

Klimatpåverkan från tryckta och elektroniska läromedel - en översiktlig jämförelse

Studie utförd på uppdrag av NHO Grafisk, Norge

Maria Enroth
MSG Management System Group AB
December 2008

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	3
1 INLEDNING	5
2 METOD.....	6
3 RESULTAT.....	15
4 DISKUSSION OCH SLUTSATSER	20
5 REFERENSER.....	22

Bilageförteckning

<i>Bilaga 1</i>	<i>Beräkning av fossila koldioxidutsläpp från tryckt läromedel</i>
<i>Bilaga 2</i>	<i>Beräkning av fossila koldioxidutsläpp från elektroniskt läromedel</i>
<i>Bilaga 3</i>	<i>Beräkning av fossila koldioxidutsläpp från elektroniskt läromedel, tillägg för viss utskrift</i>
<i>Bilaga 4</i>	<i>Sammanställning av använd energi-mix för elproduktion och emissionsdata</i>
<i>Bilaga 5</i>	<i>Uppskattning av transportvägar och beräkning av fossila koldioxidutsläpp från transporter</i>

Sammanfattning

Denna studie syftar till att ge en översiktlig jämförelse av klimatpåverkan från tryckt respektive elektroniskt läromedel.

Det tryckta läromedlet har antagits omfatta 5 000 böcker á 0,8 kg som används av 5 årskullar elever. Det internetbaserade elektroniska läromedlet har definierats med utgångspunkt från antaganden om motsvarande informationsinnehåll och användningstid.

Studiens funktionella enhet är ”Användning av ett läromedel under fem år av 5000 elever per år (således totalt 25000 ”elevår”). Varje år använder respektive elev läromedlet 2 timmar/vecka i 40 veckor. Eleverna är spridda på sex olika orter i Norge.”

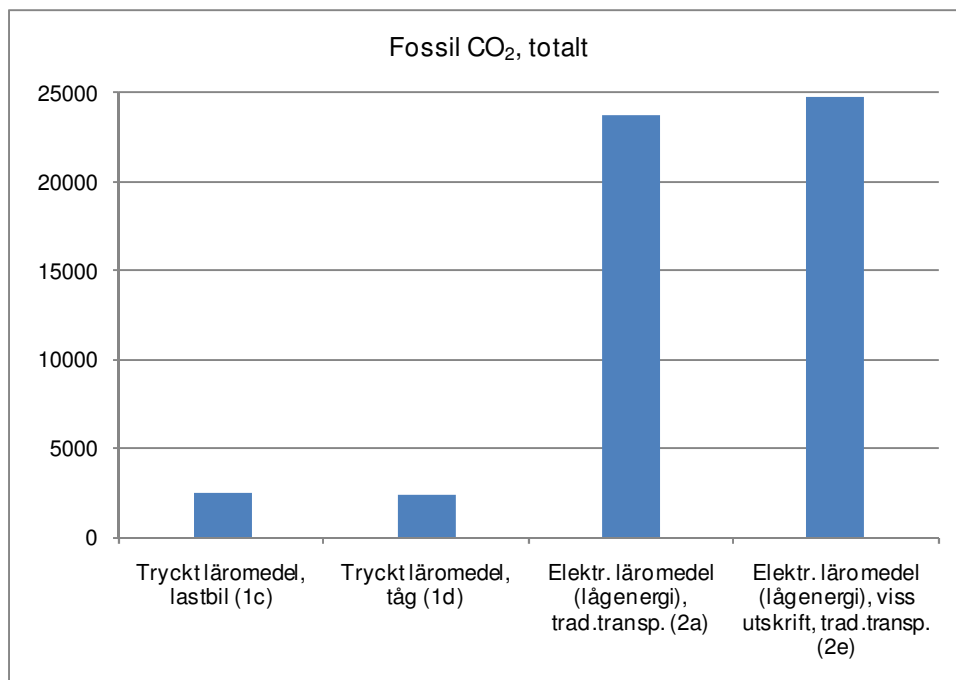
Med klimatpåverkan avses i denna studie utsläpp av fossil koldioxid. Utsläpp av övriga klimatpåverkande gaser inkluderas inte.

Ett livscykelperspektiv har tillämpats vilket innebär att klimatpåverkan från produktionsfas, distribution (av böcker respektive datorutrustning till användare), användningsfas (inklusive aktuell andel av dator- och skärmproduktion) och restprodukthanteringsfas har inkluderats.

Av studien framgår att pappersproduktion (inklusive massaproduktion) och tryckprocessen på ett mycket tydligt sätt bidrar till den totala klimatpåverkan för ett tryckt läromedel. Resultaten indikerar även att restprodukthanteringen bidrar på ett betydande sätt till klimatbelastningen, sannolikt p g a energikrävande transporter och processer.

Studien visar att datorproduktion och användningsfas är mycket betydande när det gäller den totala klimatpåverkan för ett elektroniskt läromedel. För de alternativ där skärm används är även skärmproduktion betydande. Bidrag från övriga livscykelsteg är förhållandevis små.

Klimatpåverkan i form av fossila CO₂-utsläpp för ett urval av studerade alternativ visas i figuren nedan. För tryckta läromedel har normalenergialternativ valts, vilket sannolikt speglar förhållandena vid aktuella tryckerier på mest korrekt sätt. För elektroniska läromedel har lågenergialternativ (användning av laptops) med traditionella transporter valts. Vid jämförelse med tryckta läromedel är ett lågenergialternativ sannolikt det mest troliga i framtiden. Transporterna har i detta sammanhang en förhållandevis liten betydelse för de elektroniska läromedlen.



Klimatpåverkan i form av fossila CO₂-utsläpp (kg) för ett urval av studerade alternativ. Alternativ 1c och 1d representerar tryckta läromedel samt 2a och 2e representerar elektroniska läromedel (lågenergialternativ).

Studien visar på ett tydligt sätt skillnaden i storleksordning på klimatpåverkan mellan tryckta läromedel och elektroniska läromedel. Klimatpåverkan från elektroniska lågenergialternativ (där användare nyttjar laptops) är cirka 10 gånger större än klimatpåverkan från tryckta alternativ. Om istället ett normalenergialternativ antas för det elektroniska läromedlet (där användare nyttjar desktops och separata LCD-skärmar) är klimatpåverkan nästan 30 gånger större än för ett tryckt läromedel med givna antaganden för studien.

En lärobok är ett exempel på en tryckt produkt som är både långlivad och används av många. Denna typ av produkt är därför förhållandevis energieffektiv och har därmed en förhållandevis liten klimatpåverkan.

1 Inledning

Denna rapport har tagits fram av Maria Enroth, MSG AB på uppdrag av NHO Grafisk. Förutsättningarna för studien har stämts av med Gaute Hartberg.

Uppdraget syftar till att ge en översiktlig jämförelse av klimatpåverkan från tryckt respektive elektroniskt läromedel. Det tryckta läromedlet har antagits omfatta 5 000 böcker á 0,8 kg som används av 5 årskullar elever. Det internetbaserade elektroniska läromedlet har definierats med utgångspunkt från antaganden om motsvarande informationsinnehåll och användningstid.

Med klimatpåverkan avses i denna studie utsläpp av fossil koldioxid. Utsläpp av övriga klimatpåverkande gaser inkluderas inte. Studien innefattar påverkan från produktion, distribution och användning av läromedlen. Restprodukthantering av uttjänta läromedel har inkluderats i möjligaste mån. Detta innebär att ett livscykelperspektiv på läromedlen har använts.

