

SR864

**Livscykelanalys av industrispenat
(*Spinacia oleracea* L.)-
Miljöpåverkan i samband med
produktion**

Anna Aronsson

10-2013

Sammanfattning

Studiens syfte var att utvärdera miljöpåverkan av industrispenat från odling fram till fabrik. En analys av ett nytt skördesystem gjordes och jämfördes med det gamla skördesystemet. I studien ingick inte miljöpåverkan av förädling av spenat i fabrik eller efterföljande steg i produktkedjan. Studien beskriver miljöpåverkan för miljöpåverkanskategorierna klimatpåverkan, försurning, övergödning av sötvatten och marin övergödning. Livcykelanalysmetoden ReCiPe användes för att beräkna miljöpåverkan. Produktionen och användning av mineralgödsel dominerade bidraget till miljöpåverkan för alla analyserade miljöpåverkanskategorier. Fältarbete, bevattning och transport till fabrik var av mindre betydelse. Åtgärder för att reducera mineralgödselanvändningen skulle därför ge det största genomslaget för att minska miljöpåverkan för spenat. Klimatpåverkan av 1 kg fryst spenat hade ett koldioxidavtryck på 0,29 kg CO₂ekv. Analysen av de två skördesystemen visade att det nya skördesystemet var effektivare vad gällde dieselförbrukning och således gav ett koldioxidavtryck på 8 g CO₂-ekv/kg spenat lägre än det gamla skördesystemet.

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING.....	2
BAKGRUND	4
METODEN LIVSCYKELANALYS	4
MILJÖPÅVERKANSBEDÖMNING	5
MÅL.....	7
PROJEKTUPPLÄGG OCH GENOMFÖRANDE	7
STUDIENS OMFATTNING	7
FUNKTIONELL ENHET	8
SYSTEMGRÄNSER	8
AVGRÄNSNINGAR	8
INVENTERING	9
PRODUKTION AV GÖDSELMEDEL	10
AVGÅNG AV LUSTGAS OCH AMMONIAK.....	10
FOSFORLÄCKAGE	12
RESULTAT OCH DISKUSSION	12
MILJÖPÅVERKAN	12
KLIMATPÅVERKAN.....	13
FÖRSURNING OCH ÖVERGÖDNING	14
JÄMFÖRELSE SKÖRDESYSTEM	14
SLUTSATSER.....	16
REFERENSER.....	17

SR 864

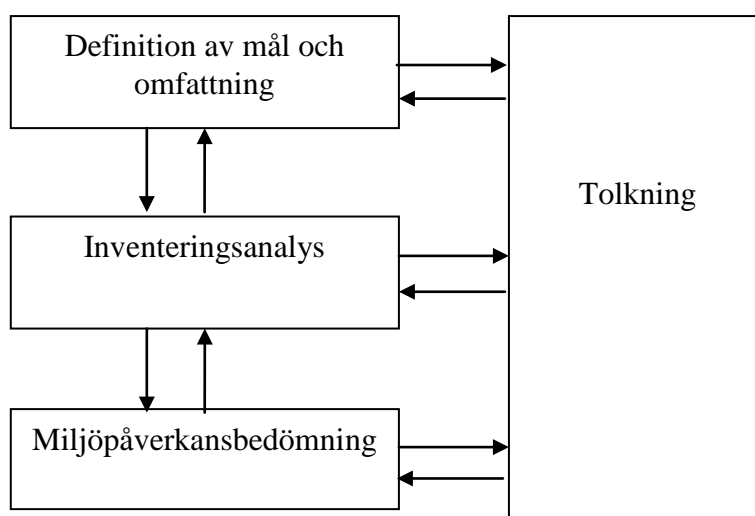
ISBN 978-91-7290-327-2

Bakgrund

Denna studie har till syfte att utvärdera miljöpåverkan av industrispenat från odling fram till fabriksgrind. Denna analys ingår i ett större EU-projekt PRESERF; "Processing Raw Materials into Excellent and Sustainable End products while Remaining Fresh" där spenat är en produkt som används i utvärderingen av nya preserveringsprocesser.

Metoden livscykelanalys

Metodiken för livscykelanalys (LCA) har använts för att analysera hur stor miljöpåverkan är för odlingen av industrispenat fram till fabrik (aktiviteter i fabrik ingår inte). Livscykelanalys är en metod där man kartlägger den potentiella miljöbelastningen som orsakas av en produkt under dess livslängd. Genom att följa produkten från "vaggan till graven", d.v.s. från utvinning av råmaterial till avfallshantering av produkten, kartläggs resursförbrukning, energianvändning samt utsläpp till luft, vatten och mark för de olika delarna av livscykeln. Metodiken för utförande av LCA finns standardiserad enligt ISO 14040 och 14044 (2006). I en LCA ingår fyra obligatoriska delsteg, definierade i ISO standarden; definition av mål och omfattning, inventeringsanalys, miljöpåverkansbedömning och slutligen tolkning av resultat, se Figur 1.



