

Vad innebär ett ökat träbyggande i Sverige för miljön?

Granskning av jämförande LCA – studier av stombyggnadsmaterial i hus



**BIRGIT BRUNKLAUS &
HENRIKKE BAUMANN**

Institution för Miljösystemanalys
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, 2002

ESA-rapport 2002:6
Diariennr.: M2002/2011/Hs

Vad innebär ett ökad träbyggande i Sverige för miljön?
Granskning av jämförande LCA- studier av stombyggnadsmaterial i hus
Birgit Brunklaus & Henrikke Bauman

© Birgit Brunklaus & Henrikke Baumann.
Göteborg, augusti 2002

ESA-rapport 2002:6
Institution för Miljösystemanalys
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
41296 Göteborg
Telefon: 031-772 2170
Fax: 031-7722172
birgit.brunklaus@esa.chalmers.se
henrikke.bauman@esa.chalmers.se
<http://www.esa.chalmers.se>

Innehåll

BAKGRUND: ÖNSKEMÅL OM ÖKAT TRÄBYGGANDE	4
TRÄ SOM STOMBYGGNADSMATERIAL	4
UPPDRAG, UPPDRAGSGIVARE OCH UTFÖRANDE	4
LIVSCYKELANALYS – EN PRESENTATION AV METODEN.....	4
GRANSKNINGENS FRÅGESTÄLLNINGAR OCH UPPLÄGG.....	5
DE UNDERSÖKTA RAPPORTERNA.....	6
JÄMFÖRANDE GRANSKNING	8
STUDIERNAS SYFTE.....	8
FUNKTIONELL ENHET.....	8
PRINCIPER FÖR SYSTEMAVGRÄNSNING	9
TYP AV DATA.....	10
MILJÖBEDÖMNINGSMETODIK	10
<i>Hur heltäckande är beskrivningen av miljöpåverkan?.....</i>	<i>11</i>
<i>Använd metodik</i>	<i>11</i>
RAPPORTERNAS KVALITET.....	12
BYGGTEKNISKA SKILLNADER	12
STUDIERNAS RESULTAT	13
PROBLEMATIK KRING SKOGEN, TRÄ SOM RESURS, ENERGI & CO₂-UTSLÄPP	14
HUR MAN BERÄKNAR ENERGIANVÄNDNING OCH CO ₂ -UTSLÄPP	14
CO ₂ -SÄNKOR OCH TIDSPERSPEKTIV	14
SKOGEN.....	15
SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER.....	15
SAMMANFATTNINGSVIS	16

Referenser

BAKGRUND: ÖNSKEMÅL OM ÖKAT TRÄBYGGANDE

Trä som stombyggnadsmaterial

1994 ändrades byggnormen. Dittills hade den förbjudit trä som stommaterial i större hus (>2 våningar). Byggnormen ändrades till att vara en funktionsstyrande norm, dvs att (tekniska) funktionskrav skall styra. Därmed behöver inte enskilda material specificeras eller förbjudas i byggnormen. Trots att byggnormen ändrades 1994 har "traditionen" att bygga stommar o dyl i framför allt betong och stål kvarstått. Träbranschen arbetar därför aktivt för att öka byggandet i trä. Bland annat vill träbranschen ta fram ett nationellt program för ökat träbyggande som riksdag och regering skall ställa sig bakom.

Uppdrag, uppdragsgivare och utförande

Christina Leideman på Enheten för hållbart samhällsbyggande på Miljödepartementet har beställt denna utredning om miljömässiga förutsättningar för ökad användning av trä i byggandet. Miljöargument har framförts för ett ökat träbyggande, men kunskapen om vad detta innebär är begränsat. En belysning av kunskapsläget har därför efterlysts. En sådan översikt skulle syfta till att ge en överblick över genomförda miljöstudier som jämför trähus med andra (exv betong och stålkonstruktioner).

Institutionen för miljösystemanalys på Chalmers har fått i uppdrag att granska ett antal miljöstudier som jämför användningen av trä med andra material i hus för att avgöra frågan om vad ett ökande träbyggande i Sverige skulle innebära för miljön. Dessa jämförande studier är huvudsakligen livscykelanalys-studier, vilket ligger i centrum för institutionens forskning. Institutionens forskning handlar mycket om metodutveckling och tillämpning av LCA, men rör även andra miljösystemanalytiska verktyg (exv hållbarhetsindikatorer och ekologisk riskanalys).

Granskningen har utförts av Birgit Brunklaus, doktorand som studerar miljöpåverkan av bostadshus och förvaltning ur ett livscykelperspektiv under handledning av tekn dr Henrikke Baumann, forskarassistent på Miljösystemanalys, Chalmers. Professor Anne-Marie Tillman som deltog i en av dem jämförande miljöstudierna av stommar (stål-betong-trä) har bidragit med erfarenheterna från denna.

LIVSCYKELANALYS – EN PRESENTATION AV METODEN

Studierna vi fick i uppdrag att granska är alla utom en livscykelanalyser. Livscykelanalys, ofta förkortat LCA, är en metod som beskriver miljöpåverkan av en produkt eller tjänst över hela dess livscykel, dvs från "vagg" till "grav", från råvaruuttag till avfallsbehandling. LCA kan användas för att bestämma vilken total miljöpåverkan produkten ger i hela dess livscykel eller vilka delar av produktens livscykel som ger störst miljöpåverkan. LCA-studier kan bland annat användas som underlag för beslutsfattare, i produktutveckling, för miljömärkning, för bedömning av förändringar i tillverkningsprocesser.

