

SILJE WÆRP, PER OTTO FLÆTE OG JARLE SVANÆS

MIKADO – Miljøegenskaper for tre- og trebaserte produkter over livsløpet

Et litteraturstudium

Prosjektrapport 14

2008



SINTEF Byggforsk

MIKADO – Miljøegenskaper for tre- og trebaserte produkter over livsløpet

Et litteraturstudium

Prosjektrapport 14 – 2008

Prosjektrapport nr. 14

Silje Wærp, Per Otto Flæte og Jarle Svanæs

MIKADO – Miljøegenskaper for tre- og trebaserte produkter over livsløpet

Et litteraturstudium

Prosjektnr: B2203904

Emneord:

LCA, tre, miljø og livsløp, bygg, skogbruk og CO2

ISSN 1504-6958

ISBN ISBN-13 978-82-536-1011-5

80 eks. trykt av AIT AS e-dit

Innmat: 100 g scandia

Omslag: 240 g trucard

© Copyright SINTEF Byggforsk 2008

Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndsverklovens bestemmelser. Uten særskilt avtale med SINTEF Byggforsk er enhver eksemplarframstilling og tilgjengeliggjøring bare tillatt i den utstrekning det er hjemlet i lov eller tillatt gjennom avtale med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk.

Utnyttelse i strid med lov eller avtale kan medføre erstatningsansvar og inndragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

Adr.: Forskningsveien 3 B
Postboks 124 Blindern
0314 OSLO

Tlf.: 22 96 55 55

Faks: 22 69 94 38 og 22 96 55 08

www.sintef.no/byggforsk

Forord

Dette litteraturstudiet inngår som en del av FoU-prosjektet ”MIKADO - kartlegging og dokumentasjon av miljøegenskaper for tre- og trebaserte produkter”. MIKADO er et brukerstyrt innovasjonsprosjekt (BIP) innenfor Norges forskningsråd - programmet TRE, og er støttet av Innovasjon Norge, Treindustrien, Skogtiltaksfondet og Fondet for Treteknisk Forskning. Mer informasjon om prosjektet er tilgjengelig på www.sintef.no/mikado

MIKADOs hovedmål er å heve kunnskapsnivået om miljøegenskapene til tre og trebaserte produkter for å fremme miljøkvaliteter som konkurransefaktor for treindustrien.

Prosjektet skal realiseres gjennom å entydig dokumentere miljøegenskapene til tre og trebaserte produkter. Dette skal bidra til miljøstyrt innovasjon og produktutvikling i treindustrien for å fremme enkle og sammensatte produkter med god miljøprofil. Et viktig resultat av prosjektet vil være miljødeklarasjoner for et utvalg tre- og trebaserte produkter. Environmental product declarations (EPD) er et internasjonalt satsingsområde og ordningen i Norge administreres av NHO (www.epd-norge.no).

Denne rapporten viser nåværende kunnskapsstatus om miljøegenskaper for tre- og trebaserte produkter over livsløpet. Med utgangspunkt i tilgjengelig litteratur på området, erfaring fra pågående og avsluttede prosjekter, er det gjort en vurdering av:

- Tilgjengelig miljødata gjennom tre- og trebaserte produkters livsløp; fra frø og sagbruk til ferdig produkt og inn i bruksfasen.
- CO₂-binding
- Gjennomføring av og resultater fra livsløpsvurderinger (LCA) av tre og trebaserte produkter, samt hele bygg
- Levetid, trebeskyttelse, holdbarhet og overflatebehandling
- Avfall og muligheter for gjenvinning

Studiet ble avsluttet januar 2008. Rapporten er todelt; første del omfatter krav, regelverk og standardisering på området, andre del omfatter litteraturgjennomgang og sammenstilling av internasjonal kunnskap på området.

Studiet er utført av Jarle Svanæs, Treteknisk institutt; Per- Otto Flæte, Institutt for Skog og Landskap og Silje Wærp, SINTEF Byggforsk. Kvalitetssikring er utført av Kristin Holthe, SINTEF Byggforsk og Gry Alfredsen, Institutt for Skog og Landskap.

Ordliste finnes i vedlegg 1. God lesing!

Innhold

1	<i>Miljødokumentasjon - krav i lov, forskrift og standarder</i>	8
1.1	Hva er LCA og EPD?	8
1.1.1	Livsløpsvurdering (LCA)	8
1.1.2	Miljødeklarasjon (EPD)	9
1.1.3	Miljømerkede produkter	9
1.2	Miljøkrav i offentlige innkjøp	9
1.3	Krav til dokumentasjon av byggverk	10
1.4	Skjerpede energikrav i nybygg	11
1.5	Innemiljøkvaliteter for treprodukter	11
1.6	Dagens krav til avfallshåndtering	13
1.7	Kjemikalier og substitusjon	14
1.7.1	Substitusjonsplikten	14
1.7.2	REACH	14
1.8	Standardisering innenfor byggenæringen	14
1.9	Skogsertifisering	18
2	<i>LCA for tre- og trebaserte produkter</i>	22
2.1	Skogbruk-livsløpsdata fra frø til sagbruk	22
2.1.1	Energibruk og utslipp (emisjoner)	22
2.1.2	Arealbruk og biomangfold	24
2.2	CO ₂ - binding i skog og treprodukter	24
2.3	LCA- metodikk for tre- og trebaserte produkter	28
2.4	Miljøbelastning fra treindustri	29
2.4.1	Forskningsprosjekter	29
2.4.2	Pågående prosjekter	30
2.5	Miljøvurderinger av produkter av tre	30
2.5.1	Eksisterende litteraturgjennomganger	30
2.5.2	Gjennomførte LCA	31
2.5.3	Innemiljø	34
2.6	Miljøstudier av bygg	36
2.6.1	Energi og miljøbelastning i byggets levetid	36
2.7	Materialvalg	37
2.8	Levetid, Trebeskyttelse, naturlig holdbarhet og overflatebehandling	38
2.8.1	Levetid	38
2.8.2	Miljøbelastning overflatebehandling	39
2.8.3	Trevirkets holdbarhet	39
2.8.4	Soppskader i norske hus	40
2.9	Trebeskyttelse	40
2.9.1	Naturlig holdbarhet	40
2.9.2	Konstruktiv beskyttelse	41
2.9.3	Overflatebehandling	41
2.9.4	Impregnering	42
2.9.5	Modifisering av tre	43
2.10	Avfall/gjenvinning	44
2.11	Miljøstyrt produktutvikling (MPU)	45

<i>3</i>	<i>Vurdering og oppsummering.....</i>	<i>47</i>
3.1	<i> </i> Lover og forskrifter _____	47
3.2	Skog, livsløpanalyser og CO ₂ -binding _____	48
3.3	Levetid, trebeskyttelse og naturlig holdbarhet _____	49
3.4	LCA tre- og trebaserte produkter _____	49
3.5	Livsløpsvurdering av bygg _____	51
3.6	Avfall _____	51
3.7	Miljøstyrt produktutvikling _____	52
<i>4</i>	<i>Konklusjon og videre forskningsbehov.....</i>	<i>53</i>
4.1	Videre arbeid i MIKADO: _____	53
4.2	Øvrige forskningsbehov _____	54
	<i>Vedlegg 1 Ordliste.....</i>	<i>61</i>
	<i>Vedlegg 2 Nettsteder og verktøy.....</i>	<i>62</i>
	<i> </i> Nettsteder _____	62
	<i> </i> Verktøy (norske) _____	62
	<i>Vedlegg 3 Litteratursøk.....</i>	<i>63</i>
	Søkekriterier _____	63
	Søkeord	63
	Avgrensning av søk.....	63
	Resultat _____	63

Innledning

Skog- og trerelatert næringsvirksomhet opplever i dag skjerpet konkurranse og økt innovasjonstakt fra andre materialgrupper. Miljø som konkurransefortrinn fremheves i mange sammenhenger, og er aktualisert gjennom miljøfokus i byggenæringen nasjonalt og internasjonalt. Treets positive miljøkvaliteter og skogens betydning i klimasammenhengen profileres både av industrien selv og av det offentlige.

I konkurransen med andre materialer og produkter til byggverk, også fra utenlandske produsenter og leverandører, møter skog og treindustrien stadig større krav og etterspørsel knyttet til miljødokumentasjon. Det er dermed et behov for å få frem kunnskap om miljøegenskapene til tre- og trebaserte produkter gjennom hele livsløpet.

I livsløpet for tre- og trebaserte produkter er det enkelte tema som vurderes som spesielt aktuelle, fordi de er avgjørende faktorer i en livsløpsvurdering og er sentrale i nåværende og fremtidige rammebetingelser (lover, regler og satsingsområder). Temaene er:

- Ressursbruk, inkludert energi. Nye energikrav i Forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk (TEK) fra 1. februar 2007 har som mål å redusere det totale energibehovet i nye bygninger. Husene skal bli tettere, men med et godt inneklima. Ressursbruk omfatter også CO₂-regnskap og subsitusjonseffekter.
- Levetid og vedlikehold. Levetidsdata er avgjørende som grunnlag for verdifastsettelse av bygninger, tilstandsvurdering, forsvarlig vedlikehold og bruk av livssyklus-kostnader, livsløpsvurdering og miljødeklarasjoner m.m.
- Avfall. 01.07.07 trådte endringer i avfallsforskriften i kraft for å implementere EUs rådsdirektiv om fastsettelse av kriterier og framgangsmåter for mottak av avfall på deponier.
- Inneklima. Miljødeklarasjoner inneholder i dag lite dokumentasjon av emisjoner/avgassing fra byggematerialer. Mange bygnings- og overflatematerialer avgir forurensninger som kan medføre ubehag, irritasjon eller risiko for helseskade. I henhold til veiledning til TEK påpekes det at det bør benyttes materialer som er godt utprøvde og dokumentert lavemitterende.
- Helse- og miljøfarlige stoffer-omfatter helse- og miljøfarlige stoffer i materialer som har betydning i bruksfasen og ved avhending. EUs nye kjemikalieforskrift (REACH) innebærer felles registrering og regulering av nye og eksisterende kjemiske stoffer. Forordningen trådte i kraft 1. juni 2007.

Alle funn i litteraturstudiet er knyttet opp til disse temaene. Litteraturstudiet i MIKADO har en todelt oppgave:

i) Danne grunnlaget for utarbeidelse av miljødeklarasjoner (EPD) og livsløpsvurderinger i MIKADO prosjektet ved en gjennomgang av:

- Krav, lovverk og standardisering knyttet til tre- og trebaserte produkter.
- Tilgjengelige livsløpsvurderinger (LCA) -studier med vurdering av metode, allokeringsregler og eventuelle manglende data.
- Problemstillinger knyttet til skog- og skogbruk herunder CO₂-binding i skog
- Problemstillinger knyttet til overflatebehandling

ii) Peke på sentrale utfordringer innen forskning og utvikling, samt videre arbeid også utenfor MIKADO- prosjektet.

I tillegg inneholder rapporten en innledende del om "Miljøstyrt produktutvikling". Med miljøstyrt produktutvikling menes hvordan produktets miljøpåvirkning kan måles og brukes til kontinuerlig å

bedre et produkts miljøprofil. Dette temaet vil bli ytterligere utdypet i senere leveranser i prosjektet.

Sammenstillingen er basert på internasjonal kunnskap. Det er gjort søk i litteraturl databaser og nettsøk. Søk kriterier og resultat av litteratursøket er oppsummert i **vedlegg 3**. Det finnes svært mye litteratur på området og det har derfor vært nødvendig å begrense omfanget av studiet til temaene nevnt innledningsvis.

1 Miljødokumentasjon - krav i lov, forskrift og standarder

Det er behov for å se nærmere på dagens krav og kommende krav til miljødokumentasjon for produkter. Det fokuseres her på krav som vurderes å ha betydning for tre- og trebaserte produkter. Det bygges videre på resultatene fra dette kapittelet i forbindelse med utarbeidelse av miljødeklarasjoner (Environmental Product Declaration, EPD) i MIKADO.

1.1 Hva er LCA og EPD?

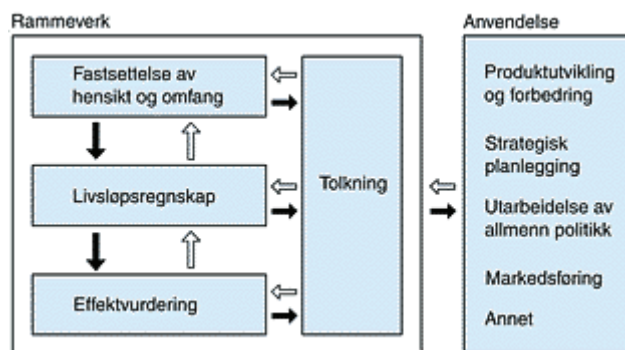
1.1.1 Livsløpsvurdering (LCA)

Livsløpsvurdering (Life Cycle Assessment, LCA) tar for seg miljøaspektene og mulige miljøpåvirkninger (f. eks. bruk av ressurser og miljømessige konsekvenser av utslipp) gjennom hele produktets livsløp, fra anskaffelse av råmateriale, gjennom produksjon, bruk, sluttbehandling, gjenvinning og endelig avhending (dvs. fra vugge til grav (NS-EN ISO 14044:2006)).

Det er fire faser i en LCA-studie (se figur 2.1):

1. Fastsettelse av hensikten og omfanget
2. Livsløpsregnskapsfasen
3. Livsløpseffektvurderingsfasen
4. Tolkningsfasen

Omfanget av en LCA, inklusive systemgrensene og detaljeringsnivå, avhenger av emnet og den tiltenkte bruken av studien. Dybden og bredden av LCA kan variere betraktelig, avhengig av hensikten med en enkelt LCA.



Figur 1.1 Faser i en livsløpsvurdering (Byggforskserien 470.101/Byggforsk 2000)

Livsløpsregnskap fasen (Life Cycle Inventory, LCI) er den andre fasen av LCA. Det er et regnskap over inngangsdata til og utgangsdata fra det systemet som studeres. Det innbefatter innsamling av nødvendige data for å tilfredsstille hensikten med den aktuelle studien.

Livsløpseffektvurderingsfasen (Life Cycle Inventory Assessment, LCIA) er den tredje fasen av LCA. Formålet med LCIA er å gi ytterligere informasjon til å vurdere produktsystems LCI-resultater, slik at en bedre kan forstå den miljømessige betydningen av resultatene.

Livsløpstolkningen er den siste fasen av LCA prosedyren, og det blir da laget et sammendrag av resultatene fra LCI eller LCIA, eller begge, og de blir diskutert slik at de kan danne grunnlag for konklusjoner, anbefalinger og beslutninger i samsvar med fastsatt hensikt og omfang.

Det er tilfeller der hensikten med en LCA kan tilfredstilles ved å gjennomføre bare et livsløpsregnskap og en tolkning. Dette betegnes vanligvis som en LCI-studie.

Som regel kan den informasjonen som utarbeides i en LCA- eller LCI-studie, brukes som del av en mer omfattende beslutningsprosess. Sammenligning av resultatene fra ulike LCA- eller LCI-studier er mulig bare dersom forutsetninger og kontekst for alle studiene er ekvivalente. Derfor inneholder NS-EN ISO 14044:2006 flere krav og anbefalinger for å sikre åpenhet omkring disse sakene.

1.1.2 Miljødeklarasjon (EPD)

En miljødeklarasjon type III er et kortfattet dokument som numerisk beskriver miljøegenskaper til et produkt. En miljødeklarasjon type III kalles også miljødeklarasjon eller EPD, som er forkortelsen av det engelske uttrykket Environmental Product Declaration. Videre i rapporten benyttes miljødeklarasjon/EPD om miljødeklarasjon type III. En miljødeklarasjon må utarbeides i henhold til standarder fra de internasjonale standardiseringsorganisasjonene ISO og CEN. Kravene til hvordan en EPD skal lages er spesifisert i ISO-standard 14025 Environmental Labels and Declarations Type III. I Norge utarbeides miljødeklarasjoner/EPD av Stiftelsen Østfoldforskning, NTNU og SINTEF Byggforsk. En oppsummering av EPD kan inngå i en teknisk godkjenning fra SINTEF Byggforsk (www.sintef.no/byggforsk).

En miljødeklarasjon dokumenterer ressursforbruk og miljøpåvirkninger gjennom hele produktets livsløp (råvareuttak, produksjon, bruksfase og avhending).

Hensikten med miljødeklarasjoner er, i tillegg til å dokumentere miljøegenskaper til et produkt, å tillate sammenligning av to produkter som hører til samme produktkategori. Miljødeklarasjoner kan brukes som miljødokumentasjon når dette kreves av byggherren, (for eksempel ved offentlige anskaffelser) eller som sammenligningsgrunnlag ved innkjøp av byggevarer (ønske om å trekke inn miljøhensyn ved valg av materialer) SINTEF Byggforsk har utarbeidet en veileder for utarbeidelse av EPDer, "Veileder for utarbeidelse av miljødeklarasjoner", som er fritt tilgjengelig fra SINTEF Byggforsk.

1.1.3 Miljømerkede produkter

Svanemerket er det offisielle nordiske miljømerket og en frivillig ordning www.ecolabel.no. Et miljømerke skal vise at et produkt er blant de minst miljøbelastende på markedet i den aktuelle produktgruppen. For å få miljømerke må produktet tilfredsstillere kriteriene som er fastsatt for produktgruppen. Grunntanken bak miljømerker er enklest mulig miljødokumentasjon der kunden kun forholder seg til om et produkt er miljømerket eller ikke. Kunden trenger ikke selv vurdere ulike miljøaspekter, i motsetning til det som er tilfellet for deklarasjoner. Krav og retningslinjer for miljømerking er gitt i ISO 14024. Et minimum er at produktet tilfredsstillere regelverket på miljøområdet og andre relevante områder. Dessuten må interesserte parter ha mulighet til å delta og få innsyn i utarbeidelse og revisjon av kriteriene (Byggforsk 2001).

Det finnes i dag kriteriedokument for flere byggevarer/byggrelaterte produkter samt småhus (Ecolabel 2008).

Blomsten er opprettet av EU-kommisjonen, og er et tilsvarende miljømerke som Svanen. Mens Svanen er nordisk, gjelder Blomsten hele Europa. Det er et nært samarbeid mellom disse ordningene i Norge.

1.2 Miljøkrav i offentlige innkjøp

Loven om offentlig anskaffelser (Lovdata 2001) stiller krav til at det ved planlegging av den enkelte anskaffelse skal tas hensyn til miljømessige konsekvenser av anskaffelsen. Denne bestemmelsen ble innført i norsk regelverk i 2001. Det er et mål at miljøbelastningen knyttet til den offentlige anskaffelsen skal minimeres. Gjennom lov om offentlige anskaffelser er man pålagt å ta hensyn til livsløpskostnadene, dvs. alle kostnadene som påløper gjennom anskaffelsens levetid, fra investering, bruk og til avfall og gjenvinning. Bruk av miljødeklarasjoner kan være en måte å dokumentere miljøegenskaper for produkter.

Regjeringen (MD 2007) har vedtatt en miljøpolitikk for statlige innkjøp som skal gjelde fra 1. januar 2008. Virksomheten skal kunne dokumentere at miljøkriterier og livsløpskostnader er tatt

hensyn til ved valg av leverandør/produkt. For innkjøp knyttet til bygg- og eiendomsforvaltning skal kriterier knyttet til kjemikalier, energibruk og klima, tropisk tømmer og avfall (inkludert farlig avfall) legges til grunn (tabell 1.1).

Tabell 1.1: Kriterier for offentlige innkjøp i bygg- og eiendomsforvaltningen.

Miljøtema	Kriterier
Kjemikalier	Unngå stoffer på prioritetsliste og Obs- liste Miljømerking der det finnes
Energibruk og klima	Krav til energibruk bør være strengere enn teknisk forskrift, unngå energiforsyning med elektrisk og fossilt brensel
Tropisk tømmer	Det skal ikke brukes trematerialer med tropisk tømmer.
Avfall/farlig avfall	Kildesortering i byggeprosjekter Miljøkartlegging ved riving, ombygging og rehabilitering.

1.3 Krav til dokumentasjon av byggverk

Plan- og bygningsloven av 14. juni 1985 danner hjemmelsgrunnlaget for kravene til produktdokumentasjon i forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk av 1997 (TEK). Kravene til dokumentasjon gjelder ethvert produkt som skal inngå i et byggverk. De fleste produkter reguleres av Byggevaredirektivet.

Hvilke egenskaper som skal dokumenteres, er avledet av de kravene som stilles til det ferdige byggverket. Egenskapene som skal dokumenteres, vil avhenge av produktets sluttbruk. Byggevaredirektivet er i sin helhet implementert i TEK. Byggevaredirektivet er i likhet med TEK bygd opp med utgangspunkt i grunnleggende krav til byggverk, og ikke til produkter.

Dagens regler krever dokumentasjon av alle produkttegenskaper som medvirker til at byggverket tilfredsstiller de grunnleggende krav til helse, miljø og sikkerhet. Dagens dokumentasjonsomfang er mer omfattende enn under tidligere regelverk. Tidligere var det ofte tilstrekkelig å dokumentere kun enkelte egenskaper, eksempelvis brannegenskaper. Dagens krav om plikt til å dokumentere produkttegenskaper gjelder for ethvert produkt til byggverk. Det som skal dokumenteres, er grunnleggende egenskaper innen følgende 6 områder (Statens bygningstekniske etat 2006),

- mekanisk motstandsevne
- sikkerhet ved brann
- hygiene, helse og miljø
- sikkerhet ved bruk
- støyvern
- energisparing og varmeisolering

Målet med reglene om produktdokumentasjon er å sikre at vesentlige egenskaper til produkter er kjent. Det er derfor innført plikt for enhver byggevareprodusent/-importør til å sørge for at produktets egenskaper er dokumentert før det markedsføres og omsettes.

I Norge i dag er SINTEF Byggforsk er utpekt som teknisk kontrollorgan for sertifisering, prøving og inspeksjon av produkter i henhold til Byggevaredirektivet (Byggevaredirektivet 1989). Dersom produktet er dekket av en eller flere harmoniserte europeiske produktstandarder gir SINTEF Byggforsk Produktsertifikat grunnlag for CE-merking.

Følgende ordninger administreres i dag av SINTEF Byggforsk:

Produktsertifikat

Et SINTEF Byggforsk Produktsertifikat (SINTEF 2007) er en bekreftelse fra SINTEF Byggforsk på at et byggprodukt samsvarer med en gitt nasjonal eller internasjonal produktstandard, evt. annen

relevant teknisk spesifikasjon, og at produktet blir produsert med tilfredsstillende løpende kvalitetskontroll. SINTEF Byggforsk Produktsertifisering er en frivillig, norsk sertifiseringsordning, og følger retningslinjene i NS-EN 45011 Generelle krav til organer som har systemer for produktsertifisering.

Teknisk godkjenning

SINTEF Byggforsk Teknisk Godkjenning (TG) dokumenterer at et byggprodukt er funnet egnet i bruk, når produktet anvendes som angitt i godkjenningen. SINTEF Byggforsk Teknisk Godkjenning bekrefter samtidig at produktet tilfredsstiller de krav til dokumentasjon av produkttegenskaper som Plan- og bygningsloven stiller for markedsføring av produktet. Dokumentasjonsordningen er rettet mot det norske byggmarkedet, og omfatter byggevarer, komponenter og konstruksjonssystemer generelt (SINTEF 2007).

Europeisk teknisk godkjenning

European Technical Approval (ETA) utstedes for spesifikke byggprodukter i den hensikt å gi grunnlag for CE-merking av produktene. ETA anvendes når et produkt ikke kan CE-merkes på grunnlag av en harmonisert europeisk produktstandard (EN-standard), og kan bare utarbeides når produktet ikke dekkes av en slik standard.

CE-merking basert på en ETA er ikke obligatorisk, men gir formell markedsadgang for produktet i alle europeiske land innen EU og EFTA. En ETA kan i stor grad erstatte nasjonale tekniske godkjenninger gjennom å dokumentere alle relevante produkttegenskaper samt bruksforutsetninger. ETA inneholder imidlertid ikke bekreftelse på samsvar med spesifikke ytelseskrav i nasjonale byggeforskrifter (SINTEF 2007).

1.4 Skjerpede energikrav i nybygg

Som følge av nytt europeisk energidirektiv (Bygningsdirektivet 2002). ble energikravene i teknisk forskrift til plan- og bygningsloven (TEK) revidert i 2007 og skal redusere samlet energibehov i nye bygninger med cirka 25 %. Det innføres en harmonisert beregningsstandard for energibehov i bygninger (NS 3031 Beregning av bygningers energiytelse). Det innføres energiattester for bygninger som skal kunne fremvises ved salg og utleie av bygninger (Statens bygningstekniske etat 2007).

Det er gitt en overgangsperiode frem til 1. august 2009 der nye og gamle energibestemmelser gjelder side om side. De nye energikravene setter store krav til produsenter av byggevarer deriblant produsenter av tre- og trebaserte produkter, prosjekterende og utførende, samt kommunen som tilsynsmyndighet. Forskriftsendringen fordrer også større oppmerksomhet rundt bygningers inneklimatekvaliteter. TEK er en minimumsforskrift og det varsles hyppige revisjoner av energikravene i forskriften, cirka hvert femte år (SB 2007).