Figur 1. Stegen i en LCA analys (ISO 14040, 2006).

I *definition av mål och omfattning* ska syftet med studien anges, hur resultatet ska användas och skälen till varför studien utförs. En utförlig beskrivning av det undersökta systemet ska finnas med, i vilken systemets funktion, gränsdragningar och antaganden ska beskrivas och motiveras.

En räknabas, så kallad funktionell enhet (FE), för studien ska definieras till vilken resursförbrukning, energianvändning och emissioner kan relatera. I *inventeringen* samlas all data in, detta steg är vanligtvis det mest tidskrävande i en LCA.

I *miljöpåverkansbedömningen* åskådliggörs den miljöpåverkan som det undersökta systemet ger upphov till. I det fjärde och sista delsteget, *tolkning*, analyseras resultaten från inventeringsanalysen och miljöpåverkansbedömningen.

För att göra beräkningarna har LCA-beräkningsprogrammet SimaPro7 (Pre Consultants, 2009) använts. Programmet innehåller också en omfattande databas, EcoInvent (Frischknecht et al., 2007b), som har använts för att komplettera de svenska data som tagits fram av Findus AB.

Miljöpåverkansbedömning

Efter inventering analyseras informationen och klassificeras och karaktäriseras i steget miljöpåverkansbedömning för att fastställa produktens bidrag till de olika miljöpåverkanskategorierna. De miljöpåverkanskategorier som redovisas i den här studien är:

- klimatpåverkan
- försurning
- övergödning av sötvatten
- marin övergödning

samt energianvändning för de två skördesystemen.

Ekotoxicitet som är en miljöpåverkanskategori som utvärderar toxiciteten av användningen av bekämpningsmedel har inte inkluderats i studien då det skulle kräva en för detta projekt alltför omfattande arbetsinsats.

Klimatpåverkan

Solstrålningen som når jorden absorberas delvis av gaser i jordens atmosfär och en viss del emitteras tillbaka till jordytan och bidrar till en uppvärmning där, denna effekt är mera känd som ”växthuseffekten”. Denna effekt leder till att jorden är bebodig, utan den skulle temperaturen vara för låg. Det är människans tillförsel av växthusgaser till atmosfären som leder till ökad växthuseffekt. Ämnen i atmosfären från mänskliga aktiviteter som bidrar till denna effekt är framför allt koldioxid, metan, dikväveoxid (lustgas) och CFC (till exempel freoner). Den klimatpåverkan som emissionerna kan medföra är en höjning av jordens medeltemperatur vilket kan leda till torka, genom mindre nederbörd, översvämning p.g.a. att havsytan höjs etc.

De karaktäriseringsindex som använts vid bedömning av klimatförändringar av de växthusgaserna med störst betydelse visas i Tabell 3.

Försurning

Försurning sker när jordens eller vattnets pH förändras på grund av atmosfärisk deposition av inorganiska substanser såsom sulfater, nitrater och fosfater. Dessa ämnen i atmosfären härstammar från förbränning av fossila bränslen och nitrater tex från läckande fält och organisk gödsel. Försurningspotentialen baseras på hur saturerad jorden eller vattnet (ekosystemet) redan är av dessa ämnen. Försurning påverkar ett ekosystem negativt då växter och djur kan skadas eller inte längre överleva p.g.a. en förändrar pH- nivå. Tabell 3 visar de karaktäriseringsindex som används i metoden för att beräkna försurningspotential.

Övergödning

Ökad tillförsel av näringsämnen till vattensystem leder till ökad tillväxt för olika arter i systemet. Nedbrytningen av näringsämnena samt av annat organiskt material i vattenemissioner kräver syre. Utsläpp av kväveföreningar till luft kan också bidra till ökad tillgång på kväve i vattendrag eftersom kväveföreningar återförs till marken med nederbörd och sedan till viss del hamnar i vattendrag. Den ökade syreförbrukningen kan leda till syrebrist, vilket kan skada både djur och växter. Tillväxten av biomassa i vattendrag begränsas i europeiska system vanligen av tillgången på näring i form av kväve eller fosfor. Fosfor är normalt det begränsande näringsämnet i sjöar och övre delen av Östersjön medan kvävet är det näringsämne som begränsar tillväxten i havet. Tabell 3 visar de karaktäriseringsindex som används i metoden för att beräkna övergödningspotential för sötvatten och marina vatten.