Genomförandet av en LCA finns beskrivet bl a i ISOs standarder (ISO 14040 - ISO 14043) och är illustrerat i figur 1. De olika stegen beskrivs på följande sätt:

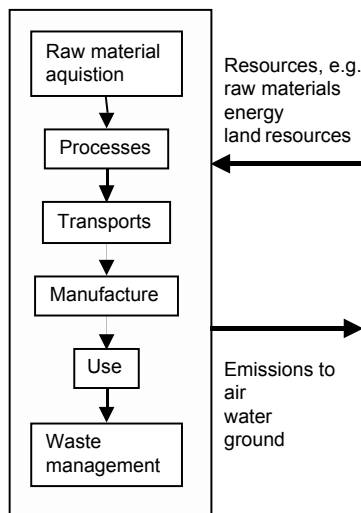
1. Definition av *mål och omfattning* innebär att studiens frågor ställs och att avgränsningar och funktionell enhet definieras för att få jämförbara resultat.
2. *Inventeringsanalys* innebär att data (angivet i kg, MJ o dyl) gällande energianvändning, materialförbrukning, utsläpp till luft, vatten och avfallsproduktion under produktens hela livscykel (resursuttag med tillverkning av produkten, användning av produkten och sluthantering) samlas och att beräkningar görs.

Brunklaus & Baumann:

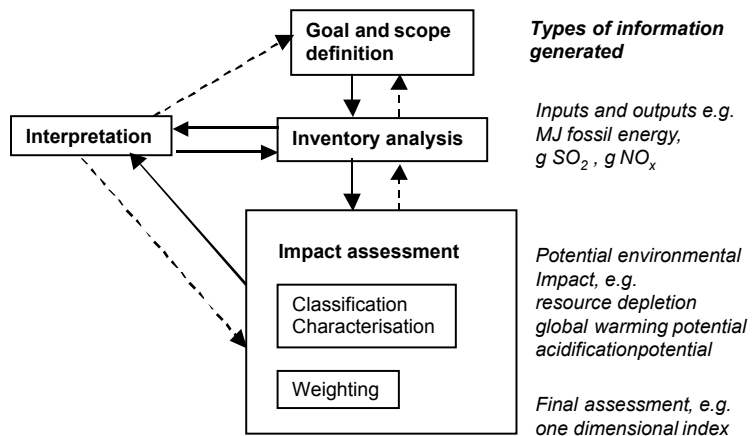
Vad innebär ett ökat träbyggande i Sverige för miljön? – Granskning av jämförande LCA-studier av stombyggnadsmaterial i hus

3. I *Miljöpåverkansbedömningen* räknas inventeringsdata om till miljöeffekter. LCA riktar sig i första hand på yttre, globala miljöeffekter: resursanvändning och ekologiska konsekvenser (växthuseffekt, försurning, etc). Vilket miljöproblem som anses viktigt beror på uppdragsgivarens värderingar, men oftast används någon av de viktningmetoder med ”färdiga miljövärderingar” som finns (exv EPS-metoden). (Baumann & Tillman 2001).
4. Tolkning av resultaten görs i förhållandet till de ställda frågorna (mål och syfte) i studien.

The life cycle model



The LCA procedure



Figur 1. Livscykeln i en LCA och proceduren för en LCA-studies genomförande (Ur Baumann & Tillman 2002).

Vid läsningen och granskningen av en LCA-rapport finns det ett antal saker läsaren måste ha i åtanke för att kunna tolka informationen korrekt (Baumann & Tillman 2001). Först och främst måste LCA-resultaten ses i relation till LCA-studiens mål och syfte. Det beror på att en LCA-studie besvarar en viss frågeställning. Eftersom olika frågeställningar leder till olika val av metod kan svaren/resultaten bli olika för till synes snarlika studier. Bara för att man kan göra olika metodval betyder det inte att man kan välja hur som helst – metodvalen styrs av studiens syfte. LCA-studier är därmed inte direkt jämförbara utan man måste se till hur mål och avgörande metodval skiljer sig mellan studierna. De avgörande metodvalen är definitionen av (Baumann & Tillman 2001):

- funktionell enhet, d v s jämförelsebasen i studien,
- principer för dragning av systemgränser,
- typ av data som används i studien och
- miljöbedömningsmetodik, d v s hur miljöpåverkan beskrivs.

GRANSKNINGENS FRÅGESTÄLLNINGAR OCH UPPLÄGG

I första hand inriktas granskningen på hur heltäckande miljöanalyserna är ur ett livscykelperspektiv och hur rättvisa jämförelserna är. Granskningen tar sin utgångspunkt i hur

de avgörande metodvalen gjorts i respektive studie. Därutöver undersöks det i vilken utsträckning studierna dokumenterar kunskap och erfarenheter av de olika materialen i byggprocessen och driftsskedet, exv hur man kompenserar för materialens olika prestanda (ljudisolering, etc), samt miljöeffekten av dessa kompensationer. För att enkelt bedöma de storskaliga effekterna av träbyggande skall uppgifter byggbranchens samlade träanvändning tas fram och ställas i relation till det samlade skogsuttaget.

I det följande kommer varje studie och dess bakgrund och resultat att presenteras. Resultaten av granskningen presenteras sedan i översikt över metodval samt miljömässiga, tekniska och kvalitetsmässiga detaljeringsgrad hos studierna. Siffror och beräkningar har dock inte kontrollerats på grund av tidsskäl. Slutligen kommer vi att diskutera för- och nackdelar med ett ökat träbyggande med utgångspunkt av de föreliggande rapporterna.

DE UNDERSÖKTA RAPPORTERNA

Sex LCA-studier av stombyggnadsmaterial eller hela hus samt en livscykelorienterad jämförande miljöstudie har undersökts:

Rapport 1:

Norén, J. & Jarnehammar, A. (2001). *Miljöbedömning av Trähus 2001 - bakgrundsfakta*.

Rapport P 0105010. Trätek - Institutet för träteknisk forskning. Stockholm.

Joakim Norén och Anna Jarnehammar från Institutet för träteknisk forskning (Trätek) har gjort en LCA-jämförelse av likvärdiga trä- och betonghuskonstruktioner. Objekten har varit två nybyggda flervåningsbostadshus på bostadsmässan Bo01 i Malmö. Utställningen Bo01 hade tema ”den hållbara staden” och syftet med att ställa ut trähus var att peka på de mervärden som finns i att bygga i trä.

Resultaten av studien var att träkonstruktionen är ett bättre miljöval än betongkonstruktionen, på grund av mindre CO₂-utsläpp och trä som förnyelsebar resurs.