2 Metod

Studien har omfattat följande aktiviteter:

1. Definition av läromedlen;
Klargörande av läromedlens funktion/nytta, upplägg och livslängd.
Klargörande av studiens funktionella enhet.
2. Resonemang om infrastruktur för de båda fallen;
Klargörande av vilka system som krävs, exempelvis i form av datorer och internetanslutningar för användningsfasen och vilka av dem som ska inkluderas i studien.
3. Produktion
Definition och beräkning av klimatpåverkan av produktionen för de båda fallen. För det tryckta läromedlet har vissa resultat från studien "Översiktlig bedömning av klimatpåverkan från böcker" (Enroth 2008) använts som underlag. För det elektroniska läromedlet har uppgifter sökts i litteratur och andra publikationer efter miljödata om exempelvis produktion och användningsfas.
4. Distribution
Definition och beräkning av klimatpåverkan från distribution av läromedlen med Oslo och Kina (för datorutrustning) som utgångspunkt. De 5 000 eleverna har antagits spridda enligt följande; 2 000 i Oslo, 500 i Kristiansand, 500 i Stavanger, 1 000 i Bergen, 500 i Trondheim och 500 i Tromsø.
5. Användningsfas och restprodukthantering
Definition och beräkning av klimatpåverkan från användningen av läromedlen.
Läromedlen används 2 timmar/vecka i 40 veckor av 5 årskullar elever.
Klimatpåverkan till följd av restprodukthantering (uttjänt trycksak respektive användarnas datorutrustning) har inkluderats i möjligaste mån.
6. Avstämning med NHO Grafisk om antaganden i studien.
7. Sammanställning av resultaten i en rapport.

Studien har baserats på offentligt publicerade data.

Studiens funktionella enhet är följande:

Användning av ett läromedel under fem år av 5000 elever per år. Varje år använder respektive elev läromedlet 2 timmar/vecka i 40 veckor. Eleverna är spridda på sex olika orter i Norge.

Den funktionella enheten innebär således användning av ett läromedel under 25000 "elevår".

Livslängden för det tryckta läromedlet har antagits till 5 år. Även livslängden för datorer och skärmar som krävs för användning av det elektroniska läromedlet har antagits till 5 år. Detta är en rimlig förenkling, jämför medellivslängden inklusive andrahands-livslängden som konstaterats till 5,6 år för laptops och 6,6 år för desktops och LCD-skärmar i Jönbrink och Zackrisson (2007).

Definition av läromedlen

Det tryckta läromedlet har formatet 19x26 cm² och omfattar 304 sidor plus omslag. Ytvikten på papperet (inlagan) är 100 g/m². Storleken på tryckförlagan med högupplösta bilder till tryck har uppskattats till ca 1200 MB, denna siffra har inte använts i studiens beräkningar.

Det tryckta läromedlet väger ca 0,8 kg/bok vilket innebär att de 5000 läroböckerna tillsammans väger 4,0 ton. Inklusive antagen makulatur, se senare, är den totala pappersmängden för det tryckta läromedlet 4,8 ton.

Det elektroniska läromedlet har uppskattats till totalt ca 1500 MB. Innehållet utgörs av text och lågupplösta bilder som HTML-fil (ca 15 MB), tillhörande ljudfiler för syntetiskt tal (ca 1000 MB), animationer och videoklipp (ca 500 MB). Dessa siffror har dock inte använts i studiens beräkningar.

När det gäller aktuell datorutrustning för användning av det elektroniska läromedlet har följande medelvikt hämtats från Jönbrink och Zackrisson (2007); 2,5 kg/laptop, 9,7 kg/desktop och 6,2 kg/LCD skärm (17"). Aktuella vikter är betydelsefulla vid beräkning av transportbelastning.

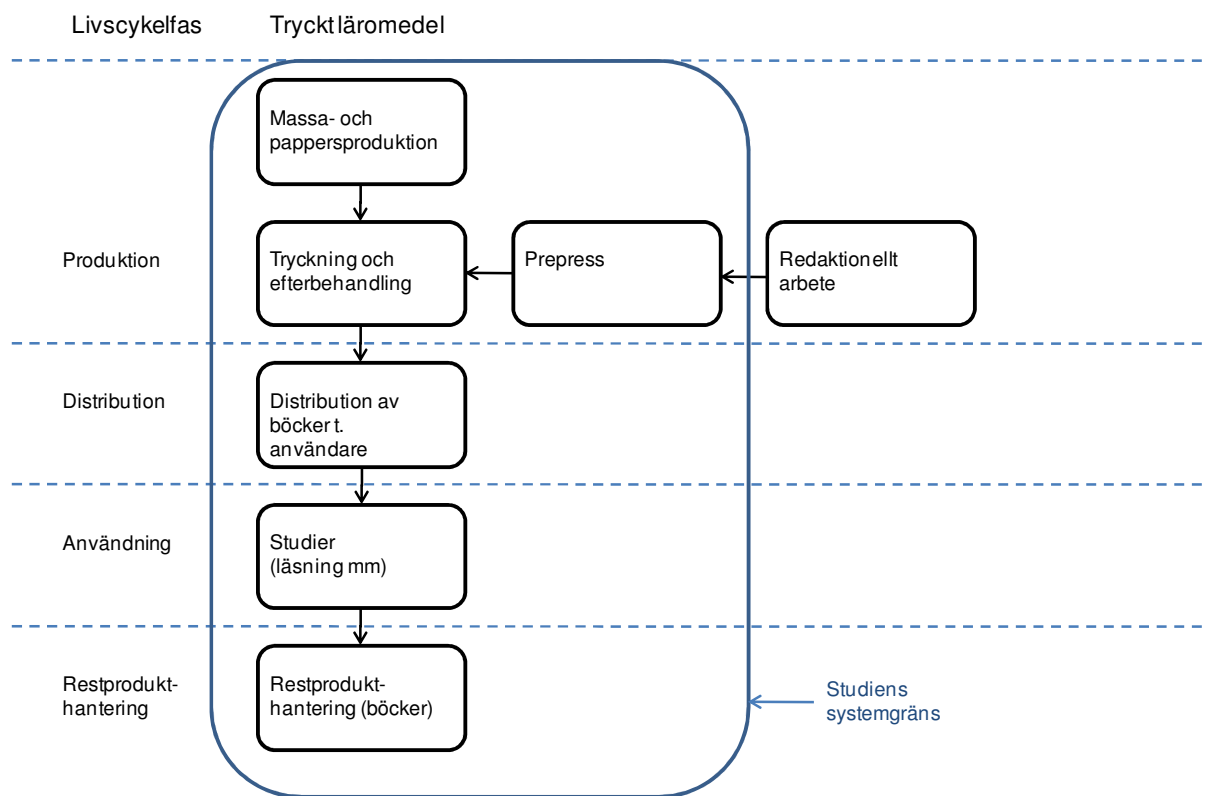
Allokering av miljöbelastning från datorutrustning

När det gäller datorer och skärmar för användning av det elektroniska läromedlet har 3,7% av den totala klimatpåverkan från datorers respektive skärmars livscyklar beaktats. Den aktuella andelen har beräknats baserat på studiens funktionella enhet och datorutrustningens antagna livslängd på 5 år (med antagen användning 7 tim/dygn, 6 dygn/vecka, 52 veckor/år). Denna sk allokering av miljöbelastningen från datorutrustning har använts vid beräkning av distribution till användare, produktion och restprodukthantering av datorutrustning knuten till det elektroniska läromedlet.