Energianvändning för skördesystemen

I den här studien redovisas energianvändningen för de två skördesystemen. *Cumulative Energy Demand* i LCA beräkningsprogrammet SimaPro har använts som beräknar den energi som krävs för att producera den energi som används i produktens livscykel. Även energi som används för att tillverka själva maskinerna och insatsvarorna ingår.

Tabell 3. Karaktäriseringsindex för klimatpåverkan (GWP 100 år), försurning, övergödning sötvatten och marin övergödning för miljöpåverkansmetoden ReCiPe (Pre Consultants, 2003).

Emission	karaktäriseringsindex
Klimatpåverkan <i>(kg CO₂ per kg)</i>	
Koldioxid (CO ₂)	1
Metan (CH ₄)	25
Lustgas (N ₂ O)	298
Försurning <i>(kg SO₂ per kg)</i>	
Ammoniak (NH ₃)	2,45
Kväveoxider (NOX)	0 56
Svaveldioxid (SO ₂)	1
Övergödning sötvatten <i>(kg P per kg)</i>	
Fosfat	0,33
Fosforsyra	0,32
Fosfor	1
Övergödning marin <i>(kg N per kg)</i>	
Ammoniak i vatten	0,82
Ammonium jon i vatten	0,78
Nitrat i vatten	0,23
Nitrit i vatten	0,30
Kväveoxider	0,039
Kväve (N)	1

Mål

Målet med studien är att utvärdera miljöpåverkan av odling av industrispenat från ”vaggan till fabriksgrind”. Ett delmål är också att jämföra om ett nytt skördesystem ger en minskad miljöpåverkan jämfört med gamla. I studien ingår inte miljöpåverkan av förädling av spenat i fabrik eller efterföljande steg i produktkedjan.

Projektupplägg och genomförande

Studiens omfattning

Livscykeln börjar med utvinning och produktion av råmaterial och energi för framställning av insatsmedel till odlingen. Emissioner och läckage från odling och skörd är inkluderade. Efter skörd transporteras spenaten till fabrik och produktion av bränsle och emissioner från transport är med i beräkningarna.

Studien beskriver miljöpåverkan för följande miljöpåverkanskategorier: klimatpåverkan, försurning, övergödning av sötvatten och marin övergödning. Den metod som har använts för att beräkna miljöpåverkan för de olika miljöpåverkanskategorierna heter ReCiPe. För de två skördesystemen redovisas också primär energi eftersom dieselförbrukning är den enda insatsvaran. De karakteriseringsindex som använts finns beskrivna under avsnittet Miljöpåverkansbedömning.

Funktionell enhet

Den funktionella enheten utgör studiens räknebas och skall avspegla produktens nytta samt vara praktisk mätbar. I denna studie har den funktionella enheten satts till **1kg fryst spenat levererad till fabrik** men det är viktigt att poängtera att miljöpåverkan från förädling i fabrik inte är inkluderad. Endast ett svinn på 15 % som sker i fabrik är medräknat i miljöpåverkan av spenaten.

Systemgränser

Systemgränserna i den här studien utgörs av utvinning och produktion av insatsvaror och energi, som används vid produktion. Systemet har delats upp i kärnsystem respektive bakgrundssystem. Kärnsystemet representerar odling och transport till fabriksgrind där data har inventerats specifikt för den här studien. Data för bakgrundssystemet hämtas från databasen Ecoinvent (Frischknecht et al., 2007b) eller litteratur.

Avgränsningar

Produktion av utsäde

Hantering och transport av utsäde är exkluderat i studien p.g.a. mycket små flöden som inte gör någon skillnad för slutresultaten (Schmidt, 2007).

Produktion av maskiner och infrastruktur

Produktionen av maskiner och byggnader ingår inte i analysen. Byggnader och maskiner har mindre betydelse i relation till livscykelns totala utsläpp av växthusgaser. Vad gäller övergödning och försurning domineras bidraget av NH₃, NO₃⁻ och P-emissioner där en exkludering av maskiner och byggnader inte har någon betydelse (Frischknecht et al, 2007a). Men då det gäller energianvändning kan maskiner få en större påverkan. Produktion av Jordbruksmaskiner och byggnader kan uppgå till 20 % av den primära energin (Frischknecht et al., 2007a) vilket betyder att resultaten av energianvändningen kan vara underskattad i denna studie.

