

DAG KITANG, RANDI NARVESTAD OG ANDERS Q. NYRUD (TRETEKNISK)

Tre i by – en kunnskapsoversikt

Prosjektrapport 74

2011



SINTEF Byggforsk

Dag Kittang, Randi Narvestad og Anders Q. Nyrud (Treteknisk)

Tre i by – en kunnskapsoversikt

Prosjektrapport 74 – 2011

Prosjektrapport nr. 74

Dag Kittang, Randi Narvestad og Anders Q. Nyrud (Treteknisk)

Tre i by – en kunnskapsoversikt

Emneord:

Tre, materialvalg, treets egenskaper og treets bruksområder

ISSN 1504-6958

ISBN 978-82-536-1204-1 (pdf)

ISBN 978-82-536-1205-8 (pdf)

Prosjektnr.: 3B011100

Omslagsfoto: Berg Studentby i Trondheim under bygging

© Copyright SINTEF akademisk forlag 2011

Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndsverklovens bestemmelser.

Uten særskilt avtale med SINTEF akademisk forlag 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

INNHALDSFORTEGNELSE

1	Forord	3
2	Bakgrunn	4
2.1	Historisk bruk av tre i norske byer.....	4
2.2	Trebyen Bergen.....	5
2.3	Trebyen Trondheim	6
2.4	Trebyen Stavanger	7
2.5	Trekk ved utbyggingsmønsteret i norske byer i dag.....	9
2.6	Muligheter for økt bruk av tre i norske byer.....	11
2.7	Den moderne trebyen.....	13
3	Arkitektonisk kvalitet	16
3.1	Ulike verdi- og arkitektursyn.....	16
3.2	Kvalitetskriterier	17
3.3	Treprisen	19
3.4	Nye tendenser i arkitekturuttrykket	20
4	Sentrale aktørers innflytelse på materialvalg	23
4.1	Ulike aktører i byggeprosessen.....	23
4.2	Ulike byggherrekategorier og deres forhold til materialvalg.....	23
4.3	Arkitektens rolle	25
4.4	Bygningsingeniørens rolle	26
4.5	Entreprenørens rolle.....	26
4.6	Sluttbrukers rolle.....	27
5	Kunnskapsutvikling og formidling	28
5.1	Forskningsinstitusjoner.....	28
5.2	Høgskole- og universitetssektoren.....	30
5.3	Kunnskapsformidling og nettverksbygging.....	31
6	Trematerialets tekniske egenskaper og kriterier for materialvalg	35
6.1	Konstruksjon, omhylningsflater og interiør.....	35
6.2	Indre og ytre materialegenskaper; iboende og kontekstuelte bestemte kvaliteter	35
6.3	Trematerialets kjemiske og fysiske egenskaper.....	36
6.4	Brannsikkerhet.....	36
6.5	Bæreevne i trekonstruksjoner	40
6.6	Lydgjennomgang i trekonstruksjoner	41
6.7	Vedlikeholdsegenskaper	41
6.8	Miljøegenskaper.....	44
7	Utenlandske studier av trebruk	47
7.1	Tre brukt til ulike bygningsformål.....	47
7.2	Arkitekter og ingeniørers holdninger og kunnskap med hensyn til bruk av tre	49
7.3	Kompensering for kvalitetsforringelser	53
7.4	Byggeforskriftenes rolle med hensyn til trebruk	54
7.5	Oppsummering av utenlandske studier.....	56
8	Litteratur	58

1 Forord

Rapporten er en kunnskapsoversikt i forbindelse med forskningsprosjektet ”Tre i by – Hvilke mekanismer styrer materialvalget for større urbane byggverk?” finansiert av Norges forskningsråd gjennom programmet ”Fellessatsing Tre” med bidrag fra Skogtiltaksfondet, Fond for treteknisk forskning og Treindustrien. Prosjektet er et kompetanseutviklingsprosjekt med brukermedvirkning (KMB) og er et samarbeid mellom SINTEF Byggforsk, Treteknisk institutt og Treformidling Nord AS.

Prosjektet Tre i by har som hovedmålsetting å utvikle kunnskap som kan bidra til økt bruk av tre i større urbane byggverk. Prosjektet tar derfor sikte på å studere mekanismer som styrer sentrale aktørers materialvalg i byggeprosjekter i byer og tettsteder, og hvordan man ved å ta hensyn til disse mekanismene kan øke bruken av tre.

Bakgrunnen for denne målsettingen er at nesten all nybygging i dag skjer i byer og tettbygde strøk. Tre som materiale har i dag en relativt liten andel av byggemarkedet i byene, i sterk konkurranse med andre materialer. Fra myndighetenes side har man framhevet trematerialets gunstige miljømessige egenskaper som et fornybart materiale og dets evne til å binde CO₂. Trebransjen har en målsetting om å øke treforbruket fra 0,55 m³ per innbygger til 0,75 m³ per innbygger per år i løpet av 10 år (Treindustrien 2005). For å nå målsettingen om økt trebruk, må tre brukes i større grad i urban bebyggelse. Utvikling av ”den moderne trebyen” innebærer nytenkning i alt fra byplanlegging og infrastruktur til enkeltprodukter og byggverk.

Delmål for prosjektet er:

- Å få økt kunnskap om *hvilke aktører* som foretar materialvalget og hvilke av disse som har størst innflytelse på valget.
- Å få økt kunnskap om *hvilke kriterier* som legges til grunn for materialvalg i urbant byggeri og hvilke kriterier som har størst gjennomslag hos de ulike aktørene.
- Å kartlegge *kunnskapssituasjonen* hos de sentrale aktørene med hensyn til bruk av tre.

2 Bakgrunn

2.1 Historisk bruk av tre i norske byer

Opp gjennom historien har tre vært det tradisjonelle og dominerende byggematerialet i landet, både for bygninger og anlegg. Trematerialet har vært lett tilgjengelig som et lokalt produsert materiale de fleste steder og enkelt og billig å videreforedle til bygningsformål. De rike byggetradisjonene i Norge viser hvordan bygge- og konstruksjonsteknikken har utviklet seg gjennom mange hundre år og tilpasset seg ulike bruksvilkår og klimaforhold rundt om i landet. Trehusene gjenspeiler utvikling i levekår og i byggeteknikken og reflekterer en over 1000 år gammel byggetradisjon og setter sitt preg på bygningsmiljøene i landet fra nord til sør. De første husene vi kjenner til i Norge er fra steinalderen med takbærende stolper i tre, gravd ned i jorda. På grunnlag av disse utviklet trehuset seg mot fire hovedtyper: stav- og grindbygde hus, laftehus, reisverk og bindingsverk. Bolighusene, eller boligdelen av hovedhuset var som regel oppført i laftet tømmer, mens lagerhus og driftsbygninger var oppført i en enkel stavkonstruksjon. Dette var også tilfelle i byene.

Bygninger i tre var en felles europeisk byggemåte tidlig i middelalderen. Hyppige bybranner førte imidlertid til at i store deler av Europa ble tre forbudt som byggemateriale i byene og i tettbygde strøk. I flere og flere byer ble det avgjort at yttervegger skulle oppføres i mur eller stein. Men til forskjell fra de fleste land i Europa, ble det i Norge på denne tida ikke gjort tilsvarende forsøk fra myndighetene sin side å sette krav om at nye bygninger skulle oppføres i mur, trolig fordi det ikke var materielle eller økonomiske forutsetninger for dette (Kittang 2006).

Det var stor motstand mot å bytte byggeskikk og gjenreise byen med andre typer materialer og andre håndverksteknikker der kompetansen var vanskelig tilgjengelig og til priser som var mange ganger så høye som tilsvarende hus i tre (Roede 2001). Etter store bybranner ble byene som regel reproduert stort sett etter det samme mønsteret som byen hadde før brannen. Tross innføring av bygnings- og reguleringsbestemmelser, ble likevel mange historiske trekk og egenskaper ved byen ført videre. De eldste byene våre har derfor viktige røtter i mellomalderens byggeskikk og byutvikling (Kittang 2006). Tilsvarende var det for trebyene i Sverige og Finland. Her fortsatte man å bygge med tre helt fram til 1900-tallet.

Først etter den store bybrannen i Ålesund der nesten hele byen brant ned og ble den største brannkatastrofen i Norge før andre verdenskrig, ble murtvungen innført i Norge som et offentlig påbud som ble fulgt opp av samtlige norske byer. Murtvangsbestemmelsene fra 1904 satte også forbud mot hovedreparasjon og påbygging av eldre trehus. Loven møtte sterk motstand fra mange hold, særlig i mindre byer der murerfaget sto svakt og tømmertradisjonen tilsvarende sterkt. En negativ virkning av lovforslaget var at den førte til konservering av den gamle trebebyggelsen på et synkende kvalitetsnivå som etter hvert førte til sanering. Skulle man bygge trehus måtte man utenfor sentrale strøk. Dette førte til at tettheten i byene sank drastisk, de urbane kvalitetene ble redusert og arealforbruket til utbygging eksploderte.

Siden murtvangslovene ble innført, ble de norske trebyene gjenstand for forfall og forvitring. Det ble lansert omfattende saneringsplaner for den gamle trebebyggelsen i sentrale bystrøk, men planene var ofte omfattende og de økonomiske mulighetene begrensa slik at bare deler av disse planene ble gjennomført. På 1960-tallet førte økonomiske oppgangstider kombinert med et sterkt moderniseringsønske til et langt sterkere politisk trykk på å få disse saneringsplanene gjennomført. Motstanden mot disse saneringsplanene økte utover 1970-tallet og de ble etter hvert erstatta med verneplaner som tok sikte på å ta vare på de materielle og kulturelle verdiene som disse trebyene representerte, og det visuelle og funksjonelle mangfoldet. Siden 1970-årene er omfattende verne- og utbedringsarbeid gjennomført i de norske trebyene, og i dag framstår disse trehusmiljøene blant de mest attraktive byområdene med sine særegne miljøkvaliteter og historiske verdier. Bebyggelsen har en materialbruk som indikerer bærekraft gjennom bruk av fornybare ressurser. De norske trebyene er i dag blant de fremste bidragene Norge har til verdens arkitekturav.

Av norske byer var det kun Kristiania som ble bygd i mur fra 1600-tallet. Murtvungen ble innført i byen i 1624 etter en storbrann som førte til at hele byen ble flyttet inn under Akershus festning. I de andre byene i Norge dominerte trehusene bygningsmiljøet med unntak av middelalderens store steinkirker i de større byene. En kort omtale av de tre viktige "trebyene", beskriver en historie som vi finner paralleller til i de fleste norske trebyene.

2.2 Trebyen Bergen

Ved midten av 1800-tallet var Bergen den største og mest homogene trebyen i Europa. Det overveiende antall av byens hus var bygget av tre, i en rik variasjon av typer og med innslag fra flere århundrer, men hovedsakelig fra 1700-tallet og tidlig 1800-tall. Kristian IV prøvde å innføre en radikal byplan etter storbrannen i 1623, men forhandlinger med byens borgere strandet. Gjenreisningen i mur ville ta tiår og utarme byen. Oppføring i tømmer var billig og bygningsmaterialene var lett tilgjengelige. Likevel ble en god del av bygningene oppført i mur i tida etter denne storbrannen, men de ble også utslettet i en ny storbrann i 1702. Ruinene ble revet og de nye husene som kom opp, ble oppført i tre som resten av bygningsmassen (Nordhagen 1975).

Utover 1800-tallet fortsatte byen å vokse, samtidig som den gamle trebebyggelsen i sentrum etter hvert ble erstattet med mer moderne og større bygninger i mur. De gamle, små trehusene ble revet for å gi plass for større leiegårder i mur på tre og fire etasjer, som regel innpasset i den middelalderske gatestruktur uten noen endring i byplanmønsteret. Det var stor byvekst og stor bolignød i denne perioden og ingen hadde tid til å vente på planlegging. De gamle trehusene og nyere murhus lente seg mot hverandre i et malerisk, men problematisk forhold. Det oppstod imidlertid en bekymring for at den omfattende rivingen og nybyggingen skulle føre til en utrydding av den karakteristiske trehusbebyggelsen i Bergen. Tross i motstanden ble det konjunktorene som kom til å sette en stopper for den verste byggeiveren i de gamle trehusområdene i Bergen. Da den kom i

gang igjen, ble denne byggingen i større grad kanalisert til nye og regulerte områder utenfor byen.