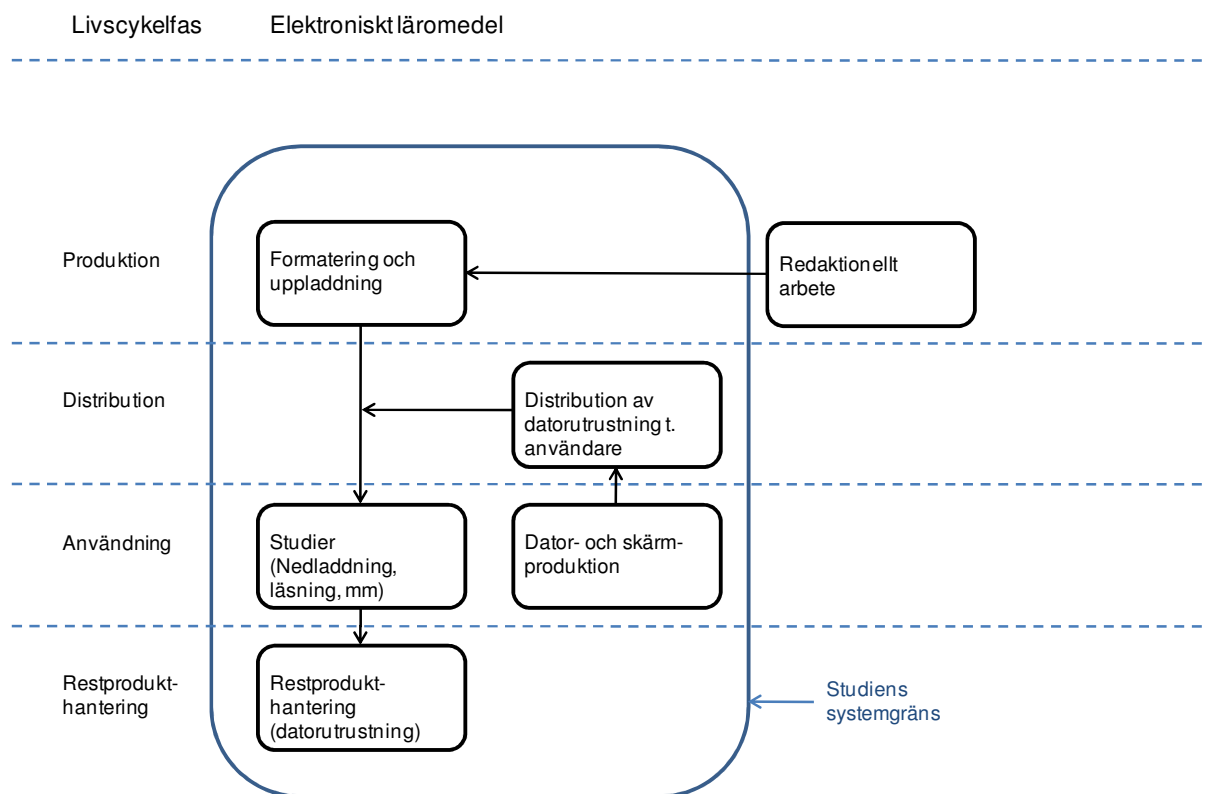
Livscykelperspektiv och produktionssystem

Ett livscykelperspektiv har tillämpats vilket innebär att klimatpåverkan från produktionsfas, distribution (av böcker respektive datorutrustning till användare), användningsfas (inklusive aktuell andel av dator- och skärmproduktion) och restprodukthanteringsfas har inkluderats. När det gäller restprodukthanteringsfasen är osäkerheten emellertid stor p g a bristande data.

Eftersom det är en jämförande studie har främst sådant som skiljer de båda fallen åt inkluderats i studien. Generellt gäller att maskiner och infrastruktur för produktionsfaserna har exkluderats. Likaså har redaktionellt arbete exkluderats. I Figur 1 och Figur 2 har de studerade produktsystemen illustrerats.



Figur 1 Produktsystemet för det tryckta läromedlet.



Figur 2 Produktsystemet för det elektroniska läromedlet.

De tio fall (alternativ) som har studerats finns listade i Tabell 1.

För det tryckta läromedlet har lågenergiscenarier för tryckprocessen i offset, 610 kWh/ton tryckt produkt, (1a och 1b) (Enroth 2006) jämförts med mer normala energiscenarier för tryckprocessen, 1590 kWh/ton tryckt produkt, (1c och 1d) (Enroth et al 2003). Den senare referensen gäller förhållandevis små civilgrafiska tryckerier. Förutom detta har valet av transportslag för tryckpapper och den färdiga produkten varierats i de olika alternativen. När det gäller makulatur i tryckprocessen har samma antaganden om 17% (0,21 ton pappersavfall/ton produkt) gjorts för samtliga fall (Enroth 2006).

Av de studerade alternativen är 1a och 1b de som bäst motsvarar alternativ som tidigare har studerats av MSG på uppdrag av NHO Grafisk (Enroth 2008). I den tidigare studien användes lågenergiscenarier för tryckprocessen. Samtliga 5000 användare antogs då emellertid finnas i Oslo - jämför föreliggande studie där användarna är spridda till 6 olika orter i Norge (2000 elever i Oslo, 500 i Kristiansand, 500 i Stavanger, 1 000 i Bergen, 500 i Trondheim och 500 i Tromsø). I föreliggande studie har även en uppskattning av klimatpåverkan från restprodukthantering inkluderats, vilket inte var med i den tidigare studien.

För det elektroniska läromedlet har lågenergiscenarier för användningsfasen, med antagandet att samtliga användare nyttjar en laptop (2a, 2b, 2e och 2f), jämförts med i dagsläget mer normala energiscenarier för användningsfasen (2c och 2d), d v s att samtliga användare nyttjar en desktop och en separat LCD-skärm (märk att denna typ av skärm är förhållandevis energieffektiv). Förutom detta har valet av transportslag för distribution av datorutrustning varierats i de olika alternativen.

För det elektroniska läromedlet har några specialfall (2e, 2f) belysts där det har antagits att viss utskrift av information sker med en laserskrivare. I dessa fall har endast ”den extra utskriften” av A4-papper (ensidigt) som sker vid användning av elektroniskt läromedel beaktats, se vidare Tabell 3.

Tabell 1 Beskrivning av de tio alternativ till produktion och användning av läromedel som inkluderas i studien.

Alternativ	Beskrivning
1a	Tryckt läromedel (lågenergi), transporter med lastbil
1b	Tryckt läromedel (lågenergi), transporter med tåg
1c	Tryckt läromedel, transporter med lastbil
1d	Tryckt läromedel, transporter med tåg
2a	Elektroniskt läromedel (lågenergi), traditionella transporter
2b	Elektroniskt läromedel (lågenergi), klimatoptimerade transporter (mer tåg)
2c	Elektroniskt läromedel, traditionella transporter
2d	Elektroniskt läromedel, klimatoptimerade transporter (mer tåg)
2e	Elektroniskt läromedel (lågenergi), viss utskrift, traditionella transporter
2f	Elektroniskt läromedel (lågenergi), viss utskrift, klimatoptimerade transporter (mer tåg)

De processteg som inkluderats i studien finns beskrivna i Tabell 2 för det tryckta läromedlet och i Tabell 3 för det elektroniska läromedlet.

Tabell 2 Processteg för det tryckta läromedlet som inkluderats i studien.

Process	Beskrivning	Datakällor
Massa- och pappersproduktion	Utsläpp av fossil koldioxid från samlad massa- och pappersproduktion enligt Paper Profile-data för G-Print Smooth. Papperet är således producerat i Sverige.	Grycksbo Paper 2008
Transport av tryckpapper	Utsläpp av fossil koldioxid från transport av tryckpapper från pappersbruk till tryckeri i Oslo.	Google Maps okt 2008, Baumann och Tillman 2004
Tryckning och efterbehandling (lågenergi)	Energianvändning där data hämtats från förhållandevis mycket stora tryckerier med stora produktioner, Enroth (2006). Detta steg inkluderar även energianvändningen för Prepress. För beräkning av fossil koldioxid har Nordel ¹ antagits för energianvändningen. Energi-mixen redovisad i Moberg et al (2007) har använts i kombination med emissionsdata angivna i Baumann och Tillman (2004).	Baumann och Tillman 2004, Enroth 2006, Moberg et al 2007
Tryckning och efterbehandling	Energianvändning där data hämtats från förhållandevis små, civilgrafiska tryckerier, Enroth et al (2003). Detta steg inkluderar även energianvändningen för Prepress. För beräkning av fossil koldioxid har Nordel antagits för energianvändningen. Energi-mixen redovisad i Moberg et al (2007) har använts i kombination med emissionsdata angivna i Baumann och Tillman (2004).	Baumann och Tillman 2004, Enroth et al 2003, Moberg et al 2007
Distribution	Distribution av böcker till användare från produktionsstället i Oslo. Användarna är spridda i 6 olika orter i Norge (Oslo, Kristiansand, Stavanger, Bergen, Trondheim och Tromsø). Effekten av två olika transportslag (lastbil och tåg) har studerats. Lastbil: "Truck with draw bar trailer, long distance"(NTM 2002). Euro 3 (producerad senare än 2000). Värdekedjan för bränsle är inkluderad. Tåg: Elektricitet för järnvägstransport (NTM 2002). Värdekedjan för elektricitet är inte inkluderad. "Rail car goods train" – traditionell godstransport med tåg (jämför "System train").	Baumann och Tillman 2004
Användning	Studier - läsning, mm. Miljöbelastningen från detta steg har antagits försumbart. Eventuellt extra ljus för läsning har inte tagits med.	
Restprodukt-hantering	Här har restprodukthantering av papperet beaktats i möjligaste mån utifrån givna förutsättningar för studien. Hantering av returpapper har antagits till följande: Materialåtervinning av fiber (80%) och förbränning av papper med energiåtervinning (20%) vilket representerar situationen för tidningspapper i Sverige (Moberg et al 2007). Märk att situationen för finpapper inte helt överensstämmer med detta och övriga antaganden för restprodukthanteringen. Vid materialåtervinning respektive förbränning av returpapper har tagits hänsyn till de produkter (papper respektive energi) som kunnat undvikas till följd av restprodukthanteringen. Nettoeffekten av klimatpåverkan har uppskattats i möjligaste mån baserat på uppgifter i Moberg et al (2007). Nettoeffekten för 13 kg tidningspapper har där angivits till 0,8 kg CO ₂ -ekvivalenter (0,06 kg CO ₂ -ekvivalenter/kg papper). I föreliggande studie har denna siffra använts som fossil CO ₂ , vilket sannolikt innebär en överskattning.	Moberg et al 2007