1.5 Innemiljøkvaliteter for treprodukter

For testing av emisjoner til luft brukes standarder fra International Organization Standardization (ISO); ISO 16000-serien. Det finnes flere frivillige merkeordninger innen EU. Kephelopoulos et al. (2005) har gått gjennom og sammenlignet ordningene. Disse er:

- ECA report no. 18. (Et konsept for en global ordning for evaluering av VOC-emisjoner fra konstruksjonsmaterialer, etablert av en europeisk arbeidsgruppe,
- AgBB- ordningen (Tyskland)
- AFSSET (Frankrike)
- M1 Emission classification of Building Materials (Finland),
- Dansk Inneklimamerking (DICL-Danmark),
- LQAI scheme (Portugal),
- Natureplus (Tyskland og Europa),
- The Blue Angel (Tyskland),
- Ecolabel scheme (Østerrike),

- GUT for tepper (Tyskland og Europa),
- Emicode (Tyskland og Europa)

Det finnes ingen harmoniserte systemer for merking i Europa, og det er flere ulike definisjoner på TVOC (totale emisjoner av flyktige organiske forbindelser, volatile organic compounds), samt ulike krav på TVOC for de ulike systemene. Lukt krav er sjelden inkludert i merkeordningene.

Majoriteten av ordningene er basert på ECA rapport 18 (som for eksempel AgBB- ordningen). Fig 1.2 viser hvilke krav som inngår i AgBB- ordningen.

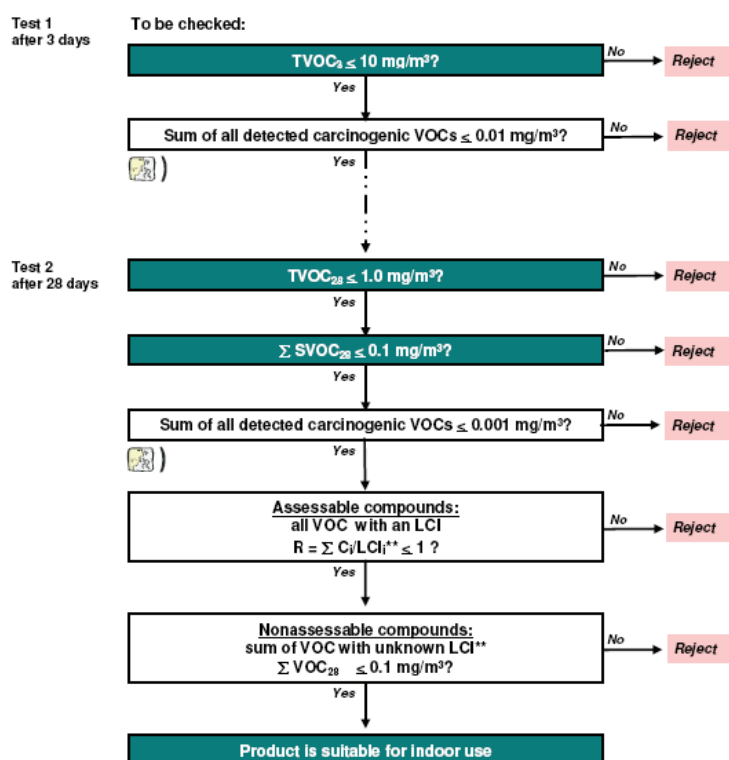


Fig 1.2 AgBB- ordningen (Tyskland).

I Norge har flere av Svanemerkekriteriene inneklimatekrav som henviser til både den danske inneklimatekningen og den finske M1-klassifiseringen.

Tabell 1.2 viser kriterier for den finske M-1 klassifiseringen. Det settes øvre grenseverdier for emisjoner av TVOC, formaldehyd, ammoniakk, kreftfremkallende stoffer samt kriterier for lukt.

Tabell 1.2 Kriterier for inneklimatekning RTS Finland.

Forbindelse	M1	M2	M3
TVOC	< 0,2 mg/m ² h	< 0,4 mg/m ² h	≥ 0,4 mg/m ² h
Formaldehyd	< 0,05 mg/m ² h	< 0,125 mg/m ² h	≥ 0,125 mg/m ² h
Ammoniakk	< 0,03 mg/m ² h	< 0,06 mg/m ² h	≥ 0,06 mg/m ² h
Karsinogene stoffer	< 0,005 mg/m ² h	< 0,005 mg/m ² h	≥ 0,005 mg/m ² h
Lukt	PD < 15% eller akseptverdi ≥ 0,1	PD < 30% eller akseptverdi ≥ 0	PD ≥ 30%, eller akseptverdi < 0

I Finland har man tillatt bruk av finsk tre uten merket M1 i innendørs miljøer av beste kategori (S1). Ingen materialer kan imidlertid merkes M1 uten å være testet (RTS 2008).

AgBB-ordningen er ikke direkte sammenlignbar med M1 ordningen, pga at resultatene oppgis i ulike enheter, henholdsvis mg/m³ og mg/ m²h

NS-EN 15251:2007 "Inneklimaparametre for dimensjonering og vurdering av bygningers energiytelse inkludert inneluftkvalitet, temperatur, belysning og akustikk" angir veiledende krav for de samme parametrene som den finske inneklimamerkingen (Norsk standardiseringsforbund 2007).

Tabell 2.3 Kriterier for lavemitterende og meget lavemitterende materialer ihht NS-EN 15251:2007

Forbindelse	Lavemitterende materialer etter NS-EN 15251:2007	Meget lavemitterende materialer etter NS-EN 15251:2007
TVOC	< 0,2 mg/m ² h	< 0,1 mg/m ² h
Formaldehyd	< 0,05 mg/m ² h	< 0,02 mg/m ² h
Ammoniakk	< 0,03 mg/m ² h	< 0,01 mg/m ² h
Karsionogene stoffer	< 0,005 mg/m ² h	< 0,002 mg/m ² h
Lukt	PD < 15% eller akseptverdi ≥ 0,15	PD < 10% eller akseptverdi ≥ 0,1

Tabell 2.3 oppsummerer krav ihht NS-EN 15251. Kravene for lavemitterende materialer er sammenfallende med M1-ordningen for både TVOC, formaldehyd, ammoniakk, karsionogene stoffer og lukt. For meget lavemitterende materialer er kravene knyttet til disse forbindelsene ytterligere skjerpet.

1.6 Dagens krav til avfallshåndtering



Foto 1.1: Bearbeiding av avfallsvirke, Solør gjenvinning. Foto: Kjersti Folvik

I 2004 var 1,24 mill tonn avfall fra byggevirksomhet. Tyngre bygningsmaterialer utgjør om lag halvparten av den totale mengden, mens tre utgjør om lag 18 vektprosent av avfallsmengdene. 60 % av avfall fra byggevirksomhet ble levert til avfallsanlegg i 2004. De resterende 40 %, i hovedsak tyngre bygningsmaterialer, trevirke og metaller ble disponert på annet vis. 38 % av avfallet som leveres avfallsanlegg blir gjenvunnet (SSB 2006).

Fra 1. januar 2008 blir avfallsplaner i byggesaker obligatorisk i alle kommuner i Norge. Avfallsmengden fra bygging, rehabilitering og riving er betydelig og avfallsplaner i byggesaker har vært et krav i en del kommuner i flere år. Det vil være krav om at minst 60 vekt % av avfallet skal sorteres på byggeplass, dvs. at maksimalt 40 % kan defineres som blandet avfall. Dette vil øke gjenvinningen av materialer og hindre at farlig avfall kommer på avveie. Dette vil også gi mer pålitelige avfallsstatistikker og gi grunnlag for en vellykket strategi for håndtering av avfallet (SFT 2007).

Norsk handlingsplan for bygg- og anleggsavfall 2007-2012 (NHP 2) er utarbeidet av byggenæringen med sekretariat i BNL (BNL 2007). Den bygger på erfaringer og evaluering av forrige handlingsplan, vurderinger og endringer som har skjedd i norske og europeiske rammebetingelser samt en statusgjennomgang av utvalgte fraksjoner i BA- avfallet. Handlingsplanen tar for seg avfall som genereres av landbasert bygge-, rehabiliterings-, ombyggings- og rivevirksomhet. Det er satt avfallsmål om at minst 80 % av byggavfallet skal gå til gjenvinning innen 01.01.2012. Videre at alt farlig avfall skal tas hånd om på en forsvarlig og sikker

måte. For industriell gjenvinning er det satt mål om å utvikle ensartede bransjestandarder for klassifisering og beskrivelse av forskjellige avfallsfraksjoner. Spesielt ønsker man å se på utvikling av ensartede bransjestandarder for klassifisering av returvirke, herunder impregnert trevirke og komposittmaterialer (BNL 2007)

Gjennomføring av EUs deponidirektiv fra 1999 (direktiv 1999/31/EF) gir Norge stadig strengere krav til utførelse av deponier (bunntetting, sigevann osv.) og begrensninger på hva som tillates deponert. SFT har jobbet med et forslag om å forby deponering av biologisk nedbrytbart avfall som papir, trevirke og tekstiler og slam som trer i kraft 1. juli 2009. Det tas sikte på å hjemle forbudet i avfallsforskriften kapittel 9. Forskriften forbyr allerede deponering av våtorganisk avfall som slam og matavfall, selv om unntak har blitt innvilget. Både gassuttak og forbudet mot deponering av nedbrytbart avfall vil gi reduserte utslipp av klimagassen metan og økt ressursutnyttelse av avfallet (Miljostatus.no 2007).

1.7 Kjemikalier og substitusjon

1.7.1 Substitusjonsplikten

Produktkontrollloven § 3a regulerer Substitusjonsplikten (Lovdata 1993/1999). Substitusjonsplikten innebærer at virksomhet som bruker produkt med innhold av kjemisk stoff som kan medføre helseskade eller miljøforstyrrelser skal vurdere om det finnes alternativ som medfører mindre risiko for slik virkning. Dersom det ikke medfører stor kostnad eller ulempe skal man velge dette alternativet.

1.7.2 REACH

EUs nye kjemikalieforskrift (REACH) innebærer felles registrering og regulering av nye og eksisterende kjemiske stoffer. Forskriften ble innført i EU 1. juni 2007 og det er SFT som er den nasjonale myndighet for REACH i Norge.

REACH vil føre til at alle bedrifter får mer grunnleggende kjennskap til kjemiske stoffers helse- og miljøskadelige egenskaper, samt et større selvstendig ansvar for forsvarlig håndtering av de kjemiske stoffene.

Det største ansvaret for å tilegne seg kunnskap pålegges produsenter og importører av kjemikalier. Brukere av de kjemiske stoffene har et mindre ansvar, men det innføres krav om en mer effektiv kommunikasjon mellom leverandørene og brukerne av de kjemiske stoffene.

De viktigste elementene i REACH er (SFT 2007):

- R: "Registration" (registrering): Produsenter og importører av kjemiske stoffer skal registrere sine stoffer til det Europeiske Kjemikaliebyrået i Helsinki, Finland. Samtidig med registreringen skal det leveres opplysninger om stoffets helse- og miljøeffekter og om risikoen knyttet til bruk av stoffet.
- E: "Evaluation" (evaluering/ vurdering): Myndighetene vurderer industriens forslag til nye tester. For utvalgte stoffer vurderes innsendte data, og om det er behov for mer informasjon for å avgjøre om bruk av stoffene bør reguleres.
- A: "Authorisation" (autorisasjon/ godkjenning): De mest helse- og miljøskadelige stoffene skal kun brukes til formål som er godkjent av myndighetene.

De to siste bokstavene i REACH står for "Chemicals" (kjemikalier).

1.8 Standardisering innenfor byggenæringen

Det foregår et stort internasjonalt standard/- og komitearbeid som vil berøre treindustrien- og byggenæringen større og mindre grad. Standardiseringen omfatter områdene levetid, tilgjengelighet og universell utforming, bærekraftig bygging, miljøpåvirkning av byggevarer og bygging, helse- og miljøfarlige stoffer og miljøstyring. Arbeidet i disse komiteene er presentert i dette kapittelet.

ISO/TC 59 - Building Construction

Under ISO/TC 59 er det 8 aktive underkomiteer. Det er opprettet tre nasjonale komiteer for å følge arbeidene. Mange av standardene har stor betydning for byggenæringen. De fleste standardene som utarbeides av ISO/TC 59 er av overordnet karakter og svært dagsaktuelle og blir ofte henvist til fra andre standarder. Følgende underkomiteer er relevante for problemstillinger omkring miljøvurdering av byggeprodukter:

- SC 14 Design Life
- SC 16 Accessibility and usability of built environment
- SC 17 Sustainability in building construction

ISO/TC 59/SC 14 Design Life

Denne komiteen utvikler standarder for livsløpsplanlegging og levetidsprosjektering.

ISO 15686 “Buildings and constructed assets - Service life planning” består av en serie av standarder som omhandler systematikk for levetidsplanlegging. I henhold til ISO 15686 defineres holdbarheten til en bygning eller bygningsdel som dens evne til å opprettholde sin funksjon over en bestemt tidsperiode og hvor den utsettes for påkjenning som forventes i praksis.

Standardserien ISO 15686 *Buildings and constructed assets - Service life planning*, med ti delstandarder som er ferdige eller under arbeid:

- ISO 15686-1:2000 Buildings and constructed assets - Service life planning - Part 1: General principles
- ISO 15686-2:2001 Buildings and constructed assets - Service life planning - Part 2: Service life prediction procedures
- ISO 15686-3:2002 Buildings and constructed assets - Service life planning - Part 3: Performance audits and reviews
- ISO 15686-6:2004 Buildings and constructed assets - Service life planning - Part 6: Procedures for considering environmental impacts
- ISO 15686-7:2006 Buildings and constructed assets - Service life planning - Part 7: Performance evaluation for feedback of service life data from practice

Det er for tiden 4 standarder under utvikling, samt at del 1 er under revisjon. To av de mer interessante standarder som nå er under utvikling er:

- ISO/FDIS 15686-5 Buildings and constructed assets - Service life planning - Part 5: Life cycle costing
- ISO/PRF 15686-8 Buildings and constructed assets - Service-life planning - Part 8: Reference service life and service-life estimation

ISO/TC 59/SC 17 Sustainability in building construction

Denne underkomiteen arbeider med standarder for miljøpåvirkning fra bygninger med blant annet miljødeklarasjoner av byggevarer, indikatorer og system for vurdering av miljøpåvirkning for bygninger. Dette arbeidet har blant annet basert på utviklingsarbeidet med norske systemer for miljødeklarasjon (Økodek) og miljøpåvirkning (Økoprofil). Resultatet av arbeidet i ISO/TC 59/SC 17 har blitt følgende standarder:

- ISO/TS 21929-1 Sustainability in building construction—Sustainability indicators - Part 1: Framework for development of indicators for buildings
- ISO 21930 Sustainability in building construction - Environmental declaration of building products
- ISO/TS 21931-1 Sustainability in building construction—Framework for methods of assessment for environmental performance of construction works—Part 1: Buildings

Mye av det arbeidet som har pågått i SC 17 gjennom flere år vil nå bli videreført i CEN TC 350, en ny europeisk standardiseringskomité.

CEN/TC 350 Sustainability of construction works

Arbeidsprogrammet i CEN/TC 350 vil fremskaffe en standardisert frivillig tilnærming for leveransen av miljøinformasjon på byggevareprodukter, og vurdere miljøprestasjonen til bygninger, og i det hele tatt den integrerte ytelsen av bygningen. Målsetningen er å dekke alle mulige byggeprodukter og alle typer bygninger, nye og eksisterende, og muligens andre konstruksjoner, hvis hensiktsmessig.

Arbeidsprogrammet vil sikre at eksisterende standarder tas inn i vurderingen, spesielt eksisterende ISO-standarder fra ISO/TC 59/SC 17, ISO/TC 59/SC 14 og ISO TC 207 gjennom:

- utviklingen av et sett med standarder for miljødeklarasjoner og bruk av miljødeklarasjoner for byggeprodukter, inkludert implementering av ISO/TC 59/SC 17 standardene ISO 21930 som EN ISO og utviklingen av en europeisk produktkategoriregel (PCR).
- utviklingen av standard for miljøytelse av bygninger
- utvikling av en teknisk rapport som beskriver prosesser og scenarier relatert til bygningens livsløps for å komplimentere hele konseptet

ISO/TC 207 Environmental Management

Den tekniske komiteen ISO/TC 207 arbeider med standarder som har miljøledelse som fellesnevner. Underkomiteer (Sub Comitee, SC) i ISO/TC 207 og eksisterende standarder som stammer fra disse komiteene behandler både miljøstyringssystemer, miljørevisjon, miljømerking, miljøprestasjon, livsløpsvurdering og klimaendringer (tabell 1.8).

Tabell 1.8: Underkomiteene til ISO/TC207.

Underkomite (SC) til ISO/TC 207	Standard
SC 1 – Miljøstyringssystemer	NS-ISO 14001 Miljøstyringssystemer - Spesifikasjon med veiledning
	NS-ISO 14004 Miljøstyringssystemer - Generelle retningslinjer om prinsipper, systemer og understøttende teknikker
SC 2 – Miljørevisjon	NS-ISO 14015 Miljøstyring - Miljøvurdering av lokaliteter og organisasjoner
SC 3 – Miljømerking	NS-ISO 14024 Miljømerker og deklarasjoner - Miljømerking type I - Prinsipper og prosedyrer
	NS-ISO 14025 Miljømerker og deklarasjoner - Miljødeklarasjoner type III - Prinsipper og prosedyrer
SC 4 – Miljøprestasjon	NS-EN 14031 Miljøstyring - Evaluering av miljøprestasjon - Retningslinjer
	ISO/TR 14032 Environmental management—Examples of environmental performance evaluation
SC 5 – Livsløpsvurdering	NS-EN ISO 14040 Miljøstyring - Livsløpsvurdering - Prinsipper og rammeverk
	NS-EN ISO 14044 Miljøstyring - Livsløpsvurdering - Krav og retningslinjer
	ISO/TR 14047 Environmental management—Life cycle impact assessment—Examples of application of ISO 14042
	ISO/TS 14048 Environmental management—Life cycle assessment - Data documentation format
	ISO/TR 14049 Environmental management—Life cycle assessment—Examples of application of ISO 14041 to goal and scope definition and inventory analysis
SC 7 – Klimaendringer	NS-ISO 14064-1:2006 - Klimagasser - Del 1: Spesifikasjon med veiledning på organisasjonsnivå for kvantifisering og rapportering av utslipp og fjerning av klimagasser
	NS-ISO 14064-2:2006 - Klimagasser - Del 2: Spesifikasjon med veiledning på prosjektnivå for kvantifisering, overvåking og rapportering av utslippsreduksjon eller forbedret fjerning av klimagasser
	NS ISO 14064-3:2006 - Klimagasser - Del 3: Spesifikasjon med veiledning for validering og verifisering av klimagassutsagn
	NS ISO 14065:2007 - Klimagasser - Krav til validerings- og verifiseringsorganer til bruk ved akkreditering eller andre former for anerkjennelse

I tillegg hører også en del andre relevante standarder og tekniske dokumenter til under denne komiteen:

- NS-ISO 14063 Miljøstyring - Miljøkommunikasjon - Retningslinjer og eksempler
- ISO/TR 14062 Miljøstyring - Integrering av miljøhensyn i produktutvikling

Det arbeides for tiden med flere standarder i 14000-serien. Blant annet kommer det fire nye standarder for kvantifisering og rapportering av klimagassutslipp på bedriftsnivå. I tillegg kommer ISO 14005 som er en miljøledelse "light" standard som beskriver trinnvis innføring av miljøledelse beregnet på SMB-markedet.

I denne tekniske komiteen foregår det for tiden også et arbeid på en guide for å inkludere miljøspørsmål i produktstandarder, *ISO/DGuide 64 - Guide for addressing environmental issues in product standards*.

[CEN/TC 351 Construction Products: Assessment of release of dangerous substances](#)

I Byggeveredirektivet (CPD) er det 6 essensielle krav som kreves oppfylt, den tredje (ER-3) er "Hygiene, health and environment" som det nå jobbes med i både CEN/TC 350 og 351. CEN/TC 351 kom i gang på bakgrunn av et nylig mandat fra EU-kommisjonen (Mandate M/366 EN).

Noen av de essensielle punktene fra mandatet omfatter:

- Regulerte farlige stoffer i forhold til byggeveredirektivet
- Utslipp til jord, grunnvann og overflatevann
- Emisjoner til inneluft
- Innhold av farlige forbindelser i produktet
- Bruksscenarier
- Liste med "uten testing" ("without testing" (WT)), og "uten videre testing" ("without further testing" (WFT))

Formål for arbeidet som beskrevet i forretningsplanen :

Utvikling av horisontale standardiserte vurderingsmetoder for en harmonisert tilnærming relatert til frigjøring (og/eller innhold, når dette er den eneste praktiske eller lovlig påbudte løsning) av regulerte farlige stoffer under byggeveredirektivet under korrekt bruk av produktet. Den henvender seg mot utslipp til inneluft og utslipp til jord, grunnvann og overflatevann.

CEN/TC 351 har to arbeidsgrupper (Work Groups, WG) og 5 emne grupper (Task Group, TG):

- WG 1 "Utslipp" fra byggeprodukter til jord, grunnvann og overflatevann
- WG2 Emisjoner fra byggeprodukter til inneluft
- 5 TG'er: "Handelsbarrierer", "Horisontal testing", "Uten testing/uten videre testing", "Utfylle prøvetaking" og "Innhold"

Det ligger en del utfordringer i det kommende arbeidet, bl.a.

- Kommunisere med 48 tekniske komiteer (TC) på produktnivå som arbeider med utslipp av farlige stoffer iht. ER-3
- Sammenhengen mellom horisontale standarder og metodikk i eksisterende standarder på bl.a. prøvetaking

Arbeidet ble startet opp i 2007 og har en tidsramme på 5 år.

1.9 Skogsertifisering

Skogsertifisering er et verktøy for å dokumentere at skogene forvaltes på en bærekraftig måte i tråd med avtalte standarder, dvs. konkrete retningslinjer for hvordan skogen skal drives bærekraftig. På verdensbasis er det to forskjellige systemer for sertifisering av skog, FSC og PEFC. I Norge benyttes hovedsakelig standarden "Levende skog".

Sporbarheten til sertifisert tømmer fra skog til ferdig produkt gjennom Chain-of-Custody sertifisering og bruk av FSCs og PEFCs logo er en viktig og integrert del av dokumentasjonen. Chain-of-Custody-sertifisering betyr at den sertifiserte bedriften kan dokumentere opprinnelsen av tømmeret som brukes i produksjonen.

Forest Stewardship Council (FSC) er en uavhengig, internasjonal medlemsorganisasjon med sete i Oaxaca, Mexico. FSC skal oppmuntre til miljøtilpasset, samfunnsnyttig og økonomisk livskraftig bruk av verdens skoger. FSC arbeider for et frivillig akkrediteringsprogram for organisasjoner og foretak som sertifiserer skogbruk. FSC-standardene består av ti prinsipper med tilhørende underkriterier. I FSCs prinsipper og kriterier finnes overgripende bestemmelser som gjelder for hele verden. Ut fra disse utvikler hvert land nasjonalt tilpassede standarder (www.fsc.org).

Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes (PEFC) er en uavhengig organisasjon som har som mål å fremme bærekraftig skogbruk gjennom uavhengig treparts

sertifisering. Organisasjonens navn var opprinnelig Pan European Forest Certification Scheme, men dette ble endret i 2003. PEFC er i dag det største skogsertifiseringssystemet i verden med i underkant av 200 millioner hektar sertifisert skog, hvorav 7.5 millioner hektar i Norge. Det finnes ikke egne PEFC-standarder i Norge, men Norges system med sertifisering gjennom ISO 14 000 eller EMAS (EcoManagement and Audit Scheme) i henhold til Levende Skog standarden oppfyller kravene fra PEFC (www.pefc.org).

ISO 14001 er en standard for miljøstyringssystemer som sammen med Levende Skog standarden brukes i forbindelse med skogsertifisering i Norge. ISO 14001 angir ikke absolutte krav til miljøprestasjon, men er basert på at bedriften skal jobbe for kontinuerlig forbedring.

Eco-Management and Audit Scheme (EMAS) er et sertifiseringssystem basert på frivillig deltakelse og er åpent for industriforetak som opererer innenfor EU eller EUs økonomiske sone. Målet med EMAS er å påvirke industriforetak til kontinuerlig å forbedre seg med hensyn på miljøvern. EMAS består av standarder i form av 21 artikler og 5 vedlegg som alle må følges.

Levende Skog ble etablert i 1998. Siste revisjon av Standarden ble gjennomført i 2006. Bortimot hele det norske skogbruket er i dag miljøsertifisert etter standarden. Bak revisjonen og enigheten står følgende organisasjoner: Fellesforbundet, FRIFO, Friluftsrådernes Landsforbund, Norges Skogeierforbund, NORSKOG, SABIMA, Statskog SF, Treforedlingsindustriens Bransjeforening, Treindustrien og WWF Norge.

Levende Skog er et samarbeidsprosjekt mellom skogbruk, skogindustri, fagbevegelse, friluftslivsorganisasjoner og miljøorganisasjoner for å fremme et bærekraftig skogbruk med god balanse mellom de tre aspektene skogproduksjon, miljøvern og sosiale interesser. Levende Skog standarden blir benyttet som et viktig grunnlag for skogsertifisering i Norge.