Brannen i 1916 gjorde et sterkt innhugg i byens trehusbestand. Brannen fikk store følger for byutviklingen i Bergen ved at byens ressurser i stor grad ble kanalisert mot gjenoppbyggingen av dette området. Gjenoppbyggingen foregikk til langt inn i 1930-årene og forsinket sannsynligvis fornyelsen av de områdene som ikke ble berørt av brannen. Trehusene som fremdeles utgjorde en stor del av bygningsmassen i sentrum, ble på denne måten berget gjennom en periode som dyrket det praktiske, funksjonelle og fram for alt det nye i arkitektur og byplanlegging. I likhet med Ålesundsbrannen i 1904, kom denne brannen til å få stor betydning for nyere forestillinger om trehusene som brannfeller.

Men mellomkrigstiden var skånsom mot den eldre trebebyggelsen. Samtidig økte interessen for denne gamle bebyggelsen som en viktig del av byens karakter. De små, hvite trehusene ble i økende grad presentert som byens ansikt. Men likevel ble mange viktige trehus og trehusområder borte i denne perioden, både på grunn av brann og riving av hensyn til gateutvidelser. Krigshandlingene i 1940 medførte bombing av et større område med trebebyggelse på Nordnes, men den største ulykken var eksplosjonskatastrofen 1944 da et ammunisjonsskip sprang i luften utenfor Nordnes og 288 bygninger brant opp eller ble totalskadet, mesteparten av tre. Bergen gikk dermed inn i rekken av meget hardt rammede historiske byer i Europa under krigen.

I 1955 ble Bergen på nytt rammet av en brannkatastrofe da deler av den gamle bryggerekken fra Hansatiden brant. Denne brannen førte til en fornyet debatt i byen om vern eller riving av de gamle trehusområdene for å få til en modernisering av byen. Særlig var det viktig å gi rom for gateutvidelser. Mange verdifulle enkeltbygninger hadde tidligere blitt flyttet til "Gamle Bergen", et utendørsmuseum nord i byen, for å redde dem fra utslettelse. Nå ble det fokusert på vern av hele trehusområder. Etter hvert ble saneringsplaner for denne bebyggelsen erstattet med verneplaner. Det gjaldt både for Rosesmuggrenda og Marken. Bryggen ble også vernet og deler av Bryggen som vendte ut mot Vågen og som hadde blitt ødelagt av brannen, ble rekonstruert. I 1979 ble Bryggen innskrevet på UNESCOs liste over verdens kulturarv.

2.3 Trebyen Trondheim

Trondheim er den eldste trebyen i landet, med sine opp til 300 år gamle trehus og med rester av en 1000 år gammel trebyggetradisjon i byens kulturlag. Som de fleste andre byer ble også Trondheim ramma av ødeleggende bybranner, men som regel gjenreist i tråd med gammel byggeskikk og bystruktur. Et mer dramatisk skifte kom etter bybrannen i 1681 da byen fikk en helt ny og monumental byplan. Middelalderens kronglete gatenett fortsatte likevel å leve inne i kvartalene, mellom de brede gatene som preget Cicignon sin barokke byplan.

I perioden 1750 til 1820 opplevde Trondheim en gullalder basert på store inntekter fra handel med tørrfisk, trelast og kopper, en periode som kom til å etterlate seg en by med

staselige trepaléer, kjøpmannsgårder, byborgerhus og brygger, i tillegg til enklere boliger for fiskere, arbeidere og håndverkere. Innvandrede handelsmenn fra Tyskland tok med seg kontinentale tradisjoner og byggeskikk som ble omsatt i trevirkets muligheter. Det ble konkurranse om å bygge de største og staseligste trepaléene i byen. Trondheim framstod på denne tiden med en arkitektur som kom til å prege byggeskikken i hele landsdelen (Kavli 1966).

Også i Trondheim ble det gjort flere forsøk på å få innført murtvang, men den eksisterende byggetradisjonen i tre stod sterkt. Dessuten representerte bybrannene så store belastninger for byen at å føye til et krav om å gjenreise byen i mur, forble en umulig politisk oppgave. Svakere tilgang på byggemateriale og kompetanse gjorde det vanskelig og kostbart å føre opp teglbygninger. Overgangen fra tre til mur var et for stort løft spesielt for de minst bemidlede.

De store bybrannene i 1841 og 1842 gjorde imidlertid at i 1845 ble murtvungen innført i Trondheims Midtby og på Bakklandet, men først etter at de nedbrente bydelene var gjenreist med trehus, enda staseligere enn før brannen. Trebyen spredte seg imidlertid til nye områder rundt Midtbyen, til Møllenberg, Rosenborg og Lademoen som fikk sin karakteristiske leiegårdsbebyggelse. Tilgangen til trematerialer var stor, og trelasttilgangen økte betraktelig etter åpningen av Meråkerbanen i 1882. I løpet av det kommende tiåret ble byen en stor trelasteksportør av svensk trelast. At økonomiske interesser hadde betydning for at det fortsatt ble bygd i tre, er sannsynlig, da flere handelshus hadde store interesser i trelastnæringen. Brannen på Rosenborg i januar 1899 og innføringen av de nye byggebestemmelsene i 1904 gjorde at murtvungen ble utvidet slik at det ble bare i villastrøkene rundt byen at en kunne fortsette å bygge trehus.

Tross i at etterkrigstidens moderniseringspolitikk kom til å rasere mye av den tradisjonelle trehusbebyggelsen i Trondheim, framstår likevel byen i dag som en av de mest interessante og helhetlige trebyene i landet.

2.4 Trebyen Stavanger

Ved inngangen til 1800-tallet var Stavanger nærmest å regne for et lite strandsted. Topografien var preget av et trangt, bratt og ulendt landskap. Byen var isolert fra resten av landet og næringsgrunnlaget var hovedsakelig sjøfart og fiske. Dette speiler en bygningsstruktur med et stort innslag av små og enkle hus. (Haaland 1999).

Det store sildefisket på begynnelsen av 1800-tallet førte til en kraftig økonomisk vekst i byen. Utbygginga holdt fram som ei foretting av byen i tråd med det gamle bymønsteret og den tradisjonelle utbyggingsforma. Ledige tomteareal ble bygget igjen og mange lave bygninger fikk en ekstra etasje. På midten av 1800-talet var Stavanger blitt den fjerde største byen i landet, men med preg av en småkårsby, trangbodd og brannfarlig. Stavanger hadde vært heldig og hadde unngått større bybranner mellom 1272 og 1633. Etter bybrannen i 1633 ble derimot byen herja av hele åtte store branner fram til den siste storbrannen i 1860.

Men tross i disse brannkatastrofene, ble byen stort sett gjenreist etter det gamle eiendoms- og gatemønsteret. Byens topografi gjorde det også vanskelig å gjennomføre de byplanideal som var rådende på den tida med rette gater og kvadratiske kvartal. Industrialisering og vekst i folketallet i første halvdel av 1800-tallet, førte til bolignød. For å kunne løse boligproblemet, ble tilskuddet av ny boligmasse i denne perioden prega av en nøktern og enkel byggestil. En bygget videre på en lang håndverkstradisjon (Haaland 1999).

Brannen i 1860 (Holmenbrannen) la ytre del av sentrumshalvøya i aske. Byens myndigheter reagerte imidlertid raskt med hensyn til å forberede en omregulering av bebyggelsen i området og ga strøket en regulering mer i pakt med datidens byplanideal. Staten presset på for å få innført murtvang, men byens myndigheter argumenterte med manglende ressurser og kompetanse. Det ble også argumentert med at murverk egnet seg dårlig i det fuktige klimaet på Vestlandet, og ville medføre helseplager og sykdom. For å gjøre det vanskeligere å bygge trehus, ble det i bygningsvedtektene fra 1864 innført bestemmelser som reduserte byggehøyden for trehus. Oppfordringen om å bygge i murverk ble også i liten grad fulgt opp og det ble bygget forholdsvis få murhus i denne perioden fram til århundreskiftet.

Brannstrøket på Holmen ble bygd opp igjen på forholdsvis kort tid, hovedsakelig med små selveierhus i tre. Dette ga området et mer enhetlig stilpreg enn det den tapte bebyggelsen hadde hatt. Den gamle bebyggelsen hadde utviklet seg gjennom mer enn hundre år, under skiftende økonomiske vilkår og stilperioder og var mer variert og sammensatt.

Mens en kompakt leiegårdsbebyggelse i mur kom til å følge med industrialiseringen av noen av de andre større byene i landet, fortsatte Stavanger å trosse "murtvängen" og bygget selveide småhus i tre i tråd med tradisjonell byggeskikk. En raskt økende industriivirksomhet fikk plass i den eksisterende bebyggelsen eller i nye produksjonslokaler som ble bygget i samsvar med den eksisterende bebyggelsesstrukturen. I denne perioden da mange andre norske byer skiftet en bygningsmessig ham, ble Stavanger en av de få norske byene som fikk oppleve en kontinuerlig bygningsmessig utvikling, uten det bruddet som en storbrann representerer. Murtvangsloven fra 1904 førte heller ikke til en overgang til å bygge i mur. I stedet fikk man en omfattende og arealkrevende småhusbebyggelse utenfor bykjernen. Stavanger la i denne perioden grunnlaget for posisjonen som den største trehusbyen innen vår kulturkrets.

Den enkle og nøkterne 1800-tallsbebyggelsen satte sitt preg på Stavanger etter den 2. verdenskrigen. Situasjonen i disse trehusområdene var ved inngangen til 1970-årene preget av stor usikkerhet. På grunn av økonomiske nedgangstider var ressursene i den private og kommunale økonomien begrenset og medførte svak investeringsvilje i eiendomsmassen. Kombinert med at kommunen utarbeidet planer som representerte kraftige brudd med kontinuiteten i utbyggingsmønsteret, førte dette til at både vedlikehold og fornyelse av trebebyggelsen i store deler av sentrum ble forsømt. Dette forfallet førte til at inntektsgrunnlaget på eiendommene forsvant. Denne utviklingen ble anført av kommunen som i arbeidet med å realisere sine vidløftige byplaner, kjøpte systematisk opp eiendommer, rev bebyggelsen og lot rivingstomtene ligge som åpne sår i

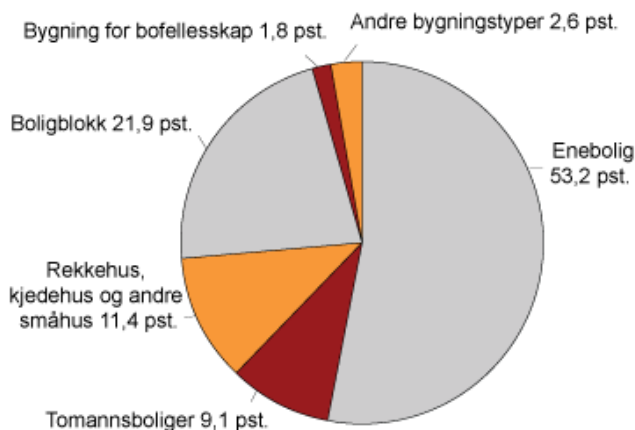
bylandskapet, noe som bidro til et bilde av forfall, som igjen forsterket denne negative utviklingen.

Dynamikken var for en stor del skapt av den teknologiske utviklingen og utviklingen i kommunikasjonene. Ønsket om å forbedre biltilgjengeligheten til sentrum, var naturligvis uforenlig med å ta vare på det gamle, middelalderske gatenettet. Behovet for å utvide gatenettet førte også til at den gamle trebebyggelsen ble truet. Vendepunktet kom i forbindelse med arbeidet med bevaring av Gamle Stavanger (Næss 1998). Gamle Stavanger kom til å bli et pilotprosjekt for vernearbeidet, ikke bare i Stavanger, men i trebyene rundt hele kysten.