¹ Nordel includes electricity production in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden. (Moberg et al 2007)

Tabell 3 Processteg för det elektroniska läromedlet som inkluderats i studien.

Process	Beskrivning	Datakällor
Formatering och uppladdning	<p>Tidsåtgång för formatering från manus och uppladdning har uppskattats till 100 timmar efter samråd med NHO Grafisk. Den tid som beaktats i studien är emellertid endast "den extra tid" som används för det elektroniska läromedlet jämfört med det tryckta, då tryckförlaga tas fram baserat på manus. Denna extra tid har uppskattats till 50 timmar.</p> <p>En desktop-dator och en LCD-skärm har antagits för denna process.</p> <p>Energianvändning för formatering har uppskattats med hjälp av effekten 78 W för en desktop och effekten 31 W för en LCD-skärm under aktiv användning (Jönbrink och Zackrisson 2007).</p> <p>För beräkning av fossil koldioxid har Nordel antagits för energianvändningen. Energi-mixen redovisad i Moberg et al (2007) har använts i kombination med emissionsdata angivna i Baumann och Tillman (2004).</p>	<p>Jönbrink och Zackrisson 2007</p> <p>Baumann och Tillman 2004, Moberg et al 2007</p>
Distribution	<p>Distribution av datorer och skärmar (det senare ej i lågenergialternativen) till användarna från tillverkning i Kina. 3,7% av miljöbelastningen har allokerats till den funktionella enheten baserat på antaganden för "andel av datorn" som används för detta syfte.</p> <p>Användarna är spridda i 6 olika orter i Norge (Oslo, Kristiansand, Stavanger, Bergen, Trondheim och Tromsø). Effekten av olika transportslag (lastbil, tåg och båt) har studerats.</p> <p>Lastbil: "Truck with draw bar trailer, long distance"(NTM 2002). Euro 3 (producerad senare än 2000). Värdekedjan för bränsle är inkluderad.</p> <p>Tåg: Elektricitet för järnvägstransport (NTM 2002). Värdekedjan för elektricitet är inte inkluderad. "Rail car goods train" – traditionell godstransport med tåg (jämför "System train").</p> <p>Båt: "Large ship >8000 dwtonne" (NTM 2002). Värdekedjan för bränsle är inkluderad. Sannolikt för stort fartyg för sträckan i Nordsjön.</p>	<p>Baumann och Tillman 2004</p>
"Användning" Datorproduktion	<p>Två olika datorproduktionsfall har beaktats för att kunna studera definierade alternativ.</p> <p>I lågenergi-alternativen antas att alla användare nyttjar en laptop, vilket är ett energieffektivt datoralternativ. I detta fall antas även att ingen använder någon extra, stationär skärm.</p> <p>För normal-alternativet antas att alla användarna nyttjar en desktop. I detta fall krävs även en separat, stationär skärm.</p> <p>3,7% av miljöbelastningen från aktuell datorproduktion har allokerats till den funktionella enheten.</p> <p>Data från Jönbrink och Zackrisson (2007) har använts där miljöbelastningen från datorns olika livscykelsteg har redovisats separat.</p> <p>81 kg CO₂-ekvivalenter redovisas för produktion av en laptop. I föreliggande studie har denna siffra använts som fossil CO₂, vilket sannolikt innebär en överskattning.</p> <p>138 kg CO₂-ekvivalenter redovisas för produktion av en desktop. I föreliggande studie har denna siffra använts som fossil CO₂, vilket sannolikt innebär en överskattning. (Jämför data från Moberg et al (2007) 147 kg fossil CO₂ för produktion av en dator.)</p>	<p>Jönbrink och Zackrisson 2007</p>

<p>"Användning" Skärmproduktion</p>	<p>3,7% av miljöbelastningen från aktuell skärmproduktion har allokerats till den funktionella enheten.</p> <p>Data från Jönbrink och Zackrisson (2007) har använts där miljöbelastningen från datorns olika livscykelsteg har redovisats separat.</p> <p>55 kg CO₂-ekvivalenter redovisas för produktion av en LCD-skärm. I föreliggande studie har denna siffra använts som fossil CO₂, vilket sannolikt innebär en överskattning. (Jämför data från Moberg et al (2007) 151 kg fossil CO₂ för produktion av en TFT-skärm.)</p>	<p>Jönbrink och Zackrisson 2007</p>
<p>Användning (lågenergi – laptop)</p>	<p>Studier - nedladdning och läsning, mm. Laptop utan separat skärm för samtliga användare antaget.</p> <p>Tidsåtgång för studier har uppskattats till totalt 2 000 000 timmar (2 tim * 40 veckor * 5 år * 5000 elever) för den funktionella enheten efter samråd med NHO Grafisk.</p> <p>Energianvändning för studier har uppskattats med hjälp av effekten 32 W för en laptop under aktiv användning, Jönbrink och Zackrisson (2007).</p> <p>För beräkning av fossil koldioxid har Nordel antagits för energianvändningen. Energi-mixen redovisad i Moberg et al (2007) har använts i kombination med emissionsdata angivna i Baumann och Tillman (2004).</p>	<p>Jönbrink och Zackrisson 2007</p> <p>Baumann och Tillman 2004, Moberg et al 2007</p>
<p>Användning (normal – desktop+skärm)</p>	<p>Studier - nedladdning och läsning, mm. Desktop och separat LCD-skärm (energieffektiv skärm) för samtliga användare antaget.</p> <p>Tidsåtgång för studier har uppskattats till totalt 2 000 000 timmar (2 tim * 40 veckor * 5 år * 5000 elever) för den funktionella enheten efter samråd med NHO Grafisk.</p> <p>Energianvändning för studier har uppskattats med hjälp av effekten 78 W för en desktop och effekten 31 W för en LCD-skärm under aktiv användning, Jönbrink och Zackrisson (2007).</p> <p>För beräkning av fossil koldioxid har Nordel antagits för energianvändningen. Energi-mixen redovisad i Moberg et al (2007) har använts i kombination med emissionsdata angivna i Baumann och Tillman (2004).</p>	<p>Jönbrink och Zackrisson 2007</p> <p>Baumann och Tillman 2004, Moberg et al 2007</p>
<p>Restprodukt- hantering</p>	<p>Här har restprodukthantering av datorer och skärmar beaktats i möjligaste mån utifrån givna förutsättningar.</p> <p>Hantering av restprodukthantering av uttjänt elektronik har antagits till följande (Jönbrink och Zackrisson 2007): Återvinning (material- och energiåtervinning, det senare av plast) (95%) och deponering (5%). Av plastinnehållet energiåtervinns 90%.</p> <p>Nettoeffekten med avseende på klimatpåverkan har angivits till -1 kg CO₂-ekvivalenter för "end-of-life"-hantering av en desktop respektive en laptop och 4 kg CO₂-ekvivalenter för "end-of-life"-hantering av en LCD-skärm. (Jönbrink och Zackrisson 2007). I föreliggande studie har dessa siffror använts som fossil CO₂, vilket sannolikt innebär en överskattning.</p>	<p>Jönbrink och Zackrisson 2007</p>

Miljöbelastningen till följd av redaktionellt arbete och annat arbete med att ta fram manus till läromedlet inte är inkluderat i studien. Detta arbete har antagits lika för samtliga studerade fall. Här har antagits att manus finns klart och levereras till respektive produktionsalternativ.

