

# Slutrapport

---

**Projekttitel:** Långsiktig avkastning och odlingssäkerhet i salixodlingar i relation till skördeintervallens längd

**Finansiärer:** Stiftelsen lantbruksforskning (SLF) -2009  
Formas -2010

**Projektnr:** Bioenergi H0840063

**Projektledare:** Theo Verwijst, Sveriges lantbruksuniversitet SLU, Institutionen för växtproduktionsekologi, Box 7070, 750 07 Uppsala

**Projektperiod:** Del 1 (SLF): 2009-01-01 – 2009-12-31  
Del 2 (Formas): 2010-12-31 – 2010-12-31

## Sammanfattning

För att få en långsiktigt hög produktion i salixodlingar bör den kumulativa (summerade) plantdödligheten över tid vara så låg att slutna bestånd kan erhållas även under senare omdrev. En jämförelse av populationsdynamik samt årlig och kumulativ produktion i bestånd som konsekvent sköttes med 3- respektive 4-åriga omdrev visade att självgallringen var lägre i bestånden under den kortare omdrevslängden än i bestånd med 4-åriga skördeintervall. Efter 16 år varierade medelvärdet för den kumulativa dödligheten för 12 respektive 16 kloner med 10 till 35% i försöket som skördats vart tredje år medan motsvarande värde varierade med 30 till 60% i försöket med 4 års skördeintervall. Vid 3-åriga skördeintervall skedde plantdödligheten successivt medan den vid 4-åriga skördeintervall var högst i slutet av det andra omdrevet. Särskilt vid introduktion av nya, högproducerande kloner bör längden på skördeintervallen anpassas till markbördigheten så att täthetsberoende plantdödlighet minimeras.

## Bakgrund

Studier utförda vid SLU av Nordh (2005) visade att omdrevslängden har betydelse för plantöverlevnad och därmed för produktionen i efterkommande omdrev. Långsiktig avkastning och odlingssäkerhet i salixodlingar beror till stor del på skötselåtgärder under tidigare omdrev. För att säkerställa avkastning under senare omdrev är det av stor vikt att kunna förutse hur omdrevslängden påverkar beståndsdynamiken med avseende på stoldödlighet och återväxt (Nordh, 2005). Kunskap om beståndsdynamik i salixodlingar har varit begränsad till tidigare omdrev och det finns lite information att tillgå om effekterna av flexibla skördeintervaller. Genom att utöka en redan pågående och befintlig mätserie i syfte att uppskatta effekterna av en variabel omdrevslängd på avkastningsnivåer och odlingssäkerhet kunde vi erhålla ett dataunderlag för att analysera effekten av omdrevslängd på avkastningen i framtida salixodling.

Två försöksserier har utvärderats i detta projekt. Den ena mätserien härrör från ett klonförsök utlagt på Brunnby i Västerås. Försöket planterades år 1990 med 20 000 plantor/ha och 12 kloner och har skördats vart fjärde år (Nordh och Verwijst, 2004). Det andra försöket låg på Ultuna Campus, Uppsala och etablerades år 1994 med 20 000 plantor/ha (Nordh, 1999). Försöket utgjordes av ett klonförsök med 16 kloner som har skördats vart tredje år. Detta experiment har dokumenterats men inte utvärderats tidigare. I detta projekt har vi färdigställt mätserien i sistnämnda försöket och gjort en analys av tillväxt och beståndsdynamik över tid och gjort en jämförelse mellan Brunnby-försöket och Ultuna-försöket som skördats med 4- respektive 3-års mellanrum.

I tidigare försök i Uppsala, (det s.k. Modellskogsförsöket) noterades att 4-åriga omdrev ledde till förhöjd stoldödlighet i slutfasen av de första omdreven och därmed till nedsatt produktionsförmåga under senare omdrev (Verwijst, 1996). Även andra studier tyder på att det uppstår en hård konkurrens om ljus mellan salixplantorna, om den stående biomassan vid en given planttäthet överstiger en viss tröskel, och att den leder i sin tur till förhöjd dödlighet (Verwijst, 1993). Med tanke på att det klonmaterial som numera används i praktiken växer betydligt snabbare än materialet från 1980-talet (Larsson, 1998) – och därmed leder till tidigarelagt konkurrens – verkar det vara än viktigare att anpassa skördeintervallerna till tillväxten och utvärdera effekterna av treåriga intervall i jämförelse med konventionell skörd som sker vart fjärde år.

