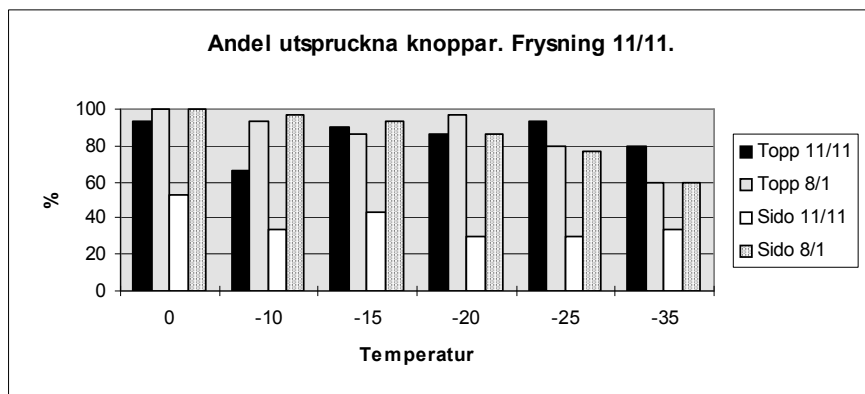
#### Frekvens utspruckna knoppar

Resultat från variansanalyserna av andelen utspruckna knoppar presenteras i tabell 4 och 5. I figur 2 visas medelvärden för olika testdatum.

**Tabell 4.**

Variationskälla och tillhörande p-värden för andelen utspruckna knoppar vid olika testtidpunkter. Kolumnrubriken "Frysning" med tillhörande datum anger tidpunkten för kvistinsamling och frysning. "Växthus" med tillhörande datum anger tidpunkten då kvistarna sattes in i växthus för drivning. Signifikanta p-värden ( $<0,05$ ) är markerade med fetstil.

|                  | Frysning<br>11/11<br>Växthus<br>12/11 | Frysning<br>11/11<br>Växthus<br>8/1 | Frysning<br>1/12<br>Växthus<br>2/12 | Frysning<br>1/12<br>Växthus<br>12/2 | Frysning<br>9/3<br>Växthus<br>10/3 | Frysning<br>6/4<br>Växthus<br>7/4 |
|------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
|                  | p-värde                               |                                     |                                     |                                     |                                    |                                   |
| <b>Toppknopp</b> |                                       |                                     |                                     |                                     |                                    |                                   |
| Temp             | 0,1952                                | 0,4169                              | 0,9345                              | 0,3220                              | <b>0,0288</b>                      | <b>0,0005</b>                     |
| Klon             | <b>0,0312</b>                         | 0,6411                              | <b>0,0005</b>                       | <b>0,0001</b>                       | 0,4288                             | <b>0,0001</b>                     |
| <b>Sidoknopp</b> |                                       |                                     |                                     |                                     |                                    |                                   |
| Temp             | 0,7288                                | 0,4676                              | 0,2953                              | 0,1738                              | 0,4651                             | <b>0,0376</b>                     |
| Klon             | <b>0,0007</b>                         | 0,2949                              | <b>0,0011</b>                       | <b>0,0002</b>                       | 0,1317                             | <b>0,0001</b>                     |



**Figur 2.**

Andel utspruckna knoppar på björkkvistar som frusits till fem olika temperaturer vid fyra olika tillfällen. Materialet har delats upp i topp- resp. sidoskott, samt för de två övre diagrammen på det datum då kvistarna sattes ut för drivning i växthus.

**Tabell 5.**

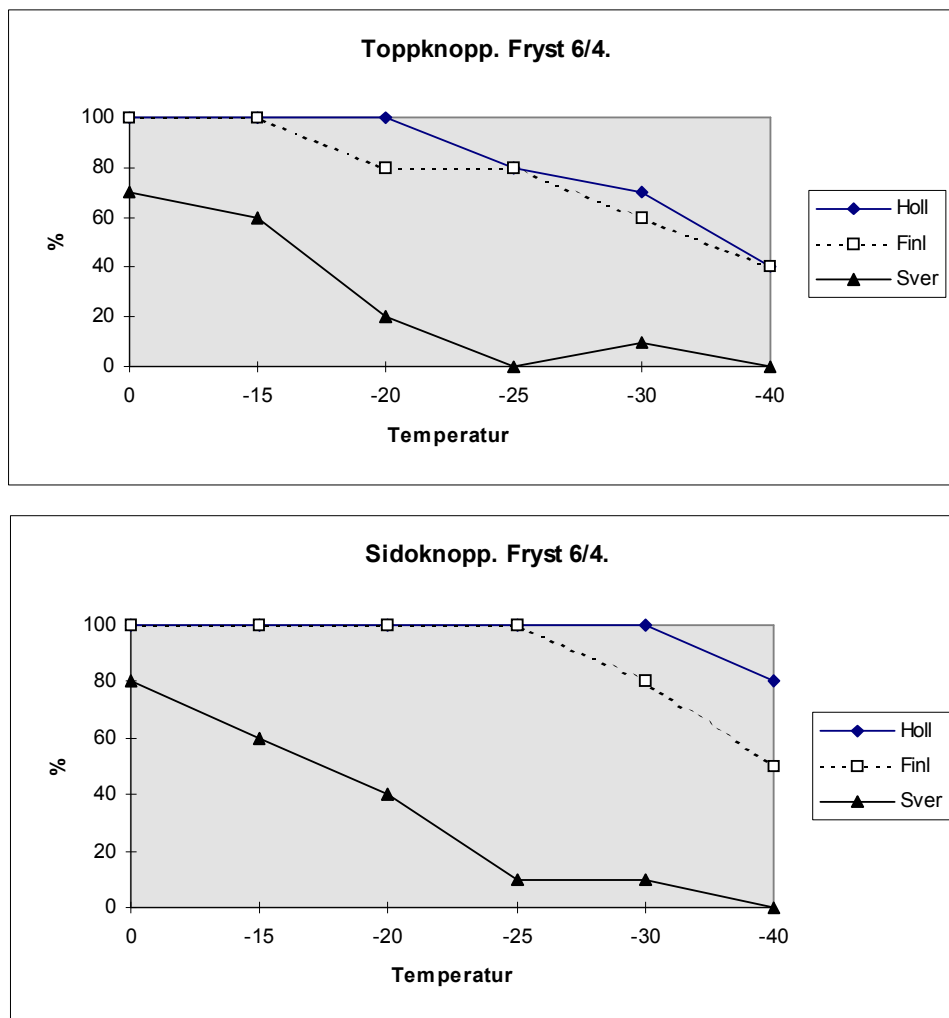
Medelvärden för andelen utspruckna knoppar fördelat på frystidpunkt för ingående kloner och knopptyper. Kolumnrubriken "Frysning" med tillhörande datum anger tidpunkten för kvistinsamling och frysning. "Växthus" med tillhörande datum anger tidpunkten då kvistarna sattes in i växthus för drivning. Kloner resp. knopptyper med olika bokstäver (A eller B) inom samma frystidpunkt och knopptyp är signifikant åtskilda enligt Tukey-test ( $p < 0,05$ ).

