

Surfplattor, tryckta medier och miljöpåverkan

– En jämförande litteratursammanställning av livscykelanalyser

Nils-Oscar Pripp

Humanekologi, Lunds Universitet

HEKK02: Examensarbete (15 högskolepoäng)

Uppdrag av Miljöbron och Aqordo AB

HT 2014

Handledare: Thomas Malm

Abstract (Swedish)

Det här examensarbetet utgörs av en inventering och sammanställning av litteratur som presenterar undersökningar innehållande livscykelanalyser (LCA) på området växthusgasutsläpp hos tryckta medier och läs-/surfplattor. Syftet är att kunna identifiera och sammanställa jämförelsedata och därigenom besvara frågan: *Hur skiljer sig miljöpåverkan mellan surfplattor och tryckta media avseende utsläppsstorlek av växthusgaser?*

Samtidigt som LCA är en användbar metod riktas en utbredd kritik mot livscykelstudiernas jämförelseförmåga och verklighetsanknytning. Examensarbetet redogör för LCA och hur metoden tillämpas på informations- och kommunikationsteknologin (ICT) i allmänhet och på tryckt media. Studien problematiserar även hur resultaten från LCA kan variera markant på grund av metodval samt beroende av vilka grundantaganden som man utgår ifrån. Resultatet pekar mot att studiernas jämförelseförmåga är alltför låg för att man ska kunna dra tillförlitliga slutsatser kring vilken teknologi som är mest fördelaktig i förhållande till växthusgasutsläpp.

Utifrån de presenterade studierna förs dock en jämförande diskussion och en del kvantitativa jämförelser görs mellan de två teknologierna. Examensarbetet ger också råd angående hur utsläpp kopplade till surfplattor och digitala noter kan minskas. Arbetet har utförts på uppdrag av företaget Aqordo, som utvecklar en app för musiknoter till surfplattor, samt organisationen Miljöbron som kopplar samman företag med studenter.

Nyckelord: Tryckta medier, surfplattor, LCA, jämförande litteratursammanställning, växthusgasutsläpp.

Abstract (English)

This thesis consists of an inventory and compilation of literature that present surveys of life cycle analysis (LCA) regarding printed media and tablets/slates. The aim is to compile and comparative data and answer the question: *How does the environmental impact differ between tablets and printed media in terms of quantity of greenhouse gas emissions?*

Even though LCA is common method critique has been directed to the surveys comparability and ability to depict reality. The thesis describes the LCA-method and how it applies to information and communication technology (ICT) in general as well as printed media. Furthermore, the study problematizes how LCA results vary significantly due to choice of method and assumptions. The results suggest that the studies comparability is too low to draw reliable conclusions about what technology is preferable in terms of ghg-emissions.

However, based on the studies presented, a comparative discussion and a few quantitative comparisons are made between the two types of technology. The thesis also gives advice regarding how emissions related to tablets and digital sheet music can be reduced. The work has been carried out on behalf of the company Aqordo who develops a sheet music app for tablet computers. Moreover, the assignment was given to the author by the organization Miljöbron who connects students with private enterprise.

Keywords: Printed media, Tablets, LCA, Comparative literature review, GWP.

English title: The environmental impact of tablets and printed media: A comparative literature review of life cycle analysis.

Innehållsförteckning

Abstract (Swedish)	2
Abstract (English)	3
Innehållsförteckning	4
Inledning	5
Definitioner	5
Syfte och frågeställningar	6
Metod	7
Litteratursammanställning	7
Vad är Livscykelanalys (LCA)?	8
Några metodologiska problem	9
LCA-metodens relevans	10
Teoretiska utgångspunkter	11
Populärdebatten om tryckta medier och surfplattors miljöpåverkan	13
Tryckta medier	13
Surfplattor	13
LCA-studier	15
Moberg et al (2011) - Books from an environmental perspective, part 1 & 2.	15
Moberg et al (2011a)	15
Moberg et al (2011b)	16
Enroth (2009) – Environmental impact of printed and electronic teaching aids, a screening study focusing on fossil carbon dioxide emissions	17
Pihkola et al (2010) – Carbon footprint and environmental impacts of print products from cradle to grave ...	18
Teehan & Kandlikar (2013) – Comparing embodied greenhouse gas emissions of modern computing and electronics products	19
Apple iPad Environmental Reports, iPad 1-2, Air & Mini (2011 – 2014)	20
Andra LCA av surfplattor producerade av IT-industrin	21
BlackBerry PlayBook 16gb (2012)	21
Dell Streak Tablet (2011)	22
Andra källor för data:	22
Analys	24
Hur påverkar problematiken med LCA studiernas jämförelseförmåga?	24
Jämförelse av LCA tryckt media och läs/surfplattor	26
Var i livscykeln tillkommer störst utsläpp?	27
Nothäften eller digitala noter på surfplatta?	28
Diskussion och slutsatser	29
Sammanställning och rekommendationer för Aqordo:	29
Litteraturförteckning	30

Inledning

Den globala uppvärmningen är en av de mest omdebatterade och hotande miljöförändringar dagens samhällen ställs inför (IPCC 2014). Vissa teorier (Mol & Sonnenfeld 2000) hävdar att teknologisk utveckling kommer att lösa problematiken medan andra (Jackson 2011) (Schor 2010) är mer kritiska och argumenterar för lösningar som bygger på mer djupgående socioekonomiskt strukturella förändringar. Ett område där teknologisk utveckling antas kunna leda till minskade utsläpp är övergången från tryckt till digital media (WWF 2012: 32). Den här studien består av en litteratursammanställning och en analys av förhållandet mellan surfplattor och tryckt media. Huvudfrågan i arbetet är: *Hur skiljer sig miljöpåverkan mellan tryckta medier och surfplattor avseende utsläppsstorlek av växthusgaser?* Huvudsakligen granskar arbetet livscykelanalyser (LCA) på området. Examensarbetet är också ett uppdrag åt företaget Aqordo som utvecklar musiknoter för läsplattor. Uppdraget har tilldelats författaren via organisationen Miljöbron som kopplar samman studenter med företag.

Definitioner

ICT är en engelsk förkortning av "information and communication technologies" och syftar till att beskriva teknologier som används för att hantera, lagra, kommunicera och skapa information (Blurton 1999: 1-2). I det här sammanhanget används förkortningen främst för att beskriva digitala elektroniska hårdvara som datorer, läsplattor, surfplattor, routrar, servrar och mobiltelefoner. "ICT" kan annars även syfta på elektronisk mjukvara.

Global Warming Potential (GWP) är ett index som beskriver effekten av växthusgasers förmåga att absorbera infraröd strålning (IPCC 2001). Indexet mäter uppvärmningseffekt av en given massa växthusgas i standardenheten koldioxidekvivalenter, **CO₂eq**. Effekten av växthusgaser, som metan, beskrivs således istället i motsvarande massa koldioxid (100 år i atmosfären). **CO₂eq** skiljer sig från koldioxidutsläpp genom att alla växthusgasutsläpp räknas med och inte endast koldioxid.

Surfplatta eller läsplatta? I vardagligt språk är det svårt att urskilja vad som är en läsplatta respektive en surfplatta. En Ipad kallas vanligen för en läsplatta, men är egentligen en surfplatta då den är multifunktionell. En surfplatta har fler komplexa funktioner än ICT-produkter som är skapta bara för läsning (exempelvis iRex).

- Nationalencyklopedin (2014-12-28) definerar en läsplatta som en "handdator avsedd för återgivning av digitalt lagrad text (e-bok, e-tidskrift eller e-tidning), med eller utan bild och ljud".
- En surfplatta definieras enligt NE (2014-12-28) som en "pektdator med avancerade funktioner och uppkoppling mot Internet via trådlöst nätverk eller via mobiltelefonnätet".

I uppdragsbeskrivningen från Miljöbron frågades det efter miljöpåverkan av en läsplatta. Aqordo utvecklar mjukvara för det som kan klassificeras som surfplattor. Arbetet behandlar därav mestadels studier av surfplattor, men läsplattor förekommer också.

En omständighet som gör begreppsglidningarna än mer komplexa är att ett flertal av den nya generationen surfplattor (exempelvis Microsoft SurfacePro-serien) är "två-i-ett-datorer" vilket står för laptops med pekskärm och separerbart skrivbord (Energy Star 2014: 2). Dock har inga miljöstudier över sådan teknologi genomförts. Floran av termer kan tolkas som en konsekvens av den snabba förändringshastighet ICT har i förhållande till tryckt media.

Syfte och frågeställningar

Syftet med det här examensarbetet är att jämföra miljöbelastningen mellan tryckta medier och surfplattor. Uppsatsen bygger främst på en litteratursammanställning av livscykelanalyser inom området. För att avgränsa arbetet kommer miljöbelastningskategorin global uppvärmningspotential (GWP) att utgöra den huvudsakliga utgångspunkten för jämförelsen. Ursprungligen var målet att jämföra nothäften i papper med noter lästa på surfplattor. Företaget Aqordo var främst intresserade av dessa teknologier eftersom de har en omedelbar koppling till deras verksamhet. I kartläggningen av undersökningar har inga LCA:er inom området musiknoter påträffats. De mest relevanta kategorierna, givet detta material, har funnits vara tryckta medier och surfplattor (se mer i metodkapitlet). Kopplingar mellan musiknoter och tryckt media respektive läs- och surfplattor görs dock i flera delar av uppsatsen (se analys och diskussion).

Uppsatsens huvudtema berör också frågor om teknologisk utveckling och minskad miljöbelastning mer generellt. Är det så att teknologisk utveckling bidrar till minskad miljöpåverkan? Avsikten är att avslutningsvis kommentera denna underfråga utifrån uppsatsens resultat. Förhoppningsvis kan studien vara ett bidrag till debatten om teknologisk utveckling och miljöpåverkan då mer forskning på området efterfrågas (WWF 2012: 6).

För att söka svar på uppsatsens syfte kommer jag att försöka besvara en uppsättning operationaliserande frågor som behandlas i tur och ordning i de olika kapitlen. För det första ställer jag frågan vad en livscykelanalys är och vilka för- och nackdelar metoden för med sig, om den ska användas i jämförande syfte. För det andra undrar jag vilka relevanta LCA-studier om läs-/surfplattor och tryckt media som finns att tillgå utifrån en sökning i databaser och genom andra sökvägar. Vilka kunskapsmål har dessa studier, hur pass tillförlitliga och trovärdiga är de, vilka antaganden om produktion och användning utgår de ifrån samt och samt vilka resultat pekar de på? För det tredje är avsikten att identifiera i vilken grad och på vilka sätt studierna är jämförbara och hur de problem som är behäftade med LCA-analyserna påverkar möjligheterna till jämförbarhet. Givet denna analys av jämförbarhet vill jag föra en diskussion om vilken teknologi som är att föredra för att minska klimatpåverkan och var i livscykeln utsläppen är störst för respektive teknologi.

Metod

Litteratursammanställning

Den centrala metoden i det här arbetet har varit att genomföra sökningar, granska och sammanställa litteratur som handlar om tryckt medias och surfplattors miljöpåverkan. I uppdragsbeskrivningen efterfrågades specifikt livscykelanalyser av de olika teknologierna.

För Aqordos räkning var ”surfplattor” och ”notböcker” de kategorier som efterfrågades i jämförelsen. De existerande studier på området livscykelanalys visade sig dock vara begränsat. Inga artiklar om tryckta musiknoters miljöpåverkan påträffades i sökningarna. Istället används därför överkategorin ”tryckt media” som utgångspunkt för de övergripande jämförelser som genomförs. Det som nothäften har gemensamt med de produkter som studerats är att de består av papper med tryck, närmare än så sträcker sig inte sammanställningen. Artiklar som analyseras tar upp inbundna, böcker, nyhetstidningar, veckotidningar och läroböcker. Tillgängliga akademiska livscykelanalyser av surfplattor var också begränsade, därför analyseras även en del arbeten som behandlar kategorin ”läsplattor” (se definitioner). Skillnader mellan läs och surfplattor diskuteras mer ingående i analysen.

De sökmotorer som använts för att söka reda på artiklarna har framförallt varit Google, Google.scholar, Lovisa (Lunds universitetsbiblioteks sökmotor) samt Kungliga Tekniska Högskolans databas. Sökord som använts har bland annat varit: ”LCA of Book”, ”LCA of Paper”, ”LCA of printed media”, ”LCA of tablet”, ”LCA of slates”, ”ICT LCA”, ”Environmental impact of paper/books/printed media”, ”Environmental impact of tablets/slates” (svenska motsvarigheter till sökorden har också använts). Studier har även identifierats genom att undersöka referenser i andra litteratursammanställningar och arbeten som hör till området (Öman 2011) (Bull & Kozak 2014). Det bör nämnas att antalet LCA som har att göra med surfplattor eller läsplattor är begränsat i förhållande till antalet produkter som existerar.