Inventering

Agronomer vid Findus AB har bidragit med inventeringsdata för odlingen av spenat för året 2011. Inventeringsdata grundade sig på information från 11 odlare och kan ses i Tabell 1.

Tabell 1. Inventeringsdata för industrispenat för året 2011.

Inventeringsdata	
Skörd kg/ha	16700
Areal, ha	120
Utsäde, kg/ha	36
Gödsling (medeltal då individuella odlare tillämpar egna strategier)	
Vår	
NPK 11-5-18, kg/ha	700
N, kg/ha	77
P, kg/ha	35
K, kg/ha	126
Övergödsling, kalksalpeter, kg/ha	350
N kg/ha	54
Inför andra skörden	
N27, kg/ha	200
PK, 7-25, kg/ha	200
N, kg/ha	54
P, kg/ha	14
K, kg/ha	50
Övergödsling, kalksalpeter, kg/ha	200
N kg/ha	31
Bevattning	2 ggr/ skörd, 15 mm per gång
Energianvändning, kwh/ha	500
Energianvändning fältarbete	
120 kW traktor	
traktor t/ha	3,2
Traktortimmar/år (per 120 ha)	384
Diesel/traktortimme, l/timme	13
Dieselförbrukning MJ/ha	459
Dieselförbrukning, l totalt	4992
Skörd	

Gammalt system	
Total dieselförbrukning, l	7700
Dieselförbrukning, l/ha	64
Dieselförbrukning, MJ/ha	2265
<i>Transport till fabrik</i>	
Traktortimmar	530
Dieselförbrukning, l/ha	40
Dieselförbrukning, MJ/ha	1403
Nytt system	
Total dieselförbrukning, l	4800
Dieselförbrukning, l/ha	35
Diesel förbrukning, MJ/ha	1224
<i>Transport till fabrik</i>	
Traktortimmar	340
Diesel förbrukning, l/ha	38
Diesel förbrukning, MJ/ha	1330

Produktion av gödselmedel

Produktionen av gödselmedel är inkluderad i studien. Av kväve, fosfor och kalium som används på svenska åkrar, har produktionen av kvävegödsel störst klimatpåverkan per kg skörd. Det överlägset vanligaste enkla N-gödselmedlet i Sverige är kalkammonsalpeter (N26/27/28), följt av kalksalpeter (N15,5) och ammoniumnitrat (N34) (Jordbruksverket, 2011). Framställningen av N-gödselmedel medför stora koldioxidutsläpp eftersom fossila bränslen används och i processen förbrukas stora mängder kolväten. Processen sker i flera steg där ammoniak (NH₃) och salpetersyra (HNO₃) utgör grunden. Produktionen av salpetersyra släpper ut cirka 6-8 kg lustgas per ton producerad salpetersyra. Ammoniak syntetiseras ur kvävgas ur luften och vätgas. Vätgasen fås genom oxidation av kolväten (oftast naturgas) varvid koldioxid och vätgas bildas (Davis & Haglund, 1999). Som ett medeltal för dagens produktion i europeisk gödselindustri anges en emission om 6,8 kg CO₂-ekv/kg N (Jensen & Kongshaug, 2003) men med bästa möjliga teknik uppskattas dessa utsläpp reduceras till 3,1 kg CO₂-ekv/kg. Idag är den N-gödseln som säljs på den svenska marknaden till stor del producerad med "bästa möjliga teknik" och är den som Findus AB använder i sin odling av spenat.

Avgång av lustgas och ammoniak

Lustgas bildas när kväve och organiskt material omsätts av mikrober i marken. I två av dessa processer, nämligen nitrifikation och denitrifikation, kan kväve i marken omvandlas till lustgas. I denna analys har lustgas och ammoniakavgång beräknats enligt IPCC (2006). Denna beräkningsmodell är accepterad inom LCA och rekommenderas att användas av EU (EC, 2011).

Modellen baseras framförallt på mängden kväve som i olika former tillförs marken. I den grundläggande beräkningsmodellen (nivå 1) multipliceras kvävetillförseln med en emissionsfaktor för att uppskatta lustgasavgången. Emissionsfaktorn anger hur stor andel av tillfört kväve som bedöms avgå som lustgas. Beräkningarna delas upp i två delar, direkta och indirekta emissioner. Direkta emissioner är de som uppstår i den odlade marken till vilken kväve tillförs och omsätts i. Indirekta lustgasutsläpp delas upp i två former.