| Variabel         | Frysning<br>11/11 | Frysning<br>11/11 | Frysning<br>1/12 | Frysning<br>1/12 | Frysning<br>9/3 | Frysning<br>6/4 |
|------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|
|                  | Växthus<br>12/11  | Växthus<br>8/1    | Växthus<br>2/12  | Växthus<br>12/2  | Växthus<br>10/3 | Växthus<br>7/4  |
|                  | Medelvärde (%)    |                   |                  |                  |                 |                 |
| <b>Toppknopp</b> |                   |                   |                  |                  |                 |                 |
| Holland          | 95 (A)            | 80 (A)            | 95 (A)           | 100 (A)          | 75 (A)          | 82 (A)          |
| Finland          | 72 (B)            | 85 (A)            | 48 (B)           | 35 (B)           | 77 (A)          | 77 (A)          |
| Sverige          | 88 (AB)           | 93 (A)            | 98 (A)           | 93 (A)           | 87 (A)          | 27 (B)          |
| <b>Sidoknopp</b> |                   |                   |                  |                  |                 |                 |
| Holland          | 15 (A)            | 85 (A)            | 75 (A)           | 100 (A)          | 100 (A)         | 97 (A)          |
| Finland          | 18 (A)            | 73 (A)            | 38 (B)           | 78 (B)           | 97 (A)          | 88 (A)          |
| Sverige          | 78 (B)            | 98 (A)            | 100 (A)          | 98 (A)           | 100 (A)         | 33 (B)          |

För att oasisblock skall kunna utnyttjas vid tester av hårdighet krävs, att de kvistar som är nedstuckna i blocken håller sig vitala så länge, att skadan kan komma i uttryck. Generellt har en mycket stor andel av de nedstuckna kvistarnas knoppar brutit (figur 2). Även kvistar som stått åtta veckor i oasisblock innan de tagits ut till växthus, har genomgående en hög knoppbrytningsfrekvens.

Av tabellerna 4 och 5 framgår:

- att andelen brutna knoppar ofta skiljer sig signifikant mellan kloner: Den finländska klonen har lägre andel brutna knoppar än övriga kloner under höst/vinter (11/11, 1/12). Under våren (6/4) har den svenska klonen signifikant sämre knoppbrytning.
- att temperaturen till vilken kvistarna frusits ned, endast har signifikant utslag på knoppbrytningsfrekvensen under våren: Ju lägre temperatur, desto färre knoppar är det som bryter ut (figur 3).
- att andelen utspruckna toppknoppar, oavsett frystidpunkt (11/11 resp. 1/12), inte skiljer sig för kvistmaterial som direkt efter frysning satts ut i växthus, från sådana, som först efter åtta veckor i temperatur 4°C, placerats i växthuset. Däremot är frekvensen utspruckna sidoknoppar högre för de som stått åtta veckor i kyl (jfr kolumn 1 med 2 resp. 3 med 4, tabell 5). Detta indikerar möjligen att sidoknopparna har ett större köldbbehov än toppknoppar för att bryta dormancyn (vintervilan).
- Med undantag för testet 11/11 är det god överensstämmelse mellan resultat från topp- resp. sidoknoppar.

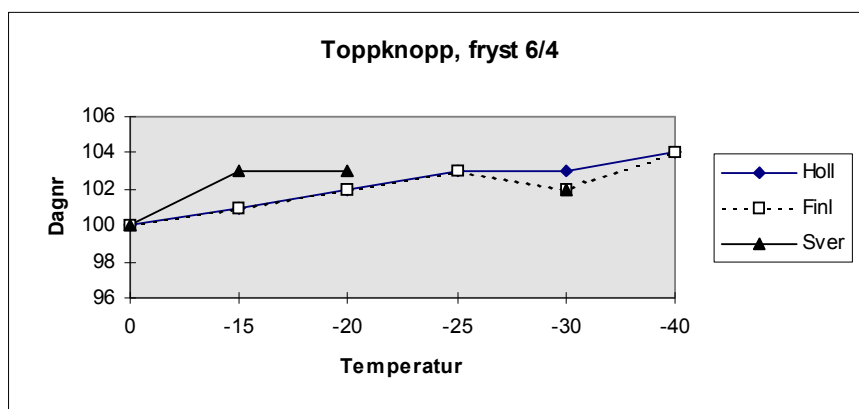
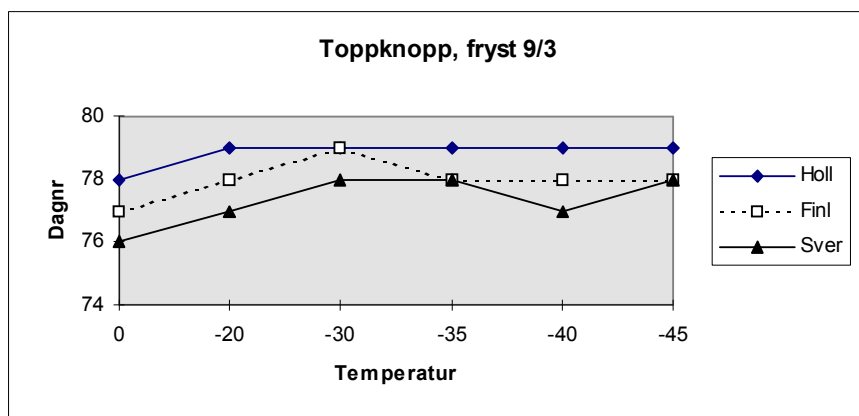
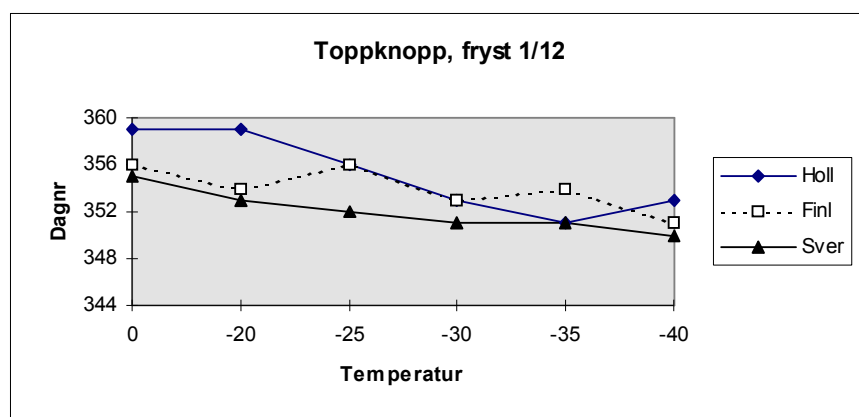
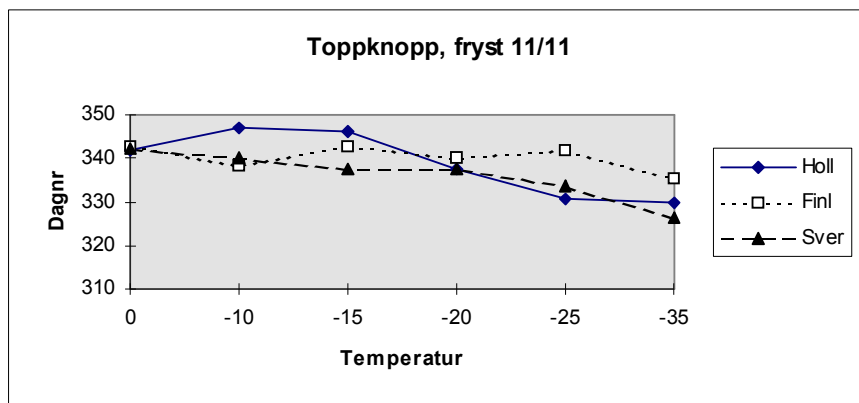