ICT-teknologi samt marknader förändras snabbt och livscykelanalyser av ICT-produkter blir som en konsekvens snabbt förlegade. Det här är tydligt i problemet med att läsplattor som för några år sen var populära nu ersätts av surfplattor (se mer under definitioner). I försök att göra studien än mer heltäckande genomsöktes de största företagen som säljer surfplattor på marknaden idag, i jakt på deras egna LCA. Även äldre LCA från surf- och läsplattor var av intresse i brist på andra data. Microsoft, Apple, Amazon, Samsung, Lenova, Blackberry och Dell är några av dem som genomsöktes. Flera av företagen kontaktades även via e-post.

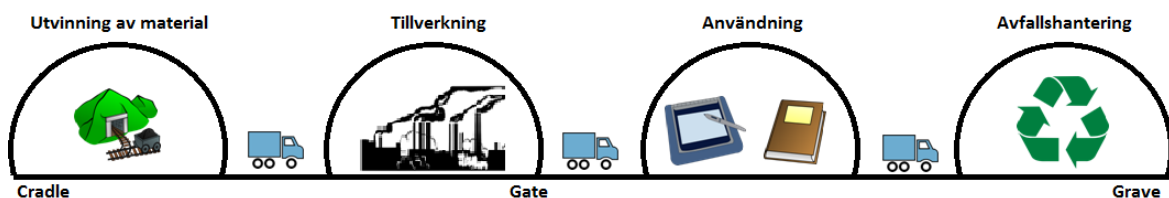
Urvalsmässigt har de livscykelanalyser valts ut som genomförts enligt ISO 14040 eller 14044, alternativt publicerats i vetenskapliga tidskrifter betraktats som mest relevanta. En artikel i en vetenskaplig publikation har blivit expertgranskad, även ISO 14040 och 14044 har expertgranskning som krav. Bland de vetenskapliga artiklar som identifierades prioriterades studier som är jämförande i sin natur då de direkt talar till huvudfrågan i det här arbetet (Moberg et al 2011a+b) (Enroth 2009). En annan studie (Teehan & Kadlikar 2013) som jämför miljöpåverkan hos olika ICT-produkter, som servrar, laptops och surfplattor, framstod också som relevant. Studien innehåller LCA-utsläppsdata hos surfplattor samt lyfter fram fruktbara teman som ringar in hur skillnader mellan olika surfplattors miljöpåverkan kan identifieras. Urvalen påverkades också av geografisk plats för studierna, ju närmare Svenska förhållanden studierna kunde komma desto bättre.

Sammanställningen av varje studie presenteras i avsnittet LCA-studier och görs utifrån ett urval av teman (mål, datakällor, relevans, trovärdighet, användarantaganden, systemgränser och resultat). Denna form, tematisering, har utvecklats för att kunna lyfta fram analysernas

särskilda kontexter vilket har stor påverkan på studiernas resultat. Tanken är att ge läsaren förståelse för resultatens möjliga betydelser samt begränsade jämförelseförmågor. Problemen kring jämförelser och verklighetsförankring beskrivs nedan och en diskussion förs om hur studierna medför sådan problematik. Kritiken används även i analyskapitlet, om studiernas jämförelseförmåga samt hur de skiljer sig åt.

Vad är Livscykelanalys (LCA)?

Livscykelanalys är en metod som används för att mäta potentiell miljöpåverkan hos en vara eller tjänst. Miljöpåverkan i en ”cradle-to-grave”-LCA ska täcka hela livscykeln från råmaterialutvinning, produktion, distribuering och användning till avfallshantering. Studierna som tillämpar LCA kan till exempel undersöka flöden av material, energi, kemikalier, mark- och vattenanvändning.



Figur 1. Modell av livscykeln (författaren).

Metodens uppkomst dateras (Thrane & Schmidt 2007: 206) till 1960-70 talen då den användes av företag som Coca-Cola. På nittioalet tillkom flera olika internationella standardiseringar inom LCA. Standardiseringarna är bland annat bra för studiens och metodens tilltro samt jämförelseförmåga.

De standardiseringar som används idag är genomförda av International Organisation for Standardisation och går under betäckningarna ISO 14040 och 14044 (Thrane & Schmidt 2007: 205). De kan tolkas som hjälpmedel eller riktlinjer för analysens inriktning och genomförande. Helst ska en studie expertgranskas för att godkännas enligt standarden.

I standardmetoderna ISO 14040 och 14044 innehåller en LCA fyra steg (Thrane & Schmidt 2007: 210-11). Det första steget är att kartlägga mål och definitioner, här definieras systemgränser samt den enhet studien utgår från i mätningar (funktionsenhet).

Funktionsenheten kan exempelvis vara en bok. Det andra steget är en inventeringsanalys (LCI) där data samlas in. Den tredje delen kallas för life-cycle-impact-assesment (LCIA) där bland annat data kopplas till kategorier för miljöpåverkan. Steg fyra är tolkning av resultat.

Av de artiklar som undersökts i det här arbetet är det få som följer de fyra stegen i sina presentationer. Istället är de av mer diskuterande karaktär. Det betyder inte att forskningsmaterialet inte nått upp till ISO 14040- och 14044-kraven. Dock kan det innebära att studien inte är transparent nog för att låta utomstående ta del av specificerade resultat och tillvägagångssätt. Arushanyan et al (2014: 221), som analyserat flera LCA inom ICT-industrin, menar att den låga transparensen vad gäller datainsamling och data är ett vanligt förekommande problem.

Komplexiteten i en LCA varierar mellan olika studier. Enligt Thrane och Schmidt (2007: 212-14) kan en LCA kategoriseras enligt tre olika klassificeringar beroende på analysens

ambitionsnivå. Den enklaste är en "Conceptual LCA" som inte innehåller några kvantitativa data utan består av en kvalitativ diskussion om hur olika steg i livscykelns påverkar miljön. En högre ambitionsnivå har "Screening LCA" vilken kräver att kvantitativ data samlas in i alla steg och mäts, samt att ett mindre antal påverkanskategorier berörs. Den mest ambitiösa analysen kallas "Detailed LCA" och skiljer sig från en screening främst genom att fler påverkanskategorier beaktas. Om en LCA är gjord enligt ISO 14044 kan den oftast klassas som en Detailed LCA (Ibid.). I den här studien är de arbeten som analyseras främst Screening LCA's vilka täcker "cradle-to-grave", dvs. från produktion till sophantering.

Några metodologiska problem

Det existerar en hel del kritik mot LCA's förmåga att identifiera verklig miljöpåverkan, särskilt gällande de analyser som berör ICT-produkter (Bull & Kozak 2014) (Arushanyan et al 2014: 220) (Thorn et al 2011). Bull & Kozak (2014) diskuterar vanliga problem med LCA-metoden vilka påverkar analysernas resultat samt jämförelseförmåga. Problemen kan exempelvis röra definitioner av systemgränser, användning och funktionsenhet, geografisk variation samt tillräcklig datatillgång. Här ges en introduktion till problematiken som i analysavsnittet används för att problematisera studiernas jämförelseförmåga, relevans, trovärdighet och resultat.

Centralt för den här studien är problemet med livscykelanalysers systemgränser. I ett system över en surfplattas livscykel kan exempelvis annan utrustning behöva räknas med. En surfplatta använder internet vilket kräver servrar, modem, routers m.m. Vissa analyser räknar med påverkan från sådan elektronisk infrastruktur medan andra inte gör det i samma utsträckning. För pappersindustrin kan problemet röra om ett träds förmåga att absorbera koldioxid ska räknas med i systemet eller ej. Ett system kan på det här sättet göras mer eller mindre komplicerat och gränser måste ofrånkomligen sättas. Avgränsningarna av det här slaget har konsekvenser för studiernas resultat. För att göra problemen tydliga är transparens vid systemgränserna därför viktigt. Transparens visar vad det är studierna egentligen mäter. Skillnader i olika studiers systemgränser gör att resultatens jämförbarhet minskar (Arushanyan et al 2014: 220).

Problemet med att ICT LCA:er förlorar sin relevans till följd av teknologisk förändring kan delvis härledas till det som kallas för Moore's lag. Då komponenterna i ICT-produkter förändras, ändras också materialstruktur och användningsmönster vilket har konsekvenser för produkternas miljöpåverkan. Moore's lag innebär att tätheten av transistorer på kretskort fördubblas vartannat år samt att kostnaden för att tillverka en transistor halveras under samma tidsperiod (Bull & Kozak 2014: 16). Konsekvensen är bland annat att det blir möjligt att uppnå högre prestanda med mindre ting till ett billigare pris. En mobiltelefon kan idag utföra de uppgifter som en stationär dator gjorde bara för några år sedan. Hittills har Moore's lag stämt i över 40 år (Ibid).

Ytterligare ett problem för jämförande studier av miljöpåverkan mellan digital och tryckt media är att enheter som läser digital media ofta är multifunktionella, de gör mer än bara ersätter pappersförbrukning (Bull & Kozak 2014: 14). Exempelvis kan en surfplatta användas för att beställa produkter på internet vilket kan bespara utsläpp från transporter och resor till traditionella butiker och leverantörer. Problemet för en jämförande LCA är att någon typ av avvägning måste göras över hur mycket av e-läsarens miljöpåverkan som ska räknas med om man bara vill se hur mycket tryckt media den ersätter. I studierna som diskuteras i kommande avsnitt räknar Moberg et al (2011b) med hela e-läsaren medan Enroth (2009) endast tar med en liten del, baserat på användning. Den här typen av avvägningar är av stor betydelse för studiernas resultat. Att göra en fullständig jämförelse över alla aktiviteter som en e-läsare kan ersätta skulle vara komplext men välbehövligt för att göra korrekta uppskattningar. Det är

därför i detta avseende svårt att avgöra vilken teknologi som medför minst utsläpp och energianvändning.

Ytterligare ett problem med livscykelanalys är data insamling och tolkning. När data samlas in över hur olika komponenter i produkter påverkar miljön, används ofta sekundär data från stora databaser över material. Bull & Kozak (2014: 15) menar att användningen av de här databaserna kan minska analysernas trovärdighet då de inte fångar komplexiteten i produkters materiella beståndsdelar. En ICT-produkt kräver exempelvis förädlade metaller medan databasens beräkningar över metallen kanske är framtagna i en helt annan kontext. En del uppskattningar i databaserna kommer även från andra metoder än LCA (till exempel input-output-analys där data beräknas utifrån ekonomiska sektorers storlek och påverkan). Samtidigt skulle insamlandet av data förmodligen bli för komplext om exakt data från varje del i en produkts livscykel måste analyseras för att genomföra en LCA.

LCA-metodens relevans

Utifrån de olika problem som har nämnts kring systemgränser, multifunktionalitet, datatrovärdighet, teknologisk utveckling, går det att ifrågasätta LCA-metodens relevans. Problemen kan också förklara den stora variation mellan resultaten hos studierna som behandlas i det här arbetet. I sammanställningen av huvudstudierna görs försök att göra data tillgänglig för att synliggöra problemen.

Trots metodens svagheter är det dock LCA-studier som finns att tillgå vid kvantitativa produktspecifika jämförelser av digital och tryckt media. LCA blir därför ändå relevant, om inte annat i brist på andra tillvägagångssätt (med andra tillvägagångssätt menas exempelvis input-output-analys).

Thorn et al (2011: 9) föreslår att livscykelanalysers trovärdighet skulle kunna förbättras genom att rikta in sig på delar av livscykeln (som cradle-to-gate) istället för hela, då användningsfasen för produkter kan vara svåra att förutspå. Däremot skulle denna begränsning innebära att idén med att mäta "livscykeln" utsläpp går förlorad.

En annan styrka med LCA är att metoden fokuserar på specifika produkter vilket är viktigt då de ger konsumenter en uppfattning om hur deras köp påverkar miljön. Thorn et al (2011: 8-9) menar att LCA är ett viktigt hjälpmedel för att minska koldioxidutsläpp genom att konsumenter kan få tillgång till information om produkter och om hur företag hanterar miljön. LCA är även ett känt och väletablerat hjälpmedel för beslutsfattare (Thrane & Schmidt 2007).