Levende Skog som begrep ble etablert i 1998 da det ble enighet om standarder for et bærekraftig norsk skogbruk. Da ble aktører innen skogbruk og skogindustri, miljø- og friluftslivsorganisasjoner, fagbevegelse og forbrukerinteresser for første gang enige om standarder for bærekraftig forvaltning av skog. Standarden for et bærekraftig norsk skogbruk har 25 kravpunkter som til sammen dekker områder og tiltak som har miljøpåvirkning eller er av betydning ved utøvelse av skogbruk. Kravpunktene er forpliktelser skogeiere må følge ved forvaltning av sin skogeiendom, enten den er direkte sertifisert eller med i en gruppesertifisering. Kravene gjelder på eiendomsnivå så fremt ikke annet er presisert. De 25 kravpunktene i Levende Skog standarden er kort beskrevet nedenfor. Hele standarden er tilgjengelig på: www.levendeskog.no.

1. Arbeidskraft og kompetanse

Kravpunktet skal sikre at den som gjennomfører skogbrukstiltak har tilstrekkelig kunnskap til å gjennomføre arbeidet på en tilfredsstillende måte i samsvar med denne standarden.

2. Avfallshåndtering

Kravpunktet skal sikre forsvarlig avfallshåndtering og at en unngår forurensning.

3. Beskyttelse av skogarealet

Kravpunktet skal sikre at eiendomsforvaltningen ikke forringer ressursgrunnlaget.

4. Biologisk viktige områder

Skog definert som biologisk viktige områder har betydning for et stort antall arter i skogen. Spesielt gjelder det for arter vurdert som truet på den norske rødlisten. Kravpunktet skal sikre slik skog.

5. Brannpåvirket skog

Kravpunktet skal sikre livsbetingelser for arter som er mer eller mindre avhengige av brent skog som livsmiljø.

6. Fjellskog

Kravpunktet skal sikre biologisk mangfold og opplevelsesverdier i fjellskogen.

7. Friluftsliv

Naturopplevelse er en vesentlig del av friluftslivet. Kravpunktet skal bidra til å sikre mulighetene til ferdsel og naturopplevelse i skog.

8. Gamle grove trær og død ved

Kravpunktet skal sikre levesteder for arter knyttet til gamle grove trær og død ved.

9. Genbevaring - skogstrær

Kravpunktet skal sikre naturlig genetisk variasjon hos skogstrær.

10. Gjødsling og næringsbalanse

Kravpunktet skal sikre at gjødsling og askespredning skjer på en forsvarlig måte og at næringstap og næringslekkasje skal være minst mulig.

11. Hogstformer

Kravpunktet skal sikre at det brukes hogstformer og foryngelsesmetoder som balanserer hensyn til skogeiers økonomi, biologisk mangfold og andre miljøverdier.

12. Kantsoner

Kravpunktet skal sikre at det bevares eller utvikles stabile kantsoner til myr, vann og vassdrag og kulturlandskap. Kantsonene har en rekke viktige økologiske funksjoner og tjener flere formål knyttet til biomangfold, vannkvalitet, landskap og friluftsliv.

13. Kulturminner og kulturmiljøer

Kravpunktet skal sikre at det tas hensyn til kulturminner og mindre kulturmarker i skoglandskapet.

14. Landskapsplan

Kravpunktet skal sikre at skogforvaltningen tar hensyn på tvers av bestands- og eiendomsgrenser.

15. Langsiktig virkesproduksjon

Kravpunktet skal sikre at etablering av ny skog skal skje så raskt som mulig sett i forhold til voksestedets egenskaper.

16. Markberedning

Kravpunktet skal sikre at markberedning gjennomføres på en mest mulig skånsom måte.

17. Myr og sumpskog

Kravpunktet skal sikre at økologiske funksjoner til myr, myrskog og sumpskog ivaretas ved skogbrukstiltak.

18. Skogreising og treslagsskifte

Kravpunktet skal sikre at skogreising skjer på en miljømessig god måte og at spredning av utenlandske treslag holdes under kontroll.

19. Skogstruktur

Kravpunktet skal sikre at det til enhver tid finnes minst 30 % skog under vernskoggrensen med struktur som er bra for arter som lever i gammel skog og for friluftslivet.

20. Skogsveger

Kravpunktet skal sikre at skogsveger bygges på en slik måte at det gis gode skogbruksmessige løsninger samtidig som miljømessige forhold ivaretas.

21. Sprøyting

Generelt sett er sprøyting i skog uønsket. Kravpunktet skal sikre at sprøyting med plantevernmiddel i skog bare brukes der det er klart mer effektivt enn mekaniske metoder og at det samtidig ikke er i konflikt med landskapskvaliteter og opplevelsesverdier.

22. Terrengtransport

Kravpunktet skal sikre at terrengskader begrenses og at utbedring skjer så raskt som mulig.

23. Treslagsfordeling

Kravpunktet skal sikre at treslagssammensetningen ivaretar både økonomiske og miljømessige forhold.

24. Åpenhet om miljøinformasjon

Kravpunktet skal sikre åpenhet om beslutningsgrunnlaget og praktiseringen av Levende Skog.

25. Samiske rettigheter

Kravpunktet skal sikre at samiske rettigheter ivaretas der det drives skogbruk.

2 LCA for tre- og trebaserte produkter

I dette kapittelet er det gjort en gjennomgang av litteratur innenfor livsløpet for tre- og trebaserte produkter. Livsløpet omhandler her fra frø- til sagbruk- til bygg og avhending.

2.1 Skogbruk-livsløpsdata fra frø til sagbruk

2.1.1 Energibruk og utslipp (emisjoner)

Seppala et al. (1998) studerte forvaltningen av skogressurser og relatert industri i Finland ved hjelp av LCA for å vurdere miljøeffekten og identifisere behov og muligheter for miljøforbedringer i skogsektoren. Siden dette var en studie av hele produksjonssystemet til den mekaniske og kjemiske skogindustrien i Finland var det nødvendig med en del metodeutvikling sammenlignet med tradisjonell produktrelatert LCA. Områder for miljøforbedring i skogsektoren for 2005 ble modellert på basis av inventeringene (utslipp, avfall etc.), miljøeffektpåvirkning og andre tilgjengelige data. Det ble utviklet nye prosedyrer for å bestemme påvirkningsgraden tilpasset det aktuelle lands spesifikke systemer. Selv om de prioriterte faktorene ikke var sterkt rangert mot hverandre, konkluderes det med at bevaring av biodiversiteten og bedring av energieffektiviteten er nøkkelfaktorene for miljøhensynet i skogsektoren. Før man foretar en mer detaljert rangering, trenger man et bedre datagrunnlag. På tross av begrensningene og behov for videre utvikling ser forfatterne på LCA-tilnærmingen som et viktig verktøy for en bedre forståelse av hvilke faktorer som er viktige for miljøforbedringer for hele produksjonssystemet.

Berg og Lindholm (2005) studerte energibruk i skogproduksjonskjeden fra planteproduksjon til industritomt i Sverige. Det ble gjort sammenlignende undersøkelser i Nord-, Midt- og Sør-Sverige. Undersøkelsen var basert på data for skogbruksaktiviteter i de ulike områdene i løpet et helt år (1996 eller 1997) og det ble benyttet en vektet sammensetning av treslagene gran, furu og bjørk ut fra avvirkningsstatistikk i perioden 1993-1998. Data for planteproduksjon ble basert på resultatene til (Aldetun 2002). Resultatene viste at for å produsere en fastkubikkmeter tømmer under bark trengtes 200 MJ i Nord-Sverige, 187 MJ i Midt-Sverige og 147 MJ i Sør-Sverige. Dette inkluderte alle prosesser fra planteproduksjon til tømmeret var levert på industritomt. Den dominerende energibæreren var diesel, men bensin og elektrisitet hadde også en viss betydning. Basert på at 1 m³ tømmer inneholder 7700 MJ, og at det trengs mindre enn 200 MJ for å fremskaffe dette til industrien (mindre enn 3 %), mener forfatterne energiforbruket i skogbruket ligger lavt.

Av det totale energiforbruket utgjorde tømmertransport (fra velteplass i skogen til industritomt) den største andelen (56 % (113 MJ) i Nord-, 53 % (99 MJ) i Midt- og 53 % (77 MJ) i Sør-Sverige. Energiforbruk i forbindelse med hogst og utkjøring (både tynning og sluttavvirkning) utgjorde om lag 30 % av det totale energiforbruket i Nord- og i Midt-Sverige (66 og 65 MJ) og 40 % i Sør-Sverige (57 MJ). Miljøpåvirkningene er størst i nord som følge av at produktiviteten ved avvirkning reduseres som følge av lavere bestandsvolum. Energiforbruket per m³ for hogst og utkjøring var lavere ved sluttavvirkning enn for tynning. Resultatene viste at skogkultur/skogskjøtsel (flatelydding, markberedning, planting, avstandsregulering og gjødsling) og planteproduksjon (frøproduksjon og plantedyrking) utgjorde den minste andelen av energiforbruket.

Energiforbruket i forbindelse med skogkultur/skogskjøtsel utgjorde 8 % i Nord- (16 MJ), 7 % i Midt- (15 MJ) og 2 % (3 MJ) i Sør-Sverige. Energiforbruket til planteproduksjon var henholdsvis 5, 9 og 9 MJ.

I undersøkelsen til (Berg og Lindholm 2005) ble også ulike miljøbelastende faktorer studert, slik som utslipp av klimagasser, forsuring, eutrofiering og dannelse av fotooksidanter (bakkenært ozon). Miljøbelastningene var i hovedsak knyttet til forbrenning av fossile brensler. CO₂ var det dominerende klimagassutslippet. Utslipp av klimagasser, forsuring, eutrofiering og dannelse av fotooksidanter var kraftigst i nord som følge av høyest energiforbruk basert på fossilt brensel.

Forfatterne mener at overgang til fornybare energikilder vil være et interessant alternativ for å redusere miljøbelastningene. Siden om lag halvparten av energiforbruket er knyttet til tømmertransport vil det være mest å hente ved å effektivisere denne delen av skogproduksjonskjeden. Det høyere energibehovet for tømmertransport i nord kan henføres til et dårligere utbygd veinett og lengre transportavstand til industri enn i sør. I følge (Forsberg 2003) ligger det også et stort potensial i å redusere antall turer uten lass for tømmerbiler gjennom bedre transportplanlegging. Dessuten kan bedre veistandard og miljøvennlige kjørerutiner (eco-driving) bidra til redusert energiforbruk. Lindholm og Berg (2005) har vurdert energibehovet og miljøpåvirkningen ved langtransport av tømmer fra skogen til tømmerterminal for ulike transportstrategier (tømmerbil/jernbane). Resultatene indikerte at alternativene med jernbanetransport krevde mindre energi enn alternativene basert bare på transport på tømmerbil. Det ble imidlertid konkludert med at type drivstoff har mer effekt på miljøet enn type transportmiddel. Beregninger viste at ved å bruke biodrivstoff på bilen, kan en erstatte 96 % av den fossile energien.

Bruk av biodrivstoff kan også bidra til reduserte utslipp ved avvirkning. Löfgren og Berg (2003) testet ut bruk av den syntetiske dieselen EcoPar på skogsmaskiner i Sverige. Denne kan framstilles fra en rekke råstoff, blant annet fra biomasse fra skog. Testene viste at dette brenselet fungerte like bra, både sommer og vinter, som vanlig diesel.

Berg og Lindholm (2005) mener at selv om planteproduksjon utgjør en svært liten del av miljøbelastningen for et tømmervolum, så er denne produksjonen konsentrert på et begrenset areal, og kan således ha stor betydning lokalt. Aldentun (2002) gjennomførte en LCI for fire planteskoler i Sverige med en samlet produksjon på over 50 millioner gran- og furuplanter per år. To av planteskolene produserte planter for skogbruket i Nord-Sverige med store foryngelsesflater på lav bonitet. Det ble hovedsakelig produsert ettårige planter hvor en høy andel var furu. De to andre planteskolene produserte planter for skogbruket i Sør-Sverige med mindre foryngelsesflater på høy bonitet. Her benyttes store planter, vanligvis 2-3 år gamle, hovedsakelig gran.

Den funksjonelle enheten var 1000 planter. Resultatene viste at oppvarmingen av veksthusene bidro til det høyeste energiforbruket og størst utslipp av CO₂ som følge av forbrenning av olje. Forbruket av olje til oppvarming varierte fra om lag 1300 MJ/1000 planter i sør til 380 MJ/1000 planter i nord. Energiforbruket og utslipp var høyest i sør på grunn av at det ble produsert større planter som trenger lenger dyrkningstid og er mer plasskrevende i veksthuset. Det vurderes at det bør settes fokus på å minske bruken av olje til oppvarming av veksthus med tekniske forbedringer eller endringer i dyrkingsrutiner. Dessuten bør bruk av bioenergi vurderes som alternativ oppvarmingskilde og miljøbelastningen ved å produsere store planter må veies opp mot overlevelse og tilvekst i felt.

Transport av planter (intern transport og transport til foryngelsesfelt) ga i samtlige planteskoler det nest største utslippet av CO₂ til tross for at dette krevde et noe lavere energiforbruk enn kjølelagring av plantene i planteskolen. Årsaken til dette er at elektrisitet benyttes til kjølelagring, mens fossilt brensel benyttes under transport av plantene. En bedre samordning av planteleveransene kan minske dette utslippet.

Det blir påpekt at for å forbedre LCI for planteproduksjon er det behov for økt kunnskap om produksjon og bruk av gjødsel og plantevernmidler, samt mer data for produksjon av veksttorv og frøproduksjon (frøplantasjer).

Resultatene ovenfor viser at de driftstekniske forhold og stående tømmervolum per arealenhet har stor betydning for energiforbruket i skogproduksjonskjeden målt per m³ tømmer levert bilveg. Dessuten spiller transporttekniske forhold en avgjørende rolle siden tømmertransport utgjør om lag halvparten av energiforbruket. Det er stor grunn til å anta at det vil være betydelige geografiske variasjoner i Norge som følge av stor variasjon i de faktorene som påvirker energiforbruket, særlig faktorer som påvirker effektiviteten i avvirkning og tømmertransport. I et nylig oppstartet forskningsprogram: "Greenwood: increasing wood deliveries and environmental quality" i regi av Norsk institutt for skog og landskap, skal man i ett av delprosjektene fokusere på mer effektive løsninger for avvirkning og tømmertransport for å redusere drivstofforbruket. Det skal blant annet

gjennomføres undersøkelser for å kvantifisere klimagassutslipp på ulike avvirkningssystemer, slik som ulike taubanesystemer i bratt terreng og hogstmaskin/læssbærer.

2.1.2 Arealbruk og biomangfold

Wessman et al. (2002) skriver i sin rapport at det er vanskelig å finne passende sett med indikatorer som beskriver endringer i skogen. Modellering av karbon-, nærings- og energiflyt som inkluderer avvirkning og skogvekst i LCI kan være en løsning for å unngå å bruke spesifikke indikatorer. For biodiversitet foreslås det landskaps-relaterte indikatorer. Observering av avvirknings-opplegg er den viktigste kilden til brukbare data. Det er vanskelig å beskrive indikatorer for sosioøkonomiske verdier for et bærekraftig skogbruk som passer i LCA uten at LCA-metodene utvikles videre.

Wessman et al. (2003) oppsummerer underprosjekt 2-5 i Nordic Industrial Fund – prosjektet ”LCA: Mark och Geografi”. Arealbruk- og skogbrukaspektene i LCA er kompliserte problemstillinger pga. skogens dynamiske natur. Det er derfor vanskelig å finne passende indikatorer for endringer i skogen pga. dens dynamiske kjennetegn og også mangel på data. En mulig løsning er å modellere karbon- nærings- og energiflyt som inkluderer skogbruk og skogproduksjon i LCI uten å bruke spesifikke indikatorer. Modeller er under utvikling, spesielt med hensyn til karbon og nitrogen, men det er fortsatt mangel på data som beskriver næringsflyten i skogen. Så langt har man ikke brukt LCA. Det blir foreslått å bruke landskapsrelaterte indikatorer for biodiversitet.

Overvåkingsopplegg for skogbruksaktivitet er den viktigste kilden til brukbare data. Indikatorer som beskriver sosiale og økonomiske verdier for et bærekraftig skogbruk, er vanskelig å tilpasse til LCA-beregninger uten videre utvikling av LCA-metodene. Det er mulig å bruke noen av de skogbruks-spesifikke indikatorene i ”Corporate Sustainability Reporting”. Data som beskriver disse indikatorene er av god kvalitet, og er enkle å finne i offentlig statistikk for Finland, Sverige og Norge.

2.2 CO₂- binding i skog og treprodukter



Konsentrasjonene av klimagassene karbondioksid CO₂, metan (CH₄) og lystgass (N₂O) i atmosfæren har økt markert som resultat av menneskelige aktiviteter siden 1750. CO₂ er den viktigste klimagassen og utslippene økte med 80 prosent fra 1970 til 2004. Konsentrasjonen av CO₂ i atmosfæren lå i 2005 langt over nivåene for de siste 650 000 årene. Økte CO₂-konsentrasjoner skyldes primært utslipp fra bruk av fossile brensler, mens endringer i arealbruk utgjør et mindre, men likevel merkbart bidrag. Det er svært sannsynlig at økningen i metankonsentrasjoner i hovedsak skyldes landbruk og fossil energi, mens lystgass i første rekke stammer fra landbruk. I følge FN's klimapanel (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) har CO₂ konsentrasjonen i atmosfæren økt med over 30 % fra industrialiseringen startet og frem til i dag, og fortsetter å øke med minimum 0,4 % per år, i hovedsak som følge av forbrenning av fossile brensler (IPCC 2007a). Strategier for å begrense klimaendringer inkluderer

Bilde 2.1 foto: Per Skogstad, Treteknisk institutt

reduksjon av utslipp av klimagasser og øke karbonlagring utenfor atmosfæren.

Skog i vekst tar opp CO₂ og binder karbon gjennom fotosyntesen ved produksjon av biomasse. Bindingen av CO₂ i norske skoger ble i 2005 beregnet til 29,9 millioner tonn. CO₂-bindingen økte med 85 % fra 1990 til 2005 (SFT 2007). Til sammenligning ble de samlede utslippene av klimagasser i Norge i 2005 beregnet til 54,2 millioner tonn CO₂-ekvivalenter. Den betydelige økningen i CO₂-binding skyldes økt netto tilvekst i norske skoger. Årlig hogst har de siste årene ligget på 8-10 millioner m³ mens årlig tilvekst nå ligger på om lag 25 millioner m³ (LMD 2007).

Skogene spiller en viktig rolle i den globale karbonsyklusen. Trærnes vekst bidrar til å binde og lagre atmosfærisk CO₂ i vegetasjon, jord og skogprodukter. Et skogøkosystems lagring av CO₂ kan betraktes som temporær siden karbonet kan bli frigitt gjennom menneskeskapte og naturlige forstyrrelser, i tillegg til at organisk strøfall og skogprodukter kan brytes ned i løpet av forholdsvis kort tid.

Globalt er mengden karbon i jord beregnet til å være dobbelt så høy som i atmosfæren og tre ganger så høy som det som er bundet i vegetasjon (IPCC 2007a). Det er særlig de boreale skogene som har et høyt innhold av karbon i skogsjorda (Dixon et al. 1994) estimerte at om lag halvparten av det bundne karbonet på landjorda finnes i skogøkosystemene, og at to trededeler av karbonet i skogøkosystemene finnes i skogsjorda.

I følge (IPCC 2007b) oppnås den teoretiske maksimale karbonlagring i et skogområde når alle bestand har høy alder (gammelskog). Dette er i praksis ikke mulig å oppnå, siden naturlige (f.eks brann, stormfelling, insektangrep) og menneskeskapte påvirkninger (for eksempel avvirkning) bidrar til at det over et større område vil være bestand med ulik alder til enhver tid. Det er også viktig å understreke at i praksis vil forbud mot avvirkning redusere tilgangen på trevirke og fiber for å møte samfunnets behov for produkter basert på disse råstoffene. Dette vil bidra til at andre mer energikrevende produkter vil erstatte disse treproduktene, noe som vil føre til høyere utslipp av klimagasser (Gustavsson et al. 2006).

I det lange løp vil en skogbehandling som bidrar til å opprettholde eller øke skogens karbonlagring samtidig som skogen produserer nyttbart trevirke, fiber eller energi gi den største effekten i klimasammenheng. Globalt er avskoging den største trusselen (IPCC 2007b).

Drenering av skogsjord, særlig myr, kan føre til tap av karbon fra jorda som følge av økt respirasjon (Ikkonen et al. 2001). Moderat drenering kan imidlertid føre til økt binding av karbon i torv (Minkkinen et al. 2002).

Avvirkning kan påvirke strukturen og funksjonene i skogbunnen gjennom mekanisk forstyrrelse, tilførsel av hogstavfall, endring i strøfalltilproduksjon, avrenning av oppløst organisk materiale, samt endring av temperatur- og fuktregime. Det organiske sjiktet i øvre del av skogsjorda spiller en aktiv rolle i karbon- og næringsstoffsyklusene og er sannsynligvis mer påvirket av endringer enn det organiske materialet i underliggende mineraljord (Currie 1999, Currie et al. 2002).

Avvirkning har vært antatt å redusere karboninnholdet i det øvre organiske sjiktet i jorda. Covington (1981) beregnet en kurve for å estimere tapet av organisk materiale fra det øvre sjiktet i skogbunnen, og i følge denne kurven reduseres det organiske materialet med 50 % innen 20 år fra avvirkning. Denne reduksjonen ble forklart med at mengden strøfall blir redusert når trær fjernes og mulig økt nedbrytning av organisk materiale i jorda. (Yanai et al. 2003) mener imidlertid basert på resultater fra senere studier at avvirkning har langt mindre effekt på karboninnholdet i skogsjord enn det som ble estimert av Covington.

Johnson & Curtis (2001) analyserte en rekke undersøkelser gjennomført for å studere effekten av skogbehandling på innholdet av karbon og nitrogen i jord. De fant at avvirkning der kun stammevirket ble tatt ut bidro til økt innhold av karbon og nitrogen i mineraljordsjiktet i jorda. Den positive effekten så ut til å være begrenset til å gjelde bartrevirke. Heltreavvirkning bidro til redusert innhold av karbon og nitrogen i jorda.

Økt omløpstid kan bidra til å øke den totale bindingen av karbon i skog, selv om resultater fra undersøkelser er lite entydige (Liski et al. 2001, Kaipainen et al. 2004). Andre faktorer som kan

bidra til redusert utslipp av klimagasser innenfor skogsektoren er reduksjon av fossile brensler i: planteskoler, skogbehandling, avvirkning, transport og produksjon av skogprodukter.

I klimasammenheng er det ikke tilstrekkelig å bare fokusere på maksimal binding av karbon i vegetasjon og jord, slik som i en del av de refererte undersøkelsene ovenfor, men det må i tillegg tas hensyn til betydningen av å kunne redusere utslipp av klimagasser. I denne sammenheng spiller biomasse fra skog en viktig rolle. Trevirke benyttes til en lang rekke produkter, ofte i konkurranse med mineral- og oljebaserte produkter. Trevirke er biologisk nedbrytbart og en fornybar ressurs som krever forholdsvis lite energi ved produktframstilling. Treprodukter binder karbon så lenge de er intakte, og de kan dessuten benyttes som energikilde etter endt levetid. 1 m³ trevirke regnes for å lagre om lag 0,92 tonn CO₂ (basert på at trevirket har en tørrdensitet på 0,5 g/cm³ og et karboninnhold på 0,5 g C/g).

Det er økende interesse for å benytte biomasse fra skog til å begrense klimaendringer ved å substituere mer karbonintensive produkter som stål, aluminium og betong (Schlamadinger & Marland 1996, Gustavsson et al. 2006). Sathre (2007) gjennomførte en analyse av karbon- og energibalansen for treprodukter over livsløpet ved å sammenligne bygninger med bæresystem av tre med bygninger med bæresystem av betong. Sammenligningen viser at bygninger med bæresystem av tre bruker mindre energi og slipper ut mindre CO₂ til atmosfæren over livsløpet enn bygning med bæresystem av betong. Bruk av treprodukter kan redusere CO₂ utslipp til atmosfæren ved at a) framstilling av treprodukter er lite energikrevende sammenlignet med alternative produkter, b) ikke-energi prosessutslipp assosiert med alternative materialer kan unngås, karbon lagres i treprodukter og biomasse fra skog-treproduktkjeden kan benyttes som bioenergi og erstatte fossile brensler. I tillegg kan treproduktene benyttes som bienergi etter endt brukstid. Det er potensiale for økt bruk av biomasse, dette krever samhandling mellom ulike sektorer (skog, energi, industri og avfallssektoren). Bruk av avfall fra hugst benyttes til en viss grad i Sverige, treavfall fra bygg og riving utnyttes til en viss grad (Sathre 2007).

Petersen & Solberg (2002c) analyserte sparte klimagassutslipp når bjelker i limtre brukes istedenfor stålbjelker i en bærende konstruksjon. Terminalbygningen på Gardermoen ble brukt som eksempel. Alle klimagassutslipp fra hogst eller utvinning av malm til avfallshåndtering for materialene ble inkludert. Resultatene viste at bjelker i stål krever mer energi og forårsaker større klimagassutslipp enn limtrebjelker. Tidsaspektet, avfallshåndtering, karbonbinding på friggitt skogareal, malmbasert eller skrapjernbasert stålproduksjon og energikilde i stålproduksjon var de forutsetningene som betydde mest for resultatene.