**Figur 3.**  
**Frekvens topp- resp. sidoknott som spricker ut efter frysning av kvistar vid olika testtemperaturer den 6/4.**

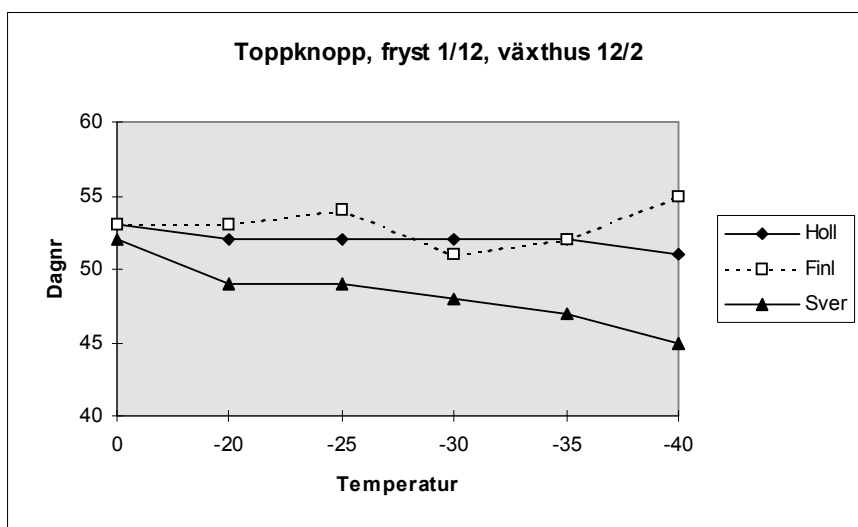
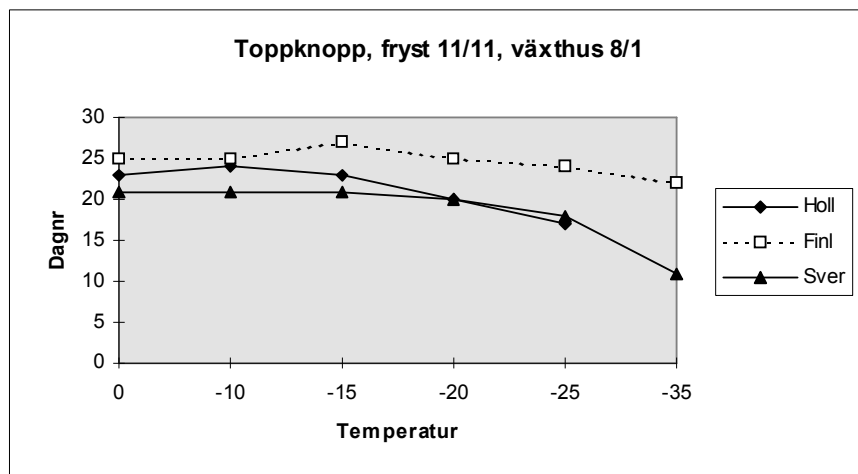
### Analys av tidpunkten för knopparnas brytning respektive intorkning

I figur 4 visas exempel på tidpunkten (årsdagnr, d.v.s. nr 1–365) när toppknoppen bryter vid olika kvistinsamlingstillfällen och testtemperaturer. Det framgår, att kvistar som samlats in under hösten, bryter snabbare ju lägre testtemperatur kvisten utsatts för. Uppenbarligen är inte det naturliga köldbrevet för brytning av dormancy helt tillgodosedd under hösten, till skillnad från senvintern (9/3) och våren (6/4), där utvecklingsförloppet är annorlunda. Tidpunkten för knoppens brytning verkar således inte vara ett relevant hårdighetsmått.

Som alternativ användes differensen mellan tidpunkten för knoppens intorkning respektive brytning, d.v.s. dess livslängd (figur 5, tabell 6 och 7). Därvid uttrycktes livslängden för respektive klon och frystemperatur i relation till respektive klons kontrollmaterial, d.v.s. i relation till livslängden för de kvistar som aldrig frystes.