Märk att användning av infrastruktur för elektronisk kommunikation via internet inte är medtagen i studien. Det finns vissa studier gjorda för att uppskatta energiåtgång för dataöverföring via internet, se bl a Taylor and Koomey (2008).

Tabell 4 Tillkommande processteg för det elektroniska läromedlet som inkluderats i studien om viss utskrift av information sker.

Process	Beskrivning	Datakällor
Massa- och pappersproduktion	<p>Utsläpp av fossil koldioxid från samlad massa- och pappersproduktion enligt Paper Profile-data för obestruket träfritt papper (minst 90% kemisk massa) från jungfrulig fiber. Antagen ytvikt är 80 g/m², vilket innebär att 4,99 ton papper används, se vidare under "Utskrift". Det antagna kontorspapperet är producerat i Sverige.</p> <p>Märk att transport av skrivarpapper från pappersbruk till användare inte har inkluderats i studien.</p>	M-real Husum-Wifsta mills, 2006.
Utskrift	<p>Utskrift på laserskrivare av 40 A4-papper per elev och år (totalt 1 miljon A4) har inkluderats i studien. Detta baserat på antagandet att 80 A4 per elev och år skrivs ut (av lärare och elev) då elektroniskt läromedel används och 40 A4 per elev och år skrivs ut (av lärare) då tryckt läromedel används. Således har endast den extra utskriften beaktats.</p> <p>Tidsåtgång för denna utskrift har uppskattats till totalt 420 timmar baserat på en antagen skrivarhastighet på 40 A4/minut.</p> <p>Energianvändning för utskrift har uppskattats med hjälp av effekten 28 W för färglaser enligt Appel (2007). Jämför 300 W för en laserskrivare (hp colour LaserJet 4550) i Moberg et al (2007).</p> <p>För beräkning av fossil koldioxid har Nordel antagits för energianvändningen. Energi-mixen redovisad i Moberg et al (2007) har använts i kombination med emissionsdata angivna i Baumann och Tillman (2004).</p>	<p>Appel 2007</p> <p>Baumann och Tillman 2004, Moberg et al 2007</p>
Restprodukt-hantering	<p>Här har restprodukthantering av papperet beaktats i möjligaste mån utifrån givna förutsättningar för studien.</p> <p>Hantering av returpapper har antagits till följande: Materialåtervinning av fiber (80%) och förbränning av papper med energiåtervinning (20%) vilket representerar situationen för tidningspapper i Sverige (Moberg et al 2007). Märk att situationen för kontorspapper inte helt överensstämmer med detta och övriga antaganden för restprodukthanteringen.</p> <p>Vid materialåtervinning respektive förbränning av returpapper har tagits hänsyn till de produkter (papper respektive energi) som kunnat undvikas till följd av restprodukthanteringen. Nettoeffekten av klimatpåverkan har uppskattats i möjligaste mån baserat på uppgifter i Moberg et al (2007). Nettoeffekten för 13 kg tidningspapper har där angivits till 0,8 kg CO₂-ekvivalenter (0,06 kg CO₂-ekvivalenter/kg papper). I föreliggande studie har denna siffra använts som fossil CO₂, vilket sannolikt innebär en överskattning.</p>	Moberg et al 2007

Som nämnts tidigare har antagits att svenskt papper från Grycksbo Paper (nära Falun) används i det tryckta läromedlet. Uppgifter om emission av kg fossil CO₂/ton papper är hämtad från Grycksbo Paper, Paper Profile G-Print Smooth, Data 2007 (Grycksbo 2008). Dessa siffror inkluderar både massa- och pappersproduktion i enlighet med beräkningsprinciper för Paper Profile. Tryckpapperet (antaget 4,8 ton) transporteras från Grycksbo (Falun) till Oslo och därefter transporteras den färdiga produkten (sammanlagt 4,0 ton) till 6 aktuella orter.

När det gäller uppgifter om produktion av elektricitet har energi-mix för sk Nordel², redovisad i Moberg et al (2007), använts i kombination med emissionsdata från Baumann och Tillman (2004), se vidare i Bilaga 4.

En detaljerad beskrivning av de olika alternativens antagna transportsträckningar, transportslag, sträckor och tonnage finns i Bilaga 5. Sträckorna inom Norden är antagna med hjälp av Google Maps (<http://maps.google.se>). Båtsträckor är antagna med hjälp av programmet Google Earth. När det gäller emissionsdata för olika transportslag har källan Baumann och Tillman (2004) använts.

² Nordel includes electricity production in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden. (Moberg et al 2007)

3 Resultat

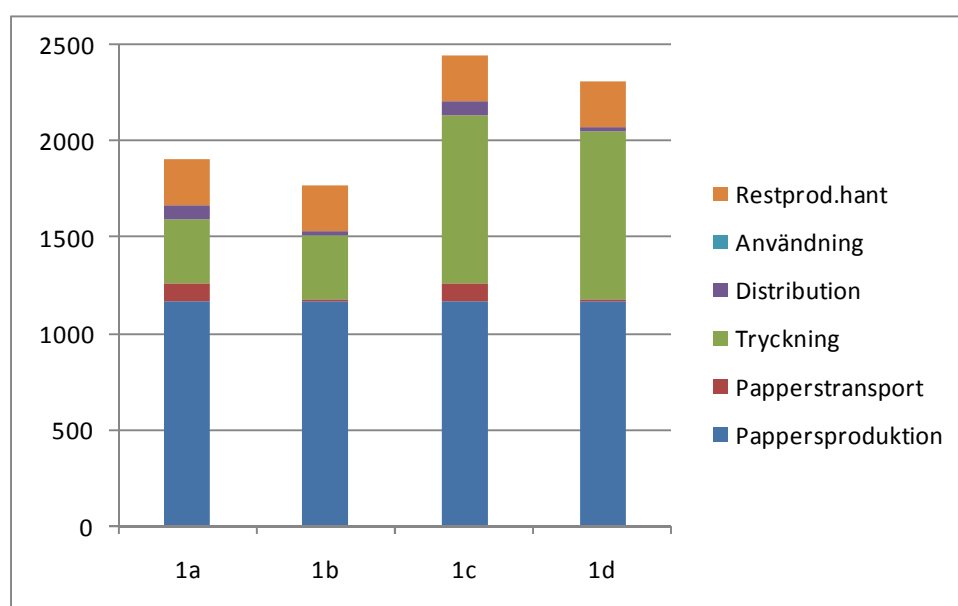
I följande avsnitt redovisas klimatpåverkan i form av fossila koldioxidutsläpp för de olika studerade alternativen. Samtliga alternativ uppfyller studiens funktionella enhet:

Användning av ett läromedel under fem år av 5000 elever per år (således totalt 25000 "elevår"). Varje år använder respektive elev läromedlet 2 timmar/vecka i 40 veckor. Eleverna är spridda på sex olika orter i Norge.

Klimatpåverkan för studerade alternativ när det gäller tryckta läromedel finns illustrerad i Figur 3. Dataunderlag till figuren finns sammanställda i Tabell 5 och mer detaljerat redovisade i Bilaga 1 och Bilaga 5. Bidragen från de olika livscykelstegen för tryckt läromedel redovisas tillsammans med total klimatpåverkan i form av fossila CO₂-utsläpp. Aktuella livscykelsteg finns illustrerade i Metodavsnittet, se Figur 1, och detaljerat beskrivna i Tabell 2.