Rapport 2:

a) Björklund, T., Jönsson, Å. & Tillman, A.-M. (1996). *LCA of Building Frame Structures – Environmental Impact over the Life Cycle of Concrete and Steel Frames*. Report 1996:8. Technical Environmental Planning, now: Environmental System Analysis, CTH. Göteborg.

b) Björklund, T. & Tillman, A.-M. (1997). *LCA of Building Frame Structures – Environmental Impact over the Life Cycle of Wooden and Concrete Frames*. Report 1997:2. Technical Environmental Planning, now: Environmental System Analysis, CTH. Göteborg.

Thomas Björklund m fl på Chalmers har gjort LCA-studier av olika stommar (betong, stål och trä) beskrivet i två rapporter. Objekten har varit ett antal fiktiva hus (flervåningsbostadshus och flervåningskontorsbyggnader) med dagens tekniska standard. Syftet med studien var att lära sig om miljöpåverkan av betong-, stål- och trästommar genom hela deras livscykel med hjälp av LCA. En referensgrupp av representanter från stål-, betong- och trä-branscherna var knuten till detta projekt.

Störst miljöpåverkan under husens hela livscykel har själva användningsfasen, d v s driften av huset. Resultaten av studierna var att trä är lika ”miljövänligt” som betong och stål, sett över husens hela livscykel. Tittar man bara på tillverkningsfasen av husen, så är trä ett något bättre miljöval än betong och stål.

Rapport 3:

Forsberg, C. & Johansson, V. (1999). *Projekt Vetenskapscentrum Korsvägen - Miljömässig jämförelse mellan limträ och stål i fackverkstak*. 1214073-16/4/Miljö-rap001. FB Engineering AB. Göteborg. (förhandskopia).

Forsberg och Johansson från konsultbolaget FB Engineering AB hade i uppgift att miljömässigt jämföra limträ- och stålfackverkstak. Rapporten har varit underlag för val av limträbalkar i bygget av Universeum i Göteborg. Skälet till studien var att det förelåg stora skillnader i investeringskostnader mellan fackverkstak i limträ gentemot stål i byggandet av Universeum och man ville se om det fanns andra skäl som talade för en träkonstruktion. Objektet är en takkonstruktion av en stor hall med kontorsrum. Resultaten av studien var att är trä ett bättre miljöalternativ än stål på grund av dess mindre CO₂-utsläpp i tillverkningen och att trä är en förnyelsebar resurs. (Studien är dock ingen LCA-studie och jämförelsebasen för trä- respektive och stålkonstruktionen har varit olika.)

Rapport 4:

Adalberth, K. (2000). *Energy use and Environmental Impact of New Residential Buildings*. TVBH-1012. Department of Building Physics, LTH. Lund.

a) Artikel 3: *Energy use in four multi-family buildings during their life cycle*

b) Artikel 4: *Life cycle assessment of four multi-family buildings*

Karin Adalberth (LTH) har i sin doktorsavhandling gjort en energi-jämförelse med livscykelperspektiv (artikel 3) och en LCA-jämförelse (artikel 4) av flerbostadshus med olika stommar (trä och betong). Objekten i båda artiklarna är fyra flervåningsbostadshus byggda 1996. Syftet med studierna var att analysera energianvändningen i byggnaderna under deras livscykel och undersöka vilken fas som leder till störst energianvändning respektive miljöpåverkan.

Resultaten av studierna visar att skillnaden mellan trä och andra alternativ är försumbar sett över husens hela livscykel. Trä har en liten fördel om man bara ser till tillverkningsfasen av husen. Husens användningsfas står dock för den största miljöpåverkan.

Rapport 5:

Graulich, K. (2001). *Vom Niedrig-Energihaus zum Niedrig Schadstoffhaus - Integration von schadstoffbezogenen Bilanzierungen in die Ökobilanzen von Wohngebäuden*. Bestell-Nr. 420128. Öko-Institut e.V. Freiburg. Tyskland.

Studien är ett examensarbete utförd vid ett institut i Freiburg (Öko-Institut e.V.), som bland annat arbetar med LCA och byggnader. Kathrin Graulich jämför i sin LCA-studie ett tegel- och ett trä-radhus och fokuserar på miljö- och hälsofarliga ämnen (alifatiska lösningsmedel, aromatiska kolväten o dyl). Ämnena är valda efter den tyska riskdeklarering "Gefahrenhinweise (R-sätze)" och "Sicherheitsratschläge (S-sätze)". Syftet med studien var att berika LCA-kunskapen om byggnader på kemikaliersidan eftersom de flesta befintliga LCA-studier handlar om husens energianvändning.

Resultaten visar att förekomsten av skadliga ämnen är oberoende av konstruktionsmaterial som trä eller tegel. Avgörande är dock val av produkter som färg, lim, spackel, o dyl.

Rapport 6:

Brunklaus & Baumann:

Vad innebär ett ökat träbyggande i Sverige för miljön? – Granskning av jämförande LCA-studier av stombyggnadsmaterial i hus

Massivträkonsortiets skrift om *trä och miljö (7.1)* har också gjort en miljöjämförelse mellan trä- och betonghus och tar upp skogsresursfrågan (denna rapport finns ännu bara i utkastform och har inte granskats här).

Rapport 7:

Quack, D. (2001). *Einfluss von Energistandard und konstruktiven Faktoren auf die Umweltauswirkungen von Wohngebäuden - eine Ökobilanz*. Bestell-Nr. 420126. Öko-Institut e.V. Freiburg. Tyskland.
Detta är ytterligare en tysk studie av institutet i Freiburg (Öko-Institut e.V.). Dietlinde Quack har gjort en LCA-jämförelse av radhus (framförallt lågenergiradhus) med olika material (betong, tegel, trä) och energisystem (uppvärmning, el, varmvatten och dyl). Syftet med studien har varit att studera miljöpåverkan av verkliga bostadshus och hitta förbättringsmöjligheter som minskar deras miljöpåverkan.
Resultaten av studien visar att den totala miljöpåverkan under hela husens livscykel är oberoende av konstruktionsmaterial. Användningsfasen ger störst miljöpåverkan och det är husens typ av energisystem som avgör hur stor miljöpåverkan blir.