Raymer et al. (2005a) beskriver GAYA-J/C modellen, som ble utviklet for empiriske skogbehandlingsanalyser. De beskriver hvordan den dynamiske planleggingsmodellen GAYA-JLP ble videreutviklet for å kunne inkludere kostnader, inntekter og alle de viktigste aspektene knyttet til opptak og utslipp av klimagasser fra skog og skogprodukter som: levende trær, dødt virke og strø, hogstavfall, jord, sluttbruk av skogprodukter og sparte klimagassutslipp fra bruk av trevirke istedenfor mer energiintensive materialer og fossilt brensel. Skogbehandling ble bestemt endogent i modellen. Modellen ble anvendt på en casestudie av Hedmark fylke for å vise at den var egnet til å kartlegge kostnadseffektivitet av ulike skogbehandling og til å finne hvilken skogbehandling, som er optimal. Modellen var basert på nåværende klima, men klimaendringer kan inkluderes dersom den kombineres med en passende prosessbasert modell.

I (Raymer et al. 2005b) brukes GAYA-J/C for å finne optimal skogbehandling og kostnadseffektivitet dersom man ønsker å øke opptak av CO₂ og sparte klimagassutslipp fra bruk av treprodukter i Hedmark fylke. I én analyse var det ingen restriksjoner på avvirkningsnivå, i en annen var det forutsatt at avvirkningen er ikke-synkende gjennom planleggingsperioden. Tradisjonell nåverdi av skogarealet avtok gradvis ettersom klimagasseffekt ble gitt mer vekt. Tiltak i skog ga en årlig effekt gjennom hele planleggingsperioden sammenlignet med tiltak i andre sektorer som ofte ga en engangseffekt i et bestemt år. Raymer et al. fant at økning i klimagasseffekten fra skogarealet kan foretas til en lav kostnad. Når klimagasseffekten ble tillagt mer vekt, var det optimalt med lavere hogst og mindre tynning og ungskogpleie. I tillegg var det optimalt å avvirke glisne bestand med lavere skurtømmerandel. En større andel av de avvirkede arealene plantes istedenfor å forynges naturlig. Alt dette fører til høyere stående volum og mer

skog. Å inkludere sparte klimagassutslipp fra bruk av trevirke har stor innvirkning på nåverdi av karbonflyt fra skogarealet. Virkning på optimal skogbehandling var mindre reduksjon i hogst, tynning og unskogpleie, i tillegg til enda mer planting. Viktige faktorer for resultatene er rentekrav, sparte klimagassutslipp fra bruk av trevirke og trærnes vekst. Årlig produksjon og avgang av strø og valg av jordmodell hadde mindre betydning.

Eriksson et al. (2007) analyserte netto karbonutslipp ved ulike skogbehandlingsregimer og produktutnyttelse. Simuleringer ble gjennomført basert på tre skogbehandlingsalternativer for vanlig gran (tradisjonell, intensiv, intensiv gjødsling), tre alternativer for fjerning av hogstavfall (ingen fjerning av hogstavfall, fjerning av hogstavfall, fjerning av hogstavfall og stubber), to skogprodukter (konstruksjonsvirke, biobrensel) og to fossile brensler som referanse (kull, naturgass). Forfatterne fant at intensiv skogproduksjon med gjødsling og dessuten uttak av hogstavfall og stubber til bioenergi ved sluttavvirkning fører til lavere CO₂ utslipp sammenlignet med tradisjonell skogbruk. Den økte energibruken og karbonutslippet ved mer intensiv skogbehandling, samt redusert akkumulering av karbon i skogsjorda som følge av fjerning av økt mengde biomasse ved avvirkning blir mer enn kompensert ved reduksjon i utslipp som følge av substitusjonseffekten. Resultatene er i overensstemmelse med (Perez-Garcia et al. 2005) som studerte karbonlagring ved ulik form for skogbehandling med utgangspunkt i vestkysten av USA. De fant at intensiv drevet skogbruk med kort omløpstid på skogen bidro til størst total karbonbinding. Isolert sett bidro dette til redusert binding i skog, men økt binding i skogprodukter og særlig reduserte karbonutslipp som følge av produkt- og energisubstitusjon bidro til å gjøre regnskapet positivt.

Det er grunn til å understreke at et skogbruk tilpasset maksimal karbonbinding kan komme i konflikt med andre viktige hensyn, slik som bevaring av biologisk mangfold.

Gustavsson et al (2006) har som formål å sammenligne netto CO₂-emisjon fra bygging av en betong- og tre basert bygning over livsløpet. Studien inkluderer emisjoner fra fossile brensler i materialproduksjon, substitusjon av fossile brensler med biomasse fra tømmerhogst, sagbruk, bygging og riving, karbonlagring i skog og produkter og prosessreaksjoner fra sementproduksjon. Studien viste at den trebaserte konstruksjonen brukte mindre energi og slapp ut mindre CO₂ til atmosfæren enn betongkonstruksjonen. Gjennom livsløpet viser undersøkelsen at man kan oppnå besparelser på mellom 30 og 130 kg C pr m² gulvareal. Studien viser også at de største besparelsene oppnås dersom biproduktene fra produksjonen av materialene blir benyttet i energiforsyningssystemer.

2.3 LCA- metodikk for tre- og trebaserte produkter



Bilde 2.2 Foto: Per Skogstad, Treteknisk institutt

Det er sett på hvilken metodikk som er mest hensiktsmessig i livsløpsvurderinger av treprodukter.

Rex & Baumann 2007 viser at praksisen for LCA blant to store skogindustrielskaper i Sverige er svært forskjellige. Det var ingen klar strategi fra ledelsen. Type og antall LCAer varierte. Det gjorde også det metodiske arbeidet. Ulik vektning, og et skifte i fokus fra vugge til grav til vugge til port. Utvelgelse av produkter så ut til å være praktisk anlagt, og ikke basert på noe strategi. Forskjellen ser ut til å være pga. av individuell praksis og ferdigheter på personnivå.

Erlandsson (1996) gir et forslag til metodikk for hvordan en LCA skal gjennomføres for treprodukter. I rapporten gis det blant annet her en tilnærming til utførelse av allokering¹ i LCA. Tilnærmingen som beskrives er som følger:

1. Del det fysiske systemet opp i et antall prosesssteg eller operasjoner
2. Definer forskjellige livsløpsfaser
 - a. hver gang produkter produseres
 - b. når forskjellige produkter blir behandlet forskjellige i et prosesssteg eller
 - c. hver gang en intern loop oppstår, med mindre det er ren resirkulering av materiale i den samme prosesssteget.
3. Utfør allokeringen med en fysisk virkningsenhet som allokeringsbase

Dersom prosessen ikke kan deles opp i et antall livsløpsfaser, men du vet at disse eksisterer,

4. Utfør allokeringen med en økonomisk enhet som allokeringsbase

Jungmeier et al (2002a) forsøker å summere opp metodikkerfaringer fra COST E9 Life Cycle Assessment of Forestry and Forest Products. I paperet tar man opp problemstillingen omkring allokering i LCA av trebaserte produkter. Ulike allokeringssprinsipper kan medføre store forskjeller i resultater, slik det vises eksempler på i (Jungmeier et al 2002b). Hovedkonklusjonen i publikasjonen er å unngå allokering gjennom systemutvidelse eller substitusjon, sekundært ved allokering av enhetsprosesser.

Allokering kan unngås dersom systemgrensene omfatter energiproduksjon. Dette gjøres gjennom å kombinere material og energiaspektene for tre, med andre ord å kombinere LCA av treprodukter og energi fra tre med en funksjonell enhet for produkt og energi. For å få synliggjort de positive effektene ved produksjon av treprodukter kan den funksjonelle enheten utvides fra eksempelvis ”per bord” til ”per bord og kWh varme”.

¹ I en LCA betyr allokering at man fordeler miljøpåvirkning og ressursbehov mellom produkter. Allokeringssituasjoner oppstår for eksempel når det produseres mer enn ett produkt i en tilvirkningsprosess, eller når det lages mer enn ett produkt fra en råvare.

Ved produksjon av treprodukter oppstår biprodukter som kan substituere andre energisystemer. Ved å substituere energi fra tre med konvensjonell energi i LCA for treprodukter får man en funksjonell enhet kun for treproduktet, men man må identifisere kriteriene for den substituerte energien.

Ulike allokeringfaktorer, for eksempel vekt eller økonomisk verdi er tillatt innen samme LCA.

Følgende allokeringer har vist seg mest praktisk i forhold til LCA av treprodukter.

- Skog: vekt eller volum.
- Sagbruk: vekt eller volum og nettoinntekt.
- Treindustri: vekt eller nettoinntekt.

Fra tidligere erfaringer har det vist seg at man kan benytte ulike allokeringfaktorer innen ett sagbruk. Det anbefales også i enkelte tilfeller å gjøre følsomhetsanalyser for ulike allokeringvalg for forskjellige miljøeffekter.

Jungmeier et al (2002b) viser eksempler på ulike allokeringer. For et sagbruk får man den største miljøbelastningen under tørking, og de fleste av lavverdi biprodukter forlater sagbruket før tørking. Dersom kun skurlast er av interesse kan masse eller volumbasert allokering benyttes. Dersom man ønsker en røff, men grei verdi kan alle byrdene allokere til skurlasten. Dersom verdibasert allokering benyttes vil sagbruket modelleres som en enkelprosess fordi økonomiske verdier på mellomproduktene ikke eksisterer.

Jungmeier et al (2003) ser på energiaspekter i LCA for treprodukter, også dette en erfaring fra COST E9. En gjennomgang av ulike aspekter ved bruk av energi i LCA identifiserte følgende forhold som sentrale å vurdere: energi- og karbonbalanse, energiproduksjon, energisubstitusjon og sammenligning med andre avfallshåndteringsmetoder. I tillegg til disse 4 aspektene anbefales det også å se på tap av potensiell energi i karbonsyklusen og at den viktigste fordel ved bruk av bioenergi er reduksjon av klimagasser gjennom substitusjon av fossilt brensel. Det anbefales også å gjøre følsomhetsanalyse. Det blir også understreket at substitusjon mellom bioenergi og fossilt brensel ikke alltid er 1/1. Det avhenger mye av hvilken teknologi som benyttes. En annen erfaring som er rapportert fra COST E9 er at akkumulert energi til produksjon av treprodukter er langt lavere enn det energipotensialet som finnes i treproduktene ved forbrenning av materialet, med andre ord at det er mer energi i trevirket enn det brukes i produksjonen av produktet.

2.4 Miljøbelastning fra treindustri

2.4.1 Forskningsprosjekter

I (Nordic Wood 1999) ble det hentet frem miljøparametre til nordiske trematerialer. I dette prosjektet ble det utarbeidet et "miljøinventeringsdokument" tilpasset treindustriens produkter og utviklet et system for å miljødeklare treindustriprodukter. I tillegg ble det laget miljødeklarasjoner type II for fem treproduktgrupper (trelast (inkludert høvellast), emballasje, tremøbler, tregulv og limtre). 43 nordiske bedrifter, i første rekke sagbruk, deltok i arbeidet sammen med de nordiske forskningsinstitusjonene DTI, NTI, VTT og Träteck.

Konklusjonen i prosjektet var at treindustrien i Norden i liten grad påvirket det ytre miljø i forhold til annen industri som produserer sammenlignbare produkter. Videre ble det funnet at det i hovedsak benyttes biobrensel til energiproduksjon i treindustrien og at utslipp til ytre miljø domineres av tømmervanning, røykgasser fra fastbrenselanlegg og avgasser fra transport. Avfall utgjøres først og fremst av aske.

Det kom også frem at treindustrien har behov for å øke sin miljøkompetanse, så vel for markedsrettet miljøarbeid som for kontinuerlig forbedring av sine prosesser og produkter, sett fra et miljøsynspunkt. Prosjektet anbefalte også å gå videre med sammenlignende studier av større konstruksjoner, for eksempel broer og fleretasjeshus.

CORRIM (Consortium for Research on Renewable Industrial Materials) ble startet i 1996, og kom i 2005 med resultatene fra fase 1 i en spesialutgave av Wood and Fiber Science (vol 37, December

2005). CORRIM inneholder store mengder LCI-data fra port til port. Disse data er for en lagt inn i en nasjonal database, U.S. LCI Database Project. Prosjektet er nå inne i fase II. Flere av delundersøkelsene i CORRIM er behandlet i denne litteraturgjennomgangen.

2.4.2 Pågående prosjekter

Det pågår en rekke prosjekter der det skal fremskaffes miljødata knyttet til tre, vurderes ulike metoder og verktøy for å inkludere bærekraftshensyn for skog og tre, samt miljøstyrt produktutvikling. MIKADO vil trekke på resultatene fra disse prosjektene.

Prosjektet "**Tre i by** - Hvilke mekanismer styrer materialvalget for større urbane byggverk?", forprosjekt avsluttet 2006 (Denizou et.al 2007). 3-årig hovedprosjekt 2008-2010. (NFR FoU-programmet TRE) SINTEF Byggforsk.

MOT – Morgendagens trevinduer – SINTEF Byggforsk. –treårig 2006-2009. (NFR FoU-programmet TRE) Utvikling av energieffektive trevinduer. I dette prosjektet skal det blant annet utarbeides miljødeklarasjomener for vinduer.

EFORWOOD- 2005-2009 Prosjektet skal ta for seg metoder og verktøy for å inkludere bærekraftsvurderinger for hele den europeiske skog og tre-kjeden.

Ecobuild- Svenska Provningsanstalten (SP) leder et kompetansesentrum innenfor område trebaserte materialer og produkter med KTH og et utvalg bedrifter, deriblant IKEA, Casco Adhesives, Akzo Industrial Coatings, Perstorp, Kebony ASA, Norrskog. Hensikten er å utvikle innovative og miljøeffektive sluttprodukter med høyere foredlingsgrad enn vanlige trebaserte produkter. Oppstart i 2006.

2.5 Miljøvurderinger av produkter av tre

2.5.1 Eksisterende litteraturgjennomganger

Werner & Richter (2007) har gjennomgått 20 år med litteratur som omhandler miljøbelastning gjennom livsløpet for bygningsartikler av tre. Undersøkelsen er delt inn i en rekke ulike produkter, i tillegg til ferdige bygningskonstruksjoner. Blant de undersøkte produktene er vinduer, isolering, gulv og veggkonstruksjoner.

Studiene varierte i fullstendighet (dvs. hvilke livsløpsfaser som var inkludert og vurderingsmetoder) og transparens (beskrivelse av metodiske antagelser, produktenes karakteristika, tilgjengelige data etc.)

I vurderingen ble bidraget fra hvert funksjonelt enhetlig produkt til en effektkategori sammenlignet.

Generelt viste undersøkelsen at treprodukter hadde bedre miljøegenskaper sammenlignet med lignende produkter med samme funksjon. Spesielt viste undersøkelsen at treprodukter har lite forbruk av ikke fornybare energikilder og kumulert energiforbruk. I tillegg var utslippene av klimagasser mindre enn sammenlignende produkter. Også avfallsmengden var mindre. På den annen side er treprodukter assosiert med et langt høyere forbruk av fornybare energibærere.

Impregnering er imidlertid mer kritisk i forhold til toksikologisk effekt og "smog" (avhenger av type trebeskyttelse) enn sammenlignende produkter. Nye generasjoner metallfrie impregneringsmidler ser ut til å ha lavere miljømessig innvirkning.

I en LCA vil forbrenning av treprodukter medføre et større effektbidrag på forsurening og eutrofiering, men energien kan gjenvinnes. Sammensatte treprodukter, som for eksempel sponplater, bruker større deler av råvarene enn saget tre, men har et større forbruk av fossile brensler i produksjon av fiber og spon, samt produksjon av additiver.

Werner og Richter påpeker også at det må til internasjonal satsning på:

- definisjoner av nasjonale standarder for bærekraftig kommersielt, infrastrukturelt og boligkonstruksjoner basert på LCA
- utdyping av god praksis veiledning for optimalisering av prosesser mot renere produksjon for alle sektorer og undersektorer rundt trematerialer
- integrering av miljøinformasjon i veiledninger og programvare som brukes av arkitekter, byggherrer og entreprenører

De viser til flere aktiviteter som må gjennomføres for holde på en miljøvennlig profil for tre. Blant de viktigste innsatsene som må gjennomføres er å vedlikeholde representative og pålitelige livsløpsregnskap langs hele verdikjeden for tre. Ellers anbefales det at det utvikles dekkende Productcategoryrules (PCR) for byggeprodukter og det må arbeides mer med å fastslå levetid på byggeprodukter.

Petersen & Solberg (2005) har gått gjennom case- studier hvor de sammenligner substitusjon mellom treprodukter og alternative materialer med fokus på klimagassutslipp. I denne studien ble det også undersøkt hva ulike studier sier om økonomiske og metodiske aspekter.

Alle de undersøkelsene som ble gjennomgått viste at tre er bedre enn alle andre materialer med hensyn på klimagassutslipp, i tillegg til avfallsmengdene og SO₂-utslippene er lavere. For forsurening, eutrofiering, dannelse av fotokjemisk ozon var resultatene mer varierte. I tillegg hadde impregnerte materialer negative resultater i forhold til toksikologi.

De gjennomgåtte studiene viser en forskjell i besparelse på CO₂ på 36-530 kg CO₂/m³ input av tre for sammenligningen tre-stål, mens det for tre-betong er en besparelse på mellom 93-1062 kg CO₂/m³ input av tre.

Petersen & Solberg (2005) peker imidlertid på at flere av undersøkelsene ville vært bedre dersom følsomhetsanalyser hadde vært gjennomført, spesielt i forhold til å bruke de undersøkte studiene i andre studier. Det blir også poengtert at tidsaspektet for CO₂ og andre innvirkninger over levetiden. Økonomiske aspekter som rører ved substitusjon av tre bør tas med. Dynamiske I/O-modeller som tar med pris, inntekter, teknologiendringer og konsekvenser vil føre til mer realistiske resultater i forhold til karbonbalansen fra skogen.

2.5.2 Gjennomførte LCA

Nordic Wood (1999) viser at de største utslippene til luft fra produksjonen av trelast i Norge kommer fra fyringsanlegg og intern transport. For utslipp til vann kommer avsig fra tømmerotmer og barklager. Den svenske undersøkelsen er mer detaljert i sin utførelse, men viser bl.a. en råvareutnyttelse på 46,8 %, som er tilnærmet lik den norske utnyttelsen. I miljødeklarasjon for saget trevirke er energiforbruket 1790 MJ/m³ saget virke.

Utslippene av CO₂ i bioenergiproduksjonen er regnet som 0 da trevirke regnes som klimanøytralt brensel, men er regnet med i forbrenning av olje i forbindelse med transporter etc. Av andre utslipp til luft er det medtatt VOC fra energiproduksjonen, mens utslippene av VOC fra tørkeproduksjonen (for eksempel terpenier) ikke er tatt med. Ellers er NO_x og CO₂-utslipp tatt med for alle typer forbrenninger.

Det gis ingen verdier for BOD² og COD³-utslipp til vann, kun for vannforbruk, men det presiseres at det for alle de undersøkte sagbrukene er snakk om utslipp til resipienter hvor utslippene ikke gjør skade. For aske er det hentet frem middelværdier fra de undersøkte sagbruk.

Milota et al. (2005) sammenligner livsløpsregnskapet for produksjon av trelast i vest og syd i USA. Undersøkelsen viste at hhv. 53 % og 41 % av tømmervolumet forlot sagbrukene som tørt, ferdig saget og høvlet tømmer. CO₂-utslippene i det ene sagbruket var høyere enn det andre, på grunn av at det var et høyere forbruk av biomasse som brensel her. Det ble videre identifisert at forbruket av energi og utslipp av gasser og partikler var størst i tørkeprosessen.

² BOD (biological oxygen demand). Mens COD er et anslag på hvor mye potensiell kjemisk energi det er i materialet, er BOD et uttrykk for hvor mye av denne energien mikroorganismer klarer å utnytte.

³ COD (chemical oxygen demand). Beskriver innholdet av organisk materiale i vann. Bestemmes ved å måle hvor mye oksygen som trengs for å oksidere materialet fullstendig til CO₂.

Petersen & Solberg (2002a) sammenligner, ved å kombinere LCA og økonomiske kostnader og diskontert globalt oppvarmingspotensial, bruk av stål og limtrebjelker på Gardermoen flyplass. I denne undersøkelsen kartlegges utslipp av klimagasser og energibruk over levetiden, beregning av unngåtte utslipp og kostnader ved substitusjon. Det er også gjennomført en analyse over hvilke faktorer som innvirker mest på resultatet.

Det totale energiforbruket ved produksjon av stål er 2-3 ganger høyere enn produksjon av limtre, og forbruket av fossile brensler er 6-12 ganger så høyt. I det mest sannsynlige scenarioet gir stål 5 ganger høyere utslipp av klimagasser enn limtre. Det ble også vist at avfallshåndteringen har stor effekt på utslippene, i tillegg til karbonfiksering i regenerert skog, dersom stålproduksjonen skjer fra malm eller skrapjern, og hvilken energikilde som benyttes.

I det mest sannsynlige scenariet unngås 0,24-0,31 tonn CO₂-ekvivalenter per kubikkmeter input av saget tre i limtreproduksjon dersom limtre brukes i stedet for stål, og 0,40-0,97 tonn CO₂-ekvivalenter dersom karbonfiksering i skog tas med.

Kristensen (1999) gjennomførte en vugge til grav LCA med sammenligning av lagerbygg oppført i limtre, stål og betong som reisverk. Det ble det funnet at limtrereisverk hadde 58 % og 64 % mindre utslipp av CO₂ ekvivalenter enn bruk av stål bruk av betong. Sammenlignet med betong konkluderte denne undersøkelsen med at limtre er bedre på forsuring og eutrofiering, men verre på fotokjemisk oksidant formasjon. Sammenlignet med stål var limtre rammeverk bedre på fotokjemisk oksidant dannelse, lik for forsuring og verre på eutrofiering. Limtrekonstruksjonen var svært ufordelaktig ved en klassifikasjonsfaktor for menneskelig toksikologi effekt og for økotoksikologi effekt.

Puettman et al (2005a) har gjort en vugge til port undersøkelse av treprodukter til boligformål. I undersøkelsen viser Puettman et al at dersom systemgrensene også omfatter uttak av råvarer, kommer 1/3 av energiforbruket fra fornybare ressurser. Dersom systemgrensene flyttes til port-til-port (det vil si at man kun ser på produksjonssteget) endrer andelen seg til hele 50 % for de fleste produkter og 75 % for enkelte treprodukter.

Zimmer & Kairi (2001) undersøkte Kerto-bjelken, hvor målet var å systematisk vurdere og evaluere miljøeffekter relatert til produksjon og bruk av Kerto-bjelken som er et "laminert bjelkeprodukt" (LVL). Det største bidraget til energiforbruk ble identifisert å være damping av tømmer, tørking av finer, liming og forpressing, men denne energien kommer utelukkende fra bioenergi. 16 % av det totale energiforbruket i produksjonen av Kerto var til produksjon av limet.

Puettmann et al (2005b) har gjort en port til port undersøkelse av limtre, hvor det er funnet av over 80 % av energiforbruket og emisjonene kommer fra produksjonen av limtre, mens de resterende bidragene tillegges biproduktene. Det er først og fremst i tørking og limproduksjon de største bidragene finnes.

I Kline (2005) er OSB-plateproduksjon undersøkt, og det ble funnet at det er gjennom emisjonskontroll av VOC at det høyeste forbruket av fossile brensler finner sted. Dette på grunn av den store andelen naturgass som går med i rensingen. 45 % av energiforbruket til produksjon av OSB ligger utenfor fabrikk, og at 68 % av energiforbruket utenfor fabrikk kommer fra produksjon av lim.

Rivela et al (2007) bruker ECOIndicator 99 metodikk for å kvantifisere miljøbelastningene for MDF-plateproduksjon i Spania og Chile. Livsløpsregnskapet viste at det var bearbeidingsfasen, hvor treflis blir levert og behandlet, som hadde den største belastningen i MDF-produksjonen. Behandlingen består blant annet av vasking, dampbehandling og tørking samt tilsetning av lim og voks. Denne prosessen er energikrevende, og har tilsetning av kjemikalier, og hadde dermed den største belastningen hva gjelder helse, økosystem kvalitet og ressurser (som alle er indikatorer i ECOIndicator 99). Undersystemene "Platepressing" og "Etterbehandling" har langt mindre miljøbelastning enn bearbeidingsfasen.

Følsomhetsanalysen viste at transport er en faktor som kan gi store utslag i en LCA, og dermed relevant i forhold til belastninger ved lange transportavstander.

Anbefalingen er å gjøre videre undersøkelser for å identifisere miljøbelastningene ved utvidet bruk, og å sammenligne ulike materialer for spesifikke bruksområder. Arbeidet til Rivela et al (2007) er ment å kunne ut i en database for treplateproduksjon.

Jarnehammar (2001) har gjort en case på parkett, hvor det viste seg at de høyeste bidragene i produksjonsfasen kom fra lakk- og limproduksjon, på tross av at det er små mengder som benyttes i forhold til det totale produktet.

Petersen & Solberg (2002b) har sett på energiforbruk, klimagassutslipp og kostnadseffektivitet ved bruk av gulvbord i heltre eik sammenlignet med fem alternative gulvløsninger. Dette har de gjort gjennom en kombinasjon av tradisjonell livsløpsvurdering og økonomisk investeringsteori. Fremstilling av en gulvkonstruksjon i tre krever 60 % mer energi, men forårsaker 65 % mindre klimagassutslipp enn fremstilling av en gulvkonstruksjon i skifer. På den annen side viser undersøkelsen at prisen per tonn CO₂-ekvivalenter er veldig høy når gulvbord i heltre substituerer linoleum og vinyl. Dette skyldes at ved høye rentekrav tillegges fremtidige klimagassutslipp liten vekt og forskjell i levetid får liten betydning. Mesteparten av usikkerheten i undersøkelsen er knyttet til avfallshåndteringen.