Teoretiska utgångspunkter

Frågan, hur miljöpåverkan skiljer sig mellan surfplattor och tryckt media med avseende utsläpp av växthusgaser, är relevant i förhållande till en rad olika teorier. I det här avsnittet beskrivs klimatförändringsteori, exergi, ekologisk modernisering, teknologiskt nollsummespel, myten om det papperslösa kontoret, miljökuznetskurvan (MKK) samt Jevons paradox. Klimatförändringsteorin är grundläggande för arbetets relevans då det handlar om att uppskatta GWP. De andra teorierna rör främst en större fråga (som också arbetet berör) om teknologisk utveckling kan bidra till att minska klimatpåverkan. Två av teorierna ställer sig positiva till teknologins möjligheter, MKK och ekologisk modernisering. De andra teorierna ställer sig mer kritiska till teknologins förmåga. De kan användas, och har använts, som argument för krav på djupgående sociala strukturella förändringar av moderna samhällen för att komma tillrätta med klimatproblemet (Jackson 2011).

Den grundläggande teorin för det här arbetet utgår ifrån att mänskliga aktiviteter, genom utsläpp av växthusgaser, ökar jordens medeltemperatur vilket har negativa konsekvenser för naturliga system. FN:s klimatpanel (IPCC 2014: 37) menar att antropogena växthusgasutsläpp är högre än någonsin samt att de har en omfattande påverkan på klimatet och planetens ekosystem. Hittills har uppvärmningen bland annat kopplats till glaciärsmelta, havsnivåökning, samt intensifiering av torka, storm och bränder (Ibid: 54-6). Klimatförändringar har även påverkat människor genom förlorad matproduktion och minskad vattentillgång. Politiskt, socialt, kulturellt och ekonomiskt marginaliserade grupper är enligt IPCC extra sårbara. Fortsatt höga utsläpp förutspås bland annat ha en negativ påverkan på biodiversitet, ekosystemtjänster, ekonomisk utveckling och matsäkerhet (Ibid: 69).

De totala konsumtionsutsläppen som en person i Sverige gav upphov till rörde sig 2011 runt 12,3 ton CO₂eq per år (Naturvårdsverket 2014)(SCB 2014a). Siffran omfattar utsläpp utanför landets gränser. Utsläppen per produkt läs- eller surfplatta rör sig enligt studerade livscykelanalyser i storleksordning 21,5-73,3 kg CO₂eq per år (se Tabell 3 för data). En dagstidning uppskattas i senare avsnitt ligga bakom ungefär 69 kg CO₂eq per år (se data i analyskapitlet). I förhållande till konsumtionsnivåers totalutsläpp är bidragen från de studerade produkterna vara låga.

I flera delar av arbetet används termen ”energianvändning” (exempelvis i Tabell 3.) men det kan vara mer korrekt att tala om ”exergianvändning”. ”Energianvändning” syftar här inte till att beskriva förbrukning av energi då energi enligt energiprincipen varken kan skapas eller förstöras. Istället omvandlas energi. Vid varje omvandling minskar energins förmåga att uträtta ett arbete (Areskoug 2006: 27). För att beskriva den här processen används termen exergi. Det är exergin som minskar (förbrukas) i varje energiomvandling, exempelvis då elektricitet blir till värme i en glödlampa.

En teori som är relevant för förhållandet mellan teknologisk utveckling och miljöpåverkan är ”ekologisk moderniseringsteori”, vilken beskrivs av Mol & Sonnenfeld (2000). Teorin har vuxit fram under de senaste tre decennierna i västvärlden och handlar främst om att analysera moderna samhällens förhållande till ekologisk kris. Grundidén är att anpassa lagstiftning, institutioner, teknologi och sociala aktiviteter enligt ett ekologiskt förhållningssätt som inte äventyrar näringsbasen för samhällenas fortsatta existens. I jämförelse med andra teorier, som djupekologi (se t.ex. Drengson & Inoue 1995), kritiseras inte idéer om ekonomisk tillväxt och kapitalism i samma utsträckning. Istället bär teorin på idén att ekonomier ska kunna fortsätta växa men att tillväxten ”frånkopplas” eller ”avmaterialiseras” från naturresurser (metaller, land m.m.) och koldioxidutsläpp. På så vis antas ekonomins koppling till negativ miljöpåverkan kunna minskas. Frånkopplingen möjliggörs enligt teorin genom utvecklingen

av ”miljövänlig teknologi”. Sett utifrån detta resonemang representerar läs-/surfplattor i den här studien den potentiellt mer miljövänliga teknologin i förhållande till den äldre varianten tryckt media (böcker, papper, tidningar).

En annan teori, som kan knytas till idén om att teknologisk utveckling leder till minskade miljöproblem, är miljökuznetskurvan (Lieb 2013). Teorin är en variant av ekonomen Simon Kuznets idé om kopplingen mellan ekonomisk ojämlikhet och inkomst. Kuznet förutspådde efter andra världskriget att den ekonomiska ojämlikheten i utvecklingsländer skulle öka i början av deras ”moderniseringsprocesser”. Inkomstskillnaderna antogs minska i och med att nationen nått en högre grad av ekonomiskt välstånd. I en graf som mäter inkomst per capita (x-axeln) och ekonomisk jämlikhet (y-axeln) formas en kurva, därav namnet Kuznetskurvan. Miljökuznetskurvan (MKK) bygger på en liknande idé, fast förorenande utsläpp ersätter kategorin ojämlikhet. Tanken är således att föroreningar till en början ökar i samband med ekonomisk tillväxt för att senare minska då en högre grad av välstånd nås.

Miljökuznetskurvan har fått en hel del kritik, bland annat av Schor (2010: 73-79). Kritiker lyfter fram att det som förorsakar utsläpp och föroreningar, som miljöfarlig industri, i rika länder flyttats utomlands till fattiga länder medan konsumtionen av de miljöfarliga produkterna förblivit densamma. Om utsläppen mäts enbart inom en nations gränser framstår det då som att de rika länderna är mer miljövänliga än de är, sett till dess konsumtionsmönster. Detta kallas för miljöbelastningsförskjutning. Här är en styrka med metoden livscykelanalys då den följer produkter över nationella gränser.

I stark kontrast mot ekologisk moderniseringsteori och MKK står Hornborgs (2010: 31-53) idé, att teknologisk utveckling ingår i ett miljömässigt nollsummespel. I den här teorin antas sannolikheten, att teknologisk utvecklingen löser miljöproblem, inte vara lika stora. Teorin riktar främst in sig på det som kallas för tids- och rumsåtgång för att framställa teknologiska produkter, men delar av logiken är även relevant för koldioxidutsläpp. Hornborg (Ibid. 53) poängterar det faktum att teknologi ofta har en förmåga att maskera dess verkliga miljöpåverkan. Detta möjliggörs bland annat genom att konsumenter bara ser färdiga produkter och inte alla processer som ingår i framställningen. Produkter kan därför framstå som mer ekologiskt hållbara än den i själva verket är.

Jevons paradox, förklarad i York (2006), är ytterligare en teori som går emot ekologisk moderniseringsteori och MKK. Jevons paradox innebär att effektiviseringar i användningen av en naturresurs inte alltid medför en minskning i konsumtionen av resursen. Trots att effektiviseringen gjort det möjligt producera mer av samma typ av handelsvaror med en given mängd av resursen kan åtgången öka då produkten blir billigare eller mer populär. Jevons exemplifierade detta i mitten av 1860-talet genom att visa på hur effektiviseringar i användandet av kol (man kunde få ut mer handelsvaror eller arbete av varje enhet kol) bidrog till att kolindustrin växte. Expansionen resulterade i att kolkraft blev billigare samt mer attraktivt vilket medförde att den totala konsumtionen kol ökade.

Jevons paradox kan användas för att ifrågasätta idén om att moderna ekonomier kan avmaterialiseras eller fränkopplas från koldioxidutsläpp (d.v.s. om tillväxtens anknytning till naturresurser och utsläpp kan minskas). Jackson (2011: 93) använder sig av dess logik för att visa på att effektiviseringar av koldioxidutsläpp per ekonomisk enhet inte varit tillräckligt för att leda till några minskningar av de totala utsläppen växthusgaser globalt. Istället har de totala utsläppen ökat då världsekonomin vuxit snabbare än det som effektiviseringarna lyckats kompensera för.

Närbesläktad med Jevons Paradox är ”myten om det papperslösa kontoret”. Teorin tar sig an fenomenet, hur framställningen av alternativ till naturresurskonsumerande teknologier som

papper kan leda till ökad konsumtion av naturresursen. Upphovsmännen bakom teorin, Sellen & Harper (2002) menar att teknologier som antogs kunna minska konsumtionen av papper, d.v.s. datorer, internet, e-mail, istället medfört en ökning av papperskonsumtion. Ökningen härleds bland annat till att introduktionen av e-mail hos vissa organisationer skapat en ökad pappersförbrukning på cirka 40 % då mail skrivs ut av anställda (York 2006: 145). Det går att ifrågasätta den här teorins aktualitet i dagsläget 2015 då användningen av ICT-hårdvara och internet förändrats snabbt. Papperskonsumtionen förväntas enligt Världsnaturfonden att minska i rika delar av världen under det kommande decenniets (WWF 2012: 8).

Populärdebatten om tryckta medier och surfplattors miljöpåverkan

Åsikterna om vilken teknologi som är mest ”miljövänlig” är präglade av varifrån informationen hämtats. Organisationen ”Twosides” vars medlemmar kommer från skogs- och pappersindustrin förespråkar användningen av papper i miljöhänseende (twosides.info). En helt annan bild målas upp av IT-motsvarigheter som Global e-Sustainability Initiative (GeSI) vilken stöds av flertalet IT-jättar. Världsnaturfonden WWF representerar inte ekonomiska intressen på samma sätt som företagen men målar, likt GeSI, upp en bild digital media som ett sätt att minska papperskonsumtion och negativ miljöpåverkan (wwf.panda.org/how_you_can_help/live_green/fsc/save_paper/office_paper/, använd 2015-01-31). I en annan rapport menar WWF (2012: 32) att frågan om mest fördelaktig teknologi är dåligt belagd.

Tryckta medier

Tryckta medier knyts ofta till problem med pappersproduktion (WWF 2012) även om tryck, distribution och avfallshantering också har negativa miljökonsekvenser. Koncentrationen kring produktionen har att göra med att avskogningen är ett så pass centralt problem i klimatförändringsprocessen. I det följande sammanfattas data om hur pappersproduktion förhåller sig till utsläpp och avskogning.

Enligt världsnaturfonden WWF (2011: 1, 4) ansvarar avskogning samt skogsdegradering för 20 % av alla antropogena växthusgasutsläpp. Skog är en viktig naturlig koldioxidsänka som minskar utsläpp genom att binda kolatomer i fotosyntesen. Kolet lagras i träd fram till förbränning.

Det är dock inte bara pappersindustrin som är ansvarig för skogsskövling och degradering. Majoriteten av efterfrågan (rapporterad) på träprodukter gäller ved och bränsle. Pappersproduktion leder heller inte alltid direkt till avskogning då träfiber kan återvinnas upp till omkring sju gånger (Ibid: 7). Ändå kan en stor del av träefterfrågan knytas till produktionen av pappersmassa (någonstans mellan 16-40 %) (WWF 2012: 8). Trots att de största pappersproducerande nationerna är USA och Kina menar WWF att pappersindustrin direkt sätter press på viktiga naturområden i Borneo, Sumatra, Nya Guinea och Chile. Efterfrågan på papper förväntas minska i Nordamerika och Västeuropa fram till år 2025 men samtidigt öka i de flesta andra delar av världen (Ibid.).

Naturresursmässigt utgör pappersindustrin ett exempel på Jevons paradox. Volymen trä som konsumeras av industrin har sedan 1960-talet dubblats samtidigt som produktionen ökat fyrfaldigt (WWF 2012: 10). Den totala konsumtionen av industrin har alltså ökat trots effektiviseringar.

Surfplattor

Problemet med e-skräp är en omdiskuterad fråga som rör ICT-sektorn samt dess konsumenter (E-wasteland 2012). Enligt Nimpuno et al (2011: 111-112) försvinner uppåt 75 % av allt elektroniskt skräp i Europa utanför myndigheters kontroll. En stor del av skräpet hamnar på

soptippar i utvecklingsländer som Kina, Nigeria, Ghana, Filipinerna och Indien. Problemet är att elektroniska produkter innehåller miljöfarliga ämnen som kvicksilver, bly, kadmium, zink, polyvinylklorid och krom. Arbete inom elektronikindustrin har också kopplats till hög cancerfrekvens samt minskad fertilitet hos människor, speciellt känsligt är skräphanteringen av produkterna. Kritiker menar att det här representerar en global miljömässig samt social orättvisa då rika länder är dåliga på att hantera sitt eget miljöfarliga skräp.