Syftet med detta projekt har således varit att i dessa båda odlingar studera tillväxt och beståndsdynamik under flera omdrev genom årliga mätningar av plant- och skottöverlevnad samt planttillväxt för att se vilken inverkan skördeintervallens längd har på plantöverlevnad och tillväxt. Beståndens utveckling har utvärderats i förhållande till skötsel, klimat och gödning. Vår hypotes var att den kumulativa produktionen i klonförsöket på Ultuna (3-åriga omdrev) överstiger den kumulativa produktionen i klonförsöket på Brunnby (4-åriga omdrev) efter 16 år. Vidare förväntade vi oss att plantdödligheten skulle vara fortsatt låg i Ultunaförsöket där de kortare omdreven medförde en lägre plantdödlighet till följd av ljuskonkurrens mellan plantor. Möjliga åtgärder för att nå en uthållig avkastning under senare omdrev diskuteras nedan.

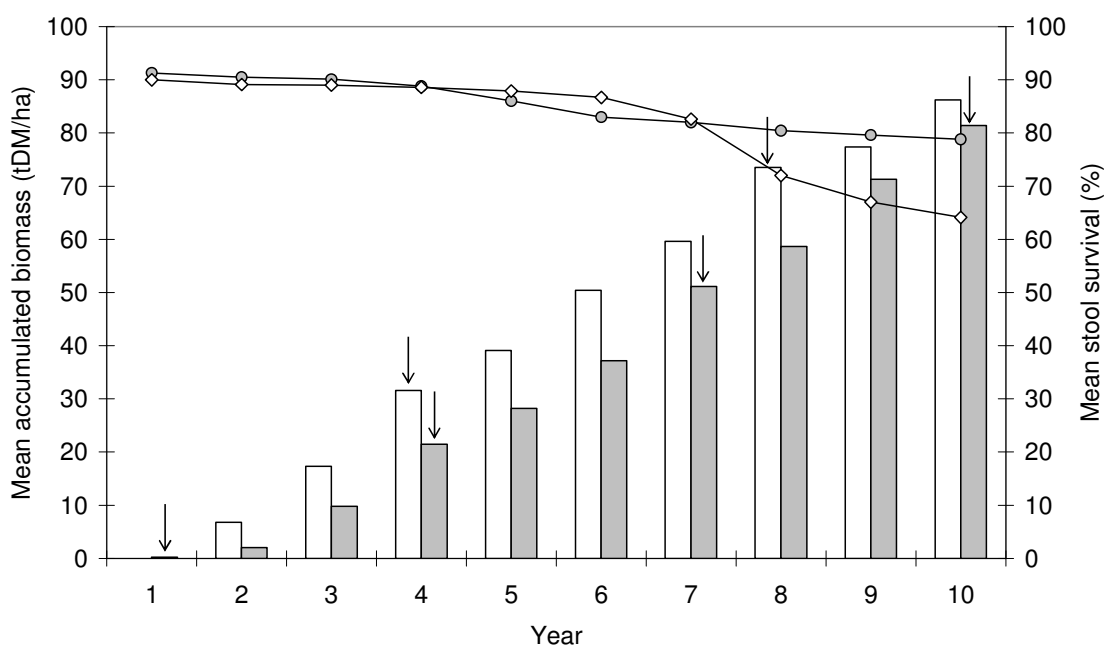
## Material och metod

De två försöken etablerades på lerjord, dels på Brunnby (Västerås) 1990 och på Ultuna (Uppsala) 1994, och innehöll 12 respektive 16 kloner med en planteringsstäthet på 20 000 sticklingar/ha. Båda odlingarna innehöll 4 upprepningar och varje upprepning var uppdelad i enkloparceller. Ogräsbekämpning och gödning utfördes enligt kommersiell praxis. Försöket på Ultuna skördades vart tredje år och på Brunnby genomfördes skörd vart fjärde år. Klimatdata samlades in från närmaste meteorologiska mätstation. Biomassamätningarna gjordes årligen på individuella plantor (72 slumpmässigt utvalda plantor i en nettoruta om 6 x 6 meter i mitten av parcellen) och utfördes under vintern. För varje klon och plats beräknades medelvärden för överlevnad, plantvikt, årlig tillväxt, stående biomassa och ackumulerad biomassa och dessa värden analyserades i relation till variation i temperatur, växtsäsongens längd och nederbörd.