Gustavsson & Börjesson (2007) har gjort en undersøkelse av overflatebehandlingssystemer, to vanlige UV lakk og to voksbaserte systemer, derav en voks med fornybare råvarer. De voksbaserte systemene har en høy miljøprofil mot markedet. Undersøkelsen viste imidlertid at de voksbaserte systemene dårligere miljøprofil enn UV-lakkene. Årsaken til dette er at produksjonen av ingrediensene har høy miljøbelastning, i tillegg til hvordan behandlingen er og tørking. Studien påpeker også viktigheten av å se på både fossile og fornybare ressurser fra et livsløpsperspektiv.

Utfordringene

Schweinle (2007) forsøker å identifisere ulike kunnskapsbehov i forhold til trematerialer og energi. Kontinuerlig innovasjon av treprodukter er en utfordring for LCA. Biomasse og energi er et annet viktig aspekt som mangler kunnskap, for eksempel hvilken teknologi som er den beste for utnyttelse av bioenergi. Bruk av landområder er også et område hvor det gjenstår mye arbeid for korrekt å kunne beskrive i miljøvurderinger.

Werner & Nebel (2007) slår fast at mye forskning gjenstår, og viser til at selv om tre i seg selv har egenskaper som gjør det til et foretrukket material, er det en del innsatsmaterialer som lim, maling, lakk etc. gjenstand for negative miljøegenskaper. Kontinuerlig forbedring er nøkkelen for å holde på den positive oppfattelse av tre som et miljøvennlig materiale. Det pekes spesielt på potensialet for forbedring i tretørking og energiproduksjon fra biomasse (relatert til partikkelutslipp).

Utfordringene for fremtidig forskning vil ligge i kombinere økonomi, brukervalg og miljøvurderingsverktøy for å få et komplett bilde av klimapåvirkningene fra skog.

Werner & Nebel (2007) påpeker også at det per dags dato nesten er umulig å illustrere nøkkelfaktorer innen bærekraftig skogbruk i LCA, for eksempel positive og negative innvirkninger på biologisk mangfold. Årsaken til dette er at det ikke finnes noen internasjonal konsensus til hvordan regnskap og vurdering av fysiske påvirkninger av forbruk av land (land-use) og endringer som følge av det. Den hydrologiske syklus er også en fremtidig utfordring innen LCA. Tidsaspektene er også vanskelige å håndtere i LCA (for eksempel rotasjonstid for skog vs. service life for treprodukter), men enkelte undersøkelser viser at potensialet for miljøbesparelser kan være stort dersom man kan håndtere dette i fremtiden.

Trerelaterte EPDer

Internasjonalt mangler det både EPDer og PCRer for tretrelaterte produkter. Det virker i første rekke å være plateindustrien som har jobbet mest med miljødokumentasjon de siste årene, og både PCR og EPD finnes for denne produktgruppen. De oppgitte EPDer og PCRer er funnet i EPD-databaser som er tilgjengelig for allmennheten (www.gednet.com). Det er imidlertid sannsynlig at det finnes langt flere EPDer i omløp som ikke er registrert i noe database av ulike årsaker.

EPD:

- Wood Particleboard assorterte Tokyo Board Industries Co., Ltd. Japan
- Wood particle board - SAIB
- H-Vindu og ramme – Gjøvik Trevare
- Skyvedør – Gjøvik Trevare
- Balkongdør – Gjøvik Trevare

PCR:

- Saget tre (Trätec PSR 1999:1)
- Byggevarer
- Building boards (ferdig 2006)
- Windows and doors (ferdig 2007)
- Particle boards (Japan 2003 utgått på dato)
- Golvytmaterial, golvvåpning och golvlim (Sverige 1999).
- Flooring materials 1999:05
- Treated timber 2007:04
- Wood particleboards 2003:08

PCR for saget tre fra 1999 (Trätec 1999) er utdatert og følger ikke standarden for utvikling av PCR.

2.5.3 Innemiljø

Englund (1999) dokumenterer emisjon av flyktige organiske forbindelser (VOC) fra 5 ulike tresorter, furu, gran, bøk, eik og bjørk. Totalt ble det målt emisjoner av 41 prøver, og forsøkene viste at det er store forskjeller i emisjoner. Det ble både brukt grønne prøver (ikke tørket, direkte fra felling) og ferdig tørkede prøver. Prøvene ble målt med FLEC etter 3, 14, 28 og 4 mnd.

Fra bartrærne er terpenene de dominerende forbindelsene i emisjonene. Terpener er en samlebetegnelse av stoffer som utgjør hovedbestanddelen av de eteriske oljer i planteriket. Inneholder bl.a. stoffene 3-careen, α -pinen, β -pinen og limonen. 3-careen og α -pinen dominerer emisjonene fra furu. Hexanal ble også identifisert i mindre mengder. Emisjonstestene viste også at andel kjerneved øker VOC-emisjonene.

Generelt for alle prøvene var emisjonene var målingen etter 14 dager redusert til 87 % av 3 dagers målingen, etter 28 dager redusert til 70 % og etter 4 mnd redusert til 22 %.

α -pinen dominerer alle emisjoner fra gran, men totalemisjonene er lavere enn furu (10-20 ganger lavere for tørkede prøver, ca. halvparten for grønne prøver), men også hexanal og pentanal ble funnet i nesten alle prøvene. Emisjonene reduseres raskere enn for furu.

Hexanal dominerer i emisjonene fra bøk og bjørk.

Effekten av kvister ble undersøkt, uten at det ble påvist noen sikre bevis på at emisjonen øke med kvistinholdet. Det ble også vist at tørking med høyere temperaturer kun har en marginal effekt på emisjonsnivået i granprøver.

Tørking reduserer emisjonene av VOC kraftig. Gjennomsnittlig emisjon av VOC for grønn furu lå på ca 30 000 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$, som var redusert til 10 000 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ etter tørking ned til 19 %. For gran ble det målt en emisjon på 17 000 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ for grønt virke, som ble redusert til ca 600 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ etter tørking til 20 % fuktighet.

Emisjoner av flyktige organiske forbindelser fra Englund (1999), fire uker etter høvling er oppsummert i tabell 2.1.

Tabell 2.1 Emisjonene av flyktige organiske forbindelser fra (Englund 1999).

	Furu ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$)	Gran ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$)	Eik ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$)	Bøk ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$)	Bjørk ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$)
α -pinen	40-4000	25-150	X	X	X
β -pinen	5-250	3-30	X	X	X
3-careen	35-2300	0-25	X	X	X
Limonen	4-135	1-100	X	X	X
Hexanal	15-700	10-50	X	40-70	180-450
Pentanal	0-15	2-7	X	0-3	30-60
Eddiksyre	1-12	1-4	1-4	2-4	X
Furfural	X	X	1-4	-	-

Evaluering av emisjonene fra rene prøver av nordisk tre viser at nivåene på disse emisjonene ikke er ansvarlig for oppfattet, bygningsrelaterte helsebesvær.

I (Nordic Wood 1996) er 14 produkter av tre undersøkt ved hjelp av kammermetode under forhold som er vanlige i innemiljø. Produktene som ble undersøkt var heltreprodukter (bøk, furu, gran og bjørk), plater (bjørk finerplate med og uten plastfilm), tregulv (lakkert eik og oljebehandlet furu) og tremøbler (to stoler og en kontorplass).

Undersøkelsen inkluderte en kjemisk analyse av individuelle stoffer som emitteres fra treproduktene. For furu ble det også undersøkt variasjoner mellom ulike regioner.

I (Larsen et al. 1999) er det valgt ut 23 tre og trebaserte materialer hvor det er målt emisjoner. De kvantitative bestemmelsene er gjort ved kammermetoden hvor betingelsene tilsvarer det som er vanlig i et innemiljø.

De fleste emisjonene fra ubehandlet tre var aldehyder (spesielt acetaldehyd, propanal, butanal, pentanal og hexanal) og ketoner (acetone). Aldehydemisjonene varierte i størrelse mellom materialene. Formaldehyd var det viktigste enkeltstoff i urea-formaldehyd-limede produkter. I furu ble terpenener funnet i større konsentrasjoner.

Emisjonene fra de undersøkte overflatebehandlede materialene kom hovedsakelig fra olje- og lakkmidler, og omfattet først og fremst alkoholer, umettede aldehyder og ester. De fleste aldehydene som emitterer fra tre kommer fra både olje/lakk og trevirket selv.

En delundersøkelse omfattet fire varianter av furu fra ulike lokaliteter, og varierende innhold av kjerne- og yteved. Denne undersøkelsen viste betraktelige forskjeller i emisjonshastighet av spesielt 3-careen og α -pinen. Yteved fra sør-Sverige hadde eksempelvis nesten 3 ganger så høyt utslipp av monoterpenener enn yteved fra nord-Finland. Sammenligner man med resultatene fra (Englund 1999) viser generelt resultatene i Larsen et al. (1999) høyere emisjoner av monoterpenener

Larsen et al. (1999) måler også emisjoner fra sponplater, kryssfiner, MDF og OSB, og finner generelt lave VOC-verdier. Høyeste VOC-emisjoner finnes i OSB-plater. For sponplater og MDF er formaldehyd det dominerende forbindelsen, men også høyer verdier av hexanal og acetyldehyd. For OSB-plater er hexanal den dominerende forbindelsen.

Winter Funch (2002) har målt emisjoner fra to laminerte prøver (PRF og MUF-lim) etter 10 dager. Hovedemisjonene fra prøvene var acetaldehyd, hexanal, careen, limonen og α -pinen. Formaldehydemisjonene var størst for de MUF-limtre prøvene.

For overflatebehandlede trebaserte materialer stammer emisjoner i hovedsak fra oljer og lakker, fortrinnsvis alkoholer, umettede aldehyder, estre og glykoletre og -estre. Emisjoner av de fleste aldehydene kan spores til såvel lakk og olje som tre.

Forholdet mellom inneklimate og oppfattet velvære er studert av Simonson et al. (2001). De undersøkte fuktbevegelsene i trebygningers soveværelser i fire utvalgte europeiske byer og fant at fuktlaging i trebaserte materialer kan redusere fuktighetstopper gjennom natten og kjøle ned rommet når utendørstemperaturen øker.

2.6 Miljøstudier av bygg

Det er gjort flere miljøstudier av bygg, noen av disse er fulle livsløpsvurderinger (LCA), noen omfatter deler av livsløpet.

Bjørklund og Tillman (1997) har gjort studier av bygg med ramme/bæresystem i tre og betong. Det er gjort sammenligning av to ulike typer bygg, bolig- og lagerbygg over et livsløp på 50 år. Vurderingen ble gjort med tre ulike miljøvurderingsmetoder, EPS-metoden, Environmental theme method and Ecoscarcity method. Det ble ikke funnet noen store miljømessige forskjeller mellom de ulike konstruksjonene over hele livsløpet basert på at rivematerialet ble gjenvunnet (downcycling). Energi til oppvarming i driftsfasen utgjør en stor del av miljøbelastningen og gir dermed liten forskjell mellom de to rammene. Når man ser på produksjon av byggematerialer, kom bygg med teramme noe bedre ut.

Brunklaus og Baumann (2002) har sett på miljøstudier som sammenligner bruk av tre med andre materialer i bygg for å se på hvordan økt trebruk kan påvirke miljøet. Bakgrunn for studien er endrede krav i bygningslovgivingen i Sverige som åpner opp for bruk av tre i bygg over 2 etasjer. Studiene som granskes er i hovedsak livsløpsvurderinger (LCA) for hele bygg, totalt 7 LCA-studier og en annen studie. Studiene ser spesielt på metodikk for studien som funksjonell enhet, prinsipper for systemavgrensning, type data og miljøbedømmingsmetodikk, rapportenes kvalitet og studienes resultat. Det konkluderes med at studiene har ulik kvalitet, to blir vurdert til å være noe mangelfulle. Konklusjonen av studiene gir ulike svar på om tre er et miljømessig bedre alternativ ved bygging. Et par av studiene viser tydelig at tre er et miljømessig bedre alternativ enn materialer som betong, stål og tegl. Disse studiene har imidlertid noen mangler som definisjon av funksjonell enhet, datagrunnlag og et snevert utvalg av sammenlignende miljøaspekter. Resten av studiene, som omtales som "universitetsstudiene", vurderes å være av god kvalitet. Disse studiene ser ingen forskjeller mellom tre og andre byggematerialer over byggets livsløp. Betraktes kun bygging/produksjon av bygningene vises det at tre er et noe bedre miljøalternativ, men marginalene vurderes ikke å være store.

Swedish wood (2003) har gjort en undersøkelse av miljøvurderinger for bygg med bæresystem/ramme av tre, betong, stål eller kombinasjon av materialer. Studien trekker fram at valg av systemgrenser har stor betydning for å gjøre sammenlignende LCA. I disse studiene er det benyttet fire ulike kategorier for systemgrenser:

- vugge til grav, eksklusiv energigjenvinning og inkludert "feedstock" energi
- Vugge til grav, inkludert energigjenvinning og inkludert "feedstock" energi
- Vugge til grav, eksklusiv energi til driftsfasen og inkludert energigjenvinning
- Vugge til grav, eksklusiv energi i driftsfasen, energi til riving og energigjenvinning

Det er gjort sammenligninger av forskjell i energibruk og utslipp av drivhusgasser for alle studiene. Uavhengig av systemgrenser, er det mindre energiforbruk og utslipp av drivhusgasser for bygg med bæresystem av tre. Studien konkluderer med at økt bruk av tre vil ha positiv effekt på totalt energiforbruk og utslipp av drivhusgasser. Den peker også på at det er behov for en enighet om metoder, verktøy og data for LCA.

I (Wigenstad og Nesje 2005) henvises det til en rekke analyser på området, med spesiell fokus på massivtre. Tre som byggemateriale kommer generelt positivt ut i sammenlignende ressurs- og miljøanalyser i forhold til konkurrerende materialer som betong og stål. Men bruksfasen omhandles nesten ikke i disse analysene. Analyser som omhandler miljøregnskap, med fokus på ressursforbruk og utslipp, preges dessuten av usikkerhet i datagrunnlaget.

2.6.1 Energi og miljøbelastning i byggets levetid

Adalberth (2000) fant at ca. 85 % av total energibruk kommer i bolighusets beboelsesfase. Energi brukt til å produsere alle konstruksjonsmaterialer inkludert materialer til avfall er estimert til ca 15 % av det totale energiforbruket. (Fossdal 1995) så på energiforbruk i bolig og kontorbygg og fant at energiforbruket i driftsfasen utgjør 90-91 % av det totale energiforbruket for kontorbyggene og 92-93 % for eneboligene i tre, mens for en lettklinkerbolig utgjør driftsfasen 88 % av det totale

energiforbruket. Utslippene kommer derimot i det vesentligste fra produksjon av byggmaterialer. (Bjørklund og Tillmann 1997) fant samme trend, bruksfasen har størst påvirkning på bruken av energi i livsløpet til bolighus.

Sathre (2007) har sett på flere studier der man har sammenlignet ulike betong- og trekonstruksjoner mhp energibruk i driftsfasen. Differansen i driftsfasen vurderes å være svært liten.

Adalberth (2000) fant at 85 % av energibruken og 70 -90 % av miljøbelastningen kommer i bolighusets beboelsesfase. Hun fant videre at alle byggematerialene utgjør 10 – 20 % av den totale miljøbelastningen i livsløpet.

Thormark (2006) har gjort en studie av energibruk over livsløpet for lavenergihus. Det er sett spesielt på potensiale for gjenvinning av materialer og totalt energibruk over livsløpet. Operasjonell energi står for 85-95 % av den totale energibruken i vanlige bygg over livsløpet. Resten er bundet energi (bla materialer). Studier av lavenergihus viser at bundet energi kan utgjøre 40-60 % av den totale energibruken over livsløpet. Ved å endre design med hensyn på materialvalg kan den bundne energien reduseres med 17 % eller øke med 6 %. Reduksjonen skjer først og fremst gjennom substitusjon av materialer med høy energibruk ved produksjon og valg av gjenvinnbare materialer. Ved å velge gjenvinnbare materialer, er også form for gjenvinning og design for gjenbruk er avgjørende. Materialers levetid og vedlikeholdsintervaller påvirker også energibruket.

2.7 Materialvalg



Bilde 2.3. Ungdomsbolig av massivtre Hokksund.
Foto: Per Skogstad



Bilde 2. 4: Massivtre, Underberger Østerrike
Foto: Brendeland og Kristoffersen

Byggematerialer representerer en miljøbelastning i hele livsløpet til bygget, ved produksjon, i bruksperioden og ved avhending. Det er økende krav til dokumentasjon av byggematerialers miljøegenskaper blant annet gjennom TEK og nytt byggevaredirektiv.

Det finnes ulike verktøy for miljøriktig materialvalg som benyttes i bransjen. ECOproduct er et verktøy for miljøriktig produktvalg, utviklet av ECOBOX, Norsk byggtjeneste oda og SINTEF Byggforsk. Miljøvurderinger baseres seg på EPDer. Metoden er basert på doktorgrad ved SINTEF Byggforsk (Strand, 2005). Antall produkter i databasen er økende.

ECOproduct vurderer produktene egenskaper i henhold til fire parametre; inn klima, innhold av helse- og miljøfarlig stoffer, ressursbruk og drivhuseffekt. På hver av disse parametrene gis karakterene GRØNT (godt), GULT (akseptabelt) eller RØDT (dårlig). I Norwegian Wood byggeprosjekter skal minimum de 10 mest benyttede produktene i hvert prosjekt, samt alle kjemiske produkter (lim, fugemasse, impregneringsmidler, maling med mer) underlegges en miljøvurdering i henhold til ECOproduct (Norwegian Wood 2007). For de 10 mest benyttede produktene skal det gjøres en miljøvurdering i henhold til alle de fire parametrene. For kjemiske produkter skal det som et minimum gjøres en miljøvurdering for parameteren helse- og miljøfarlig stoffer (basert på dokumentasjon i HMS-datablader). I utgangspunktet aksepteres ikke produkter med dårligste karakter (rødt symbol) for noen av parametrene. Avvik må begrunnes.

Denizou et al. (2007) har gjennom et forprosjekt for Forskningsrådet/program "fellessatsning Tre" man sett på hvilke mekanismer som styrer materialvalg i større bygg og spesielt hva som styrer økt trebruk. I større urban bebyggelse er stål og betong det dominerende og mest brukte byggematerialet til bærende konstruksjoner. Til vegg og kledningsmaterialer i større bygg benyttes foruten stål og betong også en del glass og andre metaller. Tre som materiale har en relativt liten andel i bystrøk når det gjelder bærende konstruksjoner

Denizou et al. (2007) skriver videre at endringer i Tekniske forskrift til Plan- og bygningsloven åpnet fra 1997 for trehus over 4 etasjer, og det er gjennom nordiske og norske forskningsprosjekter utviklet løsninger for trehus i flere etasjer som tilfredsstillende bygningsmyndighetenes krav til lyd, brann, bæreevne, bestandighet osv. Det er også i de senere år utarbeidet rapporter og håndbøker om trehus i flere etasjer som prosjekteringsunderlag og prosjekteringsstøtte. Den nyeste er en håndbok utgitt som seks temahefter om lyd, brann, byggeteknikk / bærende konstruksjoner, installasjoner, miljø og prosjekteksempler (Byggforsk Håndbok 51, 2003). Likevel bygges det fortsatt få eller ingen prosjekter for boliger over 4 etasjer som er rene trebygg.

Forprosjektet (Denizou et al. 2007) konkluderer med at bruk av offentlige rammebetingelsene ligger godt til rette for økt trebruk. Bruk av tre i bærekonstruksjoner har imidlertid spesielle krav til dokumentasjon som krever spesialkompetanse. En felles karakteristik av prosessene som har ført til omfattende trebruk har vært engasjerte arkitekter og rådgivere i viktige faser i prosjekteringen. Der tre ikke er benyttet ser det ut til at estetikk og arkitekt styrt materialvalget. Miljøhensyn er ikke vurdert spesielt i rapporten. Mekanismer som styrer materialvalg vil bli sette nærmere på i et hovedprosjekt som igangsettes ved SINTEF Byggforsk i januar 2008.

2.8 Levetid, Trebeskyttelse, naturlig holdbarhet og overflatebehandling

Temaene i dette kapittelet omhandler bruksfasen av tre- og trebaserte produkter. Hensikten er å danne et grunnlag for scenarier for livsløpet for produkter det skal lages miljødeklarasjoner for i MIKADO. Innholdet i dette kapittelet er basert på Alfredsen et al. (2008).

2.8.1 Levetid

Teknisk forskrift (TEK) til Plan- og bygningsloven krever at produkttegenskaper som er av betydning for de grunnleggende kravene til byggverk skal være dokumentert. Levetid er en viktig produkttegenskap som skal dokumenteres før et produkt omsettes og brukes. Gode levetidsdata er helt avgjørende som grunnlag for verdifastsettelse av bygninger, tilstandsvurdering, forsvarlig vedlikehold og bruk av livssyklus kostnader, livsløpsvurderinger og miljødeklarasjoner. I tillegg vil økt levetid på bygningsdeler i tre kunne bidra til økt karbonbinding.

Levetid for bygg eller bygningsdel er definert som "tiden som bygget eller dets deler oppfyller krav til (ønsket) funksjon" Funksjonaliteten beskrives av valgte karakteristiske egenskaper med ytelser som kan måles. For eksempel kan bruddstyrke være et mål på det grunnleggende ytelseskravet om mekanisk styrke. Ytelsens variasjon med tiden, og kravet til ytelsesnivå, bestemmer levetiden (Haagenrud 2004).

ISO 15686 "Buildings and constructed assets - Service life planning" består av en serie av standarder som omhandler systematikk for levetidsplanlegging. I henhold til ISO 15686 defineres holdbarheten til en bygning eller bygningsdel som dens evne til å opprettholde sin funksjon over en bestemt tidsperiode og hvor den utsettes for påkjenning som forventes i praksis. Dette er en viktig forskjell fra hvordan holdbarhet til trevirke defineres. I henhold til standarden NS-EN 350 (Norges Standardiseringsforbund 1994) defineres naturlig holdbarhet til trevirke som: "Iboende motstand i tre mot angrep av treødeleggende organismer". Holdbarhet/levetid til et bygg eller en bygningsdel er imidlertid ingen iboende karakteristisk egenskap, men må relateres til funksjonalitet/målt ytelse over tid.

Når det gjelder trevirke finnes det mye data for de iboende egenskapene (fra laboratorie- og feltforsøk), men det er i dag stor usikkerhet knyttet til å kunne estimere levetid for treprodukter i praktisk bruk basert på disse dataene. En av grunnene til dette er at det til forskjell fra mange andre materialer er mikroorganismer (særlig råtesopper) som vanligvis gjør størst skade på trevirke i bruk. Dette er levende organismer, og deres aktivitet er avhengig av en rekke faktorer som kan være vanskelig å kvantifisere, samt at betydningen av en del faktorer er lite kjent (Brischke et al. 2006). Det er derfor behov for økt kunnskap for å kunne bidra til bedre dokumentasjon av levetid for bygningsdeler i tre. Dette gjelder særlig for nye produkter hvor erfaring med produktene i praktisk bruk er begrenset.

2.8.2 Miljøbelastning overflatebehandling

Det er ikke funnet litteratur som gjør sammenligning av miljøbelastning for ulike type overflatebehandling av tre- og trebaserte produkter. Det er gjort studier av tre- og trebaserte produkter som også omfatter overflatebehandling, se kap. 2.5.2.

Axelsson (1997) har gjort en livsløpsvurdering av maling for å gjøre en vurdering av hvordan malingen påvirker den totale miljøbelastningen til et malt produkt. Det er ikke gjort sammenligning av ulike malingstyper. Miljøbelastningen fra industrielt behandlet treverk er påvirket av innhold av organiske løsemidler i maling og lakk. Det er sett på en overflatebehandlet kjøkkendør i MDF eller sponplate. Her har platematerialet den største miljømessige belastningen unntatt for overflateozon. For innvendig maling så var studien fokusert på alkydmaling med organiske løsemidler og noe acrylmaling. Her var miljøbelastningen størst ved produksjonen av råmaterialer, unntatt for emisjoner av organiske løsemidler ved produksjon og utslipp ved transport.

2.8.3 Trevirkets holdbarhet

Trevirke er et biologisk nedbrytbart materiale. Biologisk nedbrytning av ved forårsakes av mikroorganismer (sopp, bakterier), insekter og marine treborere. Mikrobiologisk nedbrytning er ofte forårsaket av en suksesjon av bakterier, muggsopp, blåvedsopp og råtesopp. Nedbrytning av trekonstruksjoner forårsaket av insekter er et relativt lite problem i Norge. Alvorlig soppnedbrytning er forårsaket av brunrâte- og hvitråtesopp (basidiomyceter) eller av visse mykråtesopper (ascomyceter). Etter at det ble lagt restriksjoner på bruken av trebeskyttelsesmidler inneholdende CCA (krom, kobber og arsen), har fokus på å finne nye alternative miljøvennlige trebeskyttelsesmidler økt.