JÄMFÖRANDE GRANSKNING

Studiernas syfte

Eftersom avgörande metodval (d v s funktionell enhet, systemgränser och allokering, typ av data och miljöbedömningsmetodik) styrs av en studies syfte behöver syfte och studerat objekt för respektive studie beskrivas.

Syfte	Studieobjekt	Rapport
Beskrivning	Hus (flervåningshus; trä vs betong)	1
Beskrivning	Stomkonstruktion (flervåningshus; trä vs stål vs betong)	2a, 2b
Materialval	Byggkomponent (tak; trä vs stål)	3
Beskrivning	Hus (flervåningshus; trä vs betong)	4a, 4b
Metodutveckling	Hus (radhus; trä vs tegel)	5
Beskrivning	Hus (radhus; betong vs tegel vs trä & olika energisystem)	7

Studierna behandlar varierande typer av frågeställningar, studieobjekt och innehåller olika materialjämförelser. Flera studier syftar till beskrivning av husens livscykel (rapporterna 1, 2a, 2b, 4a, 4b och 7). De två studier som liknar varandra mest är de i rapporterna 1 och 4a, 4b eftersom de båda behandlar flervåningsbostadshus med stommar av trä eller betong. Den mest annorlunda studien syftar till att ge ett underlag för materialval i ett specifikt byggprojekt, bygget av Universeum i Göteborg (rapport 3).

Funktionell enhet

Viktigt beträffande den funktionella enheten är att den är relevant för studien och att den vid jämförelsestudier likvärdig speglar de jämförda produkterna/tjänsterna. Den funktionella enheten kan dock definieras på olika sätt. Olika golvmaterial jämförs lämpligen per m² eller per m² och år. m² representerar golvet funktion (yta) och år representerar att olika golv kan ha olika livslängd. Har de jämförda golvmaterialet samma livslängd räcker det med att

Brunklaus & Baumann:

Vad innebär ett ökat träbyggande i Sverige för miljön? – Granskning av jämförande LCA-studier av stombyggnadsmaterial i hus

jämföra per m². Vid denna granskning vi tittar på hur funktionen och livslängder beskrivs relativt studieobjektet. Funktionen för exempelvis en byggkomponent kan vara hållfasthet och/eller brandsäkerhet. För ett kontorshus kan funktionen vara arbetsutrymme; för ett bostadshus kan det vara att boutrymme eller t o m bo-kvalitet.

Funktionell enhet	Studieobjekt	Rapport
<i>1m2 komponent & 40 år</i>	<i>Hus (Flervåningsbostadshus)</i>	<i>1</i>
<i>1m2 golvareal hus & 50 år</i>	<i>Stomkonstruktion (Flervåningsbostadshus) (Flervåningskontorshus) Hus (Flervåningsbostadshu)</i>	<i>2a, 2b, 2a, 2b 4a, 4b</i>
<i>Saknas</i>	<i>Byggkomponent (Tak)</i>	<i>3</i>
<i>1 radhus & 80 år (1m2 hus & 80 år)</i>	<i>(Bostads-)Radhus</i>	<i>5,7</i>

Det finns tre olika livslängder representerade i studiernas funktionella enheter. I Sverige räknar man regelmässigt med en livslängd på 50 år enligt SABO underhållsnorm från 1998, medan man i Tyskland räknar med 80 år. Användningsfasen ger störst miljöpåverkan enligt flest studierna och antaganden om husens livslängd har en stor betydelse här. Ju längre livslängd (40, 50 eller 80 år) desto större vikt får användningsfasen. Därutöver varierar de funktionella enheter m a p vilka studieobjekt de skall beskriva, från enstaka komponenter (rapport 3), via stomkonstruktioner (rapport 2) till hela hus (rapporterna 1, 4, 5, 7). Överlag är den funktionella enheten definierad i studierna så att man får en likvärdig jämförelse med undantag av rapport 1 där man inte kompenserat för att de jämförda husen har olika isoleringsförmåga (olika U-värde).

Principer för systemavgränsning

Viktigt beträffande systemgränser är principerna för vad som skall inkluderas och exkluderas. Det som skall inkluderas är de processer vars materialflöden är kopplade till den studerade produkten, från och med uttaget av resurser ur naturen till och med det att avfallet återgår till naturen. Det som exkluderas är exempelvis de materialflöden som är försumbart små och som anses ofarliga. Även de delar som är identiskt lika i en jämförelse kan exkluderas eftersom de inte bidrar till några skillnader. Problem beträffande systemavgränsning uppstår när en process ger flera olika produkter, t ex raffinaderier. Fördelningen av raffinaderiets utsläpp på de olika produkterna kallas allokering. En sådan fördelningsproblematik kan uppstå när man jämför ett material som kan avfallsförbrännas med energiproduktion och ett annat som inte kan det, t ex trä och stål. I en sådan jämförelse behövs man ta hänsyn till alternativ energiproduktion i stålfallet.

I granskningen undersöker vi livscyklarna i de olika studierna för att se hur omfattande / heltäckande de är relativt en byggnads livscykel. Till en byggnads livscykel hör följande aktiviteter:

Råvaruuttag --> Transport --> Tillverkning --> Produktion vid byggplats --> Användning --> Renovering & Transporter --> Rivning & Återvinning --> Transport --> Deponi/Förbränning

Systemgränser	Rapport	Relativt syftet
<i>Hela livscykeln</i>	<i>4a, 4b, 7</i>	<i>OK</i>
	<i>2a, 2b, 5</i>	<i>OK</i>
<i>β</i>	<i>3</i>	<i>OK</i>

Brunklaus & Baumann:

Vad innebär ett ökat träbyggande i Sverige för miljön? – Granskning av jämförande LCA-studier av stombyggnadsmaterial i hus

Färre aktiviteter i livscykeln

1

kan diskuteras

Omfattningen och detaljeringsgraden i livscyklarna varierar mellan studierna. Rapporterna 4a, 4b och 7 innehåller flest aktiviteter, medan de övriga innehåller färre. Rapporterna 1, 2a, 2b och 3 räknar inte med reovering. De flesta studierna (1, 3, 4a, 4b, 5) räknar med att träet avfallsförbränns men inte med att alternativmaterialet till trä återvinns. Armeringstålet i betongen i rapport 1 sägs återvinnas till 67,5%. I de övriga studierna (rapporterna 2a, 2b och 7) har man i högre utsträckning räknat med återvinning i olika grad och former vilket gör materialjämförelserna mer rättvisa. Rapport 1 saknar även användning, rivning och deponi.