Som nämnts tidigare är det alternativen 1a och 1b som bäst motsvarar de alternativ som tidigare har studerats av MSG på uppdrag av NHO Grafisk (Enroth 2008). I föreliggande studie har dock distribution av läromedlet till 6 orter och en uppskattning av klimatpåverkan från restprodukthantering inkluderats, vilket inte var med i den tidigare studien. Alternativen 1c och 1d representerar sannolikt en mer realistisk energisituation för små/normalstora civilgrafiska företag i Skandinavien.

Av resultaten framgår att pappersproduktion (inklusive massaproduktion) och tryckprocessen på ett mycket tydligt sätt bidrar till den totala klimatpåverkan för ett tryckt läromedel. I denna studie har även effekten av restprodukthantering beaktats, om än på ett schablonmässigt sätt. Resultaten indikerar att detta steg bidrar på ett betydande sätt till klimatbelastningen, sannolikt p g a energikrävande transporter och processer. Fördelarna med materialåtervinning av fiber framgår inte vid översiktlig studie av klimatpåverkan.



Figur 3 Klimatpåverkan i form av fossila CO₂-utsläpp (kg) för studerade alternativ när det gäller tryckta läromedel. Även bidragen från de olika livscykelstegen finns illustrerade.

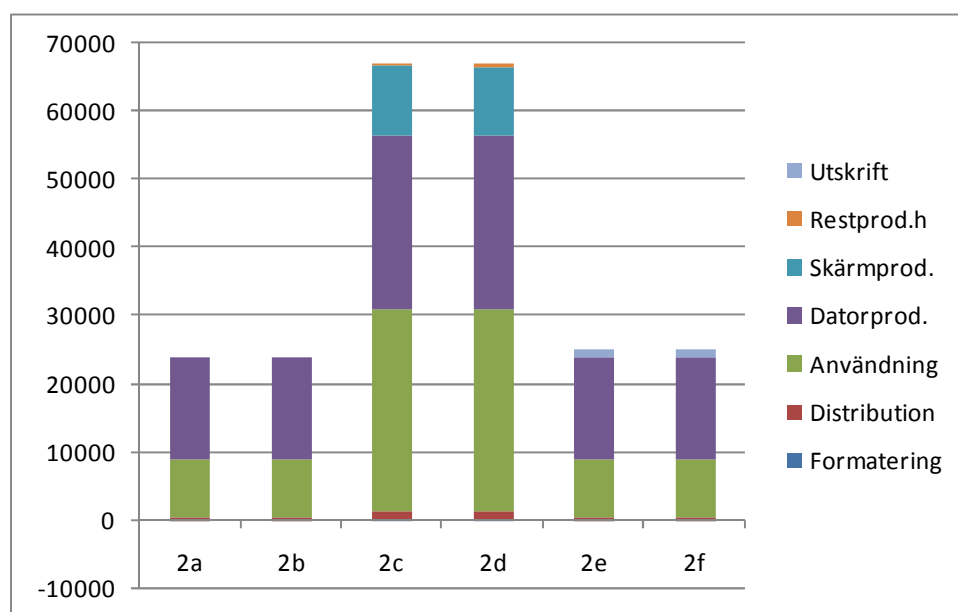
Tabell 5 Klimatpåverkan i form av fossila CO₂-utsläpp (kg) för studerade alternativ när det gäller tryckta läromedel. Bidrag från de olika livscykelstegen finns sammanställda tillsammans med totalsiffror.

Alt	Pappersproduktion	Pappers-transport	Tryckning	Distribution	Användning	Restprodukt hantering	Totalt
1a	1170	91	334	77	0	240	1910
1b	1170	11	334	19	0	240	1780
1c	1170	91	871	77	0	240	2450
1d	1170	11	871	19	0	240	2310

Klimatpåverkan för studerade alternativ när det gäller elektroniska läromedel finns illustrerad i Figur 4. Dataunderlag till figuren finns sammanställda i Tabell 6 och mer detaljerat redovisade i Bilaga 2, Bilaga 3 och Bilaga 5. Bidragen från de olika livscykelstegen för elektroniskt läromedel redovisas tillsammans med total klimatpåverkan i form av fossila CO₂-utsläpp. Aktuella livscykelsteg finns illustrerade i Metodavsnittet, se Figur 2, och detaljerat beskrivna i Tabell 3 och Tabell 4.

I Figur 4 illustreras klimatpåverkan från samtliga studerade elektroniska alternativ. Av figuren framgår att klimatpåverkan från alternativen 2c och 2d vida överskrider klimatpåverkan från övriga alternativ. För dessa båda alternativ har antagits att samtliga användare nyttjar en desktop och en separat LCD-skärm. Övriga alternativ är lågenergialternativ där samtliga användare nyttjar en laptop utan separat skärm. De olika alternativen finns översiktligt beskrivna i Tabell 1.

Märk att skalorna i Figur 3 (som beskriver tryckta läromedel) och Figur 4 (som beskriver elektroniska läromedel) är helt olika.



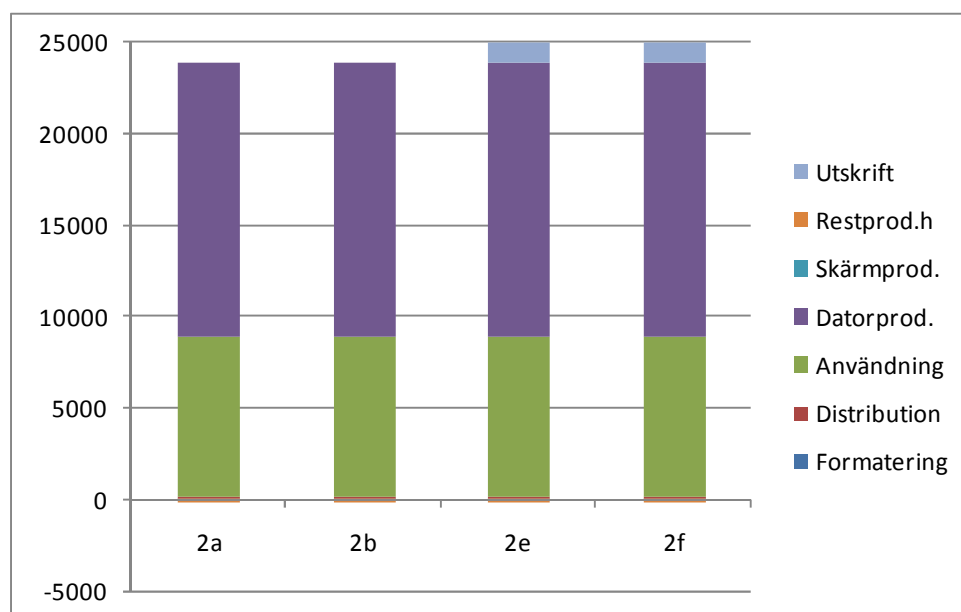
Figur 4 Klimatpåverkan i form av fossila CO₂-utsläpp (kg) för studerade alternativ när det gäller elektroniska läromedel. Även bidragen från de olika livscykelstegen finns illustrerade.

Tabell 6 Klimatpåverkan i form av fossila CO₂-utsläpp (kg) för studerade alternativ när det gäller elektroniska läromedel. Bidrag från de olika livscykelstegen finns sammanställda tillsammans med totalsiffror.

Alt	Forma- tering	Distribution	Användning	Dator- produktion	Skärm- produktion	Restprodukt hantering	Utskrift	Totalt
2a	0,75	169	8770	14980	0	-185	0	23740
2b	0,75	162	8770	14980	0	-185	0	23730
2c	0,75	1070	29870	25530	10180	555	0	67200
2d	0,75	1030	29870	25530	10180	555	0	67160
2e	0,75	169	8770	14980	0	-185	1060	24800
2f	0,75	162	8770	14980	0	-185	1060	24790

Av resultaten framgår att datorproduktion och användningsfas är mycket betydande när det gäller den totala klimatpåverkan för ett elektroniskt internetbaserat läromedel. För de alternativ där skärm används är även skärmproduktion betydande. Bidrag från övriga livscykelsteg är förhållandevis små.

