

# Energi- och koldioxidbalans vid intensivodling (av Pål Börjesson, Lunds Universitet)

## 1 ENERGIBALANS

Ett näringsoptimerat skogsbruk medför en extra energiinsats jämfört med traditionellt skogsbruk utan gödsling. Förutom direkt användning av drivmedel vid gödsling förbrukas också energi vid tillverkning av gödselmedlen. Denna totala energiinsats kan jämföras med den energivinst som gödslingen medför i form av ökad biomassetillväxt. Genom att dividera den ökade energiskörden i form av ökad biomassetillväxt med den ökade energiinsatsen vid gödsling fås ett mått, den sk energikvoten, på hur energieffektivt näringsoptimerad gödsling är (se tabell 2).

Den ökade volymtillväxten om 4 till 8 m<sup>3</sup>sk per hektar och år som ofta fås vid näringsoptimerad gödsling motsvarar ungefär 6 till 12 MWh. En kubikmeter stamved med 50% vattenhalt beräknas väga cirka 660 kg, vilket är cirka 20% lägre än stamved från konventionellt skogsbruk (Linder och Bergh, 1996). Ökningen i volymtillväxt kan således inte direkt översättas till torrsubstansproduktion då vedens densiteten minskar något vid näringsoptimerad gödsling. Biomassan antas ha ett lägre värmevärde om 4,8 MWh per ton ts (Börjesson et al., 1997). Dessutom tillkommer biomassa i form av toppar och grenar som beräknas motsvara i genomsnitt cirka 30% av stamvedens biomassa vid slutavverkning. Andelen grenar i förhållande till stamved bedöms således vara något högre i näringsoptimerade bestånd än i konventionella, där andelen grenar brukar uppgå till cirka 25% av stamveden vid slutavverkning (Börjesson, 1994). Den ökade biomassetillväxten vid näringsoptimerad gödsling motsvarar således totalt cirka 8 till 16 MWh per hektar och år när förutom stamved också toppar och grenar inkluderas.

Kvävegödsel står för den största energiinsatsen vid gödselmedeltillverkning. Energiinsatsen vid framställning av kvävegödsel uppskattas vara cirka 12 kWh per kg N, inklusive förpackning och distribution (Börjesson, 1994 och 1996). Med en genomsnittlig kvävegiva om 20 kg N per hektar och år utslaget på en omloppstid om 50 år (totalt cirka 1 000 kg N under en omloppstid, se tabell 1), blir energiinsatsen cirka 240 kWh per hektar och år. Energiinsatsen vid framställning av andra makronäringsämnen är betydligt lägre, t ex cirka 2,0 kWh per kg fosfor och 1,2 kWh per kg kalium (Börjesson, 1994 och 1996). En genomsnittlig giva om cirka 2 och 7 kg fosfor respektive kalium per hektar och år vid näringsoptimerad gödsling medför en energiinsats om totalt cirka 12 kWh per hektar och år. Energiinsatsen i form av magnesium, svavel och kalcium beräknas vara i samma storleksordning, cirka 10 kWh per hektar och år. Den totala energiinsatsen i form av makronäringsämnen blir således cirka 260 kWh per hektar och år. När även energiinsatsen i form av mikronäringsämnen inkluderas, vilket antas motsvara mellan 5 till 10% av energiinsatsen i form av makronäringsämnen, uppgår den totala energiinsatsen i form av gödselmedel vid näringsoptimerad gödsling till cirka 280 kWh per hektar och år under en omloppstid.

Energianvändningen vid transport och spridning av gödselmedel beräknas uppgå till cirka 20 kWh per hektar och år under en omloppstid (totalt cirka 1 000 kWh under en omloppstid), när spridning sker årligen under spridningsperioden. Cirka 15 kWh härrör från spridning då gödselspridaren antas ha en kapacitet om cirka två hektar per timme och bränsleförbrukningen

är i genomsnitt 9 liter diesel per timme (Börjesson, 1994 och 1996). Dieseln energiinnehåll uppgår till 11,1 kWh per liter när också smörjmedel inkluderas. I beräkningen ingår också energiåtgången vid tillverkning och underhåll av spridaren som uppskattas uppgå till motsvarande cirka 10% energiinsatsen i form av drivmedel (Börjesson, 1994 och 1996). Energiinsatsen vid transport av gödselmedlet från lagerplats till spridningsplats i skogen beräknas uppgå till cirka 5 kWh per hektar och år under en omloppstid, då transportavståndet antas vara i genomsnitt 100 km och energiåtgången vid lastbilstransport är cirka 0,8 kWh per tonkilometer inklusive tom returtransport (Börjesson, 1994 och 1996).

Som framgår av resultaten i tabell 2 är energiinsatsen vid näringsoptimerad gödsling mycket liten jämfört med den energivinst som fås i form av ökad biomassetillväxt. Den ökade biomassetillväxten är cirka 25 till 50 gånger högre än den energiinsats som krävs beroende av hur stor tillväxtökningen blir, d v s energiinsatsen utgör maximalt cirka 4% av den energivinst som fås i form av ökad biomassetillväxt. Av ekonomiska skäl kan det eventuellt vara aktuellt att förlänga gödslingsintervallet från ett till två eller tre år under gödslingsperioden (se avsnitt 5). Detta medför en reducerad energiinsats då energiåtgången för spridning minskar något. Dessutom antas gödselgivan reduceras något, d v s den indirekta energiåtgången i form av gödselmedel blir något lägre. Å andra sidan bedöms en förlängd gödslingsintervall medföra att ökningen av biomassetillväxten blir något lägre. Sammantaget bedöms därför en förlängd gödslingsintervall endast marginellt påverka energibalansen för näringsoptimerad gödsling.