Utsläppsmässigt stod ICT-sektorn, enligt forskningsföretaget Gartner, för 2 % av totala antropogena växthusgasutsläpp år 2007 (GeSI 2008: 15). Det här bidraget antas stiga i takt med att datorer, mobiltelefoner och liknande produkter blir mer populära i utvecklingsländer. I flertalet av de studerade LCA rapporterna knyts även mycket utsläpp till användning av läs-/surfplattan. Användningen representerar främst den konsumtion av elektricitet som enheterna har under livscykeln.

Svensk el är dock relativt utsläppslåg i förhållande till platser där mer fossilenergi används för att producera el. Elproduktionen i Sverige kommer framförallt från vatten och kärnkraft vilka 2013 producerade 77 % av elektriciteten (SCB 2014b).

LCA-studier

Det här kapitlet behandlar de studier som identifierats som relevanta för huvudfrågan. Områdena ringar in varje studies mål, relevans & trovärdighet, datakällor, metod, systemgränser, geografi och tillvägagångssätt. Presentationerna av studierna är utförliga vilket motiveras av att resultat från LCA-studier dels måste förstås i förhållande till sina respektive kontexter och dels bör vara transparenta för relevant bedömning av deras jämförelseförmåga. Då examensarbetet är en kunskapsöversikt är tanken att läsaren också ska kunna ta del av studiernas specifika resultat. I kommande avsnitt analyseras studiernas jämförelseförmåga.

Moberg et al (2011) - Books from an environmental perspective, part 1 & 2.

I Moberg et al jämförs miljöpåverkan i samband med olika sätt att läsa böcker, antingen digitalt på läsplatta eller traditionella böcker. Studien är uppdelad i två delar. Den första delen jämför skillnaden i utsläpp mellan en bok beställd hem online med en bok köpt i traditionell bokhandel. Den andra jämför den traditionella boken med en e-bok läst på läsplatta. Förutom klimatpåverkan och energianvändning, täcks en rad andra områden som ozonförstörelse, försurning och vattenanvändning.

Moberg et al (2011a)

Mål: Att jämföra miljöpåverkan av en bok som säljs traditionellt i en bokhandel med en bok som beställs hem via en internetbokhandel.

Relevans och trovärdighet: Antaganden i båda studierna bygger på svenska förhållanden vilket är relevant för det här arbetet. Den akademiska trovärdigheten är hög, det är forskare från Kungliga Tekniska Högskolan (KTH) som ligger bakom undersökningen. Båda artiklarna är expertgranskade.

ISO 14040/14044: Troligtvis (Moberg et al 2011a: 139)

Funktionsenhet: En bok köpt och läst av en person. Boken i fråga ska representera en genomsnittlig svensk inbunden bok enligt Bonnier Förlagen. Boken har 360 sidor (80 grams träfritt papper) med dimensionerna 151x228 mm (Ibid: 139). Den totala vikten sattes till 0.6 kg.

Datakällor och metod: Studien är en screening LCA, alltså inte lika avancerad som en detaljerad dito. Data är hämtad från Ecoinvent 2.0 samt från företag som Bonnierförlagen, Posten, Scandbook och Adlibris. Beräkningar av elektricitet bygger på svensk elmix.

Systemgränser: Redaktionellt arbete, pappersproduktion, tryck, distribution (transporter), elanvändning i bokhandel (baserat på varje boks andel), persontransport för att inhandla boken samt förbränning i slutet på livscykeln (Moberg et al 2011a: 139-41). Vad gäller persontransport utgår författarna från att en person färdas 2 km med bil för att köpa boken.

Användarantagande: En bok som läses av en person under livscykeln.

Resultat: Författarna varnar för att det är omöjligt att bestämma den totala miljöpåverkan av en bok då det finns en stor variation beroende på vilken bok som studeras. Exempelvis spelar antalet sidor, tryckteknik och geografisk plats för produktionsprocesserna stor roll för hur data kan komma att variera.

Studien visar att det sker mindre växthusutsläpp vid beställning av en bok på nätet för upphämtning i närområdet av bostaden än vid köp av en bok från en traditionell bokhandel.

Totalt beräknas en genomsnittlig svensk inbunden bok köpt i en traditionell bokhandel medföra 1.3 kg CO₂eq samt använda 56 MJ eq under sin livstid. En bok köpt via internet medför 1.1 kg CO₂eq och genererar 40 MJ eq.

Trots osäkerheter visar studien att är det produktionen av pappersmassa och papper som står för den största miljöpåverkan under en boks livscykel (Moberg et al 2011a: 138). Sett till klimatpåverkan och energianvändning står pappersproduktionen för mer än hälften av utsläppen (Ibid: 141). Däremot är andra områden också viktiga. Andra delar av livscykeln som har stor betydelse är sträckan som kunder färdas med bil för att köpa en bok, sättet som boken distribueras på, antal läsare per bok samt vilken typ av papper som används i boken.

Ytterligare data från Moberg (2011a) finns med I IVLs sammanställning. Här menar Öman (2011: 10) att om sträckan som kunden färdas för att köpa boken ändras från 2 km till en mil stiger CO₂ utsläppen till 2.71 CO₂eq/bok vilket är en ökning med 108 %. Det bör nämnas att Öman hänvisar till Mobergs studie från 2009 som dock bygger på samma data som Moberg 2011a och 2011b. Förändringens storlek är ett exempel på hur känslig LCA-data är i förhållande till de antaganden som görs.

Moberg et al (2011b)

Mål: Att identifiera var i livscykeln, hos en E-bok läst på en läsplatta, miljöpåverkan var som störst samt storleksordningen på utsläppen. Ytterligare ett mål var att jämföra miljöpåverkan med en bok köpt i traditionell bokhandel i den första studien (Moberg et al 2011a).

Relevans och trovärdighet: Samma som i den första studien. Negativt är dock att jämförelsen rör en läsplatta som inte nämns vid namn samt att produkten är några år gammal. En tidigare version av studien med samma data gavs ut 2009.

ISO 14040/14044: Troligtvis.

Funktionsenhet: Samma som i Moberg (2011a).

Datakällor och metod: Screening LCA, Ecoinvent 2.0. En läsplatta med e-ink skärm nedmonterades för att identifiera materiella komponenter vilka sedan vägts och översatts till miljöpåverkan i Ecoinvent. Påverkan av själva skärmen räknades inte med i någon del av livscykeln då Moberg et al (2011b) menar att inga data fanns tillgängliga.

Systemgränser: Studien syftar till att täcka hela livscykeln: redaktionellt arbete med e-boken, produktion av läsplattan, elektronisk infrastruktur, distribution och personlig transport. För köp och nedladdning av boken beräknades andelen av påverkan från dator, servrar, webbplats, modem, kablar, baserat på användningstid. I slutet av livscykeln gick 75 % av plattan till avfallshantering, resten av avfallet behandlas inte av studien. Återvinningsprocessen subtraherades från livscykeln klimatpåverkan. Läsplattan antogs ha producerats i Kina och sålts i Sverige (15 tusen km med båt, sedan 500 km till återförsäljare). Personlig transport för att köpa plattan sattes till 2 km med bil.

Användarantaganden: Livslängden sattes till 2 år. Under tiden antogs det att 48 böcker hann läsas (2 per månad). Batteriet antogs räcka för läsning av en hel E-bok innan det behövde laddas igen.

Resultat: Produktionen av läsplattan stod för en markant del av utsläppen, hela 40 kg CO₂eq. Detta tyder på att utsläppen från de andra processerna (användning, distribution, redaktionellt arbete för websida och bok) var 3,2 kg CO₂eq.

För klimatpåverkan låg brytpunkten där läsplattan blev det bättre alternativet på ungefär 33 böcker. I scenariot där 48 böcker lästes under plattans tvååriga livslängd blev utsläppen per

bok cirka 0.9 kg CO₂eq. Det här betyder att läsplattan antogs stå för 43,2 kg CO₂eq (0.9 x 48) under livscykeln. Ju fler böcker som lästes under livscykeln desto mindre blev utsläppen per bok.

För energianvändning var brytpunkten ännu lägre. Färre än 20 böcker behövde läsas för att läsplattan skulle vara det mer energieffektiva alternativet. Anledningen till att den tryckta boken drog så mycket energi berodde främst på att energi från det biologiskt material medräknades. Energianvändningen för läsplattan var 16 MJ per bok vilket är över 3 gånger lägre än för den tryckta boken (56 MJ). Brytpunkten för där läsplattan var det miljövänligare alternativet i andra kategorier låg runt 30 böcker i de flesta fallen

Enroth (2009) – Environmental impact of printed and electronic teaching aids, a screening study focusing on fossil carbon dioxide emissions

Mål: Att jämföra koldioxidutsläppen förknippade med elevers sätt att läsa läromedel, antingen web-baserat via stationär dator alternativt laptop, eller i traditionell bokform.

Relevans och trovärdighet: Arbetet är relevant främst gällande beräkningarna av de tryckta läromedlens CO₂ vilket talar direkt till huvudfrågan i den här uppsatsen. Två olika tryckmetoder tas upp. En annan del som gör studien intressant är att siffrorna baseras på antaganden med flertalet användare under norska förhållanden. På varje bok går det fem elever. Studien är expertgranskad. Ett minus är att det inte är koldioxidekvivalenter som mäts utan endast koldioxidutsläpp.

ISO 14040/14044: Nej.

Funktionsenhet: 5 års användning av läromedlet av 5000 elever per år.

Datakällor och metod: Screening LCA. Data har framförallt hämtats från andra studier samt företagsdata istället för att Enroth själv mäter via program som Ecoinvent. Produktionen utgick från studier där en laptop står för 81 kg CO₂ medan en stationär dator med skärm står för 188 kg CO₂ (Enroth 2009: 4). Varje bok antas väga 0.8 kg.

Systemgränser för böckerna: Syftar till att täcka hela livscykeln som klassificeras under produktion (för-tryck, tryck och pappersproduktion), distribution, användning och sophantering. Råmaterial från skogsbruk räknas inte med, inte heller redaktionellt arbete för boken. Angående transporter går böckerna direkt från tryck till sex olika skolor i skilda norska städer via lastbil. Inga utsläpps knyts till användningen. Två olika scenarion konstrueras där det ena använder sig av högenergityck och det andra av lågenergityck.

Systemgränser för de web-baserade läromedlen: I båda scenarierna (laptop eller stationär dator) omfattar livscykeln formatering av läromedel till webbaserade form, teknologisk infrastruktur (modem, servrar m.m.), distribuering, produktion av dator och användning samt avfallshantering. Det stationära alternativet inbegriper även produktion av en skärm. Studien täcker datorernas livscykel baserat på användning.

Användarantaganden: Varje år använder 5000 elever läromedlet 2 timmar per vecka i 40 veckor. Livscykeln för böckerna och ICT utrustningen är satt till 5 år. Det går 5 elever på varje bok, totalt produceras det därför 5000 böcker. Varje elev antas inte ha en egen dator. Baserat på elevernas användning knyts 3.7 % av utsläppen från produktionen av 5000 datorer och skärmarna till systemet.

Resultat: Enroth (2009: 8) hävdar att de e-baserade läromedlen medförde större koldioxidutsläpp än de tryckta läromedlen. Laptop-scenariot hade omkring elva gånger högre utsläpp än lågenergityckböckerna. Användes stationär dator och skärm var utsläppen 30

gänger högre än lågenergitryck. I jämförelse med högenergitryckscenariot var emissionerna cirka 9 gånger högre för laptopscenariot respektive 26 gånger högre för det stationära alternativet.

Tabell 1

Scenario → Utsläppskategori ↓	Web: Laptop	Web: Stationär med skärm	5000 Böcker tryckta med lågenergi	5000 Böcker tryckta med högenergi
Totala utsläpp i kg CO ₂	23800	67200	2080	2620
Produktionsutsläpp*	14980 (63 %)	35710 (53 %)	1763 (84 %)	2303 (88 %)
Användning	8770 (37 %)	29870 (44 %)	0	0
Pappersmassa/pappersproduktion**	0	0	1299 (62 %)	1299 (50 %)
Tryck**	0	0	374 (18 %)	911 (35 %)

Alla siffror förutom procentsatser i tabell 1 syftar till att beskriva antal kg CO₂ och bygger på data från Enroth (2009: 6). Procentsatserna beskriver del av scenariots totala utsläpp under livscykeln. *I scenariot för "laptops" och "stationär dator med skärm" täcks produktionen av 3.2 % av 5000 enheter. För böckerna täcks alla processer fram till distribuering. ** Kategorin är en del av "Produktionsutsläpp".