De to viktigste abiotiske faktorene som påvirker mikrobiell nedbrytning av tre, er fuktighet og temperatur. Ingen absolutt verdi er brukt i litteraturen for å angi kritisk nedre fuktighetsgrense for initiering av soppangrep, men verdien ligger et sted mellom 20 % trefuktighet og fibermetning. Fuktrisiko, dager med over 20 % fuktighet i veden, blir ofte brukt som en indikator i felttesting. Hvor denne grensen ligger avhenger selvfølgelig av sopparten. Optimum for brunrâte ligger på 30-70 % trefuktighet, og øker under nedbrytningsprosessen opp mot 150-250 %. Muggsopp kan vokse ved lavere fuktigheter. Når det gjelder temperatur, starter brunråtesopp sakte vekst ved 0 til 10 °C, optimum er mellom +15 og +40 °C avhengig av sopparten når relativ fuktighet er over 97-98 % (Viitanen og Ritschkoff 1991).

Andre viktige faktorer for økt holdbarhet er:

- Soppenes næringsforhold: svært avhengig av soppart
- Vedegenskaper: treslag, kjerneved i forhold til yteved, densitet, vekstrate, kvist, årring orientering og ekstraktivstoffmengde
- Kvalitet fra sagbruk og forhandler med tanke på håndtering og lagring
- Bygningsutforming og utførelse. Konstruktiv beskyttelse
- Interaksjoner med andre materialer
- Påføring av trebeskyttelsesmidler og overflatebehandling
- Makro- og mikroklima
- Vedlikeholdsintervaller

2.8.4 Soppskader i norske hus

I et samarbeid mellom Mycoteam og Skog og landskap er det gjort en sammenfatning av hvilke råtesopper som forekommer i norske hus (Alfredsen et al. 2005). Trettifem ulike arter/slekter/grupper ble registrert. Brunråtesopp var mer frekvent (77,4 %) enn mykråtesopp (19,2 %) og hvitråtesopp (3,4 %). Kjellersopp (16,3 %) og ekte hussopp (16 %) var de hyppigst registrerte artene. Arter av slekten hvitkjuke ble registrert i 18,4 % av funnene, mens gruppen barksopp sto for 18,4 % og mykråtesopp for 15,8 %. Undersøkelser av hvilke bygningskomponenter som var angrepet, viste at råtesoppsskadene var hyppigst i vegger (18,3 %). Skader i gulv utgjorde 13,4 % og tak 8,8 %.

2.9 Trebeskyttelse

Bruksområder for trematerialer kan deles inn på ulike måter. Nordisk Trebeskyttelsesråd (NTR) bruker følgende inndeling: over bakke og overflatebehandlet (B), over bakke (AB), i jordkontakt (A) og i marint miljø (M). I henhold til den europeiske standarden EN 335 kan man dele inn i følgende bruksklasser (tidligere kalt risikoklasser): 1 innendørs, 2 tildekket, 3 over bakken, 4 i jordkontakt/i kontakt med ferskvann, 5 i marine miljøer. De ulike bruksmiljøene fordrer ulike tiltak for å få lengst mulig levetid. Levetid kan deles inn i teknisk-, funksjonell- og estetisklevetid. Ofte skiftes materialer ut grunnet estetiske hensyn, lenge før den tekniske og funksjonelle levetiden er over. Man kan bruke ulike former for beskyttelse av tre. Da må man ta hensyn til bruksområder og ønsket levetid.

2.9.1 Naturlig holdbarhet

Den naturlige holdbarheten til et treslag er viktig når man skal tenke trebeskyttelse og bruk av trebeskyttelsesmidler. I henhold til den europeiske standarden EN 350-1 er naturlig holdbarhet ”den iboende motstanden til tre mot angrep av vednedbrytende organismer”. Ulike treslag har ulik motstand mot ulike vednedbrytende organismer. Både kjemiske virkestoffer og faktorer som er med på å redusere sorpsjon, vil influere på den naturlige holdbarheten. Kjerneved har ofte høyere andel bioaktive komponenter. I de nordiske landene er det en tradisjon for bruk av tre (hovedsakelig bartrær) som konstruksjonsmateriale, selv om den naturlige holdbarheten generelt ikke regnes som spesielt god. I det siste har det vært et økende fokus på bruk av ubehandlet tre og alternative treslag. Dette skyldes både interesse fra arkitekter og potensialet for å utnytte naturlig holdbarhet som et alternativ til trebeskyttelsesmidler. Dokumentasjon av holdbarhet er derimot nødvendig, og dette mangler vi fortsatt kunnskap om for en rekke av de norske treslagene. Skog og landskap har et prosjekt sammen med NTI hvor vi tester holdbarheten til norske løv- og bartreslag i laboratoriet, i jordkontakt og over bakken. Manglende erfaring med bruk av ubehandlet tre i og ved nye bygningsteknikker kan være en utfordring.



Bilde 2.5 Norske løv- og bartrær i over bakke-testing i Fana ved Bergen, et samarbeidsprosjekt mellom Skog og landskap og NTI. Vi ser at etter ett års eksponering er mange av fargeforskjellene mellom treslagene borte. Foto: Per Otto Flæte.

Vi har også noen utfordringer når det gjelder naturlig holdbarhet. Det er nå svært populært med ubehandlet kledning. Dette medfører et potensial for mye råteskader om ikke den konstruktive

beskyttelsen ivaretas nøye. Naturlig aldring kan skje kontrollert eller ukontrollert. Man får ikke stavkirke med gammelt stabburpatina etter 5 år. Det man høyst sannsynlig får er skjolder og fargeforskjeller på grunn av svertesopp. Dette vil jevne seg ut etter hvert. Kunnskap om gamle byggetradisjoner er viktig å ta vare på. Det vil med stor sannsynlighet dukke opp stadig flere klager på lafta hus som ikke oppfyller forventningene. De sprekker opp, og dimensjonene på tømmeret er ikke alltid gunstig. Gode lafta hus krever godt håndverk. Det er også viktig å huske på den store forskjellen mellom furu kjerneved og furu yteved. Kjerneved er relativt holdbar, yteved råtner fort ved tilføring av fukt. Gran råtner fort når den blir brukt i jordkontakt, men gran kan med hell brukes i kledning. Grana har den egenskapen at poreåpninger som lukkes etter tørking, gjør vannopptaket mye lavere. Tettvokst gran er testet på Skog og landskap. Det ble ikke funnet noen stor effekt på råteresistens i laboratorieforsøk, men en klar effekt med mindre fuktopptak med smalere årringbredde (Flæte & Alfredsen 2004). Mindre fuktopptak minsker risikoen for råteangrep.

2.9.2 Konstruktiv beskyttelse

Konstruktiv trebeskyttelse er essensielt ved bruk av tre i utendørs konstruksjoner. Riktig konstruksjon og utførelse er den beste beskyttelsen mot råteangrep. Man må ved utendørs bruk forutsette at vann og fuktighet kan komme inn i konstruksjonen. Derfor må man utforme byggedetaljer på en slik måte at vann og fuktighet kan komme ut, slik at treet tørker opp etter oppfukning. Det er viktig å unngå vannfeller i konstruksjonen, hvor vann samler seg og ikke kommer ut, eller gis mulighet til å tørke opp. Følgende råd for konstruktiv beskyttelse er gitt av (MoelvenWood 2005):

- Utformingen må være slik at vi unngår vannfeller og kapillæroppsuging i endeveden
- Forutsett at vann kan trenge inn, og utform detaljene slik at vann dreneres, og trevirket får anledning til å tørke ut
- Oppfukning er ikke farlig, dersom fukten får tørke ut
- Endeved bør beskyttes spesielt
- Bygg oversiktlige konstruksjoner slik at lekkasjer oppdages

Avstand fra mark er viktig for å hindre at kledningens nederste del står fuktig store deler av året. Endekapping av kledning er alltid en diskusjonssak. Det viktigste er at endene har fått en overflatebehandling slik at trecellene er lukket. Er de ikke det vil alle tre viste alternativer sugе vann. Behandling av endene er derfor meget viktig for å oppnå lang levetid på kledningen.

2.9.3 Overflatebehandling

Overflatebehandlet tre er tradisjonelt et fortrukket materiale i husfasader, rekkverk og gjerder. Økt konkurranse fra andre materialer som krever mindre arbeid på byggeplassen og mindre vedlikehold gjør det essensielt å videreutvikle overflatebehandlet tre som et konkurransedyktig produkt. Treverk benyttet i risikoklasse 1-3 (utendørs og overbakke) er ofte overflatebehandlet med ett eller flere produkter. Det er i risikoklasse 3 (kledning/fasader, terrasser mv.) at man har ekstra utfordringer med tanke på kvaliteten til en overflatebehandling. En god overflatebehandling skal i prinsippet oppfylle følgende funksjoner:

- Beskytte kledningsbordene mot råtesoppskader, svertesoppskader og nedbrytning fra UV-lys.
- Gi et pent utseende (glans og fargestabilitet).
- Gi lange vedlikeholdsintervaller.
- Utjevne fuktvariasjonene i kledningsbordene.

Både oljetynnede og vanntynnede overflatebehandlingssystemer blir benyttet i dag. De ulike typene av overflatebehandling systematiserer man gjerne slik:

- Oljetynnbar overflatebehandling
- oljemaling/dekkbeis/beis
- linoljemaling

- tretjære
- Vanntynnbar overflatebehandling
- akryl dekkbeis/maling
- hybridmaling (akryl/alkyd)
- slammaling (f. eks. Falurød)

For 10-20 år siden var råtesopp-skader i kledningsbord i trefasader et alvorlig og relativt omfattende problem. De vanntynnbare akrylmalingene av mindre god kvalitet var i hovedsak årsaken til dette. Pr. i dag er råtesopp-skader et minimalt problem i trefasader, siden man bl.a. har fått gode grunningsprodukter med effektive fungicider. Svertesoppvekst på overflaten av utvendig kledning er nå et langt mer alvorlig problem, og har stor utbredelse. Malingsindustri, treindustri og ulike forskningsmiljøer har de senere år gått sammen om å belyse denne problemstillingen. På den måten ønsker man å utvikle trefasader med forbedret holdbarhet og samtidig sikre at tre også i fremtiden er det naturlige valget når fasademateriale skal velges.

Jevnlig rengjøring er foreløpig det mest effektive tiltaket for å holde svertesoppveksten på malte flater på et minimum. Spesielt er dette viktig før man går i gang med en overmaling. Når man velger å oppføre bygg med trefasader, er det viktig å velge et stabilt treunderlag, og deretter bevisst tenke systembehandling når overflatebehandlingen iverksettes. *Systembehandling* vil si at man bygger opp en film med grunning, mellomstrøk og toppstrøk. Grunningen inneholder fungicider, og skal dermed beskytte mot sopp. Mellomstrøket er sjiktet som skal beskytte, stabilisere og gi et godt grunnlag for neste sjikt. Toppstrøket er et rent slitesjikt eller offersjikt.

I prosjektet "Overflate- og systembehandling av tre brukt utendørs" (Jacobsen 2007) er egenskapene til industrielle overflatebehandlingssystemer og råtehemmende impregneringsmidler testet. På test av kledning viste det at de vanntynnbare overflatesystemene som er testet har til dels mye bedre holdbarhet ved påvirkning av UV-lys, regn og kulde enn et standard oljebasert system med ett strøk grunning og to toppstrøk. Ut fra testresultatene vil man anslå at holdbarheten, dvs tid før vedlikehold vil være ca 10 år.

2.9.4 Impregnering

Tradisjonell trebeskyttelse besto av tjæreoljebaserte systemer som kreosot, organisk løselige midler som pentaklorfenol eller vannbårne arsener som CCA. Det ble innført restriksjoner i bruk av CCA (kobber, krom, arsen) fra 1. oktober 2002. Det er forbud mot å importere, eksportere, omsette, ta i bruk eller gjenbruke alle typer produkter av trevirke impregnert med krom eller arsen. Unntatt er trevirke brukt i næringsvirksomhet, hvor det av hensyn til sikkerhet er nødvendig med god beskyttelse mot råte. Kreosot og CCA-impregnert virke er nå også definert som farlig avfall. CCA var et "universal middel" som kunne brukes i de fleste utendørs konstruksjoner i ulike konsentrasjoner. Produksjonen i 1999 var på ca. 278 000 m³, hvor 224 000 m³ var for overbakkebruk. Produksjonen av kreosotvirke var på ca. 19 000 m³.

Andre generasjon trebeskyttelse for privat bruk er kobberorganiske blandinger. Mange av de nye kobberorganiske systemene lekker mer kobber enn CCA-impregnert virke. Dette skyldes fravær av krom, som i CCA-systemet delvis oksiderer lignocellulose og gir sterke bindinger for kobber. Kobber er ikke like toksisk som krom og arsen, men akkumulering av kobber har noen negative miljøaspekter, spesielt for vannlevende organismer. Det blir trolig restriksjoner på bruk av kobber. Avfallshåndtering av kobberimpregnert virke vil også skape utfordringer.

Tredje generasjon trebeskyttelse er ikke-metalliske biocider, stoffer utvunnet fra naturlige råstoffer og tremodifisering. Mange metallfrie biocider er utviklet for landbruksformål, for senere å bli testet som trebeskyttelsesmiddel. De er ofte selektive i mikrobiologisk aktivitet, og kombinasjoner av biocider vil ofte måtte brukes. De er oftest dyrere enn CCA, og de fleste er ikke vannløselige. Eksempler på bruk av naturlige råstoffer for trebeskyttelse er kitosan og talloljer. Kitosan utvinnes fra kitin, et polymer ekstrahert fra restprodukter fra skaldyr. I motsetning til kitin er kitosan løselig i vann under mildt sure forhold (pH5), og har blitt funnet å virke hemmende på soppvekst. Tallolje er et biprodukt fra celluloseproduksjon ved sulfatprosessen fra furuved. Den kjemiske sammensetningen varierer med treets alder, art, geografisk lokalisering og behandling før og under

celluloseproduksjonen. Tallolje er med på å øke holdbarheten. En av årsakene er trolig at den begrenser vannopptak.

2.9.5 Modifisering av tre

Det har blitt jobbet med tremodifisering de siste 50 årene, men det har vært en sterk vekst de siste årene. En bred definisjon av tremodifisering (Hill 2006) er prosesser som endrer og bedrer egenskapene til tre uten bruk av gift. Det kan være en biologisk, kjemisk eller fysisk endring av materialeegenskapene med mål om å forbedre virkesegenskapene og forlenge levetiden. Det modifiserte trevirket skal:

- ikke være giftig eller skille ut giftige stoffer ved bruk
- ikke frigi giftige stoffer som avfall eller ved resirkulering
- virkemåten skal være ikke-toksisk

Generelle virkemåter for modifisert tre kan være at:

- OH-gruppe byttes ut, slik at spesifikke enzymer utskilt fra sopp ikke gjenkjenner substratet
- Fysisk blokkering
- Senkning av likevektsfuktigheten

En bedre definisjon av modifisering er basert på virkemåte (Hill 2006):

- Aktiv modifisering: resulterer i endring av kjemiske egenskaper i materialet
- Passiv modifisering: endringer i egenskaper er en effekt, men uten endringer i materialets kjemi

Tabell 2.2 angir ulike typer modifisering.

Tabell 2.2 Inndeling av ulike typer tremodifisering (fra Hill 2006)

	Type	Klasse
Aktiv	Kjemisk	Cellevegg
	Termisk	Overflate
Passiv	Impregnering	Cellevegg
		Fyller cellevegg
		Fyller lumen

Kjemisk modifisering

Definisjon på kjemisk modifisering er: Reaksjon mellom en kjemisk reagens og vedpolymerer, og dannelse av en kovalent binding.

Reaksjon mellom reagens og OH-gruppe som kan endre egenskapene til trevirket. Det kan dannes en enkel kjemisk binding eller kryssbinding mellom to eller flere OH-grupper.

Eksempler på kjemisk modifisering: eddiksyreanhydrid – acetylering, karboksylsyre, syreklorid, isocyanat, epoxid, alkylhalid, aldehyd, cyanoetylering og beta-propiolactone, furfurylering og DMHDEU.

Termisk modifisering (varmebehandling)

Definisjonen på termisk modifisering er: Bruk av varme på trematerialer for å skape en ønsket forbedring i materialenes ytelse.

Basert på begrenset termisk spalting av aktive grupper i vedstrukturen som frigjøres som VOC (volatile organic compounds) eller fanges i strukturen og repolymeriserer. Gir delvis pyrolyse av trevirkets kjemiske komponenter med økende temperatur. Ulik effekt mellom ulike arter, den mest åpenbare forskjellen er mellom bar- og løvtrær hvor man får høyere massetap for løvtrær enn bartrær. Økende temperatur gir endringer i makromolekylær sammensetning som gir mer vektapp og fargeendringer. Over 180 grader får man generelt store tap, men det er også avhengig av type prosess. Hemicellulose tap fører til økt krystallinitet i veden og endringer i struktur. Cellulose brytes

ned først ved høye temperaturer, men trolig små endringer også ved lavere temperaturer. Tap av polysakkarider leder til økning i lignininnhold. Lignin tåler varme godt, men får også her mindre endringer selv ved lave temperaturer. Ekstraktiver: ved 100-160 grader vandring av fett og voks i aksialt parenkym mot overflaten. Over 180 grader forsvinner fett og voks fra overflaten. Harpiks kan holde seg i kjernen mellom 100-180 grader, men blir borte over 200 grader. Lagring i overflaten kan føre til lommer som må høvles bort.

Det finnes en rekke prosesser og selskaper involvert i termisk modifisering. ThermoWood (Stora, Finnforest, Finland), Plato (PLATO BV, Nederland), Retification (New Option Wood, Frankrike) La Bois perdure (BCI-MBS, Frankrike) og Oil Heat Treatment (Menz Holz, Tyskland). ThermoWood har kommet lengst i kommersialiseringsprosessen. Et fellestrekk er behandling av sagd tømmer ved høy temperatur mellom 160°C and 260°C.

Impregneringsmodifisering/passiv modifisering

Passiv modifisering er en form for impregnering. Forskjellen her er at man impregnerer med en monomer som blir polymerisert *in-situ*, det vil si at det oppstår ingen kjemiske forbindelser mellom trestrukturen og det aktive stoffet, men stoffet blir mekanisk fiksert i trestrukturen. Eksempler på dette er uorganisk silanimpregnering og impregnering med monomerer og polymerer (for eksempel kitosan).

2.10 Avfall/gjenvinning

I COST ACTION E31 anslås mengde avfallstre i Norge til å være 248 460 tonn årlig (Merl. et al 2007). Med avfallstre menes her treavfall som oppstår som f.eks emballasje og bygge- og anleggsavfall. Ca 5 % går til materialgjenvinning, 70 % går til energigjenvinning, 9 % går til deponering, 2 % til kompostering, mens 17 % går til ukjent formål. Statistikken er basert på usikre tall, men gir likevel en indikasjon på at håndtering av avfallet. I Europa i dag er det sterk konkurranse mellom aktører som ønsker å utnytte avfallsvirke til forbrenning og produsenter av sponplater.

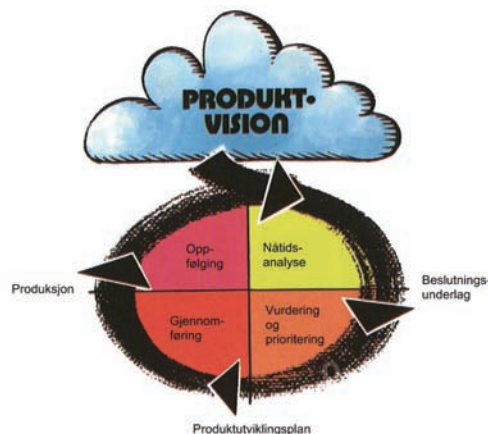
(Sathre 2007) har også sett på ulike type håndtering av avfall/restprodukt. Gjenbruk/gjenvinning av tre gir en ekstra utnyttelse av trematerialet og vil bli viktig i fremtida. Eksempel på slik utnyttelse er ombruk av tre og bruk av treflis i sponplater eller som flis. I et slikt scenario vil design for gjenbruk være et viktig, slik at treprodukter i bygg er tilrettelagt for framtidig gjenbruk.

(Rivela et al 2006) har gjort en studie av to ulike scenarier for gjenvinning av sponplater som benyttes i midlertidige konstruksjoner (markeder og lignende). I scenario 1 går avfallet/flis til sponplateproduksjon. Produksjon av sponplater skjer med ordinær energibruk. I scenario 2 skjer sponplateproduksjon med ordinær flis, mens avfallsflis fra sponplater går til produksjon av bioenergi til produksjonen. Basert på undersøkelsene gjennom ECOindicator 99 metoden, ser scenario 1, der man benytter avfallsvirke til produksjon av sponplater ut til å være det miljømessig mest fordelaktige.

2.11 Miljøstyrt produktutvikling (MPU)

Blir også kalt "Miljøriktig produktutvikling" og "Integrering av miljøhensyn i produktutvikling".

(Beyer et al 2001) er en metode for miljøstyrt produktutvikling av treprodukter laget av Trätec og gjeldende innen treindustrien. Arbeidet er en videreutvikling av svenske NUTEKS (Verket för näringslivsutveckling) MPU-program. Rapporten viser hvordan produktets miljøpåvirkning kan måles og brukes til kontinuerlig å bedre et produkts miljøprofil, med andre ord hvordan miljøstyrt produktutvikling kan utføres.



Figur 2.1 – Träteks MPU-metode (Beyer et al. 2001)

Träteks MPU-metode kobler miljøledelsessystem med et produktorientert livsløpsperspektiv for å få frem ett integrert og operasjonelt miljøverktøy.

Metoden beskriver først hvordan man lager en produktvisjon. Denne utføres for å spesifisere hvilke funksjoner produktet har. Deretter starter en "nåtidsanalyse", hvor man identifiserer betydningsfulle miljøaspekter og krav/ønskemål fra interessenter på produktene i et livsløpsperspektiv. Disse parametrene skal i det videre arbeidet fungere som beslutningsgrunnlag for den miljøstyrte produktutvikling. Deretter følger en vurdering og prioritering for å få frem ideer til hvordan produksjonen kan forbedres. I gjennomførelsesfasen kommer bedriften til å lage en prototype eller begynne å produsere det forbedrede produktet i stor skala. Siste fase, oppfølgingsfasen, er delt opp i to deler, dels oppfølging av det forbedrede produktet, dels oppfølging av det gjennomførte arbeidet. Oppfølgingen skjer hovedsakelig ved å ta frem nøkkeltall som viser miljøprestasjonen før og etter forbedringen. Dette er en syklus som kan repeteres uendelig, eller tas frem ved jevne mellomrom for å gjøre tilpasninger etter krav fra interessenter.

Det finnes en rekke systemer som kan brukes omkring miljøstyrt produktutvikling. GRIP skriver om flere ulike satsninger som er i nærheten av det Trätec-metoden beskriver (GRIP 2007):

"Produktorientert miljøstrategi (POMS/ IPP): En strategi som går ut på å velge ut et spesielt produkt eller en produktgruppe (alternativt en spesiell bransje), og se på dette produktets miljøbelastning over et livsløpsperspektiv. Tilpasset de spesielle produktene skal så et sett miljøpolitiske virkemidler utarbeides, med den hensikt å maksimere kostnads- og styringseffektiviteten."

"Livsløpsbasert miljøledelse: (eng.: Life Cycle Management/LCM): Betegner et totalkonsept, eller en paraply, for metoder og verktøy for miljøarbeidet i en bedrift. Prinsippet går ut på å integrere livsløpsstegene i alle aktiviteter og styringssystemer, og samarbeide med aktører i hele verdikjeden for å oppnå maksimal miljøgevinst. Viktige verktøy som inngår i LCM er bl.a. miljøstyring, økodesign og miljødokumentasjon."

"(Økodesign er en) utforming av miljøeffektive produkter som maksimerer kundens tilfredshet gjennom funksjonell og attraktiv design, samtidig som miljøbelastningen reduseres gjennom hele livsløpet ved egnet valg av løsning, materialer, teknologi og produksjonsmetoder. Med miljøeffektivt menes her størst mulig verdiskapning med minst mulig miljøbelastning. Med produkter menes både varer og tjenester."

Forskjellen på MPU og økodesign er at sistnevnte også fokuserer på industrideign, inkludert formgivning og estetikk.

I 2003 kom GRIP ut med *GRIP økodesign - en veileder i miljøeffektiv produktutvikling for industrideignere og andre produktutviklere* som hadde til hensikt å hjelpe dem som ønsket å lage mer miljøeffektive produkter. Metoden kan lastes ned gratis fra GRIPs nettsider, og inkluderer en sjekkliste på norsk og engelsk, spiderwebdiagram og miljødokumentasjonsskjema.

Kicherer et al (2007) beskriver en metode for å vurdere et produkts økoeffektivitet gjennom å kombinere livsløpsvurderinger (LCA) og livssyklus kostnader (LCC) via normalisering.