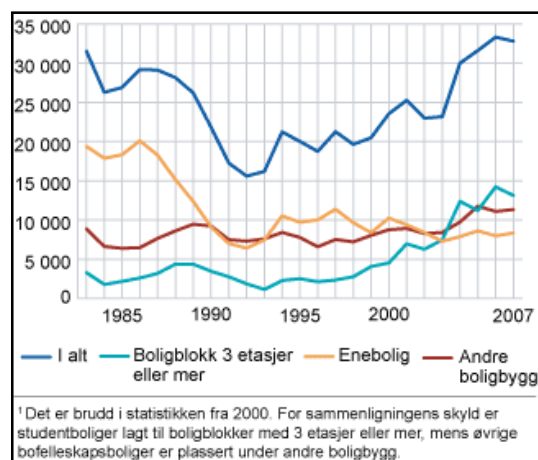
2.5 Trekk ved utbyggingsmønsteret i norske byer i dag.

I de fleste norske byene fikk man en omfattende bygging av villastrøk i tre utenfor de sentrale byområdene som ble omfattet av murtvang - bestemmelsene. Disse områdene ga plass til den suburbane småhusbebyggelsen i tre som utviklet seg i norske forsteder etter krigen og som er årsaken til at tre fortsatt er et svært utbredt byggemateriale i norske byer og tettsteder.

I 2008 bodde 53,2 % av alle norske husholdninger i eneboliger, mens 20,5 % bodde i tomannsboliger, rekkehus og andre småhus (SSB 2008). Størparten av disse boligene er bygget i lett bindingsverk i tre. Markedsandelen for trematerialer til bruk i norsk suburban boligbebyggelse i etterkrigstiden har tradisjonelt vært stor. Dette bildet er imidlertid i ferd med å endre seg. Det er et mål i de fleste norske kommuner i dag at nybygging skal skje innenfor dagens tettstedsgrenser i form av fortetting. Urbane leilighetsbygg med betong, stål og tegl som dominerende materialer, karakteriserer størparten av denne utbyggingen. Nye småhusområder bygges i mindre utstrekning i norske bykommuner. Boligstatistikk fra Statistisk sentralbyrå per 1. januar 2008 viser at det på dette tidspunktet var over 2 274 000 boliger i Norge. Eneboliger dominerer med over 1,2 millioner boliger. De siste årene er det imidlertid bygget flest blokkleiligheter (SSB 2008).



Figur 1: Antall boliger etter bygningstype pr. 1. 01. 2008 i prosent. Kilde: Statistisk sentralbyrå.



Tabell 1: Igangsatte boliger etter bygningstyper 1983 – 2007. Kilde: Statistisk sentralbyrå

Prosentandelen av ulike boligtyper har endret seg slik at eneboligandelen har sunket fra 60 % i 1995 til 53,2% i 2008, mens andelen leiligheter i blokk og kombinerte bolig og næringsbygg har steget fra 20% til 24%. Andelen småhusbebyggelse har steget litt fra 20 % til 20,6 %. Endringene i den totale boligmassens sammensetning er foreløpig ganske små fordi nybyggingen utgjør en ganske liten prosentandel av den totale boligmassen.

Funksjonalismens byplaner fordelte bebyggelsen slik at næringsbygg og offentlige serviceinstitusjoner oftest ble bygget i sentrale byområder, mens boligbyggingen stort sett foregikk i suburbane strøk. De sentrale bystrøkene sammenfaller med områdene hvor det ble pålagt murtvang, og i disse områdene er det så å si ikke reist ny trehusbebyggelse i løpet av 1900-tallet. Offentlige serviceinstitusjoner som barnehager, skoler og omsorgsboliger i suburbane strøk er imidlertid ofte oppført med omfattende bruk av tre.

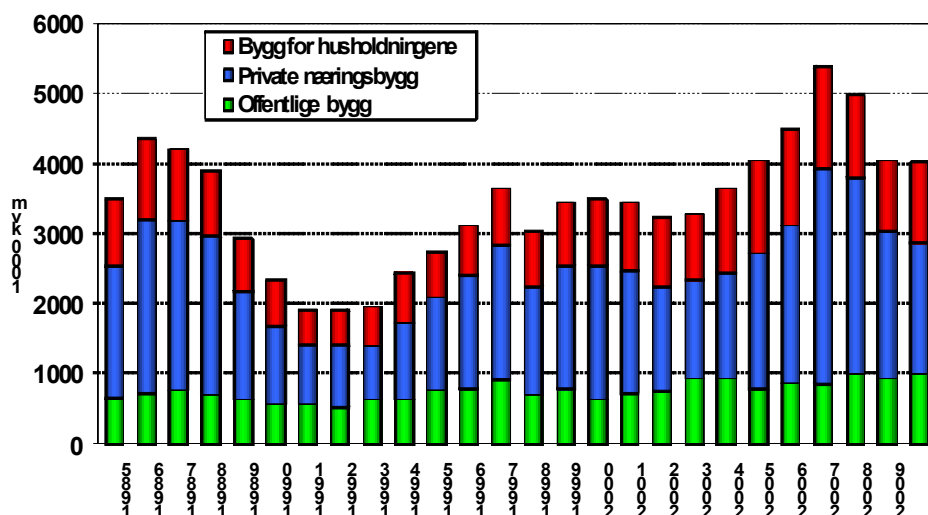
Byggeforskriftene fra 1904 som innførte strenge begrensninger for bruk av tre i byer og tettbygde strøk, ble myket opp ved endring av plan- og bygningsloven i 1997. Denne loven med tilhørende forskrifter stiller funksjonsbaserte krav til byggverk og byggematerialer. Hvis man kan dokumentere at et bygg tilfredsstiller funksjonskravene med hensyn til brannsikkerhet, bæreevne m.m., kan ikke byggets materialbruk forbys. Dette regelverket gir i dag gode muligheter for å bruke tre i større urbane byggverk. Dagens begrensede bruk av tre i denne typen byggverk skyldes sannsynligvis ikke begrensninger i lovverket. Vaner, byggetradisjoner og manglende kompetanse er større hindringer for fremtidig bruk av tre. I løpet av et århundre med murtvang i sentrale strøk har naturlig nok kulturen for å bygge med tre endret seg (Denizou 2007).

2.6 Muligheter for økt bruk av tre i norske byer

For at tre som materiale skal ha et vekstpotensial i norsk byggenæring de kommende årene, vil det være viktig å forholde seg til utviklingen i byggemarkedet. Den globale finanskrisen har ført til en dramatisk nedgang i byggevirkksomheten som i første omgang har rammet boligbyggingen, men vi ser i tredje kvartal 2010 tendens til bedring. Antall igangsatte boliger hadde da gått opp 11,7 prosent i forhold til nivået i samme kvartal i 2009.

Byggenæringens Landsforening utarbeidet i samarbeid med Prognosesenteret prognoser for byggenæringen i tidsrommet 2008 – 2010. Disse prognosene forespeilet et dramatisk fall i aktiviteten i byggenæringen i 2009 med et fall i investeringen på 24 % siden 2007. Særlig ville dette gå ut over boligproduksjonen med en nedgang i antall igangsatte boliger på nærmere 40 % (Figur 1). Fallet ville komme i leilighetsmarkedet, mens en forventet at eneboliger og rekkehus holdt seg stabilt. Også innenfor næringsbygg ble det forventet et betydelig fall i etterspørselen, mens antall igangsatte offentlige bygg ville holde seg stabilt (BNL 2008). Sysselsettingssituasjonen i næringen per januar 2011 viser at det fortsatt er bygg- og anleggssektoren som har den høyeste arbeidsløsheten (5,1%), men at det er bedring på gang.

Det opphetede byggemarkedet for boliger frem til 2007 innebar økt press på leveranser og tjenester i byggenæringen. Dette førte til at offentlige prosjekter ble "satt på vent". Offentlige byggeoppgaver innen barnehageutbygging, fornyelse av skoler, sykehus og sykehjem, idretts- og kulturanlegg bidrar nå til å opprettholde etterspørselen i byggebransjen.



Figur 2: Bygg for næringslivet, bygg for offentlig virksomhet og bygg for husholdninger. Statistikk 1988 – 2007 og prognose 2008 – 2010. Kilde. BNL/Prognosesenteret. (BNL 2008)

For å øke bruken av tre som byggemateriale er det nødvendig å orientere seg mot nye markeder og bygningstyper. Regjeringens motkonjunkturtiltak med økt aktivitet i byggevirksomhet initiert av offentlig sektor, har dempet nedgangen og har ført byggeaktivitetene over mot utbygging av offentlige bygg og anlegg og en dreining fra boligbygging og private næringsbygg mot offentlige service- og institusjonsbygg, kultur- og idrettsbygg. Økt bruk av tre i rehabiliteringsmarkedet er også interessant. Dette medfører nye utfordringer og man kan se for seg at det vil være behov for utvikling av nye produkter og byggemåter for at tre i større grad skal få innpass som et aktuelt byggemateriale i rehabiliteringsprosjekter. Å tilpasse eksisterende produkter og byggemetoder til nye situasjoner er imidlertid også et aktuelt scenario.

I den senere tid har vi sett ny produktutvikling på trematerialfronten som trenæringen har store forhåpninger til. Massivtreelementer og limtre gjør det mulig for tre å nærme seg egenskapene til betong og mur med hensyn til lastoverføringer, lydisolasjon og brannmotstand. Modulbyggeri i tre tilbyr en rask og rimelig byggemetode som er velegnet for blant annet innfyllingsprosjekter i byer der tomtesitasjonen er trang og gjør det vanskelig med mye rigging. Samtidig ser vi også en økt bruk av treprodukter som man vanligvis forbinder med småhusbyggeri i nye, urbane byggeprosjekter. Prefabrickerte, lette bindingsverksrammer brukes i ikkebærende deler av yttervegg. Dessuten kan det være interessant å undersøke mulighetene for økt utnyttelse i fortettingsområder ved å øke antall etasjer med lette trekonstruksjoner uten å måtte forsterke fundament og lastoverførende konstruksjoner.

Treverk er lett å forme for eksempel i forbindelse med vindusinnsetting og fremføring av tekniske installasjoner. Vi ser også en økt tendens til å benytte trefasader, gjerne ubehandlet eller oljet panel, på nye, urbane bygg. I tillegg brukes treparkett, både i tradisjonell form og nyere industriparkettvarianter både i kontorlokaler og institusjonsbygg for å gi et estetisk attraktivt utseende og en innbydende atmosfære. Mulighetene for økt bruk av treprodukter er mange og med et ønske om økt trebruk synes det riktig å ikke låse mulighetsrommet til forutinntatte forventninger om hva som vil gi størst uttelling med hensyn til økt volum.

2.7 Den moderne trebyen

I tråd med en renessanse for trebyen ønsker flere av de større byene i Norge å utvikle seg til moderne trebyer med basis i egen identitet. I Trondheim, Stavanger og Bergen er det nå under utvikling store satsinger på bruk av tre i bybebyggelse.

Trondheim Bystyre har vedtatt en målsetting om at Trondheim skal utvikle seg til en moderne treby og bli landets førende bykommune med fokus på trebruk. Kommunen har vedtatt å gjennomføre et 4-årig utviklingsprosjekt: "Trondheim den moderne treby" (Tresenteret 2006). Bystyret la i sin behandling vekt på Trondheims historie som treby og mente at Trondheim som Nordens største treby har et spesielt ansvar for å videreutvikle trearkitekturen i Trondheim. Bystyret peker på at bygningsrådet og bystyret ved behandling av framtidige reguleringsplaner skal formulere krav til materialvalg og fasadeutforming og at premisser om tre eller tre i kombinasjon med andre materialer ved framtidige utbygginger, bør bli en viktig del av behandlingen av disse planene.

Gjennom det fellesnordiske prosjektet "Nordiske trebyer – moderne byutvikling med trearkitektur" er det etablert et samarbeid mellom noen byer i Finland, Sverige, Danmark og Norge for å dra nytte av felles erfaringer og løse felles utfordringer. Trondheim er med fra norsk side. På samme måte er det etablert et nettverk i EU mellom trebyer i mange europeiske land (Trondheim kommune 2008).