Tabellen visar var i livscykeln de största utsläppen förekommer. För böckerna stod kategorin "produktion" för mellan 84-88 % av utsläppen beroende på scenario. Produktionen av just pappersmassa och papper svarade för majoriteten av dessa utsläpp. En lärobok (0.8 kg) tryckt med lågenergi står enligt uppgifterna för 0,416 kg CO₂ medan en högenergitryckt bok producerar 0,524 kg CO₂.

[Pihkola et al \(2010\) – Carbon footprint and environmental impacts of print products from cradle to grave](#)

Mål: Att beräkna miljöpåverkan av tryckta finska medier. Undersökningen är omfattande och sammanställer LCA av nyhetstidning, veckotidning, inbunden bok, fotobok, reklamblad m.m. Här diskuteras de tre första medierna.

ISO 14040/14044: Ja, VTT menar att riktlinjerna har följts.

Relevans och trovärdighet: Studien är utförd av det finska researchföretaget *Teknologiska forskningsföretaget VTT ab*. Materialet är väl transparent samt omfattande och framstår som trovärdigt. De olika scenarierna är baserade på finska förhållanden och därför närbesläktade med svensk kontext. Finsk elmix är enligt Kronqvist (2010: 15) 28 % kolbaserad vilket är mer än svensk.

Datakällor och metod: Ecoinvent samt flera program.

Systemgränser: Gränserna skiljer sig beroende på produkt. För veckotidningen och nyhetstidningen täcks hela livscykeln. För den inbundna boken täcks alla steg fram till

återförsäljare. Tidningarna transporteras från tryck till hem. 16 % av produkterna antas hamna på soptipp.

Antaganden: Produktion och distribution sker inom Finland. Flera scenarier byggs upp baserade på sophantering, energianvändning i produktion samt sidantal. Boken i studien har 300 sidor och väger 500g.

Resultat: För alla pappersprodukter varierade växthusgasutsläppen för produktion mellan 700-2300 kg CO₂eq per ton (Pihkola et al 2010: 196, 164, 71). Ett genomgående tema i flera av studierna är att energianvändning under pappersproduktion är den kategori där flest utsläpp tillkommer under livscykeln. Nyhetstidningens utsläpp uppskattas till 1,066 kg CO₂eq per kg produkt (hela livscykeln).

Veckotidningen har 0,905-1,490 CO₂eq per kg produkt beroende på scenario (hela livscykeln).

En bok antas stå för 1,160 g CO₂eq vilket blir 2,320 kg CO₂eq per kg produkt (fram till återförsäljare). Tillverkningen av papper bidrar till 51 % av utsläppen medan tryckningen står för 46 %. Bokens omslag motsvarar 43 % av utsläppen och sidorna 44 %.

Utöver utsläppen nämns en del relevant statistik angående användning av pappersprodukter (Pihkola et al 2010: 78). Total användning av pappersprodukter i Europa sägs vara 155 kg per person och år. Ett års prenumeration av nyhetsblad väger 70 kg.

Teehan & Kandlikar (2013) – Comparing embodied greenhouse gas emissions of modern computing and electronics products

Mål: Studien jämför koldioxidutsläpp för 11 olika ICT-produkter bestående av läsplattor, musikspelare, servrar, stationära och bärbara datorer. Av produkterna är 2 läsplattor, en första generationens iPad (8Gb Wi-Fi) från 2009 samt en tredje generationens Amazon Kindle från 2010 (Wi-Fi).

Utöver jämförelsen av klimatpåverkan syftar studien till att göra uppskattningar av växthusgasutsläpp mer lättåtkomliga för ICT-produkter. Bland annat utvecklas enkla matematiska modeller som bygger på linjära regressionsanalyser från studiens data. Modellernas syfte är att kunna uppskatta andra ICT-produkters produktionsutsläpp.

Ytterligare en poäng med studien tycks vara att undersöka hur ICT-produkter effektiviserats över tid avseende användningsmöjligheter och miljöpåverkan. För att uppskatta ICT-produkternas utveckling används data från 3 äldre produkter (cirka 10 år gamla).

Relevans och trovärdighet: Studien är relevant eftersom den innehåller data om surf- och läsplattors GWP. Den beskriver även enkla sammanhang mellan utsläpp och massa hos ICT-produkter. Artikeln är expertgranskad. Dock täcks inte hela livscykeln.

ISO 14040/14044: Nej.

Datakällor och metod: Författarna kallar sin metod för en process-sum LCA.

Uppskattningen av miljöpåverkan bygger på att produkterna nedmonterats varpå varje material vägts. Viktinformationen kombinerades därefter med data över olika materials miljöpåverkan i Ecoinvent 2.2. För silikon användes en annan databas. Teehan och Kandlikar (2013) menar att studiens resultat inte bör jämföras med andra siffror över utsläpp på grund av alltför stora metodologiska skillnader.

Systemgränser: Studien följer inte hela livscykeln av produkterna. De systemgränser som nämns är råmaterials utvinning, bearbetning, montering och transporter. Paketering, kablar,

manualer och mjukvara är inte medräknat. Författarna argumenterar för att dessa områden inte bidrar markant till miljöpåverkan i det stora hela.

Användarantaganden: Täcks inte.

Resultat: Huvudpöngen med resultaten i studien är att det finns ett sammanhang mellan ICT-produkters massa och dess utsläpp. Växthusgasutsläppen fram till och med tillverkningen av en Amazon Kindle (3rd gen) uppskattas till 13.3 kg CO₂eq, medan en Apple iPad (1st gen) antas ansvara för 25.5 kg CO₂. Exempelvis beräknas en laptop stå för 108 CO₂eq och en av de stationära datorerna 164 CO₂eq. Detta kan även jämföras med en 10 år gammal typisk stationär dator som (med liknande) metodologi beräknades ge upphov till 322 kg CO₂.

För att nå det andra målet med studien, att göra LCA-data mer lättillgängligt, gjordes korrelationsanalyser som byggde på variabler som massa och utsläpp. Ett exempel på en modell som presenteras utgör formeln: $X \text{ kg CO}_2\text{eq} = 0.18 \times \text{kretskortsmassa(PCB)} + 0.30 \times \text{batterimassa} + 0.065 \times \text{displaymassa}$ (massan mäts i gram). En annan ännu enklare modell som nämns är att multiplicera vikten av produkten i kg med 27 för att räkna ut antalet kg CO₂eq (Ibid: 4002). Dock menar Teehan & Kadlikar (Ibid.) att formeln underskattar utsläppen från lättare produkter. Lättare produkter har generellt fler integrerade kretsar per kg av produkt. Större produkter har ofta mer massa bestående av hölje vilket har mindre miljöpåverkan än kretskorten per kg. Teehan & Kadlikar gör även liknande modeller fast med utgångspunkt i data från Apple (inte Ecoinvent 2.2); dataförändringen leder till att vikten i formeln multipliceras med 39 istället för 27. Formlernas relativt höga förklaringskraft tyder på att liknande analyser kan bli användbara för att uppskatta tillverkningsutsläpp.

Teehan & Kadlikar (2013: 4002) argumenterar även för att det skett en tydlig effektivisering gällande miljöpåverkan från ICT (50-60 % lägre koldioxidutsläpp i förhållande till de äldre produkterna). Argumentet bygger på att det krävs färre integrerade kretsar och kretskort för att kunna utföra samma uppgifter i nutid i förhållande till vad det gjorde för 10 år sedan. Författarna identifierar kretskort och integrerade kretsar som den del som står för störst utsläpp hos de flesta ICT produkter. Däremot tyder formlerna i det tidigare stycket på att batteriet har står för högre utsläpp än kretskorten vilket är förunderligt.

[Apple iPad Environmental Reports, iPad 1-2, Air & Mini \(2011 – 2014\)](#)

Mål: Att rapportera om iPad-produkternas utsläpp och materialanvändning samt identifiera var utsläppen uppstår. Förutom koldioxid går rapporterna in på materialanvändning (olika materials vikt), paketering, återvinning samt energianvändning för olika användarlägen ("sleep", "display on"). Gällande surfplattorna i iPad-serien låg 11 rapporter ute på hemsidan (2014-12-10).

Relevans och trovärdighet: En problematik med rapporterna kan vara att de kommer från Apple som också har ekonomiska intressen och kan vinna på att framstå som miljövänliga. Samtidigt är Apples information lättillgänglig och öppen i jämförelse med konkurrerande företag som Microsoft och Samsung, vilka inte publicerat någon LCA-data om specifika produkter. Apples rapporterade utsläpp per produkt är även högre än i andra analyser som också tittat på Appleprodukter vilket ökar trovärdigheten. Teehan & Kadlikar (2013: 4000) menar att deras kalkyleringar av Apple iPads produktionsutsläpp varit mindre än de som Apple själva rapporterat.

Ett annat problem är att iPad-rapporterna endast består av ett fåtal sidor och inte är lika transparenta och tydliga som de akademiska artiklarna. Applerapporterna är av relevans för uppsatsen framförallt i brist på annan tillgänglig och uppdaterad LCA-data gällande surfplattor. iPads representerar även cirka 40 % av marknaden för surfplattor (IDC 2013).

ISO 14040/14044: Apple menar i alla rapporter att de följt riktlinjer specificerade i internationella standarder för livscykelanalyser, ISO 14040 och 14044.

Datakällor och metod: Det framgår inte varifrån siffrorna kommer, d.v.s. om Apple gjort egna empiriska beräkningar eller använt dataprogram som Ecoinvent. Apple menar dock att de följt ISO 14044.

Av rapporten *iPad (Wi-Fi + Cellular) 16 GB 2012 (study updated 2014)* framgår att alla rapporter inte använt samma metoder. Här framgår det att rapporten från 2012 anger 180 kg CO₂eq medan studien från 2014 anger 220 kg CO₂eq för samma produkt. Det visar att det inte är samma metodologi eller antaganden som använts för uträkningarna i rapporterna.

Systemgränser: Livscykeln delas upp i fyra kategorier: produktion, användning, transport och återvinning. Produktionsdelen täcker råmaterialsutvinning, tillverkning, relaterade transporter samt paketering. Transportkategorin räknar in transporterna från och med tillverkning till återförsäljare. Köpartransporter räknas inte med. Återvinningskategorin täcker transporter från dumpningsplatser till återvinningscentraler samt den energi som går åt för att separera beståndsdelarna.

Användarantaganden: 3 års intensivt användande baserat på en internationell energimix.

Resultat:

Tabell 2:

Produktbeskrivning	År	Mån	Kg CO ₂ eq	Produktion%	Användning%	Transport%	Återvinning%
iPad 2 (Wi-Fi + 3G)	2011	Mar	105	60	29	10	1
iPad (Wi-Fi + Cellular)	2012	Mar	180	67	25	6	2
iPad 2 (Wi-Fi + 3G)	2012	Mar	130	66	23	9	2
iPad (Wi-Fi + Cellular) 64 GB	2012	Okt	170	68	23	7	2
iPad mini (Wi-Fi + Cellular) 64 GB	2012	Okt	95	70	22	6	2
iPad Air (Wi-Fi + Cellular)	2013	Okt	210	80	15	4	1
iPad mini (Wi-Fi + Cellular)	2013	Okt	120	76	18	5	1
iPad mini, Retina Display (Wi-Fi + Cellular)	2013	Okt	170	79	16	4	1
iPad mini 3 (Wi-Fi + Cellular) 128 GB	2014	Okt	170	79	16	4	1
iPad Air 2 (Wi-Fi + Cellular) 128 GB	2014	Okt	190	80	15	4	1
iPad (Wi-Fi + Cellular) 16 GB (2012 study updated)	2012/2014	Okt	220	75	19	5	1

Sammanställning av CO₂eq data från 11 rapporter tillgängliga (2014-12-10) på: www.apple.com/environment/reports/

Andra LCA av surfplattor producerade av IT-industrin

Förutom Apples produktrapporter om iPads har endast LCA-data från industrin hittats hos Dell och BlackBerry. Bristen på andra rapporter gör dessa rapporter till viktiga exempel.

BlackBerry PlayBook 16gb (2012)

Mål: Att mäta BlackBerrys Playbook-surfplattans växthusutsläpp samt identifiera var i livscykeln utsläppen uppstår.

Relevans och trovärdighet: Studien rör en relativt ny produkt, surfplattan såldes mellan 2012-14. Inget nämns om expertgranskning. Studien fanns tillgänglig online 2013-11-22 och är i denna forskningsinventering hämtats från en skärmdump tillgänglig via EPEAT

(<http://www.epeat.net/documents/tabletworkshop/BlackBerryPlayBook.pdf>) 2014-12-14. Studiens pålitlighet är relativt låg i förhållande till de andra analyserade artiklarna.