Under vintrarna 2008/2009 och 2009/2010 mättes vedbiomassa och plantöverlevnad i klonförsöket på Ultuna. Den första mätningen utfördes med en icke-destruktiv metod för biomassauppskattning (Nordh och Verwijst 2004) och den avslutande mätningen gjordes

genom skörd och vägning av mätplantorna i samband med skörd av hela försöket. Motsvarande mätningar hade tidigare genomförts årligen i försöket, från och med etableringsåret och under en period av 14 år. Dataunderlaget utgjordes således av en mätserie som sträckte sig över en period om 16 år och omfattade 5 hela omdrev med 3 års skördeintervall. Denna serie ingick i en jämförande analys med resultaten från ett försök på Brunnby, Västerås. Det försöket etablerades 1990 och hade skördats med 4 års skördeintervall. Även här hade årliga mätningar av vedbiomassa och plantöverlevnad utförts under en period av 16 år, från 1990 till 2005, vilket innebar 4 hela omdrev.

Försöksdesignen var densamma i båda försöken och båda försöken låg på lerjord med liknande klimatförhållanden och jämförbara skötselåtgärder hade utförts på båda försöksplatserna. En tidigare jämförelse av produktion och plantöverlevnad för den första 10-årsperioden visade på en ökning av stöldödlighet på slutet av andra omdrevet för Brunnby-försöket som skördades vart fjärde år (Figur 1). Efter tio år var dock den ackumulerade biomassan fortfarande högre i beståndet med 4-åriga omdrev.