Användningen är dock en viktig del av husens miljöpåverkan under dess livscykel. Relativt syftet får användning då inte tas bort, när funktioner är olika (olika isolerförmåga p g a olika U-värde), som i rapport 1.

Jämförelseproblematiken mellan trä och andra material, d v s brännbara och icke-brännbara material, ställer krav på hur likvärdigt systemavgränsningarna görs för de jämförda materialen.

Typ av data

Ett vanligt val beträffande data som skall användas i en LCA-studie är valet mellan data från enskilda industrianläggningar eller mer generella data som är genomsnittliga. Vilket man väljer beror på frågeställningen. Frågeställningen angående ökat träbyggande i Sverige är till exempel en generell frågeställning, medan valet av material på en byggarbetsplats är en specifik fråga. Den generella frågan behöver generella genomsnittsdata medan den specifika frågan behöver anläggningsspecifika data. Därutöver är det också viktigt att se till ålder på data. Vanligast är att man vill ha färsk data, men ibland förlitar man sig på äldre litteraturdata. I en jämförelse är det viktigt att data för det jämförda materialen är av likvärdig, t ex av samma ålder.

Typ av data	Rapport	Rel. syftet	Rättvis matrl-jfr
<i>Generella data</i>	<i>2a, 2b, 4a, 4b</i>	<i>OK</i>	<i>OK</i>
<i>Generella & specifika data</i>	<i>5, 7</i>	<i>OK</i>	<i>OK</i>
<i>Specifika data</i>	<i>1, 3</i>	<i>Inte helt ok</i>	<i>Inte helt ok</i>

Typ av data varierar mellan studierna. En del studier använder framför allt anläggningsspecifika data för trä och generella litteraturdata för andra material (rapport 1 och 3). Detta gör att jämförelserna i dessa studierna (rapporterna 1 och 3) haltar. Andra (framförallt universitetsstudier: rapport 2 och 4) använder sig genomgående av generella data och jämförelserna blir då mer likvärdiga. Ålder på data i de olika studierna har inte så stor spridning – åldern varierar mellan 1990 och 2000.

Miljöbedömningsmetodik

Miljöbedömningsmetodik handlar om den metodik som används för beskrivningen av miljöpåverkan. I det enklaste fallet beskrivs endast mängden utsläpp och resursanvändning, d v s resultaten efter inventeringen i en LCA resultat som inventeringsresultat. Ibland går man vidare och översätter utsläppen till miljöeffekter, t ex mängd försurning i stället för g SO₂ och g NO_x, eller mängd växthuseffekt i stället för kg CO₂ och gram CH₄. Detta kallas karakterisering i LCA-termer. Ibland går man så långt som att man mäter all miljöpåverkan

Brunklaus & Baumann:

Vad innebär ett ökat träbyggande i Sverige för miljön? – Granskning av jämförande LCA-studier av stombyggnadsmaterial i hus

med en måttstock. Detta kallas viktning i LCA-termer. Det finns flera viktningmetoder, t ex EPS eller Ecoindicator'95. Sättet att vikta sammanviktningen miljöproblem bygger på olika sätt att mäta människors miljövärderingar, t ex ekonomiskt eller genom politiska mål, vilket leder till olika resultat. Vägen mot viktning innebär att miljöinformationen aggregeras i allt högre grad. Inventeringsresultat kan bestå av mer än hundra parametrar som skall jämföras medan viktade resultat, som komprimerar mycket miljöinformation, består av ett enda miljömått. I denna granskning undersöks dels hur heltäckande miljöbeskrivningen är i de olika studierna, dels vilken typ av miljöbedömning de olika studier använder.

Hur heltäckande är beskrivningen av miljöpåverkan?

En heltäckande miljöbeskrivning omfattar alla resursuttag (energi, material vatten och farliga ämnen) och utsläpp (utsläpp till luft, utsläpp till vatten utsläpp till mark) eller alla effektkategorier (resursförbrukning, övergödning, försurning, växthuseffekt, marknära ozon, mänsklig toxicitet, tungmetaller).

Miljötäckningsgrad	Rapport
Väl detaljerad	2a, 2b, 4b, 7
β	1,3
Enstaka ämnen	4a, 5, (4b: bara energirelaterade utsläpp)

Studierna håller en varierande miljömässig detaljeringsgrad. Ett par studier koncentrerar på enstaka aspekter som energi i rapport 4a eller toxicitet i rapport 5. Rapporterna 2a, 2b, 4b och 7 kan betraktas som heltäckande med ett stort antal miljöparametrar. Rapport 1 koncentrerar sig på energirelaterade utsläpp och saknar aspekter som toxicitet och kemikalier, medan rapport 3 gör kvalitativa miljöbeskrivningar för ett par utvalda parametrar. Ju snävare urval av parametrar desto större risk att något väsentligt lämnats utanför jämförelsen.

Använd metodik

Miljöbedömning	Rapport
Inventering och karakterisering	egen metod (5), valda parametrar (1, 3, 4a, 4b)
Viktning	EPS och ET och ECO ¹ (2a, 2b), Eco-index 95 (7)

Studiernas miljöbedömningsmetodik varierar. En av studierna använder en egen metod (rapport 5). Några av studierna (rapport 1,3, 4a och 4b) presenterar inventerings- eller karakteriseringsresultat för några utvalda parametrar, medan andra går så långt som till sammanviktade resultat och använder sig då av flera olika viktningmetoder (rapport 2a, 2b och 7). Inventeringsresultat och karakteriseringsresultat kan dock ge en mer detaljerad bild av miljöpåverkan än sammanviktade resultat. användningen av en aggregerat miljömått inom viktningmetoder. En fördel med att använda viktningmetoderna är att de av viktningens inkluderade parametrar oftast är fler än ett eget urval. Risken för bortfall av viktiga parametrar minskas därmed. I rapporterna 2a och 2b används flera viktningmetoder för att testa ”robustheten” hos resultaten. De olika viktningmetoder ger lika resultat. Det innebär i stort att resultaten är entydiga och oberoende av bakomliggande miljövärderingar.