ISO 14040/14044: Nej.

Datakällor och metod: Framgår inte.

Systemgränser: Täcker hela livscykeln. Kategorier som nämns är tillverkning, transport, reparationer, användning samt återvinning. Ingen ytterligare information ges.

Användarantaganden: 3 års livslängd och användning.

Resultat: Rapporten visar att surfplattans utsläpp ligger på 73.02 kg CO₂eq samt hur utsläppen fördelas inom livscykeln. Av de totala utsläppen antas transporter stå för 14 %, tillverkning för 45 %, användning för 39 % samt reparationer för 2 %. Återvinning beräknas endast ligga bakom 0.02 % av växthusgasutsläppen.

Dell Streak Tablet (2011)

Mål: Att mäta GWP från surfplattan ”Streak Tablet” samt identifiera var utsläppen uppstår. Syftet är enligt författarna att kunna minska utsläppen inom livscykelns nyckelområden.

Relevans och trovärdighet: Dells arbete framstår som ambitiöst och relativt pålitligt. Det är något mer transparent än Apples då databasen för insamling av resultat nämns. De rapporterade utsläppen är dock ganska låga i förhållande till de andra rapporter rörande läs/surfplattor.är

ISO 14040/14044: Ja. Dell menar att de följt riktlinjer enligt ISO 14040 och 14044.

Datakällor och metod: Metodmässigt nämns det att rapporten är gjord av researchföretaget *PE International* och att det använt LCA databasen *GaBI* för att göra beräkningarna.

Systemgränser: Analysen täcker hela livscykeln. Kategorier som nämns är tillverkning (råmaterial, utvinning, produktion m.m.), transport (via flygplan och lastbil från Kina), användning och återvinning. Återvinningskategorin används för subtraktion av utsläpp under livscykeln (-3 kg CO₂eq).

Användarantaganden: I användningsfasen antogs det att surfplattan laddades varje natt och användes varje dag i två år. Två scenarier skapades utifrån en amerikansk respektive europeisk elmix.

Resultat: Totalt hade surfplattan 45 kg CO₂eq i det amerikanska scenariot samt 43 kg CO₂eq i det europeiska.

Största delen av utsläppen tillkom under produktion, cirka 52 % i det europeiska scenariot och 49 % i det amerikanska. Enligt rapporten är produktionen av moderkort och display de mest utsläppskrävande delarna inom tillverkningsprocessen; tillsammans står de för 85 % av kategorins utsläpp. Näst störst påverkan hade användningsfasen, 41 % i det amerikanska fallet. Resterande 6 % täcks av transporter.

En annan viktig slutsats i Dells studie är att en stor del av miljöpåverkan går att undvika då laddning av batteriet står för de största utsläppen i användningsfasen. Författarna menar att om den här delen skulle undvikas kan utsläppen i plattans livscykel minskas med 32 %.

Andra källor för data:

Flera jämförande studier från KTH-forskningen innehåller intressant data (Moberg et al 2007) (Achachlouei et al 2013). I Achachlouei (2013: 233) uppskattas produktionsutsläppen för en

Apple iPad 2 till 36.2 kg CO₂eq. Studien rör läsning av tidningen Sköna hem och argumenterar för att redaktionellt arbete har stor miljöpåverkan.

Moberg et al (2011b: 11) menar att i den tidigare studien (Moberg et al 2007) var GWP per läsplatta cirka 20 kg CO₂eq. Studien rör produktionen av läsplattan iRex Iliad (utan skärm). I övrigt argumenterar den för att läsplattor kan minska miljöpåverkan från nyhetstidningar i ett svenskt scenario med lästid på 10-30 min. I ett Europeiskt scenario med 30 min läsning var den tryckta varianten att föredra.

Kronqvist et al (2010: 15) rapporterar om utsläpp mellan 0,64-3,2 kg CO₂eq för en papperstidskrift. Resultaten varierande främst beroende på antalet läsare per produkt. Per kg produkt sätts utsläppen generellt 0.99 kg CO₂eq. Produktion av pappersmassa och papper knyts till något mer än hälften av påverkan (Ibid. 15). Studien är även en jämförelse och innehåller data om en tidning läst online med en laptop. Mer användning av laptopen antas ge kraftigt ökade utsläpp (Ibid. 23). Produktion av laptop kopplas till den största delen av påverkan i scenariot med e-tidsskrift (Ibid. 19). I jämförelsen är resultaten från de olika basscenerierna likartade, miljöpåverkan antas vara ungefär densamma. Med en läsare är onlineversionen det mer miljövänliga alternativet medan flertalet läsare gör den tryckta varianten fördelaktig.

Analys

Hur påverkar problematiken med LCA studiernas jämförelseförmåga?

Med utgångspunkt i den kritik och problematik som nämnts i tidigare avsnitt analyseras nedan jämförelseförmågan hos studierna. Se avsnittet ”Problem med livscykelanalysens jämförelseförmåga” ovan eller Bull & Kozak (2014) för en utförligare beskrivning.

Geografi. Geografi och nationell kontext bestämmer vilken elmix som används. Hos de tryckta medierna har elmixen främst betydelse i samband med den energiintensiva framställningen av boken. Enligt Pihkola et al (2010) står energianvändning i produktionsstadiet för majoriteten av utsläppen i livscykeln. Gällande läsplattorna har elmixen betydelse både i produktions- och användarstadiet, då produkten laddas. Kronqvist (2010: 16) visar i sin känslighetsanalys hur en pappersskrift med svensk elmix har 1 kg CO₂eq. Samma pappersskrift har i ett scenario med europeisk el 1.5 kg CO₂eq och i ett nordiskt ungefär 1.2 kg CO₂eq (Ibid.).

Användarantaganden & systemgränser. Moberg et al (2011b) utgår ifrån låga utsläpp i samband med användning. I rapporterna från Dell, Apple och Blackburry är användarutsläppen markant högre. Surfplattornas användning står för mellan 19-44 % av produkternas totala utsläpp. Användning i Moberg et al (2011b: 6) är mindre än 5 %.

Denna skillnad mellan studierna kan härledas till olika antaganden och systemgränser. Läsplattan i Mobergs studie laddas en gång per läst bok, 48 gånger totalt. Det är en gång var femtonde dag under den tvååriga livscykeln. I Dells och Apples studier laddas surfplattan varje, respektive varannan natt.

Angående tryckta medier har antaganden om läsare per produkt stor inverkan på resultatet. Enroth (2009) som rapporterar låga utsläpp antar att det är 5 användare per lärobok medan Moberg et al (2011a) endast räknar med en läsare per bok. Enroths läroböcker ligger på cirka 0.6 kg CO₂eq/ kg produkt medan Mobergs inbundna böcker har uppåt 2 kg CO₂eq/ kg produkt (se tabell 3). Det finns även andra systemgränser och antaganden som påverkar de skiftande resultaten i studierna. I Mobergs studie färdas varje köpare till en bokaffär 2 km medan Enroths böcker transporteras direkt till skolan via lastbil.

Val av systemgränser påverkar även vilka antaganden som görs om sophantering. Boken i Moberg et al (2011a) och läsplattan i Dell använder exempelvis sophantering för att subtrahera utsläpp från produkterna. Apple använder kategorin ”recycling” för att lägga till utsläpp (se tabell 2). Det här kan bero på geografiska skillnader då sophantering ser olika ut i skilda länder. Samma subtrahering används dock i Dell studiens amerikanska och europeiska scenarier.

Produkttyper och mål. Surfplattorna i Applerapporterna samt i Dells studie är multifunktionella och antas därför användas mer intensivt i förhållande till läsplattan i Moberg (2011b).

Syftet i Mobergs studie är dock att identifiera utsläpp från e-böcker och inte produkten i sig som hos Apple, Dell och Blackburry. Moberg et al (2011b) täcker redaktionellt arbete samt internetinfrastruktur för att komma åt e-böckerna på internet. Dock är bidraget till de totala utsläppen från dessa processer mycket litet i förhållande till de totala produktionsutsläppen hos läsplattan, mindre än 5 % (Ibid. 6).

För de tryckta medierna studeras flera olika typer: veckotidning, nyhetstidningar, inbundna läroböcker. Av tabell 3 framgår att de inbundna böckerna i Moberg (et al 2011a) och Pihkola (2010: kap 9) har omkring dubbelt så höga utsläpp som de andra produkterna.

Skilda metoder och databaser. En jämförelse mellan de insamlade studierna visar att resultaten påverkas stort beroende av val av tillvägagångssätt och vilka databaser som används i respektive studie. Gällande ICT-produkterna medför data från program som Ecoinvent generellt lägre utsläpp än de källor som Apple använder sig av. Detta framgår av både Achachlouei et al (2013: 233) och Teehan & Kadlikar (2013: 4000).

Achachlouei et al (2013: 233) visar att deras data över produktionsutsläppen hos en iPad 2 är 36.2 kg CO₂eq medan motsvarande Appledata (med paketering) är 64 kg CO₂eq. Det ger en skillnad på 27.8 kg CO₂eq. Achachlouei et al (2013: 233) använde sig av metoden nedmontering och vägnig samt därefter uppskattning genom EcoInvent 2.2. Metod och källor framgår inte i Applerapporterna (2012-14).

Teehan & Kadlikar (2013: 4002) visar hur stora skillnaderna kan vara beroende av källa för data. Deras data från nedmontering, vägnig och sedan uppskattning i ecoinvent ger formeln: produktmassa gånger 27 = produktionsutsläpp i kg CO₂eq. Om de istället använder Appledata blir formeln: produktmassa gånger 39 = produktionsutsläpp. Formlerna bygger på generaliseringar utifrån produktdata.

Vad gäller tryckta medierna skiljer sig insamlandet av data åt på flera sätt. Moberg et al (2011a) bygger sina uppskattningar på kontakter med olika företag samt Ecoinvent. Enroth (2009: 3-4) har i större utsträckning använt sig av sekundärdata från många olika studier. Resultaten från studierna skiljer sig åt, mellan 0.52 och 2.17 CO₂eq/ kg produkt (se tabell 3). Det går att anta att val av data påverkat resultaten men inte hur mycket, då andra uppskattningar, som beteenden hos läsare, också påverkat resultatet.

Trovärdighet. Dell, Apple och Blackburry representerar ekonomiska intressen medan studierna Enroth (2009), Teehan & Kadlikar (2013) och Moberg et al (2011a+b)(2007) är vetenskapliga artiklar. Pikhola et al (2010) bygger på ett uppdrag till ett researchföretag och Kronqvist et al (2010) har genomfört sin studie för Sveriges Tidsskrifters räkning. De akademiska rapporterna har hög trovärdighet då de är publicerade i tidsskrifter och expertgranskade. De akademiska rapporterna är även friade ifrån direkta ekonomiska intressen vilket kan ha inverkan på resultatet. Det bör dock betonas att de som representerar ekonomiska intressen, Apple och BlackBurry, rapporterar höga utsläpp. Som tidigare nämnts anger Apple högre utsläpp än vad de akademiska artiklar gör och vilka mäter utsläpp från samma produkter (Teehan & Kadlikar 2013)(Achachlouei et al 2013: 233). Det är bara Dell som rapporterar om låga utsläpp i förhållande till övriga data (se Tabell 3). Trovärdigheten hos resultaten från Apple och BlackBurry framstår här som hög.

Gällande ISO 14040/44 är det positivt om studierna använt metoden. Ju mer tillvägagångssätten liknar varandra, desto mer jämförbara är resultaten. ISO 14040/44 är ett standardiserat tillvägagångssätt vilket gör studiernas resultat mer jämförbara. För det andra är ISO 14040/44 ett tecken på att studien expertgranskats.

Det är dock svårt att avgöra om studierna som anger att de har följt ISO 14040/44-riktlinjerna i själva verket gör det. Samtliga studier som rapporterar att de följt rekommendationerna (Apple, Dell, Pikhola, Achachlouei) går inte in tillräckligt på djupet i sina beskrivningar av tillvägagångssätten för att bevisa att riktlinjerna följts.

Med hänsyn till bristerna vad gäller LCA-studiers jämförelseförmåga är det inte helt enkelt att åstadkomma tillförlitliga resultat utifrån jämförande kvantitativa bedömningar av miljöpåverkan hos läs-/surfplattor och tryckta medier.

Jämförelse av LCA tryckt media och läs/surfplattor

I det här avsnittet jämförs de olika studierna i syfte att försöka besvara huvudfrågan i arbetet. Först presenteras en sammanfattning av de olika kvantitativa resultaten i tabell 3. Här görs också en uppskattad jämförelse vars metodik beskrivs under tabellen. Därefter diskuteras de steg som identifieras som mest intensiva utsläppsmässigt i livscyklerna.