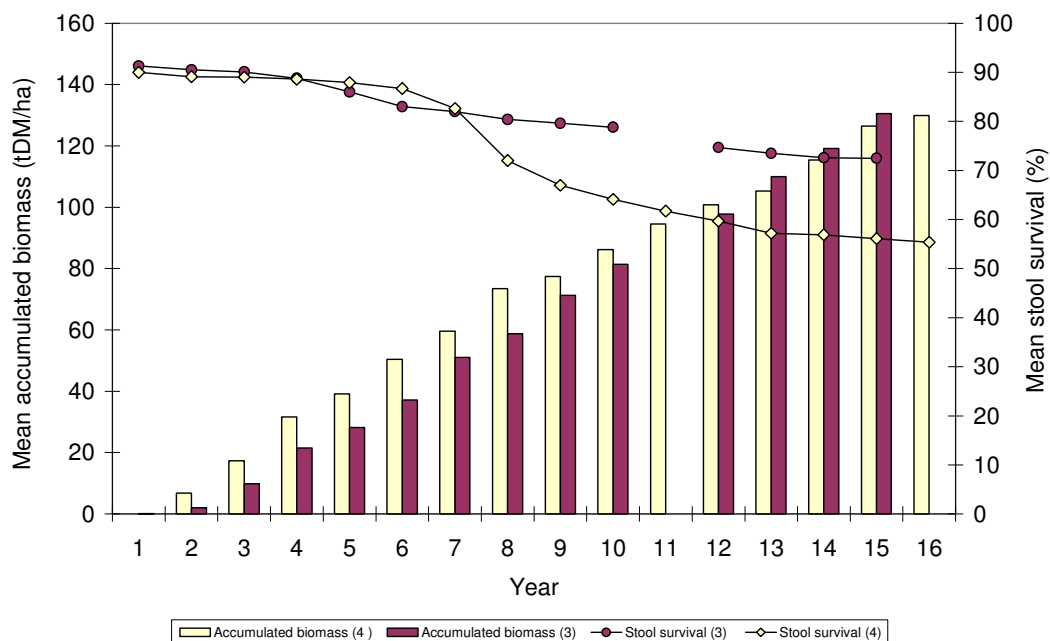


**Figur 1.** Jämförelse av ackumulerad biomassa och överlevnad år 1-10 vid ett 4-årigt omdrev (vita kolumner och  $\diamond$ ) och ett 3-årigt omdrev (gråa kolumner och  $\square$ ). Beståndet i det 4-åriga omdrevet bestod av 12 kloner etablerade år 1990 på Brunnby, nära Västerås. Beståndet i det 3-åriga omdrevet bestod av 16 kloner etablerade år 1994 på Ultuna, nära Uppsala. Ackumulerad biomassa inkluderar levande och dött ovanjordiskt material. Pilar markerar skördetillfällen. (Nordh, 2005).

## Resultat

Medelöverlevnaden för plantorna var under etableringsåret >90% för de allra flesta klonerna och dödligheten under de tre första åren efter etablering var obefintlig. Fram till år 7 var antalet stolar/ha lika mellan de två skördeintervallen. Efter 16 år varierade medelvärdet för

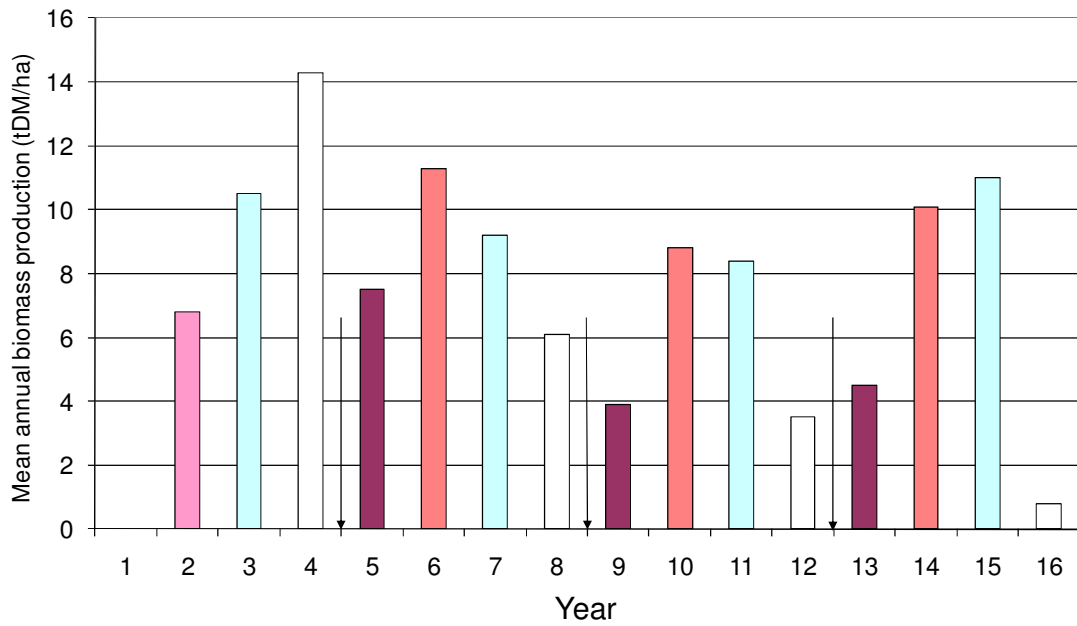
den kumulativa dödligheten mellan 10 och 35% i försöket som skördats vart tredje år medan motsvarande värde varierade mellan 30 och 60% i försöket med 4-års skördeintervall. Vid 3-åriga skördeintervall skedde plantdödligheten successivt medan den vid 4-åriga skördeintervall var högst i slutet av det andra omdrevet (Figur 2). Denna höga plantdödlighet uppstod samtidigt som den stående biomassan var som störst, i snitt >30 ton torrsbstans (TS)/ha under år 7 och 8. I försöket med 3-åriga skördeintervall översteg den stående biomassan aldrig 30 ton TS/ha.