För att i möjligaste mån illustrera bidraget från övriga livscykelsteg grafiskt för elektroniska läromedel, visas endast lågenergialternativen i Figur 5. Effekten av antagen extrautskrift kan då ses för alternativen 2e och 2f. Likaså kan effekten av restprodukthanteringen anas, för lågenergialternativen som en liten negativ post. I föreliggande studie har restprodukthanteringen endast beaktats på ett schablonmässigt sätt men effekten då klimatpåverkan studeras beror främst på energibalansen för detta steg. För lågenergialternativen ger förbränning av datorernas plastinnehåll ett nettotillskott av värmeenergi, vilket uttrycks som negativa emissionsvärden, se även Tabell 6.

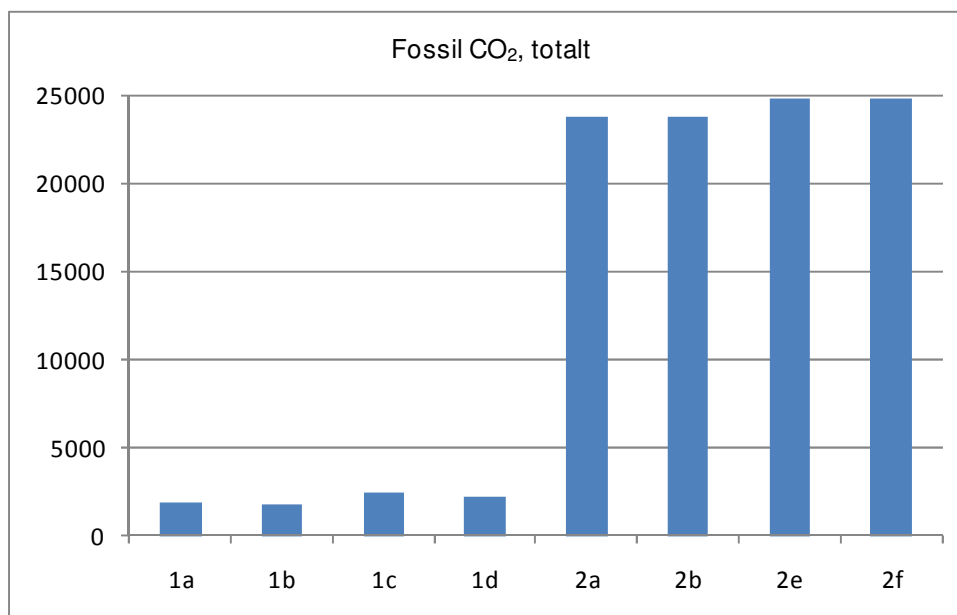


Figur 5 Klimatpåverkan i form av fossila CO₂-utsläpp (kg) för studerade lågenergialternativ när det gäller elektroniska läromedel. Även bidragen från de olika livscykelstegen finns illustrerade.

Det kan konstateras att distribution av datorutrustning från antagen tillverkning i Kina till användarna är mycket liten jämfört med produktion av datorutrustning och användningsfas. Effekten av denna distribution är svagt synlig för normalenergialternativen (2c och 2d) i Figur 4. Därmed kan även konstateras att de olika transportalternativen för det elektroniska läromedlet som studerats, endast ger mycket små variationer.

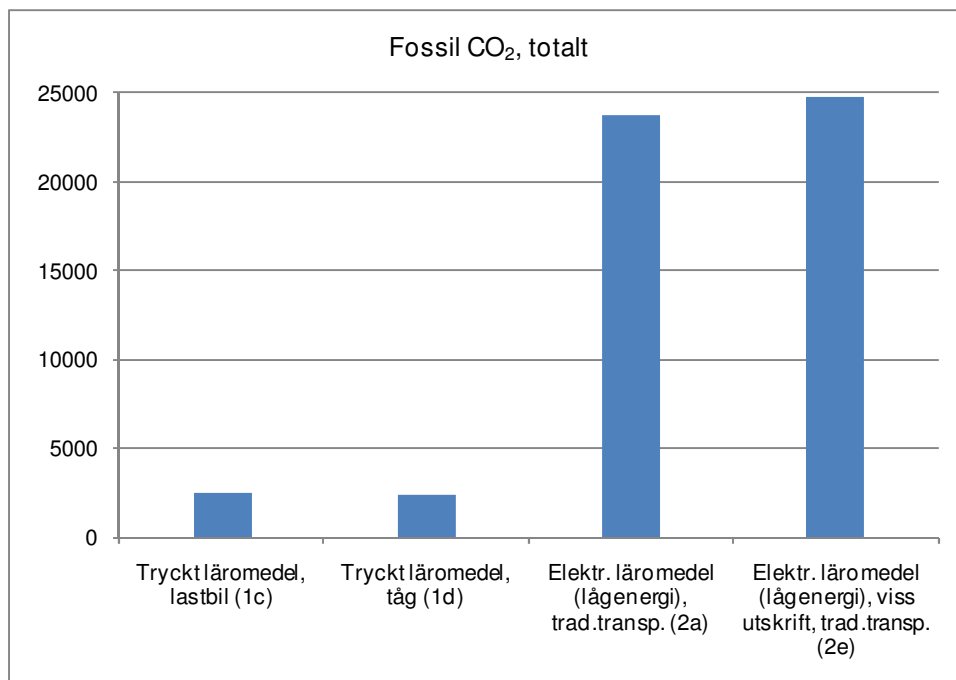
För att jämföra studiens alternativ av tryckta läromedel med studiens alternativ av elektroniska läromedel har klimatpåverkan i form av fossila CO₂-utsläpp för 8 av de totalt 10 studerade alternativen illustrerats i Figur 6. Eftersom klimatpåverkan från alternativen 2c och 2d vida överskrider klimatpåverkan från övriga alternativ har de exkluderats i figuren.

Figur 6 visar på ett tydligt sätt skillnaden i storleksordning på klimatpåverkan mellan studiens alternativ av tryckta läromedel och studiens alternativ av elektroniska läromedel. Klimatpåverkan från elektroniska lågenergialternativ är cirka 10 gånger större än klimatpåverkan från tryckta alternativ.



Figur 6 Klimatpåverkan i form av fossila CO₂-utsläpp (kg) för 8 av de 10 studerade alternativen. Alternativ 1a, 1b, 1c och 1d representerar tryckta läromedel samt 2a, 2b, 2e och 2f representerar elektroniska läromedel. Endast lågenergialternativen för elektroniska läromedel finns med i diagrammet.

Med ledning av studiens resultat har ett urval av de mest relevanta studerade alternativen gjorts. Klimatpåverkan i form av fossila CO₂-utsläpp för dessa alternativ illustreras i Figur 7. För tryckta läromedel har normalenergialternativen valts, vilket sannolikt speglar förhållandena vid aktuella tryckerier på mest korrekt sätt. För elektroniskt läromedel har lågenergialternativen med traditionella transporter valts. Vid jämförelse med tryckt läromedel är ett lågenergialternativ sannolikt det mest troliga i framtiden. Transporterna har i detta sammanhang en förhållandevis liten betydelse för de elektroniska läromedlen.



Figur 7 Klimatpåverkan i form av fossila CO₂-utsläpp (kg) för ett urval av studerade alternativ. Alternativ 1c och 1d representerar tryckta läromedel samt 2a och 2e representerar elektroniska läromedel (lågenergialternativ).

Klimatpåverkan i form av fossila koldioxidutsläpp från internetbaserade elektroniska läromedel (lågenergialternativ) är cirka 10 gånger större än klimatpåverkan från tryckta läromedel. Detta med givna antaganden för studien.

Om ett normalenergialternativ antas för det elektroniska läromedlet är klimatpåverkan nästan 30 gånger större än för ett tryckt läromedel med givna antaganden för studien.