Det bör här påpekas att energianalysen endast avser själva gödslingen med efterföljande tillväxtökning och inte hela bränslekedjan från uttag och flisning samt transport till förbränningsanläggningen. Denna typ av energianalys har utförts i tidigare studier och visar att motsvarande cirka 4-5% av skogsbränslets energiinnehåll åtgår för uttag, flisning och transport av skogsbränsle i konventionellt skogsbruk (Börjesson, 1994 och 1996).

**Tabell 1. Energibalans vid näringsoptimerad gödsling.**

Energiskörd (ökning av volymtillväxt) <i>kWh/ha, år</i> <i>(m<sup>3</sup>sk/ha, år)</i>	Energiinsats			Energibalans	
	Gödselmedel <i>kWh/ha, år</i>	Transport och spridning <i>kWh/ha, år</i>	Summa <i>kWh/ha, år</i>	Energiskörd / energiinsats <i>kvot</i>	Energiinsats/ energiskörd <i>%</i>
8.000 (4,0)	280	20	300	27	3,8
16.000 (8,0)	280	20	300	53	1,9

Detta kapitel skall inte tolkas som att allt uttag ska gå till biobränsle, utan som ett principiellt resonemang om energibalansen vid näringsoptimerad gödsling. Naturligtvis bör produktionen delas upp på olika sortiment för att ge skogsägaren bästa ekonomi.

## 2 KOLDIOXIDBALANS

Den ökade användningen av fossila bränslen vid näringsoptimerad gödsling, både direkt i form av drivmedel och indirekt vid tillverkning av gödselmedel, medför ökade nettoutsläpp av koldioxid (CO<sub>2</sub>) jämfört med traditionellt skogsbruk. Vid tillverkning av gödselmedel används framför allt naturgas som energikälla. Här uppskattas energiinsatsen vid tillverkning av de gödselmedel som används vid näringsoptimerad gödsling fördela sig på 80% naturgas och 20% olja. Andelen naturgas är större vid tillverkning av kvävegödsel (cirka 90%) medan den är betydligt mindre vid tillverkning av t ex fosfor- och kaliumgödsel (cirka 25%) (Börjesson, 1996b). Energiinsatsen vid transport och spridning utgörs huvudsakligen av

diesel. Beräkningarna av koldioxidutsläppen baseras på utsläpp från hela bränslekedjan, dvs förutom från slutlig användning också från utvinning, transport och raffinering av respektive bränsle (se tabell 3).

I tabell 4 redovisas de ökade nettoutsläppen av koldioxid som näringsoptimerad gödsling medför genom förbrukning av fossila bränslen. Dessa utsläpp jämförs sedan med den nettoreduktion av koldioxidutsläpp som kan fås då den ökade biomasseskörden används för att ersätta fossila bränslen. Som framgår av tabell 3 varierar storleken av denna reduktion med vilket fossilt bränsle som ersätts. Här antas att den ökade biomasseskörden ersätter olja för värmeproduktion då detta bedöms ge ett ungefärligt genomsnittsvärde för ersättning av olika fossila bränslen. Nettoreduktionen uppskattas i detta fall motsvara cirka 250 kg CO<sub>2</sub> per MWh biobränsle, när hela bränslekedjan för såväl olja som skogsbränsle beaktas (Börjesson, 1999). Som framgår av tabell 4 utgör de ökade nettoutsläppen av koldioxid vid näringsoptimerad gödsling endast mellan 2-4% av den nettoreduktion som fås då den ökade biomasseskörden ersätter olja för värmeproduktion.

**Tabell 2. Koldioxidutsläpp vid användning av fossila bränslen (Gustavsson et al., 1995)**

Bränsle	Slutlig användning	Hela bränslekedjan <sup>a</sup>
	<i>kg CO<sub>2</sub> / MWh</i>	<i>kg CO<sub>2</sub> / MWh</i>
Diesel	271	294
Eldningsolja	271	294
Naturgas	203	246
Kol	326	396

<sup>a</sup> Koldioxidutsläpp i hela bränslekedjan inkluderar förutom utsläpp vid slutlig användning också utsläpp vid utvinning, transport och raffinering av respektive bränsle.

**Tabell 3. Koldioxidbalans vid näringsoptimerad gödsling.**

Reduktion av CO <sub>2</sub> vid ersättning av olja <sup>a</sup> (ökad volymtillväxt) <i>kg CO<sub>2</sub> /ha, år</i> <i>(m<sup>3</sup>sk/ha, år)</i>	Ökade koldioxidutsläpp			Koldioxidbalans	
	Gödselmedel <i>kg CO<sub>2</sub>/ha,år</i>	Transport och spridning <i>kg CO<sub>2</sub>/ha,år</i>	Summa <i>kg CO<sub>2</sub>/ha,år</i>	Reduktion / utsläpp <i>kvot</i>	Utsläpp / reduktion <i>%</i>
2 000 (4)	72	5	77	26	3,9
4 000 (8)	72	5	77	52	1,9

<sup>a</sup> Nettoreduktionen bedöms uppgå till 250 kg CO<sub>2</sub> per MWh biobränsle, när hänsyn tagits till hela bränslekedjan för såväl skogsbränsle som olja (Börjesson, 1999).