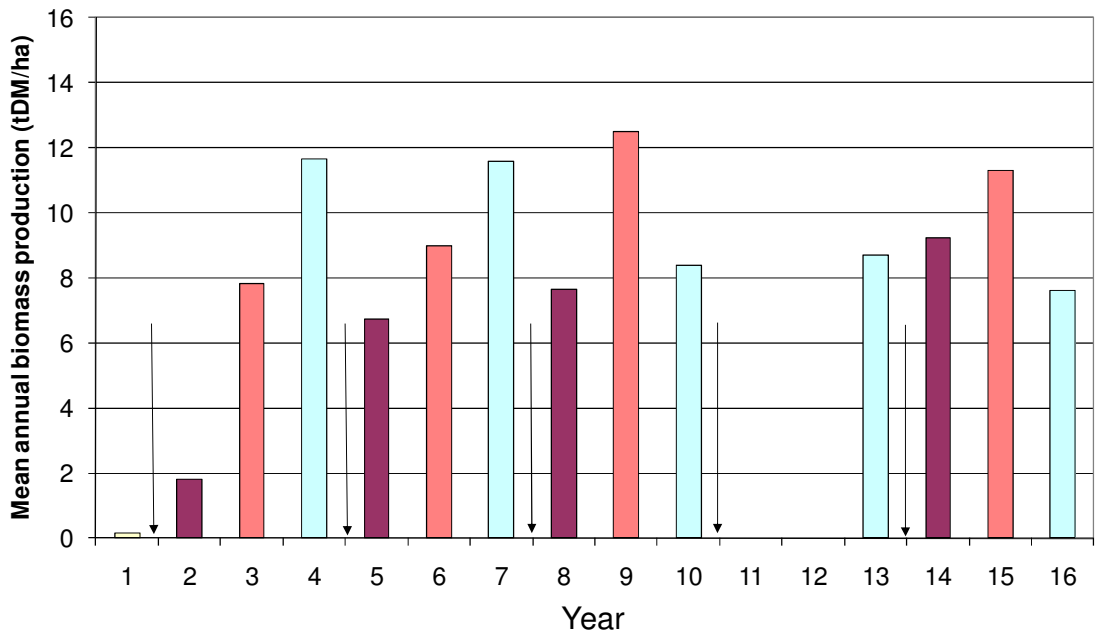
**Figur 2:** Jämförelse av ackumulerad biomassa och överlevnad år 1-16 vid ett 4-årigt omdrev (gula kolumner och  $\diamond$ ) och ett 3-årigt omdrev (röda kolumner och  $\bullet$ ). Beståndet i det 4-åriga omdrevet bestod av 12 kloner etablerade år 1990 i Brunnby, nära Västerås. Beståndet i det 3-åriga omdrevet bestod av 16 kloner etablerade år 1994 på Ultuna, nära Uppsala.

Vid 4-åriga skördeintervall var den årliga tillväxten under det fjärde året i omdrev 2, 3 och 4 alltid lägre än årstillväxten under samtliga av de föregående åren (Figur 3a, vita staplar). Medelproduktionen året efter skörd i det avslutande omdrevet var 4 ton TS/ha i försöket med 4-åriga skördeintervall medan motsvarande värde var 8 ton TS/ha i försöket med 3-åriga skördeintervall. Medelvärdet för den totala producerade biomassan var högre under de tio första åren i försöket med 4-åriga skördeintervall men efter år 12 var den ackumulerade biomassan högst med 3-åriga skördeintervall. Plantornas status vid 3-åriga skördeintervall avspeglades också i deras medelvikt (0,5 -0,7 kg/stol) som de uppnått det första året efter skörd i de avslutande omdreven medan motsvarande medelvikter vid 4-åriga skördeintervall var 0,3-0,4 kg/stol (Figur 4a, b, röda staplar). På grund av den lägre planttätheten i försöket med 4-åriga skördeintervall var plantornas medelvikt under de avslutande skördarna högre än plantornas medelvikt i försöket som skördades vart tredje år.