Den ena är luftburna kväveutsläpp i form av ammoniak och kväveoxider som faller ner på mark eller vattenytor och som där ombildas till ammonium och nitrat. Den andra är vattenburna kväveutsläpp som sker genom utlakning och ytavrinning av kväve (oftast nitrat) (Berglund et al., 2009). I beräkningarna för både direkta och indirekta lustgasutsläpp ingår kväve som finns i ovan- och underjordiska skörderester som återförs marken.

Bristande kunskaper om läckaget av nitrat i spenatodling och i grönsaksodling i allmänhet gör att värdet för utlakningen är mycket osäkert. Utlakningsvärdet som används i denna analys på 96 kg N per hektar vilket är 75 % av det beräknade kväveöverskottet för spenaten. Kväveöverskottet beräknas genom att kvävet som lämnar fält i den skördade grödan subtraheras från kvävet som applicerats; kväve in minus kväve ut. Tabell 2 visar lustgasutsläppen och läckage av ammoniak för analysen av spenat per hektar.

Tabell 2. Lustgasutsläpp och ammoniakavgång för spenat per hektar.

Utlakning, kg N/ha vid 100% överskott ¹	128
Utlakning, kg N/ha, 75% av överskott	96
Utlakning, kg N/ha, 50% av överskott	64
Lustgasutsläpp	
Direkta utsläpp	
N ₂ O-N, kg/ha	2,2
N ₂ O, kg/ha	3,5
Indirekta utsläpp	
NH ₃ -N, kg/ha	2,1
NH ₃ , kg/ha	2,6
N ₂ O-N, kg/ha	0,97
N ₂ O, kg/ha, vid 100% av överskott	1,5
N ₂ O, kg/ha vid 75% av överskott	1,1
N ₂ O, kg/ha, vid 50% av överskott	0,75

¹ Kväveöverskott beräknat på kvävegiva och proteininnehåll i spenat.

Fosforläckage

Förlusterna av fosfor från svensk åkermark har beräknats till i genomsnitt 0,4 kg P per hektar och år med en variation mellan 0,003 och 1,8 kg P per hektar (Jordbruksverket, 2010). Av det totala fosforläckage beräknas 0,13 kg P per hektar vara bakgrundsläckage i Skåne, d v s ett fosforläckage som sker oavsett om man odlar eller inte. Medeltalet för läckaget i Skånes slättbyggd var 0.37 kg P per hektar år 2005 enligt Naturvårdsverket (2008) baserat på odling av potatis, cerealier och vall. I denna studie används 0,37 kg P per hektar då det saknas specifika värden för spenatodling.

Resultat och diskussion

Nedan redovisas och diskuteras resultaten av LCA analysen för de utvalda miljöpåverkanskategorierna och energianvändning för de två skördesystemen. Resultaten redovisas per kg fryst spenat.

Miljöpåverkan

Miljöpåverkan av att odla 1 kg spenat, skörda och transportera till fabrik för de fyra utvalda miljöpåverkanskategorierna kan ses i Tabell 4. I beräkningarna har nitratläckagenivån på 75% använts.

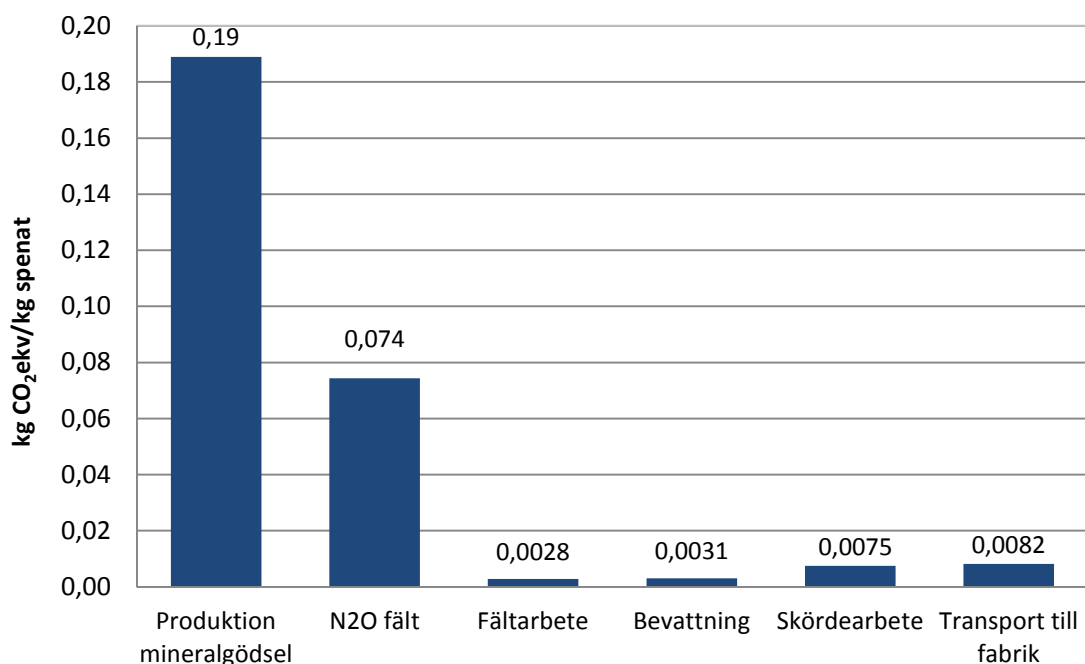
Tabell 4. Miljöpåverkan av 1 kg spenat från ”vagga-till-fabrik” för utvalda miljöpåverkanskategorier.