¹ EPS (Environmental Priority Strategies in produkt design), ET (Environmental Themes), ECO (Ecoscarcity)

Rapporternas kvalitet

Bedömningen rör transparensen i dokumentationen, dvs om det går att följa och rekonstruera beräkningarna i de olika studierna.

Kvalitet		Rapport
Mycket god	β	2a, 2b, 4a, 4b, 5, 7
Mindre god		1, 3

Studierna är transparenta i varierande grad. Den största skillnaden finns mellan universitets- och icke-universitetsstudierna. Universitetsstudierna (rapporterna 2a, 2b, 4a, 4b, 5 och 7) håller en god kvalitet och beräkningar är lätt att följa. De andra studierna är inte lika transparenta. Antingen saknas delar av beräkningarna (rapport 3) eller vissa indata så att det inte går att rekonstruera beräkningarna (rapport 1).

Byggtekniska skillnader

De olika rapporterna dokumenterar materialrelaterade erfarenheter från byggprocessen och driftskedet i viss mån. Hur mycket beror delvis på vem studien riktar sig till och vem som är utföraren. En av studierna, den om materialval i ett byggprojekt, koncentrerar mer på tekniken än på miljöeffekterna (rapport 3). En allmän erfarenhet enligt Tillman är att det är lättare att jämföra användningsfasen för bostadshus än för kommersiella lokaler på grund av deras varierade användningsområde (kontor, fabrik, lager, etc) (rapporterna 2a och 2b). En annan är att varje stommaterial behöver olika tilläggsmaterial för att de jämförda objekten skall vara jämförbara beträffande isolering (samma U-värde) och teknik (brandskydd, ljudisolering o dyl) (rapporterna 2a, 2b, 4a och 4b). Beträffande driftsfasen anses i studien om tak (rapport 3) att skötsel och underhåll av träkonstruktioner är mer krävande än andra material. Detta har inte påtalats i studier om hela hus.

Studiernas resultat

Rapport	Livscykel	Resultat
1	Tillverkning Avfallsförbränning	Trä är ett klart bättre miljöalternativ än betong/stål, på grund av trä som förnyelsebar resurs och mindre CO ₂ -utsläpp.
2a, 2b	1) Hela livscykel 2) Tillverkning	1) Trä, betong och stål har samma miljöpåverkan. 2) Trä är ett något bättre miljöalternativ, på grund av trä som förnyelsebar resurs och mindre CO ₂ -utsläpp. Användningsfasen utgör störst miljöpåverkan.
3	Hela livscykel	Trä är ett bättre miljöalternativ än stål, på grund av trä som förnyelsebar resurs och mindre CO ₂ -utsläpp.
4a, 4b	1) Hela livscykel 2) Tillverkning	1) Skillnader mellan trä och betong angående miljöpåverkan är försumbart. 2) Trä är ett något bättre miljöalternativ. Användningsfasen utgör störst miljöpåverkan.
5	Hela livscykeln	Miljöpåverkan av toxiska ämnen är oberoende av konstruktionsmaterial, som trä eller tegel.
7	Hela livscykeln	Miljöpåverkan är oberoende av konstruktionsmaterial. Användningsfasen och energisystem utgör störst miljöpåverkan.

Studierna visar olika resultat av jämförelserna av trä, betong, stål och tegel. De flesta studier är oberoende universitetsstudier (rapporterna 2a, 2b, 4a, 4b, 5 och 7) och visar att trä inte är ett bättre eller sämre miljöalternativ sett över husens hela livscykel. Två studier (rapporterna 1 och 3) pekar på trä som det klart bättre miljöalternativet på grund av mindre CO₂-utsläpp tack vare avfallsförbränning och att trä ses som förnyelsebar resurs. Träets fördel bygger delvis på att man inte verkar ha räknat med återvinning för alternativen till trä, d v s betong i rapport 1 och stål i rapport 3, inte verkar återvinnas kan visserligen inte förbrännas men kan återvinnas. Uppgifter om ev. återvinning har inte kunnat hittas utom för betongens armeringsstål i som sägs återvinnas till 67,5% rapport 1.

Enbart tillverkningen betraktad, så visar också universitetsstudierna (rapport 2a, 2b, 4a, 4b, 5, 7) att trä är ett något bättre, men med relativt liten marginal. De visar dock att drift och energisystem har större betydelse för det totala utfallet än det enskilda valet mellan trä och ett annat material. Rapport 5 visar dessutom att andra byggmaterial har en stor betydelse. En jämförelse mellan ett "best case" (minst miljö- och hälsoskadliga färger, spackel o dyl) och ett "worst case" (mest miljö- och hälsoskadliga färger, spackel o dyl) visade på 50 gångers skillnad mellan de två fallen (best och worse) oavsett om det var ett trä- eller tegelhus.

Av ovanstående framgår att studierna 1 och 4, de som var mest lika, presenterar något olika resultat. Studie 1 visar på en tydligt fördel för trä vilket inte studie 4 gör. Den viktigaste skillnaden är att studie 4 tar med användningsfasen vilket inte studie 1 gör, samt att studie 4

Brunklaus & Baumann:

Vad innebär ett ökat träbyggande i Sverige för miljön? – Granskning av jämförande LCA-studier av stombyggnadsmaterial i hus

räknar med återvinning för det alternativa material till trä i högre utsträckning än studie 1. Även definitionen av den funktionella enheten skiljer sig något mellan de två studierna.