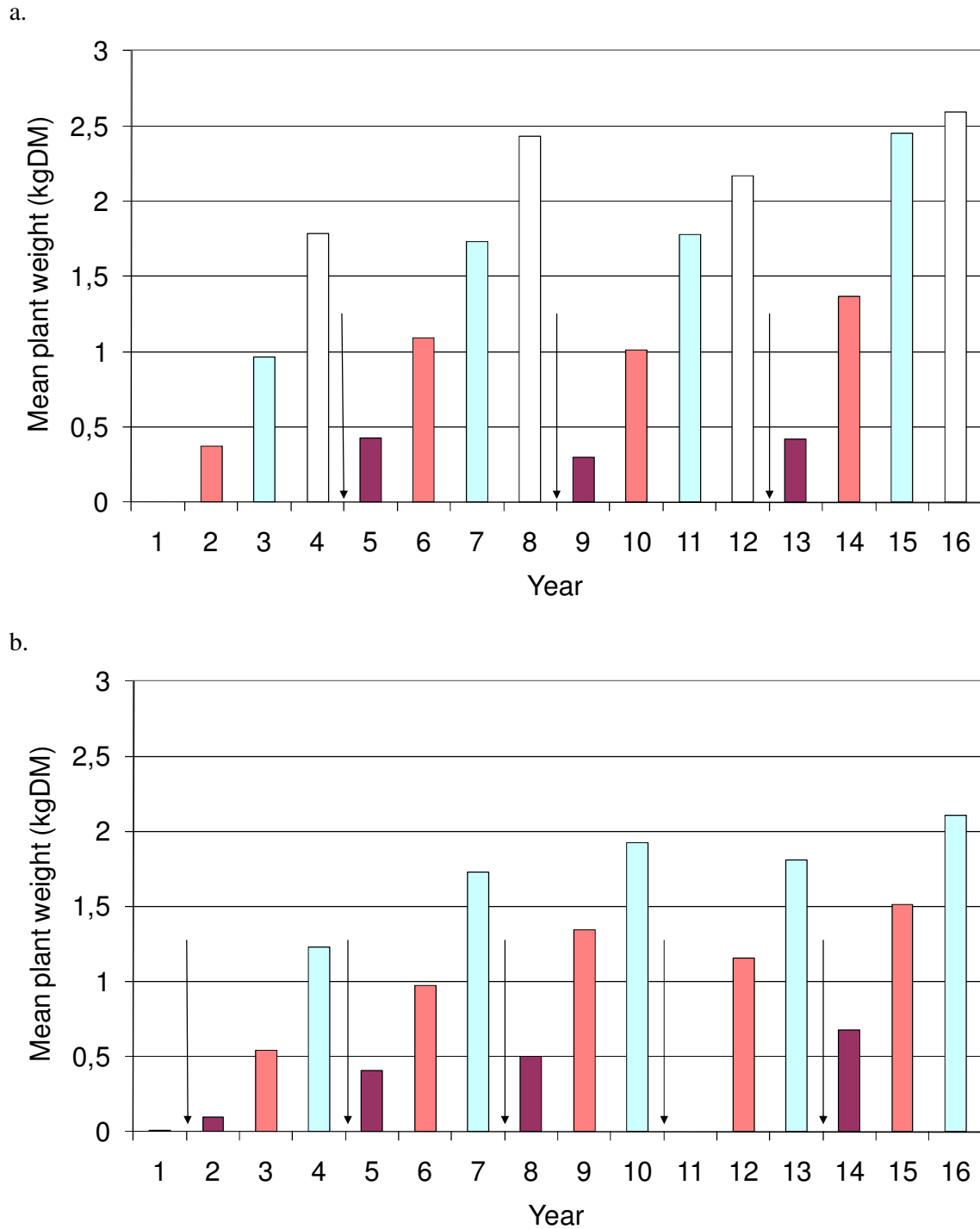
a.



b.