**Figur 4a.**  
**Tidpunkten för toppknoppens brytning vid olika testtemperaturer och test-**  
**tillfällen. Kvistarna har satts ut i växthus direkt efter frysningen.**



**Figur 4b.**  
Tidpunkten för toppknoppens brytning vid olika testtemperaturer och test-tillfällen. Kvistarna har lagrats åtta veckor i kyl innan de placerats i växthus.

**Tabell 6.**  
Variationskälla och tillhörande p-värden för olika knopptypers livslängd satt i relation till kontrollklonens livslängd. Signifikanta p-värden (<0,05) är markerade med fetstil.

| med tetsm.       | Frysning<br>11/11<br>Växthus<br>12/11 | Frysning<br>11/11<br>Växthus<br>8/1 | Frysning<br>1/12<br>Växthus<br>2/12 | Frysning<br>1/12<br>Växthus<br>12/2 | Frysning<br>9/3<br>Växthus<br>10/3 | Frysning<br>6/4<br>Växthus<br>7/4 |
|------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
|                  | p-värde                               |                                     |                                     |                                     |                                    |                                   |
| <b>Toppknopp</b> |                                       |                                     |                                     |                                     |                                    |                                   |
| Temp             | 0,3244                                | <b>0,0001</b>                       | 0,0805                              | <b>0,0231</b>                       | 0,5646                             | <b>0,0001</b>                     |
| Klon             | <b>0,0001</b>                         | <b>0,0001</b>                       | 0,5214                              | 0,5069                              | <b>0,0176</b>                      | 0,5104                            |
| Klon × Temp      | <b>0,0001</b>                         | 0,0778                              | 0,4012                              | 0,8591                              | 0,1967                             | 0,1901                            |
| <b>Sidoknopp</b> |                                       |                                     |                                     |                                     |                                    |                                   |
| Temp             | 0,5587                                | <b>0,0180</b>                       | <b>0,0002</b>                       | <b>0,0002</b>                       | 0,2799                             | <b>0,0001</b>                     |
| Klon             | 0,3369                                | <b>0,0093</b>                       | 0,5786                              | <b>0,0084</b>                       | <b>0,0132</b>                      | <b>0,0302</b>                     |
| Klon × Temp      | 0,6476                                | 0,5802                              | 0,1535                              | 0,4183                              | 0,9195                             | 0,0016                            |

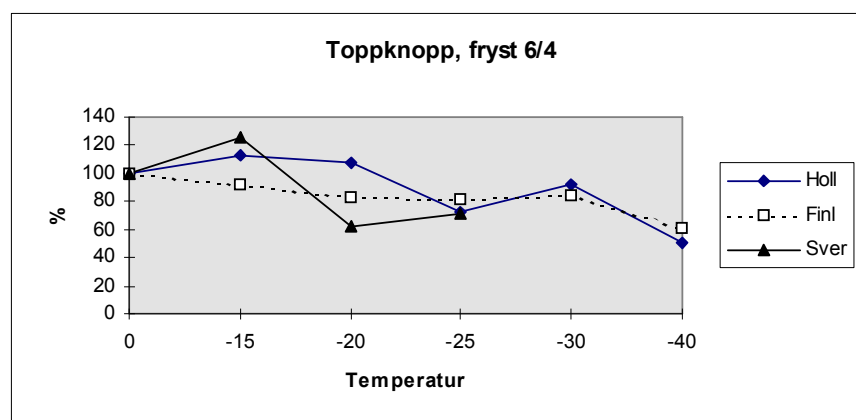
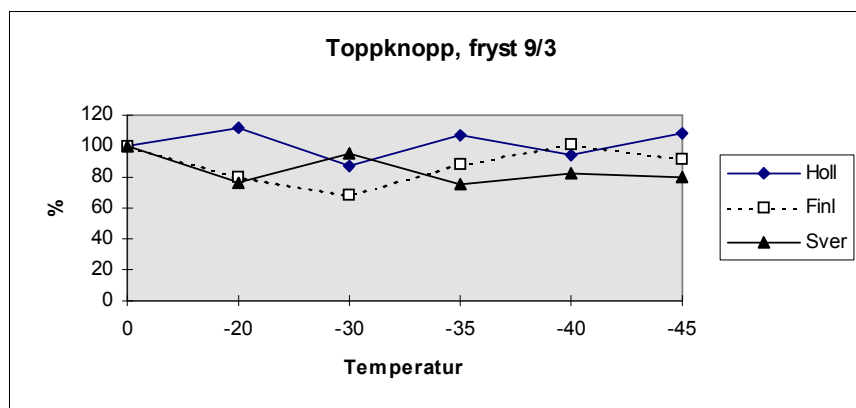
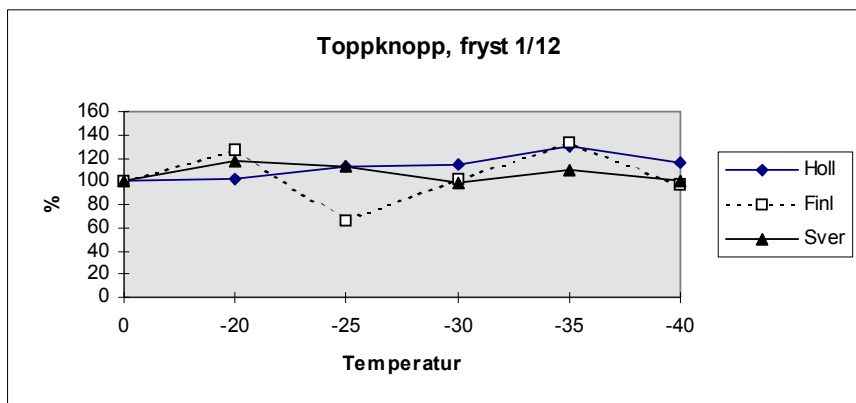
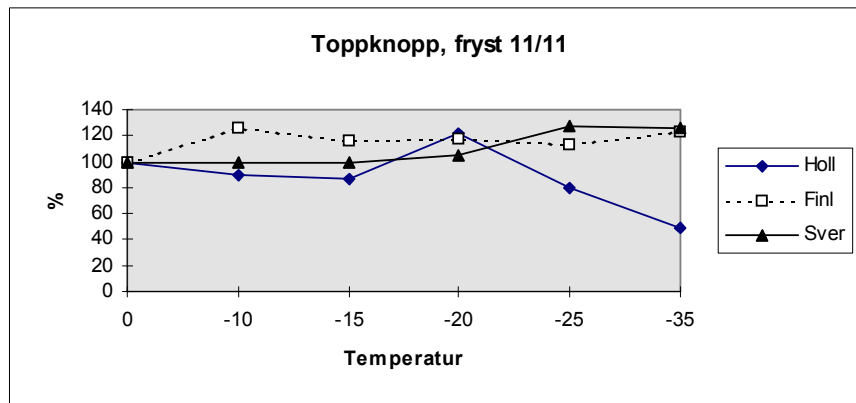
**Tabell 7.**