PROBLEMATIK KRING SKOGEN, TRÄ SOM RESURS, ENERGI & CO₂-UTSLÄPP

Eftersom detaljeringsgraden beträffande miljöbeskrivningen och teknikbeskrivningen varierar mellan studierna är det viktigt att resultaten från varje studie ses i sitt sammanhang. Därför skall i det följande problematiken kring skogen, trä som resurs, energi och CO₂-utsläpp utvecklas.

Hur man beräknar energianvändning och CO₂-utsläpp²

I en LCA kan energin som erhålls vid förbränning av trä, exempelvis vid avfallsförbränning, tillgodoräknas den studerade produktens livscykel. Sättet för hur man tillgodoräknar kan variera. Oftast är denna energi frändragen från produktens totala energianvändning. I en jämförelse mellan ett brännbart och ett icke brännbart material måste man tänka att har likvärdig energiproduktion i båda fallen. Det innebär att man inkluderar en ”kompenserande” energiproduktion i fallet med det icke brännbara materialet.

Avgörande för resultaten är vilken den kompenserande energiproduktionen är. Man skulle kunna komplettera exv stålfallet så att det producerar lika mycket energi men lika litet CO₂-utsläpp som träfallet om den kompletterande energiproduktionen sker med andra förnyelsebara resurser än trä. Trä är beträffande CO₂-utsläpp bättre än fossila bränslen, men kanske sämre än till exempel vindenergi även om man räknar med att skogen tar upp den CO₂ som frigörs vid förbränningen. På grund av olika energiresursers utsläpp av CO₂ är det viktigt att inte bara spara på energi. Det viktiga beträffande CO₂-utsläpp är vilken typ av energi (exv förnyelsebar, fossil) man sparar.

CO₂-sänkor och tidsperspektiv³

Både betong och trä om det förbränns är material som beroende på sin sammansättning leder till CO₂-utsläpp. Stål och tegel skiljer sig härvidlag men har, liksom betong och trä, CO₂-utsläpp som kommer från energianvändningen i tillverkningen och från transporter.

När trä förbränns släpps kol i form av CO₂ ut i luften. Om skogsuttaget är lika stort som tillväxten kan man säga att skogen absorberar CO₂ vid växandet. Kol lagras då i den levande biomassan (i träden). En träbaserad produkt kan ses som en tillfällig kolsänka. Efter hur lång tid utsläppen sker beror på produktens livslängd. Pappersprodukter till exempel har i regel en kort livslängd, medan en byggnad kan ha en teknisk livslängd på 40-100 år eller mer. I verkligheten rivs dock hus ibland tidigare på grund av att de är i vägen för andra byggprojekt (exv motorvägar, järnvägar, nya hus till följd av ändrade behov) och då släpps CO₂ ut tidigare än beräknat. Ur ett CO₂-perspektiv skulle det vara bra att använda trä i byggnader som tillfällig kolsänka och att inte elda trä (och behålla det som sänka) om det finns andra sätt att producera energi som är CO₂-snåla (exv vind och solceller). Men eftersom hus har en såpass lång livslängd (upp till 100 år eller mer), kan det vara svårt att förutsäga vilken typ av avfallshantering och energiproduktion, som kommer att finnas i framtiden.

² Resonemanget bygger på *Energy in Life cycle Assessment* (Tillman 1995).

³ Resonemanget bygger på *Time horizons in LCA* (Jönsson 1995).

Storleken på CO₂-sänkan som uppstår till följd av träbyggnad är inte helt lätt att bedöma. Av betydelse i sammanhanget är som sagt det totala träuttaget i relation till skogstillväxten. Ett enkelt sätt att bedöma betydelsen av ett ökat träbyggnad är att titta på andelen av mängden träprodukter i byggindustrin jämfört med det totala skogsuttaget. En sådan jämförelse visar att träanvändningen i byggbranschen utgör mindre än 0,5% av det totala skogsuttaget. Inga uppskattningar om hur mycket ett ökat träbyggnad skulle påverka denna andel har gjorts.

Träanvändning i byggbranschen	Totalt
Ny- och ombyggnationer: 510 kton/år eller 0,28 Mm ³ sk/år (Jacobsen & Widmark 1996)	Avverkning (för massa-, papper-, virkesprodukter): ca 70 Mm ³ sk/år Årlig tillväxt: ca 96,2 Mm ³ sk/år (Skogsstyrelsen 2000)
Inbyggt trä i byggnader o dyl: 680 kton eller 37,3 Mm ³ (Jacobsen & Widmark 1996)	

* (densitet för rundtimmer (medel): 1,824 ton/m³ (Beyer & Johansson 2001))

Det är också värt att påpeka att utöver CO₂-sänkor i form av byggnader kan CO₂-sänkor även uppstå om omloppstiden i skogen ökar till följd av ändrat skogsbruk för att öka uttaget av trävirke.

Det finns ett CO₂-resonemang även för betong. Cementtillverkningen leder till CO₂-utsläpp som så småningom tas upp av betongen under användningsfasen genom kalcineringsprocessen inne i betongen (den "härdnar"). När det gäller betong, så blir det utsläpp av CO₂ vid tillverkning av cement. Under användningen och efter användningen tas dock CO₂ upp i kalcineringsprocessen i betongen.

Frågan om hur olika stort CO₂-upptagets storlek och hastighet kräver mer utredning och kan inte enkelt besvaras här.

Skogen

Trä är visserligen en förnyelsebar energiresurs, men i fråga om miljöpåverkan är även produktionen av resursen, dvs skogbrukets former viktig. En förutsättning för att ett ökat uttag av träprodukter inte skall få negativ miljöpåverkan på biodiversitet är att skogsbruket blir mer hållbart. En annan skogsrelaterad aspekt är om ett ökat uttag av virke relativt ett uttag för papper och biobränsle kräver ett annat skogsbruk med andra omloppstider i skogen eller andra förutsättningar för biodiversitet än dagens eftersom kvalitetskraven på virkesträ är högre än på trä för papper och biobränsle. Denna frågeställning har dock inte legat inom ramen för vår granskning.

SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER

Granskningen av LCA-rapporterna har visat att de ger olika svar på om trä är ett miljömässigt sett bättre alternativ vid byggnation. Ett par LCA-studier (rapporterna 1 och 3) visar tydligt på att trä är ett miljömässigt bättre alternativ än material som betong, stål eller tegel för att det är:

- en förnyelsebar resurs och ger energi vid sluthantering
- bidrar inte till ökade CO₂-utsläpp eftersom CO₂ från förbränningen tas upp av skogen.

Flera brister kan dock påpekas beträffande ovannämnda studier (rapporterna 1 och 3), t ex definition av funktionell enhet så att jämförelserna inte blir helt rättvisande, haltande dataval och ett snävare urval av jämförda miljöaspekter. Universitetsstudierna (rapporterna 2a, 2b, 4a,

4b, 5 och 7) visade sig över lag vara mer heltäckande och detaljerade. Metodvalen i dessa studier har också varit mer konsistenta relativt studiernas syfte och studieobjekt. Resultaten i dessa studier kan anses vara mer robusta.

Universitetsstudierna (rapporterna 2a, 2b, 4a, 4b, 5 och 7) ser inga skillnader mellan trä eller andra material sett över husens livslängd. Betraktas enbart tillverkningen av hus visar en del av dem att trä är ett något bättre miljöalternativ, men marginalerna är inte stora (uppskattningsvis < 20%). Miljöpåverkan av tillverkningen ”drunknar” dock i miljöpåverkan till följd av husens användningen (p g a uppvärmning och övrig energianvändning) enligt universitetsstudierna (rapporterna 2a, 2b, 4a, 4b, 5 och 7). Rapport 7 visar att även för lågenergihus (d v s hus med låg energiförbrukning under användningsfasen) är tillverkningens energianvändningen försumbar relativt driftsfasen. Vidare, förekomsten av farliga produkter/kemikalier i färger, tapeter, spackel, brandskydd o dyl i tegel- och trähus har visats vara mer betydelsefullt än stombyggnadsmaterialet (rapport 5).

Sammanfattningsvis...

Påståendet att trä kan ses som ett som bättre miljöalternativ vid byggnation gäller endast under vissa förutsättningar.

1. Argumentet att ”trä som förnyelsebara resurs” är miljömässigt intressant om en ökad träanvändning inte leder till ökade CO₂-utsläpp och om skogsbruket är hållbart.
2. Argumentet att ”trä ger energi vid sluthantering” förutsätter att man avfallsförbränner det med energiutvinning i framtiden (40-100 år) och att man då inte använder miljövänligare alternativ.
3. Argumentet att ”trä inte bidrar till ökade CO₂-utsläpp” måste ses i relation till kolsänkor i form av träprodukter och i skogen samt relativt CO₂-utsläpp från övrig energiproduktion.
4. Argumentet ”trä för bättre hälsa” har inte belagts. Tvärtom, val av produkter med hälsoskadliga ämnen som färg, lim, spackel o dyl har visats ha stor betydelse och vara oberoende av stombyggnadsmaterial.

Sammanfattningsvis kan man säga att om man vill uppnå minskad energianvändning och minskade CO₂-utsläpp i samband med hus, så är det mycket viktigare att göra insatser rörande användningsfasen (uppvärmningssystem, el, varmvatten) än materialval vid byggandet.

Göteborg, augusti 2002.

Birgit Brunklaus & Henrikke Bauman

Referenser

- Adalberth, K. (2000). *Energy use and Environmental Impact of New Residential Buildings*. TVBH-1012. Department of Building Physics, LTH. Lund.
- Baumann, H. & Tillman, A.-M. (2002). *The Hitchhiker's Guide to LCA - Manuscript in preparation*. Environmental Systems Analysis, Chalmers University of Technology. Gothenburg. (forthcoming)
- Beyer, G. & Johansson, R. (2001). *Miljönyckeltal för trävaruindustrin - handbok för beräkning och användning*. ISSN 1400-4615. Träteknik Handledning 0109020. Stockholm.
- Björklund, T., Jönsson, Å. & Tillman, A.-M. (1996). *LCA of Building Frame Structures - Environmental Impact over the Life Cycle of Concrete and Steel Frames*. Report 1996:8. Technical Environmental Planning, now: Environmental System Analysis, CTH. Göteborg.
- Björklund, T. & Tillman, A.-M. (1997). *LCA of Building Frame Structures - Environmental Impact over the Life Cycle of Wooden and Concrete Frames*. Report 1997:2. Technical Environmental Planning, now: Environmental System Analysis, CTH. Göteborg.
- Forsberg, C. & Johansson, V. (1999). *Projekt Vetenskapscentrum Korsvägen - Miljömässig jämförelse mellan limträ och stål i fackverkstak*. 1214073-16/4/Miljö-rap001. FB Engineering AB. Göteborg. (förhandskopia).
- Graulich, K. (2001). *Vom Niedrig-Energihaus zum Niedrig Schadstoffhaus - Integration von schadstoffbezogenen Bilanzierungen in die Ökobilanzen von Wohngebäuden*. Bestell-Nr. 420128. Öko-Institut e.V. Freiburg. Tyskland.
- Jacobsen & Widmark (1996). Kartläggning av materialflöden inom bygg- och anläggningssektorn. Rapport 4659, Naturvårdsverket, Stockholm.
- Jönsson, Å. (1995). Time horizons in LCA. *Environmental data for building materials in the Nordic countries*. Tema Nord 1995:577. Nordic Council of Ministers. Copenhagen
- Norén, J. & Jarnehammar, A. (2001). *Miljöbedömning av Trähus 2001 - bakgrundsfakta*. Rapport P 0105010. Träteknik - Institutet för träteknisk forskning. Stockholm.
- Quack, D. (2001). *Einfluss von Energistandard und konstruktiven Faktoren auf die Umweltauswirkungen von Wohngebäuden - eine Ökobilanz*. Bestell-Nr. 420126. Öko-Institut e.V. Freiburg. Tyskland.
- Skogsstyrelsen (2000). Skogsstatistisk årsbok 2000. Jönköping.
- Tillman, A.-M. (1995). Energy in Life Cycle Assessment. *Environmental data for building materials in the Nordic countries*. Tema Nord 1995:577. Nordic Council of Ministers. Copenhagen