I forbindelse med Stavanger sin status som europeisk kulturhovedstad, ble prosjektet Norwegian Wood etablert. Norwegian Wood sin målsetting var å utvikle moderne og urban trearkitektur i Stavanger på et høyt internasjonalt nivå som skulle vises fram i form av bygde prosjekter i 2008. Kjerneaktiviteten i Norwegian Wood var å realisere 15 forbilledlige byggeprosjekter med nyskapende og miljøvennlig trearkitektur som skulle stå ferdig høsten 2008 (NAL/Ecobox 2008).

Kvalitetskriteriene satte høye mål for byggeprosjektene. Prosjektet inviterte anerkjente arkitekter og ingeniører med erfaring fra bruk av tre til å konkurrere om disse byggeoppgavene og etablere et internasjonalt utstillingsvindu for hele byggenæringen ved å:

- være nyskapende i tre og benytte nye, rasjonelle byggesystemer
- ha høy arkitektonisk kvalitet

- ha god byggeskikk med tanke på universell utforming
- ha høye miljøambisjoner med hensyn til energi- og materialbruk (TreFokus 2008)

Framtidsrettede og gode løsninger krever nytenking og økt kompetanse. Norwegian Wood ble derfor en læringsarena for de som var involvert - arkitekter, rådgivere, utbyggere, entreprenører, trenæring og kommuner. For å bidra til denne læringen ble det arrangert blant annet internasjonale arkitektkonkurranser, seminarer og tverrfaglige arbeidsverksteder med de fremste ekspertene i Norge og Europa. Prosjektet ble avsluttet med en internasjonal konferanse høsten 2008 der prosjektene ble presentert og diskutert. I tillegg ble det laget en utstilling «*Norwegian Wood – et laboratorium - Miljøvennlig trearkitektur for fremtiden*». Utstillingen summerte opp og viste frem resultater, prosesser og intensjoner med Norwegian Wood. Nasjonalmuseet skal i løpet av perioden 2009-2011 vise utstillingen rundt om i Norge.

I Bergen har byrådet vedtatt en visjon for ”Trebyen Bergen”(Bergen kommune 2005). Et av hovedpunktene er at kommunen skal stimulere til og legge til rette for videre utvikling og bruk av tre som et miljøvennlig byggemateriale og som bidrag til å nå nasjonale mål om økt trebruk. Bergen kommune skal være førende nasjonalt og i Norden når det gjelder fokus på og bruk av tre i byen og utvikle seg til en moderne treby. Dette henger sammen med byens tradisjoner og identitet, men også et ønske om å utvikle ny trearkitektur og bidra til en mer bærekraftig utvikling. Bergen kommune har som målsetting å bli ledende innenfor design og arkitektonisk formspråk ved bruk av tre. Kommunen vil selv ha fokus på tre i sine prosjekter og bidra til trebruk i konkrete utbygginger i Bergensregionen.

Bergen kommune ønsker også å videreføre ideen om et stort profilerings- og utviklingsprosjekt og har lansert prosjektet ”*Norwegian Wood på bergensk 2009 - 2014*” (Florelis 2008). Dette prosjektet tar sikte på

- bruk av norsk trevirke
- energieffektive løsninger
- moderne trearkitektur av høy kvalitet
- oppgradering og foredling av historiske trehusområder
- utvikle kompetansemiljøer og næringsliv i regionen
- utvikle tre som byggemateriale

Man registrerer i dag en økende interesse for bruk av tre i markedet med en økende etterspørsel innenfor eksisterende og nye bruksområder. Dette gjelder også bruk av tre i kombinasjon med andre materialer. Endringer av byggeregler og utvikling av ny teknologi og nye systemer har gitt trematerialet nye muligheter. Økt fokus på miljø og bærekraft har også skapt økt etterspørsel etter løsninger basert på økt trebruk i urban bebyggelse.

Bergen, Trondheim og Stavanger står foran store utbygginger i tiden framover. Disse byene har en tydelig identitet som historiske trebyer. Nå ønsker de å utvikle seg til å bli moderne trebyer. Dette innebærer store utfordringer og muligheter for planleggere,

entreprenører, utbyggere og materialleverandører. Den moderne trebyen skal i følge disse programmene, ikke bygges bare i tre, men ha en balansert materialbruk hvor også de andre store materialgruppene som stål, glass og betong har sin naturlige plass. Hovedmålet er likevel at Norges største byer skal utvikle seg slik at bruk av tre blir en tydelig del av byenes identitetsskapende arkitektur.

3 Arkitektonisk kvalitet

3.1 Ulike verdi- og arkitektursyn

Den romerske arkitekten Vitruvius som levde i det 1. århundre f. Kr. skrev bøker om arkitektur og hevdet at arkitekturen måtte tilfredsstille tre kvalitetskriterier:

- Varighet (Firmitas)
- Hensiktsmessighet (Utilitas)
- Skjønnhet (Venustas)

Hvordan disse kvalitetskriteriene har blitt vektlagt har variert opp gjennom tiden. Den klassiske arkitekturen la vekt på den tekniske oppbyggingen. Ved å bygge godt med bestandige materialer til rett bruk, kunne man skape vakre og varige bygninger (Larsen 2008). Mens de nyklassiske kvalitetsidealene la vekt på ornamentikken og dekorasjonselementene, bidro funksjonalismens gjennombrudd til at fokuset ble mer rettet mot funksjonen eller hensikten med bygget og at form og materialbruk måtte innordne seg dette hensynet. Funksjonalismen bidro til et paradigmeskifte i forståelsen av arkitektonisk kvalitet, i stor grad skapt av den industrielle masseproduksjonens gjennombrudd. På samme måte som det i vitenskapen skjer dramatiske paradigmeskifte, vil dette også være tilfelle for kunst og arkitektur. Disse skiftene gjenspeiler gjerne det som skjer i samfunns- og produksjonslivet.

Spørsmålet om bruk av tre som materiale tilfører en bygning spesielle kvaliteter som andre materialer ikke vil kunne tilføre bygningen, er sentralt i debatten om økt bruk av tre. Hva er det i den enkelte bygning eller bygningsmiljø som får byggherrer, brukere, arkitekturkritikere og allmennheten til å sette pris på noen bygninger, være likegyldige til andre og fordømme kvaliteten ved noen? Vi registrerer også at det som oppleves som god arkitektur hos noen, nødvendigvis ikke er sammenfallende med hva som vurderes som arkitektonisk kvalitet hos andre.

Mange mener at opplevelse av arkitektonisk kvalitet er en subjektiv opplevelse betinget av sosiale og kulturelle forutsetninger. Idéhistorikeren Trond Berg Eriksen hevder at kvalitet er mer knyttet til *forestillinger* om objektet enn objektets faktiske egenskaper. Kvalitet er vevd inn i et mønster av forbruk og forestillinger, inn i den omfattende sosiale og kulturelle sirkulasjonen av tegn og uttrykk. Kvalitet kan derfor ikke vurderes uten kunnskap om den subjektive, brukerbaserte erfaringen. Når det gjelder utvikling av smak og normer er disse påvirket av samfunnsmessige og sosiale forhold (Berg Eriksen 1989).

Dette er i tråd med synet til mange av de arkitekturkritikerne som anvender et fenomenologisk perspektiv i arkitekturvurderingene. Det innebærer at byggverket i seg selv ikke har noen kvaliteter, men kun egenskaper som vi opplever som kvaliteter. Det er vi som arkitekturfortolkere som tillegger byggverket disse kvalitetene. Vår persepsjon og innlevelse i bygningen gjør at vi kan tilegne oss "fenomenet" – bygningens arkitektoniske kvalitet.

Professor Birgit Cold mener at arkitektonisk kvalitet betyr kvalitet ved hele ”produktet” arkitektur, fra byggverkets steds- og klimatilpasning, form og mening, rom og bruk, komfort og opplevelse, konstruksjoner, detaljer og materialbruk, lys og farge, innredning og overflater, holdbarhet og økonomi. I følge Cold oppleves arkitektonisk kvalitet i møtet mellom individ og byggverk (Cold 1990). Det betyr at både stedet, tiden, situasjonen, individets forutsetninger og rolle, og byggverkets egenskaper og karakter inngår i et samspill hvor den arkitektoniske kvalitet som vi tillegger byggverket, er resultatet av dette samspillet.

Det verserer derfor mange ulike verdi- og arkitektursyn opp gjennom tidene, men også parallelt i samtiden. Disse representerer i mer eller mindre grad et spenningsfelt mellom modernismens krav til originalitet og fornyelse og et ønske om å videreføre tradisjonelle verdier, gjerne knyttet til en førmoderne periode (Se også Kittang 2006).

3.2 Kvalitetskriterier

Likevel blir det arbeidet med å utvikle universelle kriterier for hva som kan understøtte begrepet arkitektonisk kvalitet. Kirsten Arge ved SINTEF Byggforsk har i en rekke prosjekter arbeidet med arkitektonisk kvalitet og hvordan denne kan evalueres og operasjonaliseres (Arge 1994; Arge and Bleiklie 2003; Arge et al. 2008). I noen av disse arbeidene trekker hun også fram arbeidene til Jan Eriksson. Jan Eriksson har systematisert boligkvaliteter i tre hovedkategorier (Eriksson 1993). Disse kategoriene kan gjerne anvendes mer generelt på bygninger.

- *Eстетiske* kvaliteter, hvor vakker bygningen eller bygningsmiljøet er
- *Symboliske* kvaliteter:
 - o Informative – hvordan området, bygningen eller deler av bygningen informerer om hvordan den skal brukes, hvordan man skal orientere seg
 - o Demonstrative – hvordan bygningen og området symboliserer mening, status og identitet
 - o Affektive – hvordan bygningen og området vekker bestemte følelser
- *Praktiske* bruksverdier knyttet til fysiologiske og psykologiske behov, praktisk-rasjonelle behov og hvordan bygningen bidrar til en mest mulig økonomisk bruk av ressurser (kostnader, energi- og materialbruk)

Eriksson hevder at vurderinger av alle de tre kvalitetskategoriene er kulturelt betinget og at det ikke finnes universelle normer for hva som oppfattes som god kvalitet. Likevel kan disse kategoriene hjelpe til å analysere og forstå egenskaper ved områder, bygninger og materialbruk som kan oppfattes som positive eller negative sett fra et kvalitetsperspektiv.

Den britiske regjeringens rådgiver når det gjelder arkitektur, byforming og offentlige rom, CABE – *Commission for Architecture and the Built Environment*, har utviklet et sett av verdibegreper til å kunne diskutere et steds fysiske kapital eller verdi (Cabe 2010; Arge et al. 2008):

- Markedsverdi

- Bruksverdi
- Uttrykksverdi
- Sosial verdi
- Miljøverdi
- Kulturell verdi

Markedsverdien bestemmes av den prisen som markedet er villig til å betale. Denne kommersielle verdien vil være avhengig av mange faktorer, men materialbruk vil være en vesentlig del av denne verdien. Markedsverdien reflekterer mange forhold som også er knyttet til de andre kriteriene som bruksverdi, uttrykksverdi etc.

Bruksverdien handler om hvorvidt bygningen passer til det formålet den er bygget for og om bygningen bidrar til å støtte opp om de funksjonskravene som er viktig for brukeren. Bruksverdien omfatter også en bygnings vedlikeholdsegenskaper og materialenes bestandighet og er dermed relevant for materialbruken.

Uttrykksverdi sier noe om materialbruken understøtter og signaliserer den identiteten eller det omdømmet som brukerorganisasjonen ønsker å stå fram med og blir et ledd i merkevarebyggingen. I noen sammenhenger kan tre som byggemateriale signalisere et traust og tradisjonsbasert materiale, i andre sammenhenger gi et nytt og moderne uttrykk. Tre som byggemateriale har et allsidig uttrykksregister og kan signalisere mange ulike uttrykk som reflekterer brukernes identitet.