I 2002 kom den ISO teknisk rapport innen 14000 serien kalt ISO/TR 14062 Miljøstyring - Integrering av miljøhensyn i produktutvikling. Denne tekniske rapporten er et verktøy for å integrere miljøaspekter i produktdesign og utviklingsprosesser. Dokumentet dekker strategier, organisering, planlegging, verktøy og design- og utviklingsplaner som virker sammen med eventuelle eksisterende styringssystemer. I Quella (2002) beskrives filosofien bak den tekniske rapporten. Det skal brukes godt kjente og eksisterende produktutviklingssystemer. Den tekniske rapporten skal beskrive hvordan man integrerer miljø, og en forutsetning for å bruke den er at et system allerede eksisterer eller ledelsessystemer som 9001 eller 14001. Den skal heller ikke henvende seg mot eksperter, og alle personer involvert i prosessen skal bruke den. Den inneholder praktiske eksempler for å illustrere industripraksis. Planlegging er avgjørende, og må ikke stoppe ved fabrikkport. Kost/nytte betraktninger er også en sentral del av filosofien. Det er også et krav om at ingen sertifikater skal følge denne tekniske rapporten. Quella & Schmidt (2002) beskriver innholdet og praktiske løsninger i ISO TR 14062 mer i detalj.

3 Vurdering og oppsummering

I MIKADO- prosjektet skal det utarbeides miljødeklarasjoner (EPD) for tre- og trebaserte produkter. Det skal samles inn miljødata over tre- og treprodukters livsløp, fra skog til sagbruk, videre til ferdig produkt, bruksfase og avhending.

Det er per i dag utviklet standarder for livsløpsvurdering og miljødeklarasjoner. I tillegg til metodikk innen miljøkommunikasjon om miljøstyrt produktutvikling. Sentralt i arbeidet med miljødokumentasjon kan følgende standarder trekkes frem:

- ISO 21930 Sustainability in building construction - Environmental declaration of building products
- NS-EN ISO 14040 Miljøstyring - Livsløpsvurdering - Prinsipper og rammeverk
- NS-EN ISO 14044 Miljøstyring - Livsløpsvurdering - Krav og retningslinjer

I tillegg vil følgende standarder ha betydning for det videre arbeidet innen dette prosjektet:

- NS-ISO 14063 Miljøstyring - Miljøkommunikasjon - Retningslinjer og eksempler
- ISO/TR 14062 Miljøstyring - Integrering av miljøhensyn i produktutvikling

Det er for tiden satt i gang et større arbeid på horisontale standarder innen bygg- og anleggsværet som kommer til å få betydning for miljøsertifisering og krav i fremtiden. CEN/TC 350 skal sørge for en standardisert frivillig tilnærming for leveransen av miljøinformasjon på byggevarerprodukter, og vurdere miljøprestasjonen til bygninger, og i det hele tatt den integrerte ytelsen av bygningen i et rammeverksdokument.

CEN/TC 351 utvikler horisontale standardiserte vurderingsmetoder for en harmonisert tilnærming relatert til frigjøring og/eller innhold av regulerte farlige stoffer. Den henvender seg mot utslipp til inneluft og utslipp til jord, grunnvann og overflatevann.

Skogsertifisering er et verktøy for å dokumentere at skogene forvaltes på en bærekraftig måte i tråd med avtalte standarder, dvs. konkrete retningslinjer for hvordan skogen skal drives bærekraftig. På verdensbasis er det to forskjellige systemer for sertifisering av skog, FSC og PEFC. Norges system med skogsertifisering gjennom ISO 14 000 i henhold til Levende Skog standarden oppfyller kravene fra PEFC. Skogsertifisering tas i dag i liten grad inn i en LCA, dette bør ses videre på i MIKADO.

3.1 Lover og forskrifter

Krav til miljødokumentasjon er nedfelt i en rekke lover og forskrifter. I tillegg får Norge og treindustrien føringer som følge av europeisk lovgiving (direktiver).

Loven om offentlig anskaffelser (Lovdata 2001) stiller krav til at det ved planlegging av den enkelte anskaffelse skal tas hensyn til miljømessige konsekvenser av anskaffelsen. Denne bestemmelsen ble innført i norsk regelverk i 2001.

I forhold til byggverk, så krever dagens regler (TEK) dokumentasjon av alle produkttegenskaper som medvirker til at byggverket tilfredsstiller de grunnleggende krav til helse, miljø og sikkerhet. Hvilke produkttegenskaper som skal dokumenteres, er avledet av de kravene som stilles til det ferdige byggverket. Egenskapene som skal dokumenteres, vil avhenge av produktets sluttbruk.

Som følge av nytt europeisk energidirektiv (EU-direktiv 2002/91/EF om bygningers energiytelse) ble energikravene i tekniske forskrifter til plan- og bygningsloven (TEK) revidert i 2007 og skal redusere samlet energibehov i nye bygninger med cirka 25 %.

Gjennomføring av EUs deponidirektiv fra 1999 gir Norge stadig strengere krav til utførelse av deponier (bunntetting, sigevann osv) og begrensninger på hva som tillates deponert. SFT har jobbet med et forslag om å forby deponering av biologisk nedbrytbart avfall som papir, trevirke og tekstiler og slam som trer i kraft 1. juli 2009.

EUs nye kjemikalieforskrift (REACH) innebærer felles registrering og regulering av nye og eksisterende kjemiske stoffer. REACH vil føre til at alle bedrifter får mer grunnleggende kjennskap til kjemiske stoffers helse- og miljøskadelige egenskaper, samt et større selvstendig ansvar for forsvarlig håndtering av de kjemiske stoffene.

3.2 Skog, livsløpanalyser og CO₂-binding

Det er gjennomført flere studier knyttet til skog og LCA- problemstillinger. Det kan ofte være vanskelig å vurdere resultatene fra ulike studier fordi de er basert på ulike forutsetninger. Det synes å være behov for flere grundige studier av hvordan ulike former for skogbruk og produktutnyttelse påvirker miljøet. Dette gjelder kanskje i første rekke binding/utslipp av klimagasser hvor skog og skogprodukter både kan bidra til betydelig binding av CO₂, men også kan bidra til CO₂-utslipp ved ufornuftig forvaltning av skogressursene.

Skog i vekst tar opp CO₂ og binder karbon gjennom fotosyntesen ved produksjon av biomasse. Bindingen av CO₂ i norske skoger ble i 2005 beregnet til 29,9 millioner tonn. CO₂-bindingen økte med 85 % fra 1990 til 2005. Til sammenligning ble de samlede utslippene av klimagasser i Norge i 2005 beregnet til 54,2 millioner tonn CO₂-ekvivalenter. Den betydelige økningen i CO₂-binding skyldes økt netto tilvekst i norske skoger.

Nyere undersøkelser peker i retning av at den største samlede reduksjonen i CO₂-utslipp til atmosfæren oppnås ved å drive et intensivt skogbruk. Dette er basert på forutsetninger om at biomassen fra skogen benyttes til å substituere mer energikrevende produkter, samt til substitusjon av fossilt brensel. Samfunnet krever imidlertid i dag at skogbruket drives bærekraftig, noe som blant annet ivaretas gjennom skogsertifisering. Det kan synes som om at et intensivt skogbruk for maksimal reduksjon av CO₂-utslipp kan komme i konflikt med en del av kravene som er satt til et bærekraftig skogbruk gjennom dagens skogsertifisering.

Resultater fra Sverige viser at energiforbruket for å fremskaffe en fastkubikk meter tømmer til industrien er lavere enn 200 MJ. Dette inkluderte alle prosesser fra planteproduksjon til tømmeret var levert på industritomt. Av det totale energiforbruket utgjorde tømmertransport (fra velteplass i skogen til industritomt) om lag halvparten. Energiforbruk i forbindelse med hogst og utkjøring (både tynning og sluttavvirking) utgjorde om lag 30-40 %. Skogkultur/skogskjøtsel (flaterydding, markberedning, planting, avstandsregulering og gjødsling) og planteproduksjon (frøproduksjon og plantedyrking) utgjør den minste andelen av energiforbruket. Samlet sett er miljøbelastningene i hovedsak knyttet til forbrenning av fossile brenslere.

Det er gjort flere studier av CO₂-balansen for tre- og trebaserte produkter, blant annet i (Sathre 2007) og (Gustavsson 2006). Disse studiene inkluderer hele material- og produktlivsløp og fra fossile brenslere i materialproduksjon, substitusjon av fossile brenslere med biomasse fra tømmerhogst, sagbruk, bygging og riving, karbonlagring i skog og produkter og prosessreaksjoner fra sementproduksjon. Energi- og CO₂-regnskapet for bygninger med bæresystem/ramme kommer bedre ut enn bygg med bæresystem/ramme av betong. Utnyttelse av biproduktene fra produksjon av treprodukter inn i energiforsyningssystemer gir størst utslag på CO₂-balansen for bygg med bæresystem av tre.

Vurdering

I arbeidet med MIKADO-prosjektet bør man gå ut i fra at man gjennomfører et bærekraftig skogbruk, det vil si gjennomført i henhold til gjeldende standarder. CO₂-binding i skog og treprodukter vil bli tillagt mindre vekt, da dette ikke tas inn i tradisjonelle livsløpsvurderinger i dag.

Resultater fra Sverige viser at energiforbruket for å fremskaffe en fastkubikkmeter tømmer til industrien er lavere enn 200 MJ. Til sammenligning utgjør energiforbruk på sagbruk per m³ saget virke 1790 MJ/m³ (Nordic Wood 1999). Fastkubikkmeter tømmer og saget virke er ikke direkte sammenlignbart, men gir likevel indikasjon på at energiforbruket for uttak av tømmer utgjøre en relativt liten andel av totalt energiforbruk for produksjon av treprodukter. Det bør ses nærmere på tall for miljøbelastning fra skogbruk opp mot total miljøbelastning for tre- og trebaserte produkter, da tilgjengelig data ikke er sammenlignbare.

Bruk av biprodukter fra produksjon av tre- og trebaserte produkter påvirker energi- og CO₂ regnskap for bygg i en svært positiv retning. Disse undersøkelsene er i stor grad hentet fra Sverige, der man i større grad utnytter biproduktene. I MIKADO bør man se på hvordan biproduktene utnyttes i Norge i dag og muligheter for økt utnyttelse.

3.3 Levetid, trebeskyttelse og naturlig holdbarhet

Gode levetidsdata for bygg og bygningskomponenter er helt avgjørende som grunnlag for bestemmelse av livssyklus kostnader, livsløpsanalyser og miljødeklarasjoner. I tillegg vil økt levetid på bygningsdeler i tre kunne bidra til økt karbonbinding. Trevirke er et materiale som er utsatt for biologisk nedbrytning. Slik nedbrytning kan være vanskelig å predikere, og det kan derfor være en utfordring å skaffe til veie gode levetidsdata for bygningsdeler i tre. En annen utfordring er å finne miljøvennlige trebeskyttelsesmetoder som bidrar til økt levetid.

Vurdering

Det er funnet lite sammenstilte data som viser miljøbelastning for ulike typer overflatebehandling av tre- og trebaserte produkter, det er imidlertid gjort noen livsløpsvurderinger (se LCA tre- og trebaserte produkter). I MIKADO-prosjektet bør det innhentes miljødata for overflatebehandling samt scenarier for levetid og vedlikeholdsintervaller.

3.4 LCA tre- og trebaserte produkter

Det er skrevet en del vitenskapelige skrifter omkring hvilken metodikk som er mest hensiktsmessig i livsløpsvurderinger av treprodukter. Blant annet har Jungmeier (2002b) vist at følgende allokeringer er mest praktisk i forhold til LCA av treprodukter.

- Skog: masse eller volum
- Sagbruk: masse eller volum og nettoinntekt
- Treindustri: masse eller nettoinntekt

Det er gjennomført en rekke miljøvurderinger av treprodukter de siste 10 år. I de undersøkte studiene viser hovedvekten av studiene at tre er det beste alternativet under flere effektkategorier i et miljø- og livsløpsperspektiv.

Ressursforbruket er i all hovedsak fornybare ressurser. I et vugge-til-port perspektiv består ressursforbruket av 99 % fornybare råvarer ifølge Nordic Wood (1999).

For basisproduktet skurlast er den primære energikilden i treindustrien er bioenergi. I følge Nordic Wood (1999) står bioenergiforbruket av rundt 70 % av det totale energiforbruket, mens elektrisitetsforbruket ligger mellom 17-24 %. Det resterende forbruket ser man i transportleddet og oljefyring.

Det er også registrert lavere akkumulert energiforbruk i produksjonen av skurlast enn i produksjon av andre materialer.

Treprodukter har lave CO₂-utslipp i produksjonsfasen, takket være at bioenergi er CO₂-nøtralt brensel, og har dermed lave bidrag av drivhusgasser til atmosfæren.

Forbrenning av biprodukter fra treindustrien eller treprodukter kan i seg selv ha noen negative effekter på effektkategoriene forsurening og eutrofiering sammenlignet med andre energikilder. Energien fra forbrenningen av biprodukter og rivningsvirke kan utnyttes til andre formål. Ved utarbeidelse av en miljødeklarasjon (EPD) fra vugge- grav er det vanlig å allokere denne energiutnyttelsen til den som gjør seg nytte av energien.

Ved videreforedling viser flere undersøkelser at store bidrag til miljøegenskapene oppstår utenfor sagbruk. Flere undersøkelser viser bl.a. at produksjon av lim er energiintensiv. For eksempel viser en miljøvurdering at 45 % av energien til produksjon av OSB-plater ligger utenfor fabrikk (Kline 2005). For parkettproduksjonen finner man de høyeste bidragene i flere effektkategorier fra lakk- og limproduktene. Tre som er impregnert med kreosot eller CCA scorer dårlig på effektkategoriene økotoksikologi.

Tre har naturlige emisjoner av flyktige organiske forbindelser (VOC). Emisjonene er størst i furu, hvor de dominerende forbindelsene er 3-carene og α -pinen. α -pinen dominerer alle emisjoner fra gran. Evaluering av emisjonene fra rene prøver av nordisk tre som ble gjort i Englund (1999) viser at nivåene på disse emisjonene ikke er ansvarlig for oppfattet, bygningsrelaterte helsebesvær.

Ved videreforedling av treprodukter er det spesielt formaldehydemisjonene som øker. Formaldehyd var det viktigste enkeltstoff i urea-formaldehyd-limede produkter.

Emisjonene fra de undersøkte overflatebehandlede materialene kom hovedsakelig fra olje- og lakkmidler, og omfattet først og fremst alkoholer, umettede aldehyder og ester.

Det finnes en rekke frivillige merkeordninger som skal identifisere inneklimatevnlige materialer, men det finnes ingen harmoniserte systemer for merking i Europa, og det er flere ulike definisjoner på TVOC. Majoriteten av ordningene er likevel basert på ECA rapport 18, blant annet den tyske AgBB-ordningen. I Norden er den danske inneklimatemerkingen og den finske inneklimatemerkingen mest brukt. Ny europeisk standard NS-EN 15251:2007 "Inneklimateparametre for dimensjonering og vurdering av bygningers energiytelse inkludert inneluftkvalitet, temperatur, belysning og akustikk" angir veiledende krav for de samme parametrene som den finske inneklimatemerkingen.

Det er også gjort undersøkelser på temperatur og fuktighet innendørs, hvor resultatene viste at tre med ubehandlet flate har gode fuktbufningsegenskaper, som igjen gir lavere temperatursvingninger over døgnet.

Vurdering

Det foreligger ikke mange miljødeklarasjoner (EPD) for tre- og trebaserte produkter og svært få er utarbeidet etter ny standard ISO 21930. Det mangler også produktkategoriregler (PCR) for enkelte tre- og trebaserte produkter, herunder trelast. PCR for trelast vil bli utarbeidet i MIKADO.

Følgende allokeringer har vist seg mest praktisk i forhold til LCA av treprodukter:

- Skog: vekt eller volum
- Sagbruk: vekt eller volum og nettoinntekt
- Treindustri: vekt eller nettoinntekt

Det synes å finnes gode data på energiforbruk i treindustrien, spesielt bruk av bioenergi som kan dras nytte av i MIKADO.

Miljøbelastningen for videreforedlede produkter kan i stor grad påvirkes av overflatebehandling og lim. Dette bør ses nærmere på i MIKADO.

Det er relativt god kunnskap om emisjoner fra tre- og trebaserte produkter. I MIKADO vil det bli gjennomført emisjonstester av et utvalg produkter.

3.5 Livsløpsvurdering av bygg

Det er gjort flere miljøstudier av bygg, noen av disse er fulle livsløpsvurderinger (LCA), noen omfatter bare deler av livsløpet. Bjørklund og Tillmann (1997) har gjort LCA-studier av bygg med ramme/bæresystem av tre og betong. Det ble ikke funnet store miljømessige forskjeller mellom ulike konstruksjoner over hele livsløpet. Energibruken over livsløpet utgjør en stor miljøbelastning og utgjør liten forskjell mellom rammene. Brunklaus og Baumann (2002) har sett på ulike miljøstudier der bruk av tre sammenlignes med andre byggematerialer. Miljøstudiene er i hovedsak livsløpsanalyser for bygg, totalt 7 LCA-studier og en annen studie. Her har man spesielt vektlagt å se på metodikk for studien, som funksjonell enhet, systemavgrensning, type data og miljøbedømmingsmetodikk. Flere av studiene vurderes å ha mangler i forhold til metodikk. De ulike studiene gir ulike svar på om tre er et miljømessig bedre alternativ enn andre materialer. Studiene som vurderes å ha god kvalitet ser ingen forskjell mellom tre og andre byggematerialer over byggets livsløp. Bjørklund og Tillmann (1997) og Brunklaus og Baumann (2002) konkluderer begge med at hvis man kun ser på produksjonen av byggematerialer kommer bygg med treramme noe bedre ut.

Swedish Wood (2003) har gjort en sammenlignende miljøvurdering med fokus på energibruk og utslipp av drivhusgasser. Det er benyttet ulike systemgrenser i studien, uavhengig av systemgrenser er det mindre energiforbruk og utslipp av drivhusgasser for bygg med bæresystem av tre.

Wigenstad og Nesje (2005) konkluderer også med at tre som byggemateriale kommer positivt ut i en sammenliknende ressurs- og miljøanalyse i forhold til konkurrerende materialer som betong og stål, men bruksfasen er ofte utelatt i disse analysene. Basert på disse studiene ser det ut til å være behov for enighet om metoder, verktøy og datagrunnlag for LCA.

Adalberth (2000), Fossdal (1995) Bjørklund og Tillmann (1997) fant alle at driftsfasen har størst andel av energibruken over livsløpet. Totalt utgjør energibruk i driftsfasen ca 85 % - 90 % av total energibruk. Sathre (2007) har sett på flere studier der man har sammenlignet ulike betong- og trekonstruksjoner mhp. energibruk i driftsfasen. Differansen i driftsfasen vurderes å være svært liten. I følge studier fra (Adalberth 2000) og (Fossdal 1995) utgjør energi brukt til å produsere byggematerialer ca 10-15 % av det totale energiforbruket over livsløpet. Thormark (2006) har gjort en studie energibruk over livsløpet for lavenergihus. I lavenergihus kan bundet energi (energi til produksjon av byggematerialer) utgjøre 40-60 % av den totale energibruken over livsløpet. Reduksjonen av bundet energi kan først og fremst skje gjennom substitusjon av materialer med høy energibruk ved produksjon og valg av gjenvinnbare materialer. Ved å velge gjenvinnbare materialer, er også form for gjenvinning og design for gjenbruk er avgjørende. Materialers levetid og vedlikeholdsintervaller påvirker også bygningers energibruk over livsløpet.

Vurdering

Det er gjort svært mange studier som sammenligner ulike typer bygg og konstruksjoner. Resultatene av studiene er avhengig av metode og systemgrenser som er valgt, og kan bli viktige i arbeidet med å utvikle scenarioer i MIKADO.

3.6 Avfall

Gjennom COST ACTION E 31 anslås mengde avfallstre i Norge til å være 248 460 tonn årlig. Ca 5 % går til materialgjenvinning, 70 % går til energigjenvinning, 9 % går til deponering, 2 % til kompostering, mens 17 % går til ukjent formål. Sathre (2007) og (Rivela et al. 2006) har sett på ulike type håndtering av avfall/restprodukt. Der avfallsvirke går til materialgjenvinning vurderes å være det miljømessig mest fordelaktige fremfor forbrenning av avfallsvirke.

Vurdering

Bruk av avfallstre representerer en ressurs dersom den går til material- eller energigjenvinning, og dette bør studeres nærmere i MIKADO.

3.7 Miljøstyrt produktutvikling

Det er gjort en del arbeid på miljøstyrt produktutvikling (MPU) ved utarbeidelse av standard og verktøy for produktutvikling. Mest interessant Träteks MPU-metode og den tekniske rapporten ISO/TR 14062 Miljøstyring - Integrering av miljøhensyn i produktutvikling. I Norge har GRIP arbeidet med verktøy innen økodesign, og har publisert en veileder for dette.

Vurdering

Det vil bli gjort ytterligere arbeid knyttet til miljøstyrt produktutvikling i MIKADO, i tett samarbeid med industripartnerne i prosjektet.

4 Konklusjon og videre forskningsbehov

Det er behov for data for tre- og trebaserte produkter som dekker hele livsløpet. Det er et klart behov for ytterligere forskningsaktivitet i Norge som ytterligere kan klargjøre hvordan bruk av trevirke påvirker miljøet. Noe av denne forskningsaktiviteten vil være aktuell som en del av MIKADO, mens annet vil måtte gjennomføres i andre prosjekt.

4.1 Videre arbeid i MIKADO:

Miljødeklarasjoner (EPD) og livsløpsvurderinger

I regi av MIKADO skal det utvikles miljødeklarasjoner for et utvalg tre- og trebaserte produkter i MIKADO. Dette innebærer at det også må utvikle produktkategoriregler (PCR) der dette mangler. Videre skal aktuelle livsløpsscenarioer for tre- og trebaserte produkter utvikles og evalueres.

Skogbruk

Det bør ses nærmere på tall for miljøbelastning fra skogbruk (fra frø til sag) opp mot total miljøbelastning for tre- og trebaserte produkter.

Utnyttelse av biprodukter fra tre- og trebaserte produkter

I MIKADO bør man se på hvordan biproduktene (skogbruk, flis og avfallsvirke) fra produksjon av tre- og trebaserte produkter utnyttes i Norge. Det bør også ses på muligheter for økt utnyttelse av biprodukter og vurdering opp mot andre hensyn som f.eks biologisk mangfold.

Levetid/vedlikehold

Miljøbelastningen for videreforedlete produkter kan i stor grad påvirkes av overflatebehandling og lim. Dette bør ses nærmere på i MIKADO ved å:

- Innhente miljødatadata for ulike typer overflatebehandling, lim og ev. andre tilsetninger
- Utvikle scenarier for levetid og vedlikeholdsintervaller

Innemiljø

I MIKADO skal det gjennomføres emisjonstester av tre- og trebaserte produkter for å gi økt kunnskap og dokumentasjon av inneklimategenskaper/emisjoner fra tre- og trebaserte produkter.

Miljøstyrt produktutvikling

Det vil bli gjort ytterligere arbeid knyttet til miljøstyrt produktutvikling i MIKADO-prosjektet.

4.2 Øvrige forskningsbehov

CO₂-regnskap

Det er et behov for å øke kunnskapen omkring CO₂ –lagring og balanse i skog og trekonstruksjoner/-bygg. Det er spesielt sentralt å få frem kunnskap om hvordan ulike skogbrukstiltak og bruk av tre og trebaserte produkter påvirker CO₂-regnskapet.

Livsløpsvurderinger (LCA)

LCA er et sentralt verktøy for å avdekke miljøkvaliteter for produkter, konstruksjoner, deler av og hele bygg som har samme funksjonelle enhet. Det er dermed et stort behov for å videreutvikle metoder for LCA og gjøre flere LCA-studier for bygningsdeler og bygninger.

Per i dag er ikke biologisk mangfold inkludert i miljødeklarasjoner. Dette krever en videreutvikling av LCA-metoder og -verktøy.

Referanser

- Adalberth 2000.* Energy use and environmental impact of new residential buildings. LTH Lund
- Aldentun, Y. 2002.* Life cycle inventory of forest seedling production – from seed to regeneration site. *Journal of Cleaner Production* 10(1): 47-55.
- Alfredsen, G, Solheim, H, Jenssen, K M. 2005.* Evaluation of decay fungi in Norwegian buildings. The International Research Group on Wood Protection IRG/WP 05-10562
- Alfredsen, G., Asbjørnsen, B.R., Fløte, P.O. & Larnøy, E. 2008.* Miljøeffekter ved bruk av tre. Sammenstilling av kunnskap om tre og treprodukter. Oppdragsrapport fra Skog og landskap (In press)
- Axelsson, Ulrik 1999.* Livscykelanalys av färg. Institutt for vatten og luftvårdsforskning (IVL)
- Berg, S. og Lindholm, E-L. 2005.* Energy use and environmental impacts of forest operations in Sweden. *Journal of Cleaner Production* 13(1): 33-42.
- Beyer G, Haggarsson J-E, Johansson R 2001.* Miljöstyrd Produktutveckling i träindustrin. Trätek, Rapport P 0103008
- Bjørklund, T, og Tillman, A-M. 1997.* LCA of Building Frame Structures- Wood and Concrete. CTH Sverige
- BNL 2007,* Nasjonal handlingsplan for bygg- og anleggsavfall 2007-2012.
- Brischke, C., Bayerbach, R. & Rapp, A.O. 2006.* Decay-influencing factors: A basis for service life prediction of wood and wood-based products. *Wood Material Science and Engineering* 1
- Brunklaus og Baumann 2002.* Vad innebär ett ökad träbyggande i Sverige för miljön ? Chalmers tekniska högskola.
- Byggforsk 2000.* 470.101 Livsløpsvurdering av bygninger og byggematerialer. Fig 21. Byggforskserien
- Byggforsk 2001.* 470.103 Miljømerker og deklarasjoner. Byggforskserien.
- Byggforsk 2003.* Fleretasjes trehus. Håndbok 51
- Byggevaredirektivet 1989.* EU direktiv 89/106/EEC.
- Bygningsdirektivet 2002* EU-direktiv 2002/91/EF om bygningers energiytelse
- Covington, W.W 1981.* Changes in the forest floor organic matter and nutrient content following clear cutting in northern hardwoods. *Ecology* 62: 41-48.
- Currie, W.S. 1999.* The responsive C and N biogeochemistry of the temperate forest floor. *Trends in Ecology & Evolution* 14: 316-320.
- Currie, W.S., Yanai, R.D., Piatak, K.B., Prescott, C.E. & Goodale, C.L. 2002.* Processes affecting carbon storage in the forest floor and in downed woody debris. In: Kimble, J.M., Heath, L.S., Birdsey, R.A. & Lal, R.(eds.) *The Potential of US Forest Soils to Sequester Carbon and Mitigate the Greenhouse Effect.* pp 135-157
- Denizou, Karine et. al 2007.* Tre i by- hvilke mekanismer styrer materialvalget for større urbane byggverk ? KMB-forprosjekt (NFR) ” Fellessatsning tre”.