**Medelvärden för knopparnas livslängd satt i relation till kontrollklonens livslängd. Kloner med olika bokstäver (A eller B) inom samma frystidpunkt är signifikant åtskilda enligt Tukey-test ( $p < 0,05$ ).**

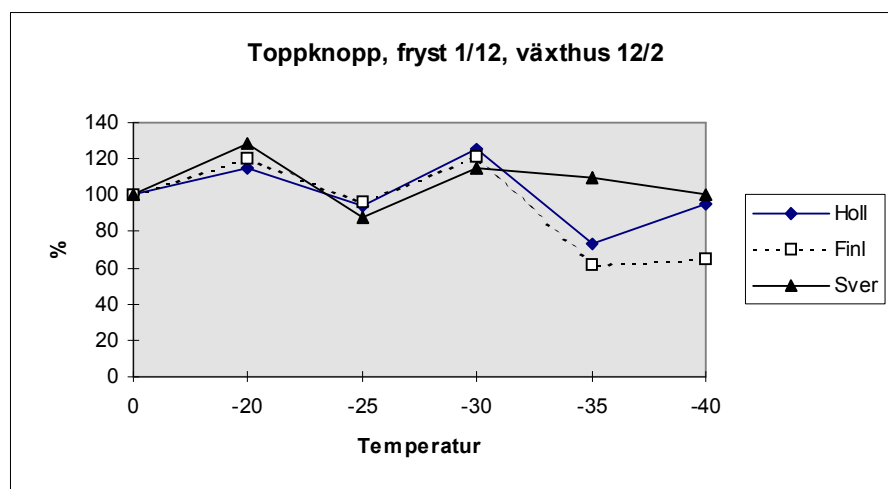
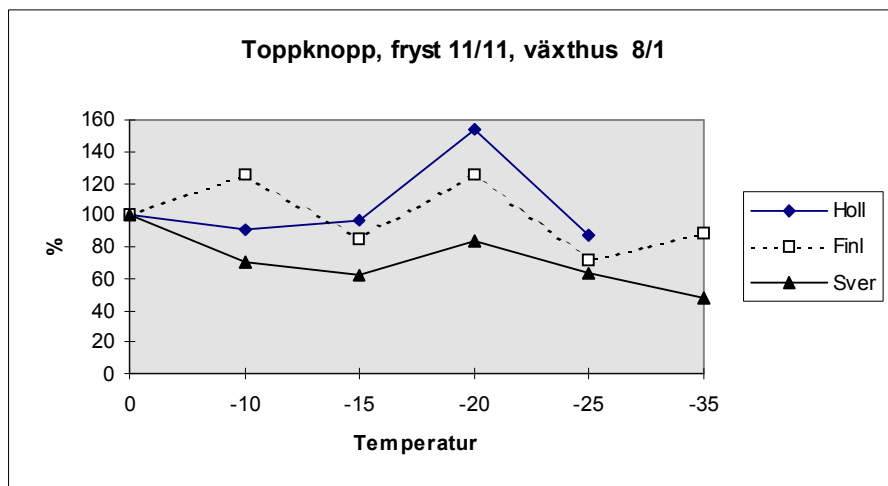
| Stekad Knopp, Pastry test (p = 0.05) |                                       |                                     |                                     |                                     |                                    |                                   |
|--------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Variabel                             | Frysning<br>11/11<br>Växthus<br>12/11 | Frysning<br>11/11<br>Växthus<br>8/1 | Frysning<br>1/12<br>Växthus<br>2/12 | Frysning<br>1/12<br>Växthus<br>12/2 | Frysning<br>9/3<br>Växthus<br>10/3 | Frysning<br>6/4<br>Växthus<br>7/4 |
|                                      | Medelvärde                            | (%)                                 |                                     |                                     |                                    |                                   |
| <b>Toppknopp</b>                     |                                       |                                     |                                     |                                     |                                    |                                   |
| Holland                              | 88 (B)                                | 106 (A)                             | 114 (A)                             | 100 (A)                             | 103 (A)                            | 95 (A)                            |
| Finland                              | 114 (A)                               | 100 (A)                             | 106 (A)                             | 100 (A)                             | 89 (B)                             | 87 (A)                            |
| Sverige                              | 110 (A)                               | 72 (B)                              | 106 (A)                             | 107 (A)                             | 84 (B)                             | 103 (A)                           |
| <b>Sidoknopp</b>                     |                                       |                                     |                                     |                                     |                                    |                                   |
| Holland                              |                                       | 109 (A)                             | 93 (A)                              | 86 (A)                              | 105 (A)                            | 86 (A)                            |
| Finland                              | 102 (A)                               | 87 (B)                              | 122 (A)                             | 99 (B)                              | 105 (A)                            | 75 (A)                            |
| Sverige                              | 97 (A)                                | 85 (B)                              | 92 (A)                              | 90 (AB)                             | 91 (B)                             | 83 (A)                            |

Det framgår att:

- livslängden ofta är signifikant olika för olika temperaturer, men någon tydlig avtagande tendens med sjunkande temperatur kan endast urskiljas för kvistar frusna på våren (6/4) och för de kvistar som placerades i kyl (+4°C) i åtta veckor innan de togs ut till växthus (tabell 6, figur 5).
- överensstämmelsen mellan kloner för topp- och sidoknoppar varierar (tabell 7).
- klonresultatet är omkastat för toppknoppar frysta 11/11 och utplacerade direkt i växthus jämfört med de som sattes ut i växthus åtta veckor senare (jfr kolumn 1 med 2, tabell 7).



**Figur 5a.**  
Knopplivslängden för olika kloner vid olika testtemperaturer och testtillfällena, i relation till livslängden för resp. klons kontrollmaterial (ofrusna kvistar). Kvistarna har satts ut i växthus direkt efter frysningen.