4 Diskussion och slutsatser

Diskussion

I en studie av denna typ är det viktigt att reflektera över produkternas, i detta fall läromedlens, funktion/nytta, upplägg (interaktivitet, etc) och livslängd. Vid jämförande studier kan det exempelvis vara svårt att hitta motsvarande funktion/nytta om produkterna har väldigt olika karaktär. I föreliggande studie har vi exempelvis antagit en begränsad interaktivitet för det elektroniska läromedlet. Studien belyser inte alls läromedlens effekt på elevernas studier och uppnådda studieresultat. Man kan konstatera att tryckta respektive elektroniska läromedel har olika styrkor och därmed kan ha lite olika användningsområden/målgrupper.

Med klimatpåverkan avses i denna studie utsläpp av fossil koldioxid. Utsläpp av övriga klimatpåverkande gaser inkluderas inte. Det har dock i vissa fall varit svårt att särskilja fossil koldioxid från andra klimatpåverkande gaser då klimatpåverkan i litteraturen ofta redovisas i form av sk CO₂-ekvivalenter. Detta ses emellertid inte som något stort problem för denna översiktliga, jämförande studie.

Miljöbelastningen till följd av redaktionellt arbete och annat arbete med att ta fram manus till läromedlet är inte inkluderat i studien. För jämförelsen mellan studiens olika alternativ saknar detta betydelse då belastningen kan antas vara densamma. Totalt sett för medieprodukter finns emellertid en indikation på att manusarbete, inklusive redaktionellt arbete, kan ha förhållandevis stor betydelse (Moberg et al 2007). För dagstidningar och magasin är troligen det redaktionella arbetet mer omfattande, sett i relation till bidrag från exempelvis pappersproduktion till tryckta alternativ eller användningsfas för elektroniska alternativ.

Märk även att användning av infrastruktur för elektronisk kommunikation via internet inte är medtagen i studien. Det finns anledning att titta närmare på hur denna infrastruktur inverkar på elektroniska produkter, i första hand för att miljöoptimera denna infrastruktur.

När det gäller erhållna resultat för restprodukthanteringen i föreliggande studie är de mycket osäkra. Detta beroende på att endast en schablonmässig hantering av underlagsdata har varit möjlig att göra inom ramen för denna studie.

När det gäller makulatur i tryckprocessen har samma antaganden om 17% (0,21 ton pappersavfall/ton produkt) (Enroth 2006) gjorts för samtliga studerade tryckfall. Denna siffra är hämtad från stora företag med stora produktioner. Sannolikt är makulaturen större i aktuella, små/medelstora grafiska företag. Andra insatsvaror i tryckprocessen än papper, såsom exempelvis färg och tryckplåt, är inte beaktade i denna översiktliga studie.

Studien visar på möjliga miljöoptimeringar inom respektive produktsystem. För tryckta läromedel är det fortsatt viktigt att välja miljöanpassade papper samt att energioptimera tryckprocess och transporter. Det finns anledning att specifikt se över energisituationen på medieföretag så att det blir lättare att därefter optimera de olika processerna (prepress, tryckning och olika efterbehandlingssteg). I föreliggande studie har generella data för energianvändningen i grafiska medieföretag använts.

För elektroniska läromedel visar studien att både produktionen av datorutrustning och användningsfasen för datorutrustning är mycket energiintensiv. Här finns stora optimeringsmöjligheter. I föreliggande studie har exempelvis endast energianvändningen från

den aktiva användningen av utrustningen tagits med. Det finns konkreta siffror på betydande energianvändning även i mer passiva lägen (stand-by, etc) (Jönbrink och Zackrisson 2007).

Behovet att utveckla och välja energieffektiv utrustning blir väldigt tydlig när klimatpåverkan från normalenergialternativen (användning av desktops och separata LCD-skärmar) vida överskrider klimatpåverkan från lågenergialternativen (användning av laptops). Märk då att LCD-skärmar i dagsläget anses energieffektiva. På sikt är användning av läsplattor och skärmpapper intressant, vilka är energisnåla vid användning.

Elmixen har stor betydelse för alla energiintensiva aktiviteter. I denna studie blir det mest tydligt för elektroniska läromedel. Norsk elmix är sannolikt mer fördelaktig ur klimatsynpunkt än antagen Nordel i studien. Å andra sidan innebär det att effekten av elektroniska läromedel i länder med mer klimatbelastande elmix än Nordel, är ännu större än i denna studie.

En kommentar beträffande effekten av extrautskrifter är att med många användare blir det snabbt stora pappersmängder. I föreliggande studie överstiger exempelvis pappersmängden för antagen extrautskrift pappersmängden för det tryckta läromedlet. Det antagna kontorspapperet har dock lägre klimatpåverkan än finpapperet till bokproduktionen.

Slutsatser

Av resultaten framgår att pappersproduktion (inklusive massaproduktion) och tryckprocessen på ett mycket tydligt sätt bidrar till den totala klimatpåverkan för ett tryckt läromedel. Resultaten indikerar även att restprodukthanteringen bidrar på ett betydande sätt till klimatbelastningen, sannolikt på grund av energikrävande transporter och processer.

Studien visar att datorproduktion och användningsfas är mycket betydande när det gäller den totala klimatpåverkan för ett elektroniskt läromedel. För de alternativ där skärm används är även skärmproduktion betydande. Bidrag från övriga livscykelsteg är förhållandevis små.

Det kan konstateras att distribution av datorutrustning från antagen tillverkning i Kina till användarna är mycket liten jämfört med produktion av datorutrustning och användningsfas. Därmed kan även konstateras att de olika transportalternativen som studerats för det elektroniska läromedlet, endast ger mycket små variationer.

Studien visar på ett tydligt sätt skillnaden i storleksordning på klimatpåverkan mellan tryckta läromedel och elektroniska läromedel. Klimatpåverkan från elektroniska lågenergialternativ (där användare nyttjar laptops) är cirka 10 gånger större än klimatpåverkan från tryckta alternativ. Om istället ett normalenergialternativ antas för det elektroniska läromedlet (där användare nyttjar desktops och separata LCD-skärmar) är klimatpåverkan nästan 30 gånger större än för ett tryckt läromedel med givna antaganden för studien.

En lärobok är ett exempel på en tryckt produkt som är både långlivad och används av många. Denna typ av produkt är därför förhållandevis energieffektiv och har därmed en förhållandevis liten klimatpåverkan.

5 Referenser

Appel, M., Stäng av it-prylarna – så mycket sparar du, PC för alla, Juni 2007. Tillgänglig på www.pcföralla.idg.se (sept 2008).

Baumann, H., Tillman, A.-M., *The Hich Hiker´s Guide to LCA, An orientation in life cycle assessment methodology and application*. Studentlitteratur, Lund, 2004.

Enroth, M., Paper VI: Environmental data on gravure and offset printing. Published in *Developing tools for sustainability management in the graphic arts industry*, Doctoral Thesis, KTH, November 2006.

Enroth, M., Översiktlig bedömning av klimatpåverkan från böcker, Studie utförd på uppdrag av NHO Grafisk, Norge, MSG Management System Group AB, maj 2008.

Enroth, M., Moberg, Å., Johansson, M. Miljönyckeltal för tidningsföretag – utveckling av en branschgemensam databas, STFI Report PUB 15, Dec 2003.

Google Earth, maj 2008.

Google Maps (<http://maps.google.se>), oktober 2008.

Grycksbo Paper AB, Paper Profile G-Print Smooth, Data 2007. 9 Apr 2008.
www.grycksbopaper.com.

Jönbrink, A. K., Zackrisson, M. Lot 3, Personal Computers (desktops and laptops) and Computer Monitors, EuP Preparatory study, TREN/D1/40-2005, March 2007.

Moberg, Å., Johansson, M., Finnveden, G., Jonsson, A., Screening environmental life cycle assessment of printed, web based and tablet e-paper newspaper. KTH Centre for Sustainable Communications, TRITA-SUS Report 2007:1, 2007.

M-real HusumWifsta mills, Paper Profile Data Copy 80-100 g/m², Data 2005, 10 Apr 2006.
www.mapsverige.se

Taylor, C., Koomey, J., Estimating Energy Use and Greenhouse Gas Emissions of Internet Advertising, Working Paper, Feb 2008. Available at www.imc2.com/csr/ClearSkyMediaTool.aspx (Oct 2008).