I *Tabell 3* (författaren) är den mest intressanta kategorin för läs-/surfplattorna *GWP*, det är här ICT-studiernas resultat ställs mot varandra. I samma avseende är kategorin *Kg CO₂/ Kg produkt* den mest intressanta kategorin för tryckta medier. Den beskriver vilken *GWP* 1 Kg av produkten har. Längst till höger i tabell 3 återfinns den uppskattande jämförelsen mellan tryckta medier och läs/surfplattor. För läs- och surfplattorna uppskattas hur många Kg tryckta medier som krävs för att nå samma *GWP* som produkten i fråga. För tryckta medier uppskattas hur många Kg av produkten i fråga som krävs för att nå upp till samma utsläpp som en läs-/surfplatta.

Tabell 3.

Studie	Produkt	Delar av livscykel	GWP (kg CO ₂ eq)	Kg CO ₂ eq / Kg produkt	Livscykel (år)	Kategori som härleds till störst utsläpp	Uppskattande jämförelse
Läs och surfplattor:							Åtgång Kg tryckt media för att nå samma växthusgasutsläpp* :
Moberg et al (2011b)	Oidentifierad läsplatta	Hela (48 böcker läses)	43.2		2	Produktion 93 %	34.15
Apple 2012-2014	Apple Ipad 1 & 2 & air	Hela (all användning)	105-220 (M=172.14)		3	Produktion 60-80 %	83.00-173.91 (M = 136.08)
Apple 2012-2014	Apple Ipad mini	Hela (all användning)	95-170 (M=138.75)		3	Produktion 70-79 %	75.01-134.39 (M= 102.78)
BlackBerry (2013)	BlackBerry PlayBook 16gb	Hela (all användning)	73.02		3	Produktion 45 %	57.72
Dell (2010)	Streak Tablet (Amerikansk)	Hela (all användning)	45		2	Produktion 52 %	35.57
Dell (2010)	Streak Tablet (Europeisk)	Hela (all användning)	43		2	Produktion 49 %	33.99
Teehan och Kandlikar (2013)	Amazon Kindle (3rd gen)	Till produktionsslut	13.3			Produktion av kretskort	
Teehan och Kandlikar (2013)	Apple iPad (1st gen)	Till produktionsslut	25.5			Produktion av kretskort	
Moberg et al (2007)	iRex Iliad	Till produktionsslut	20 (ungefär)			Ej relevant	
Achachlouei et al (2013)	Apple iPad 2	Till produktionsslut	36.2			Ej relevant	
<i>Alla med hela livscykeln</i>		Hela	43.2-220			Produktion 45-93 %	34.15-173.91
Tryckta Medier:							Kg produkt för att motsvara utsläpp hos surf/läsplatta**:
Moberg et al (2011a)	Inbunden bok (bokhandel)	Hela	1.3	2.17		Pappersmassa och papper	36.89
Moberg et al (2011a)	Inbunden bok (online)	Hela	1.1	1.83		Pappersmassa och papper	43.75
Enroth (2009)	Lärobok (högenergityck)	Hela	0.524 (bara CO ₂)	0.66	5	Pappersmassa och papper	121.29
Enroth (2009)	Lärobok (lågenergityck)	Hela	0.416 (bara CO ₂)	0.52	5	Pappersmassa och papper	153.95
Kronqvist (2010)	Nyhets tidning	Hela	0.64-3.2	0.99		Pappersmassa och papper	80.86
Pihkola et al (2010)	Nyhets tidning	Hela		1.1		Pappersmassa och papper - Energianvändning	72.3
Pihkola et al (2010)	Veckotidning	Hela		0.91-1.15 (cirka 1)		Pappersmassa och papper - Energianvändning	80.06
Pihkola et al (2010)	Inbunden bok	Till säljare		2.32		Pappersmassa och papper	34.51
<i>Alla</i>		Hela och till säljare		0.52-2.32		Pappersmassa och papper	34.51-153.95

*Den uppskattade jämförelsen har beräknats genom att ett snitt räknats ut för antal kg CO₂eq per 1 kg tryckt media. Varje källstudie i kategorin "Tryckta medier" fick representera s av ett medelvärde: Moberg et al (2011a) medelvärde + Enroth (2009) medelvärde + Kronqvist (2010) + Pihkola 2010 medelvärde, dividerat med fyra = (2 + 0.59 + 0.99 + 1.47) / 4 = 1.265. **Snittet blev 1.265 kg CO₂eq per kg tryckt media**. Läs- och surfplattornas produktspecifika utsläpp dividerades sedan med 1.265 för att ta fram "Kg tryckt media för att nå samma växthusgasutsläpp".

Samma metod användes för surfplattorna. Här blev **snittet för en läs/surfplattas utsläpp 80.055 kg CO₂eq under livscykeln. Enbart studier som täcker hela livscykeln användes (ej de markerade med rött). Ett medelvärde räknades ut ur Apples alla 11 produkt rapporter, det blev 160 kg CO₂eq. Även här representerade varje källstudie endast en kvantifiering.

Läs-/surfplattorna varierade i *GWP* mellan 43 och 220 CO₂eq per produkt. Störst utsläpp hade iPad 2012 (se tabell 2 för mer information). Minst utsläpp hade Dell-surfplattan med 43 CO₂eq. Till följd av den problematik som analyserats i det tidigare avsnittet är det dock svårt att avgöra om Dell-plattan verkligen representerar mindre *GWP* än iPad-surfplattan. En surfplattas genomsnittliga utsläpp uppskattades, utifrån siffrorna i Tabell 3, till 80,06 kg

CO₂eq då varje källstudie fick representera en kvantifiering. Ingen av de studier som endast angav produktionsutsläpp användes i uppskattningen.

För de tryckta medierna varierade GWP per kg produkt mellan 0.52 och 2.32. Störst utsläpp per kg hade den inbundna boken i Pihkola (2010). Lägst utsläpp hade läroboken tryckt med lågenergi i Enroth (2009). Även i det här fallet är det svårt att avgöra resultatens verklighetsförankring. Nämnvärt är att Pihkola (2010) inte täcker hela livscykeln utan enbart processerna fram till återförsäljare. Genomsnittsvärdet som togs fram för GWP av 1kg tryckt media var 1.265. Se punkterna under Tabell 3 för en mer ingående beskrivning av metodiken bakom uppskattningen.

Ställs resultaten direkt mot varandra skulle en läs-/surfplatta som mest behöva ersätta 423 kg tryckt media för att vara det fördelaktiga alternativet sett till GWP (Apples högsta mätning dividerat med Enroths lågenergiscenario). Som minst behöver läs-/surfplattorn ersätta 19 kg tryckt media (Dells europeiska scenario dividerat med boken från Pihkola). Enligt den uppskattande jämförelsen behöver läs-/surfplattorna i genomsnitt ersätta 63 kg tryckt media (80.055/1.265).

De här siffrorna kan ses i ljuset av europeisk totalkonsumtion av pappersprodukter vilket enligt Pihkola et al (2010: 78) är ungefär 155 kg per person och år. Det bör dock nämnas att surf-/läsplattorna inte kan tänkas ersätta pappersprodukter som mjölkpaket m.m. Ett års prenumeration av nyhetsblad enligt samma källa väger i genomsnitt 70 kg.

Var i livscykeln tillkommer störst utsläpp?

I samtliga rapporter om läs-/surfplattor identifieras kategorin produktion som den största utsläppsboven under livscykeln (se Tabell 3). Det beror framförallt på att kategorin täcker steg som materialutvinning, bearbetning, transport till fabriker och tillverkning av produkternas alla komponenter (cradle-to-gate, se figur 1). Procentuellt sträcker sig skillnaden, i hur stor andel av livscykelns utsläpp som knyts till produktion, till mellan 45-93 %. Produktionen av Blackburrys surfplatta anges motsvara 45 % av livscykeln, Dells omkring 50 %, Apples 60-80 % och enligt Moberg et al (2011b) handlar det om hela 93 %.

Den stora variationen vad gäller produktionens roll förklaras av de skilda antaganden som studierna utgår ifrån. Ju mindre de andra delarna görs i livscykeln desto högre blir produktionens andel i utsläppen. Särskilt avgörande är storleken på kategorin användning vilken är den näst största delen för utsläpp enligt alla studier av läs-/surfplattor, förutom hos Moberg (2011b). Användningens andel av de totala livscykelutsläppen är hos Dell 42-44 %, BlackBerry 39 %, iPad 19-29 %, och hos Moberg et al (2011b: 6) är den mindre än 7 %.

I alla studierna över tryckta medier står produktion av pappersmassa och papper för den största delen utsläpp under livscykeln. Pihkola et al (2010) identifierar mer specifikt energianvändning i samband med produktion av pappersmassa och papper som den största utsläppskällan. Moberg et al (2011b: 144) menar dock att konsumenttransporter kan komma att ta över som den största utsläppskategorin. I deras känslighetsanalys mer än dubbleras bokens totala utsläpp om köparen färdas 10 km i bil istället för 2 km (Ibid.). I utgångsscenarierna 2 km, presenterat i tabell 3, är det dock pappersmassa och papper som är den mest utsläppsintensiva processen i livscykeln (Ibid.148).

Pihkola et al (2010) och Enroth (2009) visar att tryckprocessen har hög andel utsläpp. Beroende på produkt och tryckets komplexitet varierar tryckutsläppen mellan 13-46 % enligt Pihkola et al (2010: 197). Tryck står i Enroth (2009: 5) för 35 % av de totala utsläppen i högenergiscenariot.

Det starka sambandet mellan produktionen och utsläpp gäller med andra ord båda teknologierna, men på olika sätt. Fler läsare per bok drar ner utsläpp vilket blir uppenbart då användningen av boken inte bidrar till några direkta växthusgasutsläpp. Tidsmässigt står produktionen bara för en liten del av surfplattans livscykel samtidigt som majoriteten av utsläppen uppstår i och med tillverkningen. Färre produktionsprocesser bör ge markant mindre utsläpp för båda teknologierna.

Nothäften eller digitala noter på surfplatta?

Ett genomgående tema i kritiken mot LCA-studierna är att resultaten avgörs av studiernas antaganden (Öman 2011) (Bull & Kozak 2014). I jämförelsen om digitala musiknoter är att föredra framför tryckta är problematiken densamma. Det skulle behövas empiriska kartläggningar av hur musiker använder noter för en mer korrekt och tillförlitlig bedömning av vilken teknologi som är att föredra.

Enligt mätningen som ger de högsta utsläppsvärdena i kategorin läs-/surfplattor (tabell 3) är utsläppen 220 kg CO₂eq (Apple: iPad 2012 uppdaterad rapport 2014). För att vara det fördelaktiga alternativet behöver surfplattan här ersätta 0.2 kg CO₂eq per dag (laddning varannan dag under 3 år, internationell energimix). Tryckta noter är en av flera teknologier (skrivare, datorer, miniräknare, flyg i och med affärsresor) som den multifunktionella surfplattan kan ersätta för att nå det gränsvärdet. Om surfplattan sedan ersätter 0.2 kg CO₂eq per dag beror i slutändan på hur plattan används och vilka teknologier den kompenserar för.

Utifrån beräkningar i Moberg et al (2011b) går det exempelvis att anta att digitala noter är att föredra om de ersätter bilresor som konsumenten annars skulle göra för att inhandla ett nothäfte. Ett nothäfte kan ersätta bilresor vid inköp men det kan även beställas hem eller erhållas genom andra transportalternativ.

Ett annat exempel är att noter kan skrivas ut även om de laddats ned digitalt, vilket förmodligen är mindre fördelaktigt. Digitala noter kan skapa den effekt som Sellen & Harper (2002) beskriver i myten om det papperslösa kontoret.

Givet att de digitala noterna skrivs ut är nästa fråga vilka konsekvenser ett sådant handlande har för utsläpp totalt. Pappersutskriften är utsläppsintensiv genom alla de processer som leder fram till det utskrivna notpapperet. Under användningstiden är utsläppen av obefintliga. Pappersnoters livslängd kan sträcka sig över långa tidsperioder (längre än en människas livstid). Digitala noter lästa på surfplatta kan ersätta utskriftsvarianten men för att använda surfplattan krävs laddning med elektricitet. Avseende användningstid inträder någonstans en brytpunkt där de processer som ligger bakom de utskrivna noterna blir mindre utsläppsintensiva än de utsläpp som kan knytas till läsning av noterna digitalt.