Miljöpåverkanskategori	Enhet/ kg spenat	
Klimatpåverkan	kg CO ₂ -ekv	0,29
Försurning mark	kg SO ₂ -ekv	0,00044
Övergödning sötvatten	kg P-ekv	0,56
Övergödning marin	kg N-ekv	0,0021

Klimatpåverkan

Figur 2 visar fördelningen av växthusgasutsläpp för klimatförändringskategorin. Växthusgasutsläpp från produktionen av mineralgödsel stod för 65 % av de totala emissionerna i denna kategori. Lustgasutsläpp på grund av tillförsel av N-gödsel stod för 25% av emissionerna. Spenat gödglas oftast med en hög kvävegiva och ger en förhållandevis låg skörd vilket leder till höga lustgasutsläpp från gödselmedel per kg produkt. Findus AB använder BAT-gödsel vilken har det lägsta klimatavtrycket av liknande gödselmedel som finns på marknaden (se kapitel 3.1). Bränsleanvändningen vid skörd och transport till fabrik bidrog med ca 5 % till den potentiella klimatpåverkan. Fältarbetet och bevattningen stod för resterande växthusgasutsläpp.

Då utsläpp från produktion och användning av mineralgödsel stod för 90 % av koldioxidavtrycket är det här som en förändring ger mest genomslag för den totala miljöpåverkan som bidrar till klimatförändringar. En minskad miljöpåverkan skulle kunna uppnås om mineralgödselgivan minskade och/eller kväveeffektiviteten ökade.



Figur 2. Fördelning av växthusgasutsläpp som bidrar till klimatpåverkan vid produktion av 1 kg spenat.

I tabell 5 finns det exempel på klimatpåverkan av andra grönsaker (Davis et al., 2011). Det är viktigt att påpeka att LCA studier ofta skiljer sig åt vad gäller systemgränser och metod så det kan vara olämpligt att göra en direkt jämförelse.

Tabell 5. Exempel på klimatpåverkan av grönsaker (Davis et al., 2011; SIK, 2012).

Produkt	Klimatpåverkan
Lök	0,035
Purjolök	0,11
Selleri	0,059
Vitkål	0,041
Potatis	0,10
Broccoli	0,046
Spenat	0,29

Försurning och övergödning

Ammoniakutsläpp representerade 34 % av de totala emissionerna som bidrog till försurning. Denna ammoniak härstammar från användandet av mineral N-gödsel som läcker ut i mark då inte allt som applicerats på fält tas upp av den växande spenaten. Sulfatdioxid och kväveoxider från produktion av kalksalpeter och sulfater från fosforgödselmedel var de huvudsakliga faktorerna som bidrog till försurningskategorin.