Sosial verdi handler om områder eller bygninger som skaper kontakt mellom mennesker, gir muligheter for sosial interaksjon, styrker sosial identitet og lokal tilhørighet, støtter sosial inkludering og bidrar til bedre helse, utvikling, moral, god vilje, trygghet og sikkerhet, reduserer vandalisme og kriminalitet. Materialbruken kan ha vesentlig innflytelse på en bygnings og et områdes sosiale verdi. Omgivelser med varmt og taktilt preg, som trebygninger ofte har, kan være gunstige for å danne sosiale møteplasser. Studier fra helsebygg indikerer også at bruk av tre kan bidra til bedre trivsel blant pasienter og raskere helbredsprosess. Erfaring viser også at estetisk tiltalende kvalitetsmaterialer i mindre grad inviterer til hærverk enn simple materialer. Bruk av kvalitetstreverk kan ha en positiv effekt.

Miljømessig verdi handler om merverdien som skapes både for den enkelte og for samfunnet gjennom valg av bærekraftige løsninger når det gjelder bygd miljø, løsninger som er robuste og krever lite vedlikehold sett i bygningers livsløpsperspektiv. Miljøverdien uttrykker i hvilken grad en bygnings negative miljøpåvirkning minimaliseres. Bygningers miljømessige verdi er sentralt i spørsmålet om valg av byggemateriale og vil stå sentralt ved valg av tre som konstruksjons- og byggemateriale.

Kulturell verdi er et mål på bygningens bidrag til stedet, hvordan den forholder seg til omgivelsene, til den bygnings- og landskapsmessige konteksten og til et større historisk og stedsrelatert mønster. For tremateriale som har lange tradisjoner i den norske byggeskikken, vil materialbrukens kulturelle verdi stå sentralt.

3.3 Treprisen

Det er vanskelig å si at det er blitt brukt lignende kriterier for kvalitet ved tildeling av Treprisen. Treprisen ble opprettet i 1961 og var et samarbeid mellom Norske arkitekters landsforbund (NAL) og Treopplysningsrådet senere Trefokus, et informasjons- og kommunikasjonsselskap eid av skogbruket og treindustrien. Statuttene slår fast at treprisen skal deles ut til arkitekter som viser særlig kunstneriske kvalifikasjoner og teknisk dyktighet ved riktig bruk og behandling av tre som byggemateriale og som står for innovasjon og dristighet, gjerne i samspill med andre materialer (Carlsen 2004). Treprisen er en anerkjennelse av et sluttprodukt der det blir lagt vekt på at dette skal være forbilledlig, til inspirasjon for andre arkitekter. Treprisen ble sist delt ut i 2004. Det er interessant hvordan vekslende juryer har identifisert og vektlagt kvaliteter ved bruk av tre som byggemateriale.

Birgit Cold har drøftet arkitektonisk kvalitet i norsk trehusbebyggelse med utgangspunkt i en analyse av de ord og uttrykk som ulike juryer og treprisvinnere har brukt til å beskrive arkitektoniske kvaliteter (Cold 1990). Hun har gruppert disse kvalitetsbegrepene i:

- *Harmoni med balanse og helhet.* Harmoni kan innebære et helhetlig samspill mellom komplementære kvaliteter, som for eksempel mellom det kjente og det nye, mellom orden og variasjon, åpent og lukket. Cold peker på at arkitektene i 60–70 årene var mer opptatt av å skape helhet gjennom ”en naturlig orden” knyttet til treets konstruktive egenskaper og til en variasjon som sprang ut av funksjonelle krav og opplevelsesmessige forhold, enn de var opptatt av mer abstrakte og teoretiske ordensprinsipper som for eksempel i den klassiske arkitekturen.
- *Originalitet og nyhetsverdi.* Hovedinteressen ligger i at byggverket viser fantasi, ukonvensjonelle løsninger, personlige grep, karakterfullhet, virtuositet og artistisk nerve. Det er spesielt det kunstneriske og nyskapende som er kvaliteten, eller ”arkitektur som kunstverk” framfor arkitektur som brukskunst. For arkitekter har det vært et spesielt ønske om å bidra med noe originalt, gå nye veier konstruktivt, i materialbruk, i landskapstolkning. Treets allsidighet både med hensyn til uttrykk, bruksområder, bearbeidingsmuligheter m.m. gjør trematerialet til et materiale som gir et stort spillerom for eksperimentering i bruk, form og uttrykk.
- *Steds- og landskapstilpasning* er ofte blitt framhevet av juryene. Forbildene for de moderne trehusene slik disse er presentert av prisvinnerne, er ikke så ofte de panelte byhusene som den gamle trearkitekturen fra innlandsbygdene og i noen grad fra japansk trearkitektur. En har lagt vekt på å tilpasse bebyggelsen til et naturlandskap, og sjelden valgt tre dersom bebyggelsen skulle inn i en bysituasjon. Dette kan i stor grad begrunnes med byggeforskriftenes materialkrav til bymessig bebyggelse, men også til oppfatninger av at trehus ikke er byhus.
- *Enkelhet med tradisjonelle verdier i sentrum* blir også ofte framhevet som et kvalitets-kriterium ved valg av vinnere til Treprisen. Her er det blitt lagt vekt på måtehold i form og materialbruk og valg av enkle og nennsomme løsninger,

økonomisering og varsom anvendelse av virkemidler, knapphet i uttrykket og nøkterne løsninger, naturlig, upretensiøs og selvfølgelig bruk av tre. Denne knappheten i uttrykket blir også sett på som en videreføring av det tradisjonelle trehusuttrykket, skapt innenfor rammer av ressursknapphet.

- *Systematisering og kultivering.* Som forbilde skal prosjektene vise vei framover og vise eksempler på hvordan en gjennom systematisering og kultivering kan innfri konstruktive og funksjonelle krav som også kan besvares i et industrialisert byggeri. Mange av treprisvinnerne har lagt vekt å utvikle konsepter for sine trehus som er tilpasset en økt industrialisering av byggeprosessen.

Gjennom de nesten 50 årene som Treprisen er blitt delt ut, har treprisjuryer lagt vekt på ulike kvaliteter ved prosjektene uten at det kan sies å være en klar tidstilknyttet tendens (Cold 1990). I løpet av 1970-årene ble det lagt vesentlig vekt på systematisering og kultivering av materialbruken i retning av modulsamordning og variasjon innen et ordensprinsipp. Dette har også en sammenheng med at det også ble prioritert kvaliteter som enkelhet og naturlighet som gjerne er knyttet til byggetradisjoner og til hverdagslivets bruk, men også til modernismens vektlegging av ærlighet, enkelhet og ekthet. Særlig den japanske trearkitekturs vektlegging av enkelhet og rene former inspirerte mange treprisvinnere i dette tidsrommet.

Senere er det en økende tendens til å vektlegge originalitet og eksperimenterende bruk av materialet. Treprisens juryer og prisvinnere har stått for videreutvikling av en tradisjonsrik byggekunst i modernismens ånd med harmoni, enkelhet og ekthet som kjennetegn. Arkitekturteoretikeren Christian Norberg-Schulz skriver i Treprisen (Norberg-Schulz 1988):

"I Norge har trearkitekturen hatt en særlig rik utvikling. Årsakene til dette er flere. For det første har tilgangen på utmerket trevirke alltid vært god, for det annet har treet særlig godt kunnet tilfredsstillende de krav det norske klimaet stiller, og for det tredje har de frie bønder i Norge i en annen grad enn ute i Europa kunnet utvikle en blomstrende folkekunst. ... (Vi) kan med rette si at en neppe noe annet sted har brukt trematerialet på en så allsidig måte som i Norge." (s.11)

Norberg-Schulz mener at dette kan ha sammenheng med kombinasjonen av to konstruksjonstyper: den massive lukkede lafteveggen og det åpne og variasjonsdyktige stavverket. De første treprisvinnerne har i stor grad tatt utgangspunkt i denne tradisjonen, omsatt den i en moderne form og på denne måten bygget bro mellom gammel og moderne norsk trearkitektur.

3.4 Nye tendenser i arkitekturuttrykket

Å bygge i tre har lange tradisjoner, ikke bare i Norge og i Norden, men i store deler av verden. Tre har faktisk vært forløperen til nesten all byggevirksomhet. Til og med antikkens templer hadde trekonstruksjoner som forbilder. Et byggemateriale med slike tradisjoner, står gjerne vel traust forankret i et tradisjonsbundet uttrykk. Dette har nok bidratt til at modernismens stiluttrykk som i stor grad bygget på nye byggematerialer som

betong, stål og glass og med et mer universelt uttrykk, ikke så ofte lar seg uttrykke i trematerialets formspråk. I nordisk modernisme finner vi likevel gode eksempler på et moderne uttrykk med bruk av trematerialer i for eksempel prosjektene til Alvor Alto, Knut Knutsen, Sverre Fehn med flere (Norberg-Schulz and Postiglione 2003; Tvedten and Knutsen 1982; Aalto and Pallasmaa 2003).

I de fleste tilfeller blir likevel tre brukt i et arkitekturuttrykk som er forbundet med gammel trebyggetradisjon og kanskje har vist liten evne til fornying. Flere forhold kan tyde på at det etter hvert skjer en endring. Dette har ikke minst sammenheng med utvikling av nye materialkvaliteter og produkter. Utvikling av massivtreelementer har åpnet for ny bruk av tre der massivtre kan brukes både konstruktivt som bærende elementer, men også som skilleelementer der både lyd- og branntekniske egenskaper blir bedre ivare tatt enn i de tradisjonelle bindingsverkkonstruksjonene.

Den sentraleuropeiske trearkitekturen har i stor grad dannet forbilder for utviklingen av et nytt og variert formspråk basert på tre som hovedmateriale. Disse prosjektene er ofte også svar på de nye utfordringene som er knyttet til klimaendringene. Både ut fra et miljøpolitisk og et næringspolitisk ståsted, har det vært ønskelig å øke bruken av tre i nye bygninger. Bruk av massivtre er introdusert, og åpner for mer variert bruk av tre i bærende og skillende konstruksjoner.

Norwegian Wood i Stavanger-området introduserte i 2008 flere gode eksempler på innovativ bruk av tre med blant annet bruk av massivtre, og bidro til å rette fokus på tre som et materiale som også kunne uttrykke modernismens krav til enkelhet, originalitet men også variasjon i formuttrykket (NAL/Ecobox 2008). At Statens Byggeskikkpris i 2009 gikk til et trehus er også et tegn på at trehuset er i ferd med å gjenvinne en posisjon som et interessant konsept også for arkitekter og byggherrer som ønsker en fornyende arkitektur.

Statens Byggeskikkpris er en hederspris som deles ut årlig til byggverk og bygde omgivelser som gjennom utførelse, materialbruk, utforming og samspill med sted og miljø kan bidra til å heve, fornye og utvikle den allmenne byggeskikk (Husbanken 2010). Bygningene skal ha god arkitektonisk utforming og skal oppfylle sentrale krav innenfor miljø og universell utforming. Det er interessant at ved tildelingen i 2009, gikk Statens Byggeskikkpris til Preikestolen fjellstue i Rogaland (Arkitektene Helen & Hard). Juryen la vekt på at bygningsuttrykket gir assosiasjoner til det omkringliggende fjellandskapet, men også at arkitektene og byggherren har vist mot og eksperimentell lyst til å utforske et nytt formspråk, blant annet basert på bruk av massivtre. Preikestolen fjellstue inngår i kulturhovedstadsprosjektet Norwegian Wood som fokuserte på fornyende trearkitektur, miljøvennlig materialbruk, lav energibruk og universell utforming (Statens Byggeskikkpris 2009).

I tillegg til Byggeskikkprisen ble det delt ut hedrende omtale til tre andre prosjekter. Alle de fire prosjektene som ble framhevet av juryen, hadde tre som hovedmateriale. Dette kan trolig innebære at det er i ferd med å skje en endring i arkitekters og byggherrens holdning til bruk av tre som også kan åpne for økt bruk av trematerialer i urbane omgivelser?