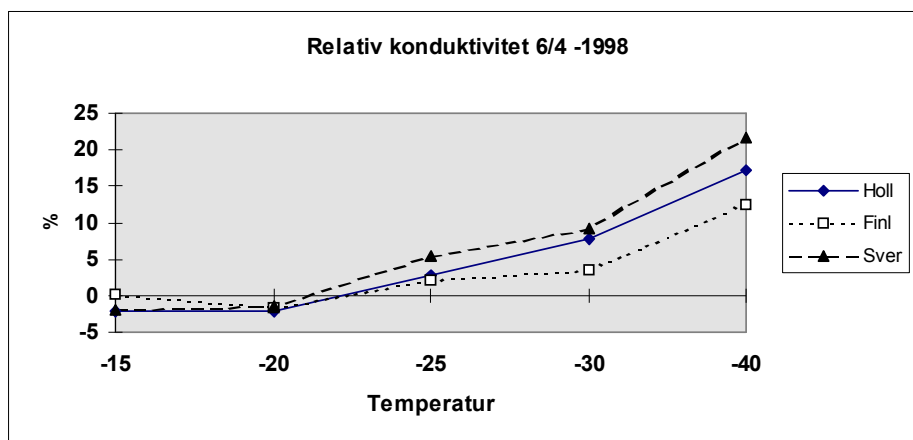
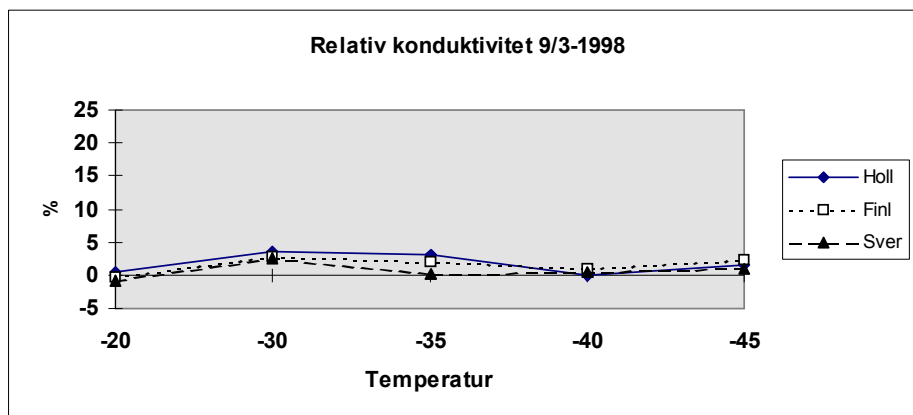
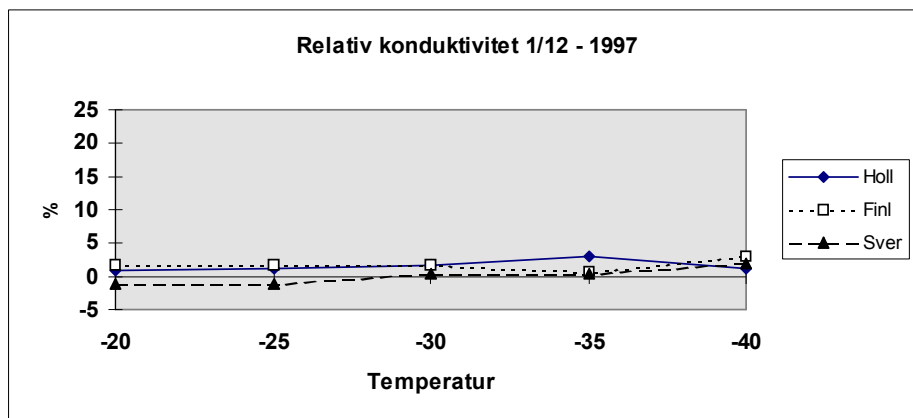
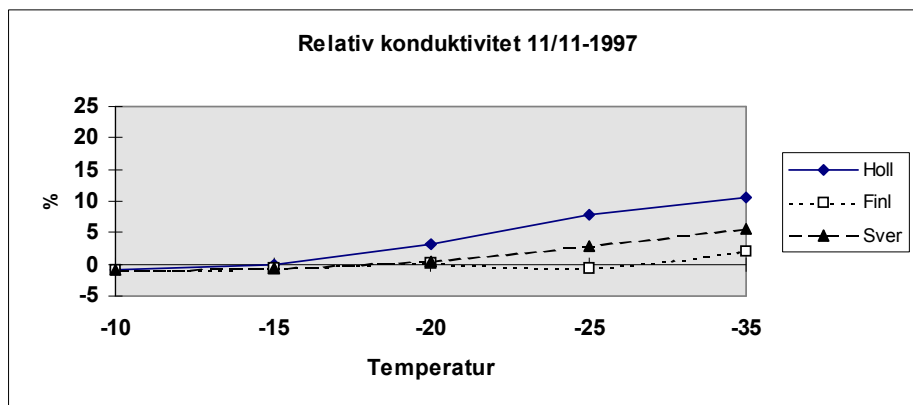
**Figur 5b.**

**Knopplivslängden för olika kloner vid olika testtemperaturer och testtillfällena, i relation till livslängden för resp. klons kontrollmaterial (ofrusna kvistar). Kvistarna har lagrats åtta veckor i kyl innan de placerats i växthus.**

## **Konduktivitet**

Konduktiviteten beräknades enligt Flints formel (se sid 5), vilket innebär att konduktiviteten för en viss klon och en viss frystemperatur har satts i relation till det ofrusna kontrollmaterialets konduktivitet.

Resultat från variansanalyserna presenteras i tabell 8 och 9. I figur 6 visas medelvärden för olika testdatum och temperaturer.