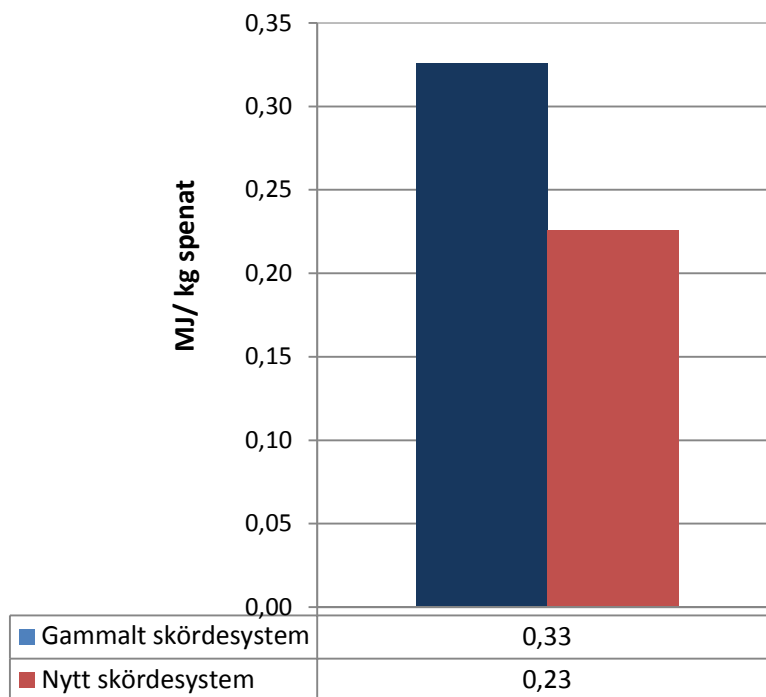
Övergödningen av sötvattensystem som t ex sjöar och vattendrag samt av havet kommer från nitrater som läcker ut ur mark på grund av N-mineralgödsling som inte tas upp av den växande grödan. Nitratläckaget från fält stod för 99 % av bidraget till övergödning av sötvattensystem och marina miljöer. Siffran för nitratläckaget från fält var från början mycket osäker då det inte har gjorts så många studier på detta område då det gäller grönsaksodling. Därför gjordes en känslighetsanalys för det utlakade kvävet på tre nivåer (100 %, 75 % och 50 %; Tabell 2). Ett läckage på 75 % och 50 % skulle ge 4 % respektive 8 % mindre läckage jämfört med nivån på 100 %. I beräkningarna har nitratläckagenivån på 75 % använts.

Utsläpp av fosfater stod för 1 % av övergödningspotentialen för sötvattensystem.

Jämförelse skördesystem

Primärenergi

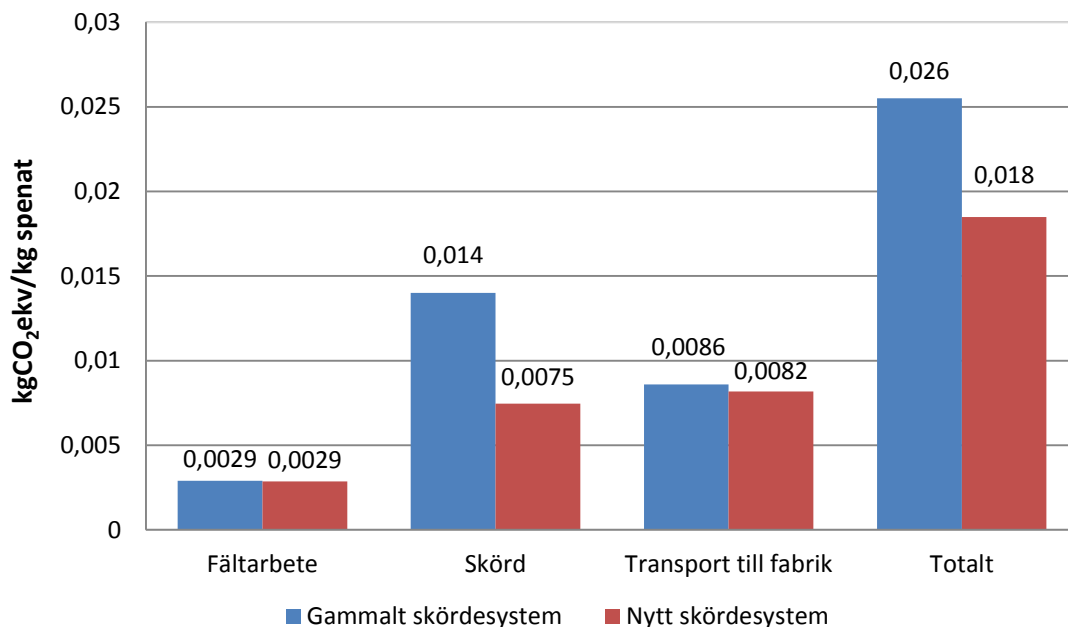
Dieselförbrukningen sjönk i och med att ett nytt skördesystem inrättades vid skörd av spenat hos Findus AB jämfört med det gamla systemet. På grund av detta blir energiförbrukning vid skörd för det nya systemet 0,1 MJ/kg spenat mer effektivt jämfört med det gamla skördesystemet, se Figur 3.



Figur 3. Primär energi för dt gamla och det nya skördesystemet. Endast fältarbete är inkluderat, övriga delar av livscykeln redovisas ej här.