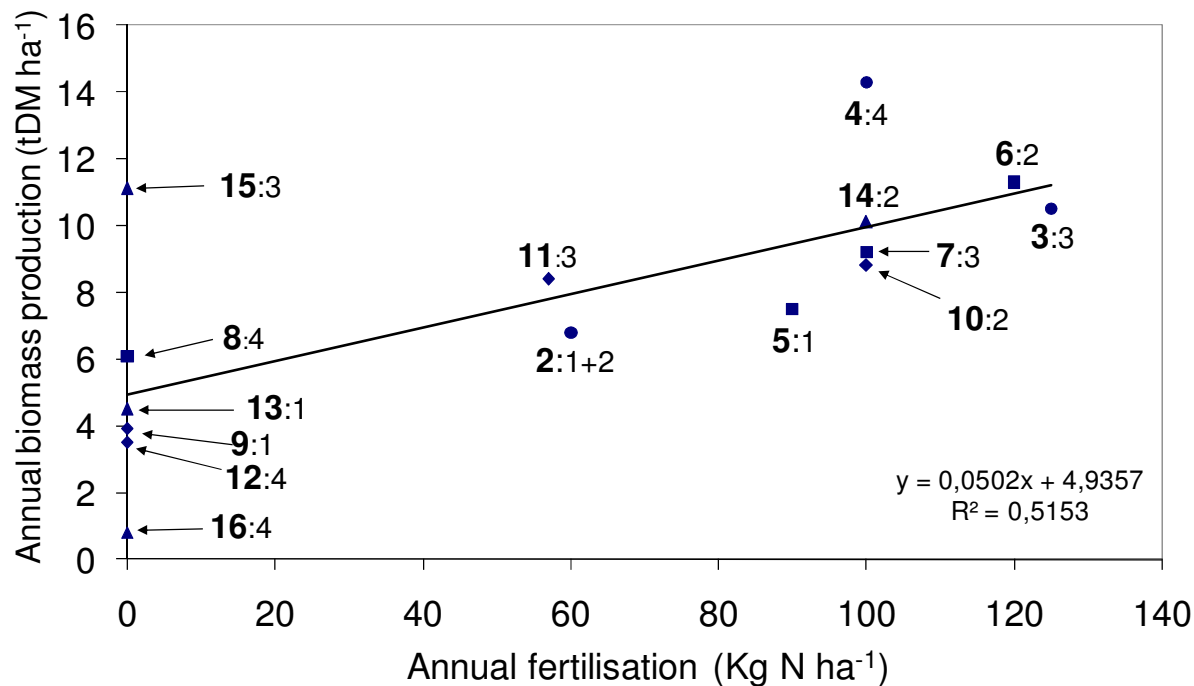
**Figur 3.** Biomassproduktion (kg torrsbstans/ha, medel över år) på (a) Brunnby (4-åriga omdrev) och (b) Ultuna (3-åriga omdrev). Pilarna anger skördetillfällen.



**Figur 4.** Plantvikt(kg torrs substans/planta, medel över år) på (a) Brunnby (4-åriga omdrev) och (b) Ultuna (3-åriga omdrev). Pilarna anger skördetillfällen.

Tillväxtdynamiken och trenderna i biomassaproduktion under de 16 åren var lika för alla kloner i båda försöken. Årsvariationerna i lufttemperatur, växtsäsongens längd och nederbörd

hade ingen signifikant inverkan på biomassaproduktionen. Det fanns inga indikationer på att något av försöken led av torka under försöksperioden. Gödsling hade en signifikant positiv effekt på årlig biomassaproduktion i båda försöken. Denna effekt var dock mindre under senare omdrev (Figur 5).



**Figur 5.** Effekt av gödsling på årlig biomassaproduktion under 16 år i Brunnby. Siffrorna i bilden hänvisar till rotålder:skottålder (● = första omdrev, ■ andra omdrev, ◆ tredje omdrev, ▲ fjärde omdrev).

## Diskussion

Fyra-åriga omdrev i produktiva bestånd visade sig vara mindre uthålliga med avseende på biomassaproduktion än tre-åriga omdrev, oavsett klon. Konkurrens om ljus leder till en hög stoldödlighet när man överskrider en viss mängd stående biomassa. Luckor som uppstår på detta sätt gör att beståndet slutar sig långsammare året efter skörd och detta leder sedan till produktionsförluster. Dessutom förväntas respirationsförlusterna vara större i bestånd med en 4-årig skottålder jämfört med bestånd med 3-åriga skott. Det senare återspeglar sig i nedsatt produktion under det fjärde året under ett 4-årigt omdrev jämfört med produktionen året efter skörd.