**Figur 6.**  
Medelvärden för rel. konduktivitet, fördelat på fem testtemperaturer och fyra test-tillfällen.

**Tabell 8.**

**Variationskälla och tillhörande p-värden för relativ konduktivitet fördelat på olika testtidpunkter. Signifikanta p-värden (<0,05) är markerade med fetstil.**

| Variationskälla | Frysning 11/11 | Frysning 1/12 | Frysning 9/3  | Frysning 6/4  |
|-----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|
|                 | p-värden       |               |               |               |
| Klon            | <b>0,0001</b>  | <b>0,0006</b> | 0,0985        | 0,1646        |
| Temp            | <b>0,0001</b>  | <b>0,0005</b> | <b>0,0001</b> | <b>0,0001</b> |
| Klon × Temp     | <b>0,0001</b>  | <b>0,0371</b> | 0,6618        | 0,6014        |

**Tabell 9.**

**Medelvärden för relativ konduktivitet. Kloner med olika bokstäver (A eller B) är signifikant åtskilda enligt Tukey-test ( $p < 0,05$ ).**

| Variabel | Frysning 11/11 | Frysning 1/12 | Frysning 9/3 | Frysning 6/4 |
|----------|----------------|---------------|--------------|--------------|
|          | Medelvärde (%) |               |              |              |
| Holland  | 2,94 (A)       | 1,14 (A)      | 1,23 (A)     | 3,73 (A)     |
| Finland  | 0,01 (B)       | 1,30 (A)      | 1,66 (A)     | 2,38 (A)     |
| Sverige  | 1,08 (B)       | 0,08 (B)      | 0,48 (A)     | 4,69 (A)     |

Det framgår att:

- det är starka signifikanta skillnader mellan såväl kloner, temperaturer som samspel mellan klon och temperatur i den första testen på hösten (tabell 8). Den holländska klonen har det största relativa jonläckaget och skiljer sig signifikant från de övriga klonerna för samtliga temperaturer under  $-20^{\circ}\text{C}$  (tabell 9, figur 6).
- det i de två följande testerna (1/12 och 9/3) är fråga om mycket små jonläckage från samtliga kloner. Trots detta är det signifikanta skillnader mellan kloner och temperatur vid testet den 1/12, där den svenska klonen skiljer sig signifikant från de övriga klonerna.
- det i den sista testen (6/4) inte är några statistiskt säkerställda skillnader för kloner, däremot att det är stora skillnader i jonläckage mellan olika testtemperaturer. Det är dock först vid temperaturer långt under det normala (utifrån skånska förhållanden) som jonläckaget från klonerna ökar kraftigt (temp. under  $-30^{\circ}\text{C}$ ).

## Slutdiskussion

Som tidigare nämnts betraktas resultaten från den relativa konduktivitetsmetoden (metod 3) som ”facit”, eftersom den visat sig ge en god korrelation med hårdighet i andra studier. Vid en jämförelse av resultaten från de tre olika metoderna framkommer en hel del skillnader (tabell 10).

**Tabell 10.**

**Sammanfattning av resultat för resp. metod vid olika testdatum.**

| Testmetod                        | Testtidpunkt                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                  | 11/11                                                                                                                                                                                                                     | 1/12                                                                                                                                          | 9/3                                                                                                                                                                                     | 6/4                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Rel. konduktivitet (metod 3)     | Signifikanta skillnader mellan kloner och temperaturer. Den holländska klonen har det största jonläckaget och skiljer sig signifikant från de övriga klonerna för samtliga testtemperaturer under $-20^{\circ}\text{C}$ . | Signifikanta skillnader mellan kloner och temperaturer. Dock mycket litet jonläckage, vilket indikerar att samtliga kloner är mycket hårdiga. | Signifikanta skillnader mellan temperaturer, dock mycket litet jonläckage, vilket indikerar att samtliga kloner är mycket hårdiga.                                                      | Signifikanta skillnader mellan temperaturer: ju lägre testtemperatur, desto större jonläckage. Inga signifikanta klon-skillnader, men den svenska klonen visar för temperaturer under $-25^{\circ}\text{C}$ genomgående ett större läckage än övriga kloner. |
| Andelen brutna knoppar (metod 1) | Signifikanta skillnader mellan kloner men ej mellan temperaturer. Den finländska (topp- och sidoskott) och i viss mån även den holländska klonen (enbart sidoskott) har lägst antal utvecklade knoppar.                   | Signifikanta skillnader mellan kloner men ej mellan temperaturer. Den finländska klonen har lägst antal utvecklade knoppar.                   | Signifikanta skillnader mellan temperaturer men ej mellan kloner.                                                                                                                       | Signifikanta skillnader mellan kloner och temperaturer. Den svenska klonen har lägst antal utvecklade knoppar.                                                                                                                                               |
| Rel. knopplivslängd (metod 2)    | Signifikanta skillnader mellan kloner och klon $\times$ temperatur. Den holländska klonen visar kortast livslängd.                                                                                                        | Ej signifikanta skillnader mellan kloner och temperaturer.                                                                                    | Signifikanta skillnader mellan kloner men ej mellan temperaturer. Den svenska (topp- och sidoskott) och i viss mån även den finländska klonen (enbart toppskott) har kortast livslängd. | Signifikanta skillnader mellan temperaturer, men ej mellan kloner.                                                                                                                                                                                           |

Att döma av den relativa konduktivitetmetoden är de testade klonerna mycket hårdiga under hela testperioden. Jonläckaget är i princip noll för samtliga testtemperaturer (från  $-20^{\circ}\text{C}$  ned till  $-45^{\circ}\text{C}$ ) vid de tester som genomfördes den 1/12 och 9/3. Vid de två andra testerna (11/11 resp. 6/4) är det först vid temperaturer långt under de för skånska förhållanden normala, som något jonläckage kan konstateras.

Det är också fråga om hög knoppbrytningsfrekvens (metod 1) under hela testperioden (75–100 %), med undantag för den finländska klonen (35–48 %) vid testet den 1/12, samt för den svenska klonen (27 %) den 6/4 (tabell 5). Att den finska klonen, som är den mest nordliga, skulle vara den som är minst hårdig i december månad, verkar inte sannolikt och stämmer heller inte med resultat från metod 3. Den svenska klonens sämre hårdighet i april överensstämmer dock väl med metod 3.

Resultat från knopparnas relativa livslängd (metod 2) visar inga signifikanta klonskillnader i testet den 6/4. Till skillnad från metod 1 och 3 visar metod 2 en sämre hårdighet för den svenska och finländska klonen vid testet den 9/3.

Det kan tyckas vara förbryllande att metod 1 vid testerna under hösten inte ger någon signifikant skillnad i knoppbrytningsfrekvens för olika testtemperaturer. Metod 3 visar visserligen en med temperaturen minskad hårdighet. Det är dock här fråga om små mängder joner som läckt ut från kvistarna, vilket tyder på att materialet uppvisar en mycket god hårdighet redan i början på november. Det har också visat sig att knoppar är mer hårdiga i jämförelse med kambievävnaden i kvisten (Colombo et al., 1995), vilket kan förklara skillnaderna mellan metoderna.