Klimatpåverkan

En liten skillnad i växthusgasutsläpp fanns mellan de två skördesystemen. Det nya skördesystemet medför att 8 gram CO₂-ekv mindre släpps ut per kg spenat jämfört med det gamla systemet, se Figur 4. Om Findus AB inte hade förändrat sitt skördesystem hade koldioxidavtrycket för 1 kg spenat varit 12% högre.



Figur 4. Klimatpåverkan för det gamla och det nya skördesystemet.

Slutsatser

Produktionen och användning av mineralgödsel dominerade bidraget till miljöpåverkan för alla analyserade miljöpåverkanskategorier. Fältarbete, bevattning och transport till fabrik var av mindre betydelse. Åtgärder för att reducera mineralgödselanvändningen skulle därför ge det största genomslaget för att minska miljöpåverkan för spenat. Analysen av de två skördesystemen visade att det nya skördesystemet var effektivare vad gällde dieselförbrukning och således gav ett koldioxidavtryck på 8 g CO₂-ekv/kg spenat lägre än det gamla skördesystemet.

Referenser

- Berglund, M., Cederberg, C., Clason, C., Henriksson, H., och Törner, L., 2009. Jordbrukets klimatpåverkan – underlag för att beräkna växthusgasutsläpp på gårdsnivå och nulägesanalyser av exempelgårdar. Delrapport i JOKER-projektet, Hushållningssällskapet Halland
- Davis, J. och Haglund, C. 1999. Life Cycle Inventory (LCI) of Fertiliser Production. Fertiliser Products Used in Sweden and Western Europe. SIK-Report No. 654. Master's Thesis, Chalmers University of Technology
- Jennifer Davis, J., Wallman, M., Sund, V., Emanuelsson, E., Cederberg, C. och Sonesson, U., 2011. Emissions of greenhouse gases from production of horticultural products : analysis of 17 products cultivated in Sweden. SIK-report No. 828
- European Commission, 2011. ILCD Handbook (International Reference Life Cycle Data System): Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European context. European Commission, DG-JRC
- Frischknecht, R., Althaus, H.-J., Bauer, C., Doka, G., Heck, T., Jungbluth, N., Kellenberger, D., och Nemecek, T., 2007a. The Environmental Relevance of Capital Goods in Life Cycle Assessments of Products and Services. International Journal of LCA, DOI: <http://dx.doi.org/10.1065/lca2007.02.308> Schmidt, 2007
- Frischknecht R., Jungbluth N., Althaus H.-J., Doka G., Dones R., Hirschier R., Hellweg S., Nemecek T., Rebitzer G. och Spielmann M. 2007.b Overview and Methodology. Final report ecoinvent data v2.0, No. 1. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, CH
- ISO 14040, 2006. Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework. International Organization for Standardization. Geneva. Switzerland
- IPCC. 2006. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4. Agriculture, Forestry and Other Land Use
- Jensen, T K., och Kongshaug, G. 2003. Energy consumption and greenhouse gas emissions in fertiliser production. Proceedings 509. International Fertiliser Society, York, UK. 1-28 pp
- Jordbruksverket. 2011. Försäljning av mineralgödsel 2009/2010. Statistikrapport 2011:4. www.jordbruksverket.se
- Jordbruksverket, 2010. Åtgärder mot fosforförluster från jordbruksmark – möjligheter och hinder i praktiken. Delrapport 1 från projekt Greppa Fosfor, 2006–2009. Rapport 2010:35

Naturvårdsverket, 2008. Läckage av näringsämnen från svensk åkermark- beräkningar av normalläckage av kväve och fosfor för 1995 och 2005. Rapport 5823

Pré.: SIMAPRO 7.1.8 PRé Consultants, Printerweg 18, 3821 AD Amersfoort, The Netherlands. www.pre.nl. 2009

SIK, 2012. Institutet för Livsmedel och Bioteknik, SIK Food Database



Huvudkontor/Head Office:

SIK, Box 5401, SE-402 29 Göteborg, Sweden.

Telephone: +46 (0)10 516 66 00, fax: +46 (0)31 83 37 82.

Regionkontor/Regional Offices:

SIK, Ideon, SE-223 70 Lund, Sweden.

Telephone: +46 (0)10 516 66 00.

SIK, Forslunda 1, SE-905 91 Umeå, Sweden.

Telephone: +46 (0)10 516 66 00.

SIK, c/o Almi, Box 1224, SE-581 12 Linköping, Sweden.

Telephone: +46 (0)10 516 66 00.

www.sik.se