Vi drar slutsatsen att för en given planttäthet och bördighet bör längden på skördeintervallen anpassas så att täthetsberoende plantdödlighet minimeras. Resultaten indikerar att vid en planteringstäthet på 20 000 sticklingar/ha bör skörd genomföras när den stående biomassan närmar sig 30 ton TS/ha. Den kommersiella planteringstätheten har anpassats så att täthetsberoende plantdödlighet undviks upp till produktionsnivåer på 9 ton/ha och år, men om

nya förädlade kloner med snabbare tillväxt börjar användas, bör stöldödlighet minimeras genom en högre skördefrekvens eller lägre planteringstäthet.

Förutom att luckor i beståndet leder till direkta produktionsförluster finns det också risk att ogräs etablerar sig i luckorna. Detta leder i sin tur till en ökning av konkurrens om näring och vatten och detta kan förklara varför gödsling hade en mindre effekt under senare omdrev.

## Referenser

Larsson, S. (1998). Genetic improvement of willow for short-rotation coppice. *Biomass and Bioenergy* Vol. 15, No.1, pp 23-26.

Nordh, N.-E. (1999). Willow clonal trials. In: Genetic improvement of willow (*Salix*) as a source of bioenergy for the EC”, Final technical report, AIR2-CT92-1617, European Communities, Directorate-General XII, Science, Research and Development.

Nordh, N.-E. (2005). Long term changes in stand structure and biomass production in short rotation willow coppice. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, SLU, Doctoral Thesis No. 2005:120*, Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences, Department of Crop Production Ecology, Uppsala.

Nordh, N.-E. & Verwijst, T. (2004) Above ground biomass assessments and 1<sup>st</sup> cutting cycle production in willow (*Salix* sp.) coppice – a comparison between destructive and non-destructive methods. *Biomass and Bioenergy* 27, 1-8.

Verwijst, T. (1990). Clonal differences in the structure of a mixed stand of *Salix viminalis* in response to *Melampsora* and frost. *Can. J. For. Res.* 20: 602-605.

Verwijst, T. (1993). Influence of the pathogen *Melampsora epitea* on intraspecific competition in a mixture of *Salix viminalis* clones. *Journal of Vegetation Science* 4: 717-722.

Verwijst, T. (1996). Stool mortality and development of a competitive hierarchy in a *Salix viminalis* coppice system. *Biomass and Bioenergy* Vol. 10, Nos. 5/6, pp. 245-250.



## Publikationer

Theo Verwijst, Anneli Lundkvist, Stina Edelfeldt & Johannes Albertsson. 2012. Development of Sustainable Willow Short-rotation Forestry in Northern Europe. In: 'Biomass / Book 1'. InTech Europe, Rijeka, Croatia. ISBN: 979-953-307-804-4. 19 pages.

*Vidare har två manuskript sammanställts och ska skickas till internationella vetenskapliga tidskrifter under hösten 2012:*

Nils-Erik Nordh & Theo Verwijst. (Manuscript) Biomass production and population dynamics of 12 willow (*Salix*) clones grown in four short rotations during 16 years.

Theo Verwijst & Nils-Erik Nordh. (Manuscript) The effects of cutting cycle length on plant mortality and above-ground biomass production in willow short rotation forestry.

## Övrig resultatförmedling till näringen

Resultaten från omdrevsförsöken (Ultuna/Brunnby) har förmedlats vid en fältvandring/odlarkväll med odlarföreningen "Salixodlarna" i Örebro, 2012.

<http://www.salixodlarna.se/>, och även diskuterats på varmforskdagarna-2010.

[http://rapporter.varmeforsk.se/varmeforskdagarna-2010/pdf/Salix-Nils-Erik\\_Nordh.pdf](http://rapporter.varmeforsk.se/varmeforskdagarna-2010/pdf/Salix-Nils-Erik_Nordh.pdf)