FoU-prosjektet "Tre i by – Hvilke mekanismer styrer materialvalget for større urbane byggverk?" tar også sikte på å utforske hvilke holdninger vi har til bruk av tre i bymessige situasjoner. Hva som til enhver tid vil være det dominerende materiale i de ulike byggeoppgavene, er til stor grad bestemt av hva som er de dominerende oppfatningene i fagmiljøene om hva de ulike materialene egner seg til, og trenger ikke være i tråd med materialenes faktiske tekniske og økonomiske egenskaper. Det var ingen som trodde at det lot seg gjøre å bygge en moderne flyplass med trekonstruksjoner før Oslo Hovedflyplass Gardermoen ble realisert. Denne flyplassterminalen samt de mange sportsanleggene i tre som ble bygget i forbindelse med arrangementet av De olympiske leker på Lillehammer i 1994 bidro til å endre vår holdning til hvilket bruksområde og formuttrykk tre som byggemateriale har. En dominerende oppfatning om at tre ikke egner seg til større bygninger, ble også grundig utfordret.

I forbindelse med trebruk i det nye St. Olavs hospital i Trondheim sier prosjektrapporten: *"Bruk av trematerialer i Helsebygg (Jensø 2002): "Det er viktig å påpeke at trematerialer ikke innføres i sykehus på grunn av spesielt gode tekniske egenskaper, vedlikeholdsegenskaper og hygienemessige egenskaper, men på grunn av at trematerialene har andre kvaliteter som er viktige å tilføre et sykehus. Dette gjelder estetiske, opplevelsesmessige og miljømessige kvaliteter. I tillegg er det viktig å tilføre sykehuset naturlige materialer som gir varme til interiøret".*

Det vesentlige ved bruk av trematerialer i sykehus vil likevel være å benytte disse materialene på en slik måte at en kan kombinere de positive opplevelsesegenskapene med funksjonell drift og vedlikehold av bygget. Dette bør være mulig å oppnå ved å være oppmerksom på trematerialenes begrensninger, og ved å hindre at trematerialer blir brukt der de er dårlig egnet.

4 Sentrale aktørers innflytelse på materialvalg

4.1 Ulike aktører i byggeprosessen

I en byggeprosess vil det være flere aktører som påvirker kvaliteten ved det endelige resultatet. Byggherren som er initiativtaker til byggeprosjektet, vil vanligvis ansette rådgivere som blir sentrale aktører. I store boligprosjekter er det nå vanlig at markedsleddet kommer inn som rådgivere ut fra sin kunnskap om markedet og hva markedet etterspør (Isdahl 2004). Det vil være ulike typer rådgivere inne i den tidlige fasen (strategisk programmering og utarbeidelse av byggeprogrammet). I skissefasen og i forprosjekteringen vil en få inn et tverrfaglig prosjekteringsteam som legger føringene for den videre prosjektering. Sentrale rådgivere i denne fasen vil være ansvarlig prosjekterende arkitekt og byggetekniske konsulenter.

Byggherren bestemmer videre gjennomføringsmodellen (entrepriseform) som avgjør hvem som har hvilket ansvar overfor byggherren og overfor bygningsmyndighetene. Etter forprosjekt og rammesøknad forsetter detaljprosjekteringen av bygget, enten i regi av en totalentreprenør og/eller av arkitekter og rådgivere (byggeteknikk og andre tekniske konsulenter) som ansvarlig prosjekterende. Disse har ansvaret overfor bygningsmyndighetene for at løsningene er i samsvar med teknisk forskrift og øvrige offentlige rammer.

Tidligere studier viser at med hensyn til byggets arkitektoniske kvalitet er byggherre og arkitekt de mest sentrale (Arge and Bleiklie 2003). Det ligger i byggherres rolle som bestiller å etterspørre og definere kvalitet i det planlagte bygget. Arkitektens rolle er å konkretisere denne. Entreprenørens hovedfokus vil som regel være å oppføre et bygg som er i tråd med forskriftskrav innenfor en gitt kostnadsramme. Rådgivende ingeniører ivaretar sine kvalitetsområder som stort sett er av byggeteknisk karakter. Arkitektonisk kvalitet, konkretisert som syntesen mellom brukskvalitet, estetisk kvalitet og teknisk kvalitet, må hovedsakelig defineres i samspillet mellom byggherre og arkitekt.

I boken "Arkitektonisk kvalitet, en studie av samspillet mellom byggherre og arkitekt" hevder forfatterne at samspillet mellom byggherre og arkitekt er nøkkelen til all god arkitektur (Arge and Bleiklie 2003). Grunnlaget for arkitektonisk kvalitet legges i den første fasen av utformingsprosessen som er særlig kritisk. Byggherre må stille klare krav til kvalitet på et tidlig tidspunkt i prosessen. Gjennom bevisste valg av dyktige rådgivere både innen salgsapparat og prosjektering, skal byggherre utvikle et byggeprogram som definerer hvilke kvaliteter som skal inngå i prosjektet. Ideelt sett bør arkitekten være med å utvikle programmet sammen med byggherren. Problemer i denne fasen skal ikke bare løses, men også oppdages.

4.2 Ulike byggherrekategorier og deres forhold til materialvalg.

Utbyggere kan kategoriseres som ulike byggherretyper som har ulike målsettinger og ambisjoner med sine prosjekter og derfor også ulike holdninger med hensyn til kvalitet. Byggherrer for større, urbane byggeprosjekter i dagens marked kan grovt deles inn i følgende kategorier

- *Kommersiell byggherre som bygger for salg på åpent marked.* Denne gruppen bygger vanligvis boliger, men kan også bygge næringsbygg for videresalg. Ofte er det snakk om vertikalt integrerte utbyggingsselskaper med både markedsledd og entreprenørvirksomhet.
- *Kommersiell byggherre med drifts- og forvaltingsansvar.* Denne gruppen kan bygge utleieboliger eller næringsbygg for utleie. Enkelte aktører bygger også bygg for egen næringsvirksomhet.
- *Boligkooperasjoner med drifts- og forvaltningsansvar* som bygger boliger for salg på åpent marked og til egne medlemmer
- *Offentlig byggherre som bygger med drifts- og forvaltningsansvar.* Sykehjem, sykehus, barnehager, skoler og andre offentlige byggverk er aktuelle prosjekter.

Studien ”boligkvalitet i et samfunnsperspektiv” viser at byggherrer hadde ulik holdning til kvalitet i byggeprosjektet avhengig av om vedkommende selv skulle drifte bygget eller om byggherre kun bygget for videresalg (Narvestad 2008).

Kommersielle byggherrer som bygget for salg på et åpent marked var opptatt av å optimalisere det potensial som lå i en gitt tomt (beliggenhet), dvs. bygge riktig kvalitet til riktig kundesegment og riktig pris. Materialkvalitet som andre kvaliteter i byggverket ble avgjort av hva utbygger så for seg var etterspurt av en tenkt kundegruppe. Materialvalget måtte også være innenfor en kostnad som denne gruppen var i stand til å betale. En av utbyggerne i ”*Boligkvalitet i et samfunnsperspektiv*” hadde en helt klar oppskrift for hvordan hans firma tenkte materialkvalitet i ulike prosjekter. På sentrale og dyre tomter bygget man fleretasjes boligbygg i betong og stål. Fasademateriale var enten teglstein eller pusset mur. I rimeligere bygg på usentrale tomter oppførte man også bygget i stål og betong. Som fasade brukte man imidlertid ofte plateledning eller trepanel. Av utsagnet fremgår det at trefasader ble regnet som ”rimelig standard”. Tradisjon for hvordan man bygger i urbane og suburbane strøk samt brannhensyn i tett bybebyggelse, kan imidlertid også spille en rolle.

Det er i første rekke materialer i fasade og interiør som er av interesse for sluttbruker og som utbygger definerer inn under begrepene ”høy eller lav standard”. Med hensyn til konstruksjonsmaterialer avgjøres dette av andre kriterier, slik som økonomi og utbyggers egen kompetanse og byggetradisjon. I caseutvalget til boligkvalitet i et samfunnsperspektiv er det kun ett av åtte fleretasjes boligbygg som er konstruert i tre. Det er oppført som modulbyggeri i tre med fasade av trepanel på en usentral, rimelig tomt. Prosjektet er et Startboprojekt til lav kostnad.

En annen casestudie nylig utført av SINTEF Byggforsk ”*Valuta for pengene*” viser imidlertid at tremoduler også brukes i fleretasjes bolighus på sentrale tomter (Arge et al. 2008). Argumentene her har vært av økonomisk karakter. Trepanel blir også brukt som fasademateriale i sentrale boligprosjekter, men da gjerne som kontrast til andre materialer, vanligvis tegl eller pusset mur. Trepanel blir nok ofte oppfattet som et ”billig”

materiale, men utførelse, detaljering, materialkvalitet og eventuelt vellykket kombinasjon med andre materialer, vil være avgjørende for om det blir oppfattet slik av byggherre og sluttbruker.

For øvrig er flere kommersielle firmaer og boligbyggelag opptatt av å fremstå som samfunnsbevisste aktører som er faglig i front. Valg av tre som materiale kan for eksempel være interessant av hensyn til miljøprofilering. I *"Valuta for pengene"* ser vi for eksempel at tre i fasaden blir brukt ut fra en argumentasjon om miljøvennlighet. Enkelte større kommersielle utbyggingselskaper har en miljøpolicy som forbyr bruk av regnskogtre. Om dette fører til større bruk av lokalt trevirke er imidlertid ikke undersøkt.

Tankegangen hos større boligkooperasjoner (boligbyggelag) som er undersøkt i *"Valuta for pengene"* og *"Boligkvalitet i et samfunnsperspektiv"*, skiller seg lite fra de kommersielle utbyggerne. Boligkooperasjonen bygger imidlertid både for egne medlemmer som har forkjøpsrett, men også for salg på et åpent marked. I tillegg har de et forvaltningsansvar for byggene. Dette kan føre til økt interesse for materialbruken. Data fra *Boligkvalitet i et samfunnsperspektiv* tyder på at byggherrer som bygger for å drifte bygget selv og drive utleievirksomhet, ønsker seg et bygg med robuste, vedlikeholdsvennlige og fleksible løsninger.

Offentlige byggherrer ble ikke omfattet av de to nevnte studiene. Fra studien *"Bruk av trematerialer i helsebygg"* utført av SINTEF Bygg og miljø i 2002 ser vi imidlertid at drifts- og vedlikeholdsaspekter blir tillagt større vekt enn i et rent kommersielt byggeri (Jensø 2002). I tillegg er man opptatt av materialenes egnethet til de ulike bruksformål i bygget og hvordan de bidrar til et godt inneklima.

4.3 Arkitektens rolle

Arkitekten har i følge Arge og Bleiklis studie en svært sentral rolle ved utformingen av bygget. (Arge and Bleiklie 2003). Dette vil sannsynligvis også gjenspeile seg ved valg av materialer.

Den prosjekterende arkitekten regner gjerne estetikk som sin kjernekompetanse, og legger stor vekt på dette aspektet i valg av materiale. Imidlertid vil økonomiske og andre rammer i byggefasen og i driftsfasen av byggeprosjektet være avgjørende for valget av innvendige og utvendige materialer. Drift, vedlikehold og økonomiske forhold vil som regel være mer utslagsgivende enn rene estetiske betraktninger. På den andre siden vil en anerkjent arkitekt ha sterkere gjennomslagskraft enn andre og sammen med en byggherre som vektlegger profilering og estetikk, kan estetiske hensyn telle sterkere i slike allianser. (Arge 1994; Arge and Bleiklie 2003)

Når det gjelder valg av materialer i eksponerte flater som i fasader og interiører, vil arkitekten ha vesentlig større spillerom enn når det gjelder valg av konstruksjonsmaterialer der tekniske hensyn spiller en større rolle. Her vil oftest bygningsingeniørens meninger være mest avgjørende.

4.4 Bygningsingeniørens rolle

Bygningsingeniøren som byggeteknisk konsulent for materialenes konstruktive, lydtekniske og branntekniske egenskaper har en viktig posisjon spesielt ved valg av bygningens konstruksjonsmateriale. Fasadematerialet og valgt utforming har også store konsekvenser for bygningens branntekniske egenskaper noe som ofte har ført til at tre er blitt valgt bort fra fasaden. Det gjelder også forhold knyttet til brannmotstanden i bygget og valg av konstruksjonsmateriale (Hovde 1996).