Dixon, R.K., Brown, S., Houghton, R.A., Solomon, A.M., Trexler, M.C., Wisniewski, J. 1994. Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science* 263: 185-190.

Ecolabel 2008 Hjemmeside for miljømerkene Svanen og Blomsten www.ecolabel.no.

Englund, F 1999. Emissions of Volatile Organic Compounds (VOC) from Wood Träteck

Eriksson, E., Gillespie, A., Gustavsson, L., Langvall, O., Olsson, M., Sathre, R. & Stendahl, J. 2007. Integrated carbon analysis of forest management practices and wood substitution. *Canadian Journal of Forest Research* 37: 671- 681.

Erlandsson M 1996 . Methodology for Environmental Assessment of Wood-Based Products. Träteck, Rapport I 9608070.

Flæte, P.O. & Alfredsen, G. 2004. Gran som ubehandlet utvendig kledning. Glimt fra skogforskningen 8/04.

Forsberg, M. 2003. Transportsamordning Nord – analys av returtransporter. Skogforsk. Arbetsrapport nr. 529. 30 pp.

Fossdal, Sverre 1995. Energi- og miljøregnskap for bygg. Fremstilling av byggematerialer.

GRIP 2007. <http://www.grip.no/Felles/begreper.htm> - 2007-12-17

Gustavsson L, Pingoud K & Sathre R. 2006. Carbon Dioxide Balance of Wood Substitution: Comparing Concrete- and Wood-Framed Buildings. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*

Gustavsson LM, Börjesson P 2007. Life Cycle Assessment in Green Chemistry. A Comparison of various Industrial Wood Coatings. *Int J LCA* 12 (3)

Hill, C.A.S. 2006. Wood modification. Chemical, thermal and other processes. John Wiley & Sons Ltd., Chichester.

Haagenrud, S.E. 2004. Definisjoner, etablering og bruk av levetidsdata for bygg og bygningsdeler. Byggdetaljblad 700.307, Byggforskserien. Sintef-Byggforsk.

Ikkonen, E.N., Kurets, V.K. Grabovik, S.I. & Drozdov, S.N. 2001. The rate of carbon dioxide emission into the atmosphere from a southern Karelian mesooligotrophic bog. *Russian Journal of Ecology*, 32(6): 382-385.

IPCC 2007a. Intergovernmental Panel on Climate Change. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report.

IPCC 2007b. Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fourth. Assessment Report.

Jacobsen, Bjørn 2007, Overflate- og systembehandling av tre brukt utendørs. Rapport nr 62 Norsk treteknisk institutt.

Jarnehammar A 2001. Life Cycle Assessment of Wood Products in EU-project Life Sys Wood – Case Study Multi-Layer Parquet Flooring. COST Action E9 Life cycle assessment on forestry and forest products.

Johnson, D.W. & Curtis, P.S. 2001. Effects of forest management on soil C and N storage: meta analysis. *Forest Ecology and Management* 140: 227-238.

Jungmeier G, McDarby F, Evald A, Hohenthal C, Petersen A-K, Schwaiger H-P and Zimmer B 2003. Energy aspects in LCA of Forest Products. Guidelines from COST Action E9. *Int J LCA* 8 (2)

Jungmeier G, Werner F, Jarnehammar A, Hohenthal C, Richter K 2002. Allocation in LCA of Wood-based Products. Experiences of Cost Action E9. Part I. Technological and Geographical Differences. *Int J LCA* 7 (5)

Jungmeier G, Werner F, Jarnehammar A, Hohenthal C, Richter K 2002. Allocation in LCA of Wood-based Products. Experiences of Cost Action E9. Part II. Examples. *Int J LCA* 7 (6)

Kaipainen, T., Liski, J., Pussinen, A & Karjalainen, T. 2004. Managing carbon sinks by changing rotation length in European forests. *Environmental Science & Policy* 7: 205-219.

Kephalopoulos, S., et.al. 2005, Harmonisation of indoor material emission labeling systems in the EU, Inventory of existing systems, Report 24, European Collaborative Action Urban air, Indoor environment and human exposure – Environment and Quality of life, EUR 21891 EN,

Kicherer A, Schaltegger S, Tschochohei H, Ferreira Pozo B 2007: Eco-Efficiency. Combining Life Cycle Assessment and Life Cycle Cost via Normalization. *Int J LCA* 12 (7)

Kline E D 2005. Gate-to-gate life-cycle inventory of oriented strandboard production. *Wood and Fibre Science* 37 CORRIM Special Issue 74-84

Kristensen, T. 1999 LCA of warehouse frame. Paper LCA of product no. 2. LIFE-SYS WOOD. Norwegian Institute of Wood Technology.

Larsen A, Frost L, Winter Funch L 1999. Emission af flgtige organiske forbindelser fra træ træbaserede materialer, møbler og inventar. Miljøstyrelsen

Lindholm, E-L. & Berg, S. 2005. Energy requirement and environmental impact in timber transport. *Scandinavian Journal of Forest Research* 20: 184-191.

Liski, J., Pussinen, A., Pingoud, K., Mäkipää, R. and Karjalainen, T. 2001. Which rotation length is favourable to carbon sequestration? *Canadian Journal of Forest Research* 31: 2004-2013.

LMD 2007. Norsk skogpolitikk. Landbruks- og matdepartementet. 19 pp.

Lovdata 2001, Lov om offentlige anskaffelser 01.07.2001

Lovdata 1993, Produktkontrolloven, substitusjonsplikten endret 1999

Löfgren, B. & Berg, S. 2003. Syntetisk bränsle från skogsråvara - ett miljövänligt alternativ till diesel. Resultat från Skogforsk 15. 4 pp.

Merl, Adolf D et al 2007. Amounts of recovered wood in Cost E31 Countries and Europe. European Cost E31 Conference. Management of Recovered Wood.

MD 2007. Miljøverndepartementet. Miljø og samfunnsansvar i offentlige anskaffelser. Handlingsplan 2007-2010

Milota M R, West C D and Hartley I D. 2005. Gate-to-gate life-cycle inventory of softwood lumber production. *Wood and Fibre Science* 37 CORRIM Special Issue 47-57

Miljøstatus.no 2007. Artikkel om Deponidirektivet.

Minkinen, K., Korhonen, R., Savolainen, I. & Laine, J. 2002. Carbon balance and radiative forcing of Finnish peatland 1900-2100, the impacts of drainage. *Global Change Biology* 8:

MoelvenWood 2005. Trebeskyttelse. Temahefte 2. Moelven Wood/Optimera Proff. 52 pp.

Nordic Wood 1996. Emission from Wood Based Products. DTI

Nordic Wood 1999. Miljødeklarasjon av treindustriens produkter. Hovedrapport. Norsk Treteknisk Institutt, Rapport 37

Norges Standardiseringsforbund 1994. NS-EN 350. Tre og trebaserte produkters holdbarhet. Holdbarhet av heltre. Del 1: Prinsipper ved prøving og klassifisering av den naturlige holdbarheten av tre. Del 2: Holdbarhet og impregnerbarhet av utvalgte tresorter av betydning i Europa.

Norges Standardiseringsforbund 2007. NS-EN 15251:2007. Inneklimaparametre for dimensjonering og vurderinger av bygningers energiytelse inkludert inneluftkvalitet, temperatur, belysning og akustikk.

Norwegian wood 2007. Kvalitetskriterier Norwegian wood, www.ecobox.no

Perez-Garcia, J., Lippke, B., Comnick, J. & Manriques, C. 2005. An assessment of carbon pools, storage, and wood products market substitution using life-cycle analysis results. *Wood and Fiber Science* 37, Corrim Special Issue: 140-148.

Petersen A K, Solberg B 2005: Environmental and economic impacts of substitution between wood products and alternative materials : a review of micro-level analyses from Norway and Sweden. *Forest Policy and Economics* 7 (2005) 249-259

Petersen A K, Solberg B 2002a: Greenhouse gas emissions, life-cycle inventory and cost efficiency of using laminated wood instead of steel construction. Case: beams at Gardermoen Airport. *Environmental Science & Policy* 5 (2002) 169-182

Petersen AK & Solberg B 2002b: Energiforbruk, klimagassutslipp og kostnadseffektivitet ved bruk av gulvbord i heltre eik sammenlignet med fem alternative gulvløsninger. Rapport fra Skogforskningen 2002

Petersen, A.K. & Solberg, B. 2002c. Greenhouse gas emissions, life-cycle inventory and cost-efficiency of using laminated wood instead of steel construction. Case: Beams at Gardermoen airport. *Environmental Science & Policy* 5: 169-182.

Puettmann et.al 2005a. Life-cycle analysis of wood products: Cradle-to-gate LCI of residential wood building materials. *Wood and Fibre Science* 37 CORRIM Special Issue 18-29

Puettmann et. al 2005b. Gate-to-gate life-cycle inventory of glued-laminated timbers production. *Wood and Fibre Science* 37 CORRIM Special Issue 99-113

Quella F og Schmidt W-P 2003. Integrating Environmental Aspects into Product Design and Development – The New ISO TR 14062 – Part 2: Contents and Practical Solutions. Gate to EHS: Life Cycle Management – Design for Environment.

Quella F 2003. Integrating Environmental Aspects into Product Design and Development – The New ISO TR 14062 – Part 1: Executive Summary. Gate to EHS: Life Cycle Management – Design for Environment

- Raymer, A.K.P et al. 2005a. GAYA-J/C: A forest management optimisation model with a complete carbon flow account. Manuskript i doktoravhandling*
- Raymer, A.K.P., Gobakken, T., Hoen, H.F. & Solberg, B. 2005b. Optimal forest management and cost-effectiveness when increasing the carbon benefit from a forest area. A case study of Hedmark County in Norway. Manuskript i doktoravhandling: 23 s.*
- Rex E , Baumann H 2007. Individual Adaptation of Industry LCA practice: Results from Two Case Studies in the Swedish Forest Products Industry. Int J LCA 12 (4)*
- Rivela, B et al 2006. Life cycle assessment of wood wastes: A case study of ephemeral architecture. Science of The Total Environment, Volume 357*
- Rivela B 2007. Life Cycle Inventory of Medium Density Board. Int J LCA 12*
- RTS 2008. The building information foundation, Finland. www.rts.fi*
- Sathre, R. 2007. Life-cycle energy and carbon implications of wood-based products and construction. Thesis for the degree of Doctor of Philosophy. Ecotechnology and Environmental Science, Department of Engineering, Physics and Mathematics, Mid Sweden University, Östersund, Sweden.*
- Sathre, Roger 2007. Life- cycle energy and carbon implications of wood-based products and construction. Mittuniversitet Sverige*
- Schlamadinger, B. & Marland, G. 1996. The role of forest and bioenergy strategies in the global carbon cycle. Biomass and Bioenergy, 10(5-6)*
- Schweinle J 2007: Wood & Other Renewable Resources: A Challenge for LCA. Int J LCA 12 (3) 141-142*
- Seppala, J. et al 1998. Forest industry and the environment: a life cycle assessment study from Finland. Resources, Conservation and Recycling 23(1-2)*
- SFT 2007 Artikkel Reachdirektivet www.sft.no*
- SFT 2007, Ny forskrift om byggavfall. Byggeindustrien nr 16- 2007*
- SFT 2007. Reduksjon av klimagasser i Norge. En tiltaksanalyse for 2020. Statens forurensningstilsyn. 88 pp.*
- Simonson, CJ, M Salonvaara and T Ojanen. 2001. Improving indoor climate and comfort with wooden structures. Technical Research Centre of Finland. Espoo, Finland. 200 pp.*
- SINTEF 2007. Veiledning om produktgodkjenning. www.sintef.no/byggforsk*
- SSB 2006. Statistikk Bygg og anleggsavfall www.ssb.no*
- Statens bygningstekniske etat 2006, Produktdokumentasjon temaveiledning. Melding HO-3/2006*
- Statens bygningstekniske etat 2007, Energi- temaveileder H0-1/2007*
- Strand, S M 2005. Doktorgrad ” The MaSe decision support system”. NTNU*
- Swedish wood 2003. Comparative LCA:s for wood construction and other construction methods- energy use and GHG emissions.*

- Thormark, C 2006.* The effect of material choice on the total energy and recycling potential of a building. *Building and environment* 41 (8): 1019-1026
- Viitanen, H. og Ritschkoff, A.C 1991.* Brown rot decay in wooden constructions: Effect of temperature, humidity and moisture. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Products:
- Trätek 1999.* Certifierad miljövarudeklaration. Produktspecifika utgångspunkter – ”Sågade trevaror”. Version 2.2. PSR 1999:1
- Werner F og Nebel B 2007.* Wood & Other Renewable Resources. *Int J LCA* 12 (7) 462-463
- Werner F, Althaus H-J, Richter K, Scolz RW (2007):* Post-Consumer Waste Wood in Attributive Product LCA. Context specific evaluation of allocation procedures in a functionalistic conception of LCA. . *Int J LCA* 12 (3) 160-172
- Werner F, Richter K (2007).* Wooden Building Products in Comparative LCA. A Literature Review. *Int J LCA* 2007, DOI: <http://dx.doi.org/10.1065/lca2007.04.317>
- Wigenstad og Nesje 2005.* Massivtrekonstruksjoner i boliger. SINTEF
- Wood and Fiber Science 2005.* Vol 37, December 2005
- Wessman, H. E., Alvarado, F., Backlund, B., Berg, S., Hohenthal, C., Kaila, S., & Lindholm, E-L 2002.* Land use in ecobalance and LCA of forest products. SCAN-Forsk rapport, STFI. 26 pp. + appendiks.
- Wessman, H.E., Hohenthal, C. & Kaila, S. 2003.* LCA methodology and raw material aspect of forest industry. *Paperi Ja Puu-Paper And Timber* 85: 184 -186.
- Winter Funch L. 2002* Determination of emissions from solid wood elements. DTI
- Yanai, R.D., Currie, W.S., og Goodale, C.L. 2003.* Soil carbon dynamics after forest harvest: an ecosystem paradigm reconsidered. *Ecosystems* 6.
- Zimmer B & Kairi M 2001.* LCA of Laminated Veneer Lumber – Finnforest study. COST Action E9 Life cycle assessment on forestry and forest products

Vedlegg 1 Ordliste

Environmental Product Declaration (EPD) er en miljødeklarasjon type III i tråd med ISO 14040 serien med standarder. Den er verifisert av uavhengig part. I rapporten kalles dette en miljødeklarasjon eller EPD.

Livsløpsvurdering (LCA): Sammenstilling og evaluering av inngangsfaktorer, utgangsfaktorer og de potensielle miljøpåvirkningene til et produktsystem gjennom dets livsløp. (LCA= Life Cycle Assessment) (NS 14040)

Produktkategoriregler (PCR): sett av spesifikke regler, krav og retningslinjer for utarbeidelse av miljødeklarasjoner type III for en eller flere produktkategorier (ISO 14025)

Produktkategori: gruppe av produkter som oppfyller tilsvarende funksjoner (ISO 14025)

Livsløp: Stadier i et produktsystem som følger etter hverandre og er sammenkjedet, fra anskaffelse av råmaterialer eller framskaffelse fra naturressurser til den endelige avhendingen (Standard Norge 2006).

Produkt: Enhver vare eller tjeneste (NS-ISO 14025 2006).

Funksjonell enhet: Kvantifisert prestasjon for et produktsystem til bruk som en referanseenhed i en livsløpsvurdering (NS-ISO 14025 2006). Dekker hele livsløpet.

Livsløpsregnskap (LCI): Fase i livsløpsvurderingen som omfatter sammenstillingen og kvantifiseringen av inngangsfaktorer og utgangsfaktorer for et bestemt produktsystem gjennom dets livsløp. (LCI= Life Cycle Inventory analysis) (ISO 14040).

Miljøpåvirkning: Enhver endring i miljøet, enten den er ugunstig eller fordelaktig, som helt eller delvis skyldes en organisasjons miljøaspekt (NS-ISO 14025 2006).

SLP = Service Life Prediction (Anslag på levealder for et ferdig produkt).

VOC = volatile organic compounds, flyktige organiske forbindelser

Miljøbelastninger = Samlebegrep for faktorer som påvirker miljøet på en uheldig måte.

Vedlegg 2 Nettsteder og verktøy

Nettsteder

www.gednet.org Global Type III Environmental Product Declarations Network. The overall purpose of the network is to cooperate in the field of information exchange and harmonisation of PCRs and EPD programmes.

www.environdec.com søkbar database for EPD.

www.epd-norge.no Norsk nettside for norsk ordning for miljødeklarasjoner

www.byggemiljo.no byggebransjens informasjonskanal

www.arkitektur.no/ecobox prosjektdatabase, tematisert

[www.husbanken](http://www.husbanken.no) se under "Miljø og energi", forskningsprosjekter støttet av Husbanken.

www.byggalliansen.no sammenslutning av store byggherrer/-eiere, fokus på miljø og energi.

www.lavenergioliger.no se under publikasjoner

www.bau-umwelt.com/ Har en del EPD og PCR, assosiert medlem av GEDNet

<http://www.dataholz.com/de/> tysk nettsted økologiske byggematerialer

<http://www.hausderzukunft.at> Program som tar for seg lavenergi/passivhus og solenergi. Spesielt utvikling av bygningskomponenter. Siden er på tysk.

Verktøy (norske)

www.miljøprogrammering.no verktøy for miljøprogrammering tidligfase. Utviklet av SINTEF Byggforsk.

www.byggjeneste.no ECO product database for miljøriktig produktvalg. Utviklet av SINTEF Byggforsk, NAL ECOBOX mfl

www.byggsertifisering.no/oekoprofil/ Økoprofil Metoden gir en felles, nasjonal målestokk for å klassifisere bygninger i et miljøperspektiv. Utviklet av SINTEF Byggforsk.

<http://www.statsbygg.no/Aktuelt/Nyheter/Statsbygg-med-klimagassregnskap-for-utbyggingsprosjekter/> Statsbygg klimagassregnskap for utbyggingsprosjekter

Vedlegg 3 Litteratursøk

Litteratursøket er hovedsakelig begrenset til databaser som er tilgjengelig hos Skog og landskap, Treteknisk og SINTEF Byggforsk. I tillegg har internett vært en viktig kilde, for søk etter litteratur om prosjekter som pågår.

Søkekriterier

Søkeord

LCA, Wood, building, enviro, lifecycle, tre, Miljø, EPD, declaration, maling, coat, overflag*

Avgrensning av søk

Det er gjort noe avgrensninger i søket. Teori knyttet til LCA er ikke tatt med, kun der det inkluderer tre- og byggematerialer.

Resultat

Søk i bibliotekskataloger

Gir oversikt over samlingene i ett/flere bibliotek.

Brukes for å søke etter / lokalisere / bestille bøker, rapporter, konferansepublikasjoner, tidsskrifter osv.

BIBSYS ASK - <http://ask.bibsys.no>

Norske universitets- og høyskolebibliotek + mange fagbibliotek

Søk 08.08.2007 Søk i biblioteksdata-baser, emneportal og forskdok

Søkeord

LCA* wood*- 5 treff

Lifecycle* building* wood*- 1 treff

Livssyklus* tre*- 11 treff (lite relevant)

Lca* tre*- 7 treff (noe relevant)

Byg*, tre*,miljø*- 9 treff (noe relevant)

EPD, tre*- kun et treff i emneportal

Miljö, trä - 98 treff

Overfla*, tre*- 2 treff ingen miljø

Maling*, miljø*- 20 treff, lite relevant

Lakk*, miljø*, tre*- 1 treff

Coat*, build*, enviro*- 8 treff, lite relevant

Fagdata-baser/Referansedata-baser:

Indekserer tidsskrifter, bøker, konferansepublikasjoner slik at du finner bibliografiske opplysninger om hver enkelt artikkel, kapittel, paper.

ISI Web of Science - <http://isiknowledge.com>

Tverrfaglig litteratur-/siterings-base som dekker vitenskapelige tidsskrifter (referee)

Her kan du gjøre emnesøk, forfattersøk, siterings-søk samt analysere resultatene.

Sintef har tilgang til data fra 1987-

Søk 31.07.2007

Søkeord

Enviro* AND wood, alle år- 8387 treff

Enviro* AND wood* AND LCA* , siste 5 år- 16 treff (28 alle år)

Wood* AND LCA* , siste 5 år- 26 treff (44 treff alle år)

LCA* AND building, siste 5 år- 66 treff (97 treff alle år)

El Compendex - <http://www.engineeringvillage2.org/>

Den største engineeringbasen, dekker tidsskrifter, konferanselitteratur, magasiner og rapporter.

Data fra 1969-

Søk 31.07.2007

Søkeord

LCA Wood- 47 treff (2 relevante (nye) lagret i folder

enviro* declaration* wood*- 2 treff, ingen relevante

Fulltekstdatabaser / elektroniske tidsskrifter:

SpringerLink - <http://springerlink.metapress.com/>

Gir tilgang til alle tidsskrifter utgitt av forlagene Springer og Klüwer

Søk 31.07.2007

Søk under "Journals", søkeord LCA + Wood- 3 treff

ScienceDirect - <http://sciencedirect.com>

Gir tilgang til alle tidsskrifter utgitt av forlaget Elsevier

Sintef har tilgang fra 1995 –

Søk 31.07.2007

LCA* and wood*- 14 treff, mange like som ISI Web

LCA* and buildings*- 46 resultater (2 aktuelle, sendt på mail)

Søkemotorer:

Google Scholar - <http://scholar.google.com/>

Søkemotor som er spesielt beregnet på søk etter vitenskaplig litteratur.

Søk 31.07.2007

søkeord (alle ord må inngå i dokument)

- LCA, Wood, buildings, 2000-2008, avgrensede emner (engineering, environment osv)- 527 treff
- lifecycle, LCA, building, material, wood, 2000-2008, avgrensede emner (engineering, environment osv)- 71 treff (5 relevante, nye i forhold til andre søk)

Scirus - <http://www.scirus.com/srsapp/>

Søk 01.08.2007

LCA AND Wood AND Building AND enviro* , fra 2000- gir 792 treff, 49 journal results og 26 preferred web results.

Byggforskning i utlandet

Det er søkt etter relevante prosjekt hos følgende instusjoner:

Storbritannia

BRE – UK

Sverige

Boverket – Sverige

SP - Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

IVL- Svenska miljöinstitutet

Formas- Forskningsrådet för miljö, areella näringar och samhällsbyggande

Norden

Nordisk innovasjonscenter; www.nordicinnovation.net

Finland

VTT- Technical Research Centre of Finland

Danmark

SBI- Statens Byggeforskningsinstitut (Danmark)

Tyskland

▪ BRI- Building research institute of university of Kassel Germany

Internasjonalt

CIB- INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN
BUILDING AND CONSTRUCTION

RILEM- The International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and
Structures

Resultat

Det ble funnet noen prosjekt/fagmiljøer man kan dra nytte av, i hovedsakelig fra Sverige. Litteratur er inkludert i rapporten.

MIKADO - Kartlegging og dokumentasjon av miljøegenskaper for tre og trebaserte produkter (2007-2009) er et samarbeidsprosjekt mellom til sammen 19 ulike aktører i verdikjeden for tre og trebaserte produkter. Prosjektets hovedmål er å heve kunnskapsnivået for å fremme miljøkvaliteter som konkurransefaktor for treindustrien. Utarbeidelse og bruk av miljødeklarasjoner står sentralt i prosjektet.

SINTEF er Skandinavias største forskningskonsern. Vår visjon er «Teknologi for et bedre samfunn». Vi skal bidra til økt verdiskapning, økt livskvalitet og en bærekraftig utvikling. SINTEF selger forskningsbasert kunnskap og tilhørende tjenester basert på dyp innsikt i teknologi, naturvitenskap, medisin og samfunnsvitenskap.

SINTEF Byggforsk er det tredje største byggforskningsinstituttet i Europa. Vi har rom både for store forskningssatsinger og for tett oppfølging av de mange små bedriftene. Vårt mål er bedre produktivitet og økt kvalitet i det bygde miljø.

SINTEF Byggforsk er Norges ledende formidler av forskningsbasert kunnskap til byggenæringen. Våre publikasjoner inneholder tilrettelagte erfaringer og resultater fra praksis og forskning. Vi utgir Byggforskserien, Byggebransjens våtromsnorm, håndbøker, rapporter, faktabøker og beregnings- og planleggingsverktøy.