En risk med att använda knoppbrytningen under hösten är, att den kanske egentligen inte avspeglar graden av hårdighet, utan klonens förmåga att bryta dormancyn. Det finns sådana indikationer (tabell 5). Andelen utvecklade sidoknoppar efter frysningen 11/11 blev väldigt låg för kvistar som direkt sattes ut i växthus, jämfört med dem som först efter åtta veckor i kyl (+4°C) placerades där. Motsvarande resultat för toppknoppen visar, att den finländska och svenska klonen ökat andelen brutna knoppar efter åtta veckors lagring i kyl, men den holländska klonen har minskat. Det senare förhållandet är dock inte statistiskt säkerställt.

Resultat från metod 2 visar omkastningar i rangordning av klonerna för de som förvarats 0 respektive 8 veckor i kyl (tabell 7, kolumn 1 och 2), vilket också indikerar problem med testningen av hårdigheten på hösten.

## Slutsatser

Huvudsyftet med denna studie var att undersöka om man, via studier av knopp-utvecklingen på frusna kvistar nedstuckna i oasisblock, kan klassa olika björkmaterials hårdighet. Resultaten visar att oasis som vattnas upp, är kapabla att hålla björkkvistar vitala tillräckligt länge, för att frysskada på knoppar skall kunna iakttagas. Oasisen som sådan är således användbar för detta syfte.

Det är dock svårt att utifrån ovanstående resultat avgöra om registreringen av knopparnas utveckling är en relevant hårdighetstestmetod eller inte. En hel del frågetecken kvarstår, speciellt för testningen under hösten. Här krävs ytterligare studier, som då bör genomföras tidigare på hösten, innan dormancyn hunnit utvecklas fullt ut.

Att registrera knopparnas livslängd är en betydligt mer arbetsdryg metod än registrering av frekvensen utvecklade knoppar. Det kan dessutom många gånger vara svårt att avgöra huruvida knoppen lever eller inte. Frysskador har dock effekt på både knoppar och kambie och det har visat sig att kambiet är känsligare än knopparna under höst och vinter (Colombo et al., 1995). Om kambiet är allvarligt skadat, d.v.s. har förlorat sin förmåga att transportera

vatten, kan knopparna trots allt bryta, med hjälp av den energi som finns upplagrad i knoppen. Detta kan således leda till att man drar felaktiga slutsatser, om skadebedömningen endast bygger på knoppbrytningen, vilket talar för att man i första hand skall försöka utveckla ”knopplivslängd”-metoden.

Eftersom resultatet indikerar att sidoknopparna har ett större behov av kyla för att bryta dormancyn, tyder det på att det är toppknoppen man skall koncentrera sig på vid test av hårdighet på hösten.

För mätning av hårdighet på björk under hösten rekommenderas således även fortsättningsvis konduktivitetsmetoden, åtminstone till dess det finns nya resultat från ytterligare knoppårdighetstester. Resultaten från andelen utvecklade knoppar och relativa konduktivitetsmetoden har dock god överensstämmelse på våren, vilket indikerar att oasiskonceptet kan vara ett alternativ för rangordning av olika materials frosttolerans under våren. Detta bör dock styrkas av ytterligare en studie, där betydligt fler kloner ingår än de tre som använts här.

## Erkännanden

Denna studie har genomförts genom bidrag från Föreningen Skogsträdsförädling. Ett speciellt tack riktas till Lars Wremert som samlat in materialet och gjort alla mätningar samt till Lynn Heurlin Karlsson som redigerat manuskriptet.

## Referenser

- Colombo, S.J., Zhao, S. & Blumwald, E. 1995. Frost hardiness gradients in shoots and roots of *Picea mariana* seedlings. Scand. J. For. Res. 10:32–36.
- Deans, J.D., Billington, H.L. & Harvey, F.J. 1995. Assessment of frost damage to leafless stem tissues of *Quercus petraea*: A reappraisal of the method of relative conductivity. Forestry 68(1): 25–34.
- Deans, J.D. & Harvey, F.J. 1996. Frost hardiness of 16 European provenances of sessile oak growing in Scotland. Forestry, Vol 69, no 1.
- Flint, H.L., Boyce, B.R. & Beattie, D.J. 1967. Index of injury – a useful expression of freezing injury to plant tissues as determined by the electrolytic method. Can. J. Plant Sci. 47, 229.
- Koski, V. & Selkäinaho, J. 1982. Experiments on the joint effect of heat sum and photoperiod on seedlings of *Betula pendula*. Commun. Inst. Forestalis Fenniae. The Finnish Forest Research Inst. 1–31.
- Larcher, W. & Nagele, M. 1992. Changes in photosynthetic activity of buds and stem tissues of *Fagus sylvatica* during winter. Trees Structure and Function. 6(2): 91–95.
- Leinonen, I. 1996. Dependence of dormancy release on temperature in different origins of *Pinus sylvestris* and *Betula pendula* seedlings. Scand. J. For. Res. 11:122-128.
- Lindström, A. & Nyström, C. 1994. Elektrolytisk konduktans – ett sätt att bedöma frystolerans och lagringsbarhet hos skogsplantor. Plantnytt 1994:4. SLU, Inst. för Skogsproduktion.
- Neuner, G. & Bannister, P. 1995. Frost resistance and susceptibility to ice formation during natural hardening in relation to leaf anatomy in three evergreen tree species from New Zealand. Tree. Physiol. 15: 371–377.
- Pellett, N. & Heleba, D. 1998. Comparing callus growth with discoloration and electrical conductivity as measures of stem injury after freezing woody plants. Journal of the American Society for Horticultural Science. 123 (5) 826-831.
- Santamour, F.S. 1979. Root hardiness of green ash seedlings from different provenances. J. of Arboricult. 5 (12): 276–279.
- SAS Inst Inc. 1987. SAS/STAT. Guide for personal computers, version 6, edition. Cary, NC: SAS Institute INC. 1028 pp.
- Stener, L.-G. 1996. Analys av fenologiska egenskaper för kloner av vårbjörk. SkogForsk, Uppsala, Sweden, Arbetsrapport 327, 15 pp.