Bygningsingeniøren har også ofte valgt bort tre som konstruksjonsmateriale på grunn av de biologiske egenskapene som gjør det vanskeligere å dimensjonere med tanke på bruddstyrke. Egenskapene til trevirke kan variere fra tre til tre avhengig av vekstforhold og behandling. Egenskapene varierer med virkets fiberretning, heltre har helt ulike egenskaper på tvers enn på langs av fibrene (Dinwoodie 2000). Dette gjør det mye vanskeligere å optimalisere dimensjonene for trevirke enn når det brukes konstruksjonsmaterialer som betong og stål.

4.5 Entreprenørens rolle

Nils Christian Raastad utførte i 2005 i sin masteroppgave ved Universitetet for miljø- og biovitenskap en kvalitativ undersøkelse av entreprenørers oppfatninger av bruk av massivtre i store konstruksjoner (Raastad 2005). Resultatene fra denne studien viste at produsentene fortsatt ga mangelfull informasjon til byggebransjen om massivtre og mulighetene knyttet til dette produktet. Det ble også avdekket behov for videre produktutvikling av massivtrekonseptet. Entreprenørene som hadde erfaring med massivtre, gav uttrykk for at materialet ikke var like enkelt å benytte i konstruksjoner som produsentene gjerne gav uttrykk for. Det ble sett på flere ulike aspekter i forhold til egenskapene ved massivtre: brann, lyd, fuktighet og økonomi.

Entreprenørene ble spurt i hvilken grad de kunne påvirke arkitekter og utbygger ved valg av materiale. Det kom fram at i de fleste tilfellene mente entreprenørene at de kunne påvirke materialvalget. Ved at entreprenørene valgte hvilke arkitekter som skulle brukes på de ulike prosjektene fikk de større kontroll over prosjektets utfall. I de tilfeller der entreprenørene selv var byggherre, ble det regnet som enkelt å styre materialvalget gjennom valg av arkitekter og fastsette de føringer som skulle gjelde for prosjektet. Pris på entreprisen, type bygg og hvilken funksjonalitet byggherren var ute etter, ble også nevnt som viktige faktorer i forhold til valg av massivtre.

Ifølge entreprenørene i undersøkelsen var det bra å bygge med tre, spesielt ettersom det var en oppfatning at brannegenskapene ved massivtre var vesentlig forbedret. Trevirke ble også fremhevet som et estetisk tiltalende materiale og lett og forutsigbart å jobbe med. Det som derimot talte mot bruk av tre var prisen. Dette gjalt spesielt i de tilfellene der entreprenøren ikke var godt kjent med materialet. I noen tilfeller ble det vist til at enkelte hadde tapt penger siden de hadde lite erfaringer med bruk av massivtre. Ved bruk av massivtrelementer fikk entreprenørene derimot redusert byggetid og -kostnad når de etter hvert hadde fått mer erfaring med produktet (Raastad 2005).

4.6 Sluttbrukers rolle

Bygninger har flere ulike typer sluttbrukere. Oftest vil man tenke på sluttbruker som den eller de personene som bruker bygget til dets primære formål. For en bolig vil dette være beboerne. For et sykehus vil det være pasienter, sykepleiere, leger osv. For denne gruppen sluttbrukere vil valg av materialer som er synlig eksponert i interiør og eksteriør være det primære fokus. I den grad byggherre og sluttbruker er samme person vil vedkommende selvfølgelig ha et avgjørende ord med hensyn til materialvalg. Oftest ser vi imidlertid at sluttbruker ikke selv er involvert i byggeprosessen, eller bare indirekte involvert gjennom f. eks sine interesseorganisasjoner. Ved salg av boliger ser vi allikevel eksempler på at kjøper kan velge mellom ulike typer interiøroverflater og innredning.

Sluttbruker kan imidlertid også f.eks. være driftsavdelinger når det gjelder større bygg. Disse er gjerne opptatt av vedlikeholdsaspekter og livsløpsøkonomi, særlig gjelder dette byggherrer med et særlig driftsansvar som boligkooperativer, offentlige byggherrer og byggherrer som skal drive utleievirksomhet. I den grad disse blir invitert inn i prosessen som omfatter valg av materialer og konstruksjonsløsninger, vil de vektlegge driftsøkonomi på kort og lang sikt.

Andre sluttbrukere vil være opptatt av forhold som bidrar til å profilere byggherren eller leietaker. Byggeherrer med forankring i skog- og landbruksnæringa velger gjerne treprodukter i bygningene. Også miljøhensyn er et viktig profileringstema som bidrar til å velge tre i synlige flater og konstruksjoner.

5 Kunnskapsutvikling og formidling

For å kunne treffe riktige og veloverveide beslutninger ved valg av trematerialer er aktørene i byggenæringen avhengig av tilgang på oppdatert og pålitelig kunnskap om trebruk. Flere ulike institusjoner er sentrale i arbeidet med å utvikle og formidle denne kunnskapen i Norge. Det følgende kapittelet gir en rask gjennomgang av de mest toneangivende aktørene og deres bidrag og oppgaver.

5.1 Forskningsinstitusjoner

5.1.1 Norsk Treteknisk Institutt

www.treteknisk.no

Norsk Treteknisk Institutt (Treteknisk) ble etablert i 1949 som et bransjeforskningsinstitutt for treindustrien i Norge. Instituttet skal fremme lønnsomhet ved bruk av oppdatert kunnskap om trevirke - dets egenskaper, bearbeiding og anvendelse. Virkemidlene er målrettet FoU, kunnskapsformidling, rådgivning og kvalitetsdokumentasjon (Norsk Treteknisk Institutt 2010). Treteknisk er involvert i standardisering og kvalitetsdokumentasjon både i nasjonale og internasjonale fora, og ivaretar norsk treindustri sine interesser i arbeidet med felles europastandarder. Instituttet har gode og akkrediterte laboratorier for mekanisk prøving og kjemiske analyser og andre typer tester; mekanisk prøvingslaboratorium, kjemilaboratorium, tørketeknisk laboratorium, treanatomisk laboratorium (mikrolaboratorium), limlaboratorium og overflatelaboratorium.

Treteknisk arbeider med forskning og utviklingsprosjekter (FoU) på nasjonalt og internasjonalt nivå, og har blant annet vært sterkt involvert i utarbeidelsen av den norske Nasjonale forskningsagenda for skogbasert sektor. Instituttet innehar en sentral posisjon som FoU-organ i bransjens satsinger for økt bruk av tre og tilhørende verdiskaping. Prosjektene finansieres av ulike virkemidler og industri eller næring. Viktige forskningstemaer er trevirkets egenskaper og holdbarhet, teknologi for bygging i tre, energibruk i bygninger, trelastproduksjon og tørking, bioenergi og treprodukters miljøegenskaper.

Kunnskapsformidling omfatter en rekke emner knyttet til tre og trebruk. Det er nylig opprettet en internettbasert kunnskapsbank som er åpen for alle. Kunnskapsbanken dekker en rekke temaer:

- Treslag
- Trelastproduksjon
- Trebeskyttelse
- Overflatebehandling
- Tre og bygg
- Limtre
- Tre og energi
- Tre og miljø

- Tre og næringsmidler
- Massivtre

I tillegg publiserer Treteknisk flere egne serier:

- Teknisk håndbok går i dybden på et eller flere utvalgte temaer, og er velegnet til opplæring og oppslagsbøker.
- Rapport fra Treteknisk skrives i forbindelse med FoU-prosjekter som Treteknisk deltar i. Rapportene beskriver prosjektene, metode og resultater
- Teknisk Småskrift ble utgitt i perioden 1953-2003. Den fortsetter som Teknisk håndbok. Bøkene i serien går i dybden på ett enkelt tema, og egner seg til læremidler og oppslagsverk.
- FOKUS på Tre er rettet både mot forbrukere og fagfolk i trebransjen. De har forbrukeropplysninger og aktuell informasjon fra FoU-prosjekter. Heftene er på 4-8 sider og går ikke like mye i dybden som Rapport-serien vår.
- Treteknisk Informasjon er Treteknisk sin informasjonskanal mot treindustrien.

5.1.2 SINTEF Byggforsk

www.sintef.no/Byggforsk

SINTEF Byggforsk er det største forskningsinstitutt for bygge- og anleggsnæringen i landet (SINTEF Byggforsk 2010). Instituttet er utpekt godkjenninginstans samt teknisk kontrollorgan for produktsertifisering og utsteder produktdokumentasjon, teknisk godkjenning og produktsertifisering. SINTEF Byggforsk har laboratorier som dekker det meste av behovet for prøving og dokumentasjon etter norske og europeiske standarder (NS-EN) innen bygg og anlegg. Mange av disse laboratoriene er relevante for testing og dokumentasjon av trematerialer og bygningselementer i tre. SINTEF Byggforsk har for tiden flere omfattende forsknings- og utviklingsaktivitet er knyttet til bruk av tre som byggemateriale.

5.1.3 Teknologisk institutt

<http://www.teknologisk.no/Materialteknologi/Overflatebehandling>

Teknologisk institutt (TI) er lokalisert i Oslo, Kongsberg, Stavanger, Haugesund og Bergen og bistår bl.a. treindustrien med kunnskapsutvikling, spesielt innenfor overflatebehandling av produkter som er utsatt for store mekaniske eller klimatiske påkjenninger og tilbyr rådgivning ved valg av maling og belegg.

5.2 Høgskole- og universitetssektoren

5.2.1 Norges teknisk- naturvitenskapelige universitet (NTNU)

www.ntnu.no

I perioden 2001 - 2006 samarbeidet flere institutter ved NTNU om undervisnings- og forskningsaktiviteter knyttet til tekniske og arkitektoniske anvendelser av trematerialer gjennom treundervisningsprogrammet *TRE|UND* og PhD-programmet: *Tre som byggemateriale*. Institutter som var involvert i dette samarbeidet var (NTNU 2010a):

- Institutt for byggekunst, historie og teknologi, Fakultet for arkitektur og billedkunst (AB-BKHT)
- Institutt for bygg, anlegg og transport. Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi (IVT-BAT)
- Institutt for produktutvikling og materialer (IVT – IPM)
- Institutt for produktdesign (IVT – IPD)
- Institutt for konstruksjonsteknikk (IVT – IKT)

Disse instituttene er de viktigste institusjonene med hensyn til undervisning og forskning i tilknytning til bruk av tre som byggemateriale. Innenfor sivilingeniørstudiet blir det gitt følgende relevante kurs.

- Byggematerialer (omfatter tre, stål / aluminium og betong)
- Trekonstruksjoner
- Trekompositter
- Formgiving i tre

I de siste årene har tre som byggemateriale blitt gitt spesiell oppmerksomhet på samtlige årstrinn og i mange kurs innen for sivilarkitektstudiet. Særkurs som fokuserer på trekonstruksjoner og trearkitektur har blitt utviklet for fjerde og femte årskurs, mens undervisning på tre som byggemateriale har blitt fast integrert i de obligatoriske kursene de første seks semestrene.

PhD-programmet "*Tre som byggemateriale*" er finansiert av Norges forskningsråd og består av åtte stipendiatstillinger på de fem instituttene som er involvert i Treundervisningsprogrammet:

- Termoplast/trekompositter
- Modellering og utforming av forbindelser i trekonstruksjoner
- Brannsikkerhet i fleretasjers trebygninger
- Bruk av ubehandlet tre i fasader
- Trebygninger i urbane strøk
- Holdbarhet og levetid av trematerialer
- Den opplevde kvaliteten av tre
- Utvendig kledning i tre i værharde strøk

TRE/UND - programmet har vært vellykket. De deltagende institutter ved NTNU har klart å etablere et bredt samarbeide for å styrke treundervisningen i sivilarkitekt- og sivilingeniørstudiene og har blitt en plattform for etablering av et nettverk og samarbeide mellom institutter og eksperter ved NTNU som er av stor verdi også etter at programmet er fullført. Samtlige involverte institutter har fortsatt kurs med hovedvekt på tre. På arkitektstudiet er fullskalabygging av modeller et vesentlig innslag i undervisningen, og i 1. klasse er det trekonstruksjoner de i all hovedsak konsentrerer seg om.