Det ligger utanför den här litteratursammanställningens gränser att framställa data som identifierar hur musiknoter förvärvas och används i tid och rum av musikutövare. Om användningstiden är kort och notpappret slängs blir den digitala varianten troligen mer fördelaktig.

Fler empiriska studier, som träffsäkert identifierar antaganden om totalanvändning av teknologierna, borde öka LCA-metodens relevans och förklaringskraft generellt.

Diskussion och slutsatser

Huvudfrågan i det här arbetet har varit *hur skiljer sig miljöpåverkan mellan surfplattor och tryckt media avseende utsläppsstorlek av växthusgaser?* För att kunna göra en sådan jämförelse har metoden varit att sammanställa livscykelanalyser av tryckt media samt läs-/surfplattor. Arbetet har även haft som mål att förhålla sig till den kritik som existerar gentemot livscykelanalyser, framförallt i Bull & Kozak (2014). Den kritiken har i sin tur beaktats dels i analysen av studiernas verklighetsförankring och jämförelseförmåga samt dels i och dels i examensarbetets egen jämförande analys. En slutsats är att studiernas jämförelseförmåga är låg. Det här speglas av resultatet, att en läs/surfplatta behöver ersätta mellan 19-423 kg tryckt media för att vara det fördelaktiga alternativet. Det är en differens på 404 kg tryckt media och kan ses som ett tecken på att livscykelanalyser förstås bäst i sin egen kontext. Därför har även de flesta studerade arbetena presenterats i sina egna kontexter (se ”LCA-studier” ovan). Resultaten från studierna sammanfattades och ställdes mot varandra (i tabell 3) varpå jämförande diskussioner fördes. Trots låg jämförbarhet gjordes flera uppskattningar som visar att läs-/surfplattorna i genomsnitt behöver ersätta 63 kg tryckt media under sin livstid för att vara det fördelaktiga alternativet.

Vad säger arbetet i förhållande till teorierna samt underfrågan, om teknologisk utveckling kan bidra till minskad klimatpåverkan generellt. Framförallt visar arbetet på den omfattande komplexitet som måste till för att man ska kunna ge trovärdiga svar på en sådan undran. Dock går det att peka på hur de mest utsläppsintensiva processerna är kopplade till produktionen av produkterna. En rimlig slutsats är att en mer hållbar produktionsteknologi måste till om klimatpåverkan från tryckt media och surf-/läsplattor samt ICT generellt ska minska.

Angående frågan om musiknotböcker alternativt digitala noter lästa på surfplatta visar arbetet att djupare empiriska kartläggningar av musikers förvärv och användning av noter behövs. Sådana kartläggningar kan ge konkreta svar på vilken teknologi som är att föredra avseende klimatförändringar. Digitala noter lästa på surfplatta blir mer fördelaktiga om, den totala tiden musikern använder noterna är kort, livstiden för surfplattan lång, el-mixen inte framställs med fossila bränslen och om de ersätter bilresor.

Sammanställning och rekommendationer för Aqordo:

- Att döma av den problematik som finns med livscykelanalyser och dess jämförelseförmåga finns det i dagsläget inga lätta svar på frågan om digitala noter är att föredra framför notböcker med avseende på växthusgaser.

Om musiknoter lästa på surfplattor ska bli ett mer attraktivt alternativ med avseende på minskade klimatförändringar:

- Låt gärna en surfplatta ersätta ett köp av stationär dator. IT-hårdvarans massa har enligt Teehan (2013) en direkt anknytning till växthusgasutsläpp. Ju större produktmassa desto större är troligtvis produktens produktionsutsläpp.
- Utnyttja surfplattans multifunktionalitet där den ersätter utsläppsintensiv produktion av annan teknologi.
- Använd gärna digitala musiknoter om de ersätter bilresor som uppstår i och med inhandling av traditionella nothäften.
- Skriv inte ut digitala musiknoter om de bara ska användas vid ett fåtal tillfällen.
- Gör surfplattans livscykel lång då enhetens produktion är mest utsläppsintensiv. Reparera gärna trasig produkt. Använd gärna andrahandsmarknaden.
- Släng inte surfplattan i vanliga sopor (brännbart eller metall). Undersök var enheten ska lämnas för avfallshantering vid livscykelns slut.

Litteraturförteckning

Achachloue, M., Moberg, Å., & Hochschorner, E. (2013). *Climate Change Impact of Electronic Media Solutions: Case Study of the Tablet Edition of a Magazine*. Zurich: ICT4S 2013: Proceedings of the First International Conference on Information and Communication Technologies for Sustainability, ETH.

Apple. (2012). *iPad - Environmental Report*. Apple.

Apple. (2014). *iPad (2012) - Environmental report - uppdaterad version*. Apple.

Apple. (2012 okt). *iPad (Retina) - Environmental Report*. Apple.

Apple. (2011). *iPad 2 - Environmental Report*. Apple.

Apple. (2013). *iPad Air - Environmental Report*. Apple.

Apple. (2013 okt). *iPad Air - Environmental Report*. Apple.

Apple. (2014). *iPad Air 2 - Environmental Report*. Apple.

Apple. (2012). *iPad mini - Environmental Report*. Apple.

Apple. (2014). *iPad mini 3 - Environmental report*. Apple.

Apple. (2013). *iPad mini with Retina Display - Environmental Report*. Apple.

Apple. (2012). *iPad2 - Environmental Report*. Apple.

Arushanyan, Y., Ekener-Petersen, E., & Finnveden, G. (2014). Lessons learned - Review of LCAs for ICT products and services. *Computers in Industry 65*, ss. 211–234.

Blackberry. (2012). *Product Sustainability - BlackBerry Playbook Tablet*. Hämtat från <http://www.epeat.net/documents/tabletworkshop/BlackBerryPlayBook.pdf> den 22 11 2013

Blurton, R. (1999). *New Directions of ICT-Use in Education - contribution to UNESCO's World Communication and Information Report 1999*. University of Hong Kong.

Borggren, C., & Moberg, Å. (2009). *Pappersbok och elektronisk bok på läsplatta - en jämförande miljöbedömning*. Stockholm: KTH Centre for Sustainable Communications TRITA-SUS 2009:2.

Bull, J., & Kozak, R. (2014). Comparative life cycle assessments: The case of paper and digital media. *Environmental Impact Assessment Review (45)*, ss. 10-18.

Cederlund, M. (den 16 09 2014). *Naturvårdsverket - Utsläpp av växthusgaser från svensk konsumtion*. Hämtat från Naturvårdsverket: <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser--utslapp-av-svensk-konsumtion/> den 28 01 2015

Dell. (2011). *Carbon Footprint of the Dell Streak Tablet*. Dell.

Drengson, A., & Yuichi, I. (1995). *The Deep Ecology Movement: An Introductory Anthology*. Berkeley, CA: North Atlantic.

ENERGY STAR® Program Requirements for Computers - Partner Commitments. (2014). Hämtat från ENERGY STAR®:

http://www.energystar.gov/ia/partners/product_specs/program_reqs/Computers_Program_Requirements.pdf den 27 12 2014

- Enroth, M. (2009). Environmental impact of printed and electronic teaching aids, a screening study focusing on fossil carbon dioxide . *Printing and media technology*, Vol 36 , ss. 1-9.
- Fedele, D. (Regissör). (2012). *E-wasteland* [Film].
- GeSI, Global e-Sustainability Initiative. (2008). *SMART 2020: Enabling the low carbon economy in the information age*. The Climate Group, GeSI.
- Hornborg, A. (2010). *Myten om maskinen: Essäer om makt, modernitet och miljö*. Göteborg: Daidalos.
- IDC, International Data Corporation. (2013). *Android Growth Drives Another Strong Quarter for the Worldwide Tablet Market, According to IDC*. Hämtat från IDC: <http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS24420613> den 20 01 2015
- IPCC, Intergovernmental panel on climate change. (2001). *IPCC - Third Assessment Report*.
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014). *IPCC Fifth Assessment Synthesis Report*.
- Jackson, T. (2011). *Välfärd utan tillväxt - Så skapar vi ett hållbart samhälle*. Stockholm: Ordfront förlag.
- Kronqvist, M., Löfgren, C., Sturges, M., & Teleman, A. (2010). *Miljöbedömning av mediekanalerna papperstidskrift och Internetpublicering*. Innventia Rapport nr: 97.
- Lieb, C. (2013). The Environmental Kuznets Curve - A Survey of the Empirical Evidence and Possible Causes. *University of Heidelberg, Department of Economics, Discussion Paper Series No. 391* , 1-60.
- Moberg, Å., Borggren, K., & Finnveden, G. (2011a). Books from an environmental perspective - Part 1: environmental impacts of paper books sold in traditional and internet bookshops. *Int J Life Cycle Assess* 16 , ss. 138-47.
- Moberg, Å., Borggren, K., & Finnveden, G. (2011b). Books from an Environmental Perspective—Part 2: E-books as an Alternative to Paper Books. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 16.3 , ss. 238-46.
- Moberg, Å., Johansson, M., Finnveden, G., & Jonsson, A. (2007). Screening environmental life cycle assessment of printed, web based and tablet e-paper newspaper. *Advances in Printing and Media Technology* 33 , s. 414.
- Nationalencyklopedin, surfplatta*. (u.d.). Hämtat från <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/surfplatta> den 28 12 2014
- Nationalencyklopedin, läsplatta*. (u.d.). Hämtat från <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/läsplatta> den 28 12 2014
- Nimpuno, N., ChemSec, & Scruggs, C. (2011). *Information on Chemicals in Electronic Products*. Köpenhamn: TemaNord.
- Openclipart*. (u.d.). Hämtat från <https://openclipart.org/> den 01 02 2015
- Pihkola, H., Nors, M., Kujapäa, M., Helin, T., Kariniemi, M., & Pajula, T. (2010). *Carbon footprint and environmental impacts of print products from cradle to grave*. Helsinki: VTT Technical Research Centre of Finland.

- SCB, Statistiska Centralbyrån. (2014a). *Befolkningsstatistik i sammandrag 1960-2013*. Hämtat från http://www.scb.se/sv_/Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Befolkning/Befolkningens-sammansattning/Befolkningsstatistik/25788/25795/Helarsstatistik---Riket/26040/ den 28 01 2015
- SCB, Statistiska Centralbyrån. (2014b). *Tillförsel och användning av el 2001–2013 (GWh)*. Hämtat från http://www.scb.se/sv_/Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Energi/Tillforsel-och-anvandning-av-energi/Arlig-energistatistik-el-gas-och-fjarrvarme/6314/6321/24270/ den 27 12 2014
- Schor, J. B. (2010). *Plentitude - The New Economics of True Wealth*. New York: The Penguin Press.
- Sellen, A., & Harper, R. (2002). *The myth of the paperless office*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Teehan, P., & Kandlikar, M. (2013). Comparing Embodied Greenhouse Gas Emissions of Modern Computing and Electronics Products. *Environmental Science and Technology* 47 , ss. 3997-4003.
- Thorn, M., Kraus, J., & Parker, D. (2011). Life-Cycle Assessment as a Sustainability Management Tool: Strengths, Weaknesses, and Other Considerations. *Environmental Quality Management* 20.3 , ss. 1-10.
- Thrane, M., & Schmidt, J. H. (2007). Life Cycle Assessment. i L. Kjørnø, M. Thrane, A. Remmen, & H. Lundh, *Tools for Sustainable Development* (ss. 204-239). Aalborg: Aalborg Universitetsforlag.
- Twosides. (u.d.). *Twosides.info*. Hämtat från The myth - electronic communication is more environmentally friendly than print and paper: <http://www.twosides.info/Electronic-Communication-Is-More-Environmentally-Friendly-Than-Print-And-Paper> den 15 12 2014
- WWF, Världsnaturfonden. (2011). *Living forests and wood products: chapter 3 - forests and climate*.
- WWF, Världsnaturfonden. (2012). *Living forests and wood products: chapter 4 - forests and wood products*.
http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/living_forests_report_ch4_forest_products.pdf.
- WWF, Världsnaturfonden. (u.d.). *Reduce paper use at home and at the office*. Hämtat från [wwf.panda.org: wwf.panda.org/how_you_can_help/live_green/fsc/save_paper/office_paper/](http://wwf.panda.org/how_you_can_help/live_green/fsc/save_paper/office_paper/) den 31 01 2015
- York, R. (2006). Ecological Paradoxes: William Stanley Jevons and the Paperless Office. *Human Ecology Review*, Vol. 13, No. 2 , ss. 143-47.
- Öman, A. (2011). *Klimatpåverkan från tryckta och digitala medier - en jämförande studie*. Stockholm, Göteborg: IVL Svenska Miljöinstitutet.