Ved Institutt for produktdesign arrangerer man kurset ”*Formgivning i tre*”, mens Institutt for bygg, anlegg og transport (IBAT) har flere studenter trerelaterte oppgaver i 5. årskurs med følgende tema (NTNU 2010b):

- Brannteknisk prosjektering – med bruk av tre i by
- Brannteknisk dimensjonering av trekonstruksjoner
- Brannteknisk prosjektering – av fleretasjes hus med ulike materialkombinasjoner
- Brannrådgivning i forbindelse med fleretasjes trehus

5.2.2 Universitetet for miljø- og biovitenskap

www.umb.no

Universitetet for miljø- og biovitenskap på Ås (UMB) er et viktig kunnskapsmiljø for skog- og treindustrien. Her er det flere institutter som gir undervisning som er relevant for bruk av trevirke som byggemateriale (UMB 2010). UMB gir en 5-årig master i teknologi (sivilingeniørstudie) – Studieretningen Byggeteknikk og arkitektur legger vekt på bruk av tre i bygninger og gir spesialkurs i trekonstruksjonsteknikk og treeteknologi som gir innsikt i hvordan trevirket er bygget opp og hva de ulike treslag egner seg til. UMB gir også bachelor - og masterutdanning i skogfag som kvalifiserer til stillinger i skogforvaltning eller skogindustri. Her kan en fordype seg i biologiske, økonomiske eller teknologiske retninger.

5.3 Kunnskapsformidling og nettverksbygging

5.3.1 Tresenteret i Trondheim

www.tresenter.no

Store utfordringer for skog- og trenæringen førte til et behov for en sterkere tilknytning til det teknologiske miljøet i Trondheim. Tresenteret i Trondheim ble etablert i 2000 som et kompetansesenter og bindeledd mellom NTNU og skogs- og treindustrien (TreSenteret 2010). Tresenterets formål er å arbeide for økt verdiskaping i hele verdikjeden for skog- og treprodukter, og for økt bruk av tre som bærekraftig materiale. Formålet søkes primært nådd gjennom å styrke trematerialets rolle i undervisning og forskning ved NTNU, og ved å legge til rette for samarbeid mellom NTNU og skog- og trenæringen, og andre bedrifter, institusjoner og miljøer som ønsker å bidra til måloppnåelsen.

Tresenteret i Trondheim skal:

- Bidra til at tre som materiale får en betydelig posisjon innen forskning og undervisning ved NTNU, og at næringen aktivt benytter og oppfatter NTNU som et sentralt kompetansesenter for bruk av tre.
- Bidra til at industrien oppfatter NTNU som det tyngste kompetansesenteret innen bruk av tre og som en viktig samarbeidspartner.
- Stimulere til utviklingsfokus i næringen og gjennom dette bidra til økt lønnsomhet i verdikjeden fra skog til marked.
- Tresenteret i Trondheim skal være en nasjonal og internasjonal ressurs for skog- og tresektoren som bidrar betydelig til verdiskaping og innovasjon i hele verdikjeden for skog og treprodukter.
- Videreutvikle en omforent strategi for undervisnings- og FoU-aktiviteter innen trefag og trebruk ved NTNU.
- Initiere og legge tilrette for rekruttering og studentrettet aktivitet ved NTNU, ved bl.a. å bidra til at NTNU blir et meget attraktivt treutdanningsmiljø sett i nordisk perspektiv, både på grunnkurs- og videregående nivå.
- Arbeide for rekruttering av NTNU-kandidater til næringen, inklusive beskrivendeleddet (arkitekter og rådgivende ingeniører), - i forståelse av å være gjensidig attraktiv.
- Tresenteret skal være med på å initiere og effektivere forskningsaktivitet med tre i fokus i en konstruktiv samhandling mellom kompetansemiljøene ved og rundt NTNU og næringen, i tillegg til å bidra til realisering av byggeprosjekter med tre i ny anvendelse og utfordrende løsninger, også i kombinasjon med andre materialer.
- Etablere nettverk og samarbeidsprosjekter mellom NTNU og relevante kompetanse- og FoU-miljøer innen skog- og trenæringen.
- I en koordinert samhandling med de øvrige aktørene i bransjesamarbeidet utøve sin rolle innenfor den felles strategi for å nå det overordnede mål om økt bruk av tre.
- Videreutvikle og bruke et internasjonalt nettverk.
- Gjennom aktivt markedsarbeid sikre framtidig finansiering av TiT og videreutvikling av tresatsingen ved NTNU.

Tresenteret baserer seg på medlemskap hvor både private og offentlige bedrifter, etater eller organisasjoner som har virksomhet og/eller interesse i eller rundt skog- og trebransjen kan bli medlemmer.

5.3.2 TreFokus

www.trefokus.no

TreFokus er et nasjonalt informasjons- og kommunikasjonsselskap som arbeider for hele verdikjeden marked – foredling – skog (TreFokus 2010). TreFokus skal dekke treinformasjonsbehovet for aktører i byggenæringen og sluttbrukere i samfunnet for øvrig. Det overordnede målet er å bidra til økt og riktig bruk av tre i byggeri, herunder bruk av tre i kombinasjon med andre materialer. TreFokus eies av skogbruket og treindustrien i Norge. Selskapet er nettverksbasert og samarbeider med landets fremste kompetansemiljøer innenfor skogbruk, trebruk og trekonstruksjoner.

På Trefokus.no skal du finne relevant informasjon om:

- Aktualiteter
- Brukseksempler
- Treinformasjon
- Prosjektering
- Produkter

Som et ledd i å bringe aktuell viten lett tilgjengelig til store målgrupper, er Norsk Treteknisk Institutt i samarbeid med TreFokus AS utgivere av serien kalt FOKUS på TRE. Her meddeles aktuell informasjon fra FoU-prosjekter, nye tema og forbrukeropplysninger.

5.3.3 Treforsk

www.treforsk.no

Treforsk er organisert som en forening med følgende medlemmer:

- Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB)
- Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU)
- Norsk institutt for skog og landskap (S&L)
- Norsk Treteknisk Institutt
- SINTEF Byggforsk
- Norges Bygghøgskole
- Papir- og fiberinstituttet AS (PFI)

Norsk Treteknisk Institutt er sekretariat for Treforsk. Samarbeidet innenfor Treforsk omfatter koordinert FoU, kunnskapsformidling og utdanning - fra produksjon av treråstoff til bearbeiding, egenskapsforbedring og foredling av tre, samt anvendelse av tre i halvfabrikata og sluttprodukter. Som kunnskapsnettverk for FoU, kunnskapsformidling og utdanning skal Treforsk gjennom et nært og forpliktende samarbeid:

- bidra til høyere verdiskaping i verdikjeden gjennom bedre utnyttelse av de samlede ressursene
- styrke fagmiljøet innen Treforsk ved å videreutvikle den samlede kompetansen

- gi grunnlag for tverrfaglige og strategiske samarbeidsprosjekter og en rasjonell arbeidsdeling
- gi grunnlag for bedre undervisning ved at lærekrefter hentes fra hele Treforsk, og ved at læremidler utvikles i nettverket
- styrke formidlingen av FoU-resultater til brukerne
- bidra til at denne næringssektoren fremstår som attraktiv for utdanningssøkende og derved for fremtidig rekruttering
- arbeide for at Treforsk skal fremstå som et "senter for fremragende forskning"

6 Trematerialets tekniske egenskaper og kriterier for materialvalg

6.1 Konstruksjon, omhylningsflater og interiør

Enhver bygning er en sammensetning av systemer som skal utføre ulike oppgaver. For det første kommer behovet for en stabil, pålitelig og sterk konstruksjon. Bygningen må kunne overføre laster, vertikalt og horisontalt, statisk og dynamisk. Bygningen må også kunne danne en overgang mellom et ustabilt ytre klima og menneskers fysiologiske behov for et stabilt innklima. Egenskaper som er viktige innenfor hvert av disse to systemene er temmelig forskjellige og vi skiller mellom konstruksjonssystemer og barrieresystemer. Barrieresystem er definert som en sammensetning av komponenter som har mulighet til å kontrollere gjennomstrømning mellom indre og ytre miljø i form av varme, luft, vann, solinnstråling osv. Den ytre omhyllingsflaten og bygningens tekniske installasjoner skal innfri dette kravet. Barrierematerialer kontrollerer gjennomstrømning mens konstruksjonsmaterialer overfører laster (Fernandez 2006).

I tillegg til konstruksjonsmaterialer og barrierematerialer for ytre omhylningsflater vil en bygning også ha behov for materialer brukt til forming av byggets interiør. Egenskapene til interiørmaterialene skiller seg fra eksteriørmaterialer og konstruksjonsmaterialer på flere punkter. Visuelle egenskaper er viktig både for fasade og interiør, men materialene i interiøret vil ofte ha et mer bearbeidet preg og kravene til overflatefinish er sterkere fordi brukerne av bygget kommer i nærmere kontakt med overflaten. Taktile egenskaper vil være spesielt viktige for alle overflater som skal berøres, for eksempel håndløpere og dørhåndtak. Bruken av bygget vil også utsette interiøroverflater og møblering for slitasje og påkjenninger. I gulvbelegg kan man lett få synlige spor etter mekanisk slitasje, men også andre typer påkjenninger kan sette spor slik som misfarginger på grunn av fukt og forurensning i innemiljøet. Videre vil krav til enkel rengjøring og vedlikehold stille klare krav til materialene som velges.

6.2 Indre og ytre materialegenskaper; iboende og kontekstuelte bestemte kvaliteter

Man kan klassifisere materialegenskaper inn i to hovedkategorier; "indre" og "ytre" egenskaper. Indre egenskaper er bestemt av materialet i seg selv og avhengige av atomære og molekylære oppbygning. Indre egenskaper skifter ikke under stabile ytre forhold, men de kan bli endret på grunn av gjentatte belastninger, temperaturendringer, eksponering for UV-stråling og liknende endringer i omgivelsene. Ytre egenskaper er uavhengige av materialets atomære og molekylære egenskaper. Disse egenskapene er "utenfor" materialet selv, avhengige av kontekstuelle forhold som økonomi, eller økologisk, sosialt og kulturelt miljø. Disse egenskapene blir også kalt tilskrevne egenskaper, de har blitt tilskrevet materialet ut fra samfunnets særskilte økonomiske struktur, sosiale behov og smak.

Et materials egnethet er et resultat av en kombinasjon av mekaniske, fysiske, termiske, elektriske og magnetiske egenskaper, og karakteristika slik som pris og tilgjengelighet, bearbeiding og overflatebehandling. Ytre materialeegenskaper vil ofte forandre seg med tiden. Materialvalg basert på optimalisering av en enkelt egenskap, uavhengig av alle andre attributter, er det enklest tenkelige materialvalg. Dette er sjelden mulig eller ønskelig. Materialvalg involverer en komplisert, multivariabel prosess forsterket av et høyt antall kvalitative vurderinger hvor subjektive avgjørelser er unngåelige (Fernandez 2006).

6.3 Trematerialets kjemiske og fysiske egenskaper

Som regel vil de ”indre” egenskapene til et materiale i størst grad komme til syne ved oppfylging av tekniske kriterier. Her vil materialets evne til lastoverføring være sentral, men også barriereegenskaper som evnen til å hindre gjennomstrømning av f.eks. lyd, stråling og varme (isolasjonsevne).

Tre er et naturlig kompositt laget av vann, cellulose, hemicellulose, lignin og andre molekyler i et varierende forhold avhengig av treslag (Dinwoodie 2000). Tre oppfører seg som et kompositt hvor de konstituerende materialene opptrer sammen i en symbiose som resulterer i en kompleks og høyst spesialisert strukturell oppførsel oppnådd gjennom kombinasjonen av komplementære materialeegenskaper. Som en samling av mer enn ett materiale, er det den kombinerte opptreden av materialenes egenskaper som gir komposittet dens karakteristiske egenskaper. Tre er også anisotropisk, noe som innebærer at de fysiske egenskapene er ulike i ulike retninger av materialet. (Fernandez 2006, s. 253). Treets anisotropiske egenskaper fører til at treet er både elastisk og hardt, fordi treet har ulike styrke- og deformasjonsegenskaper i ulike retninger. I stammens lengderetning, fiberretningen, er det betraktelig mye sterkere og stivere enn på tvers av fibre. Denne egenskapen gjør tre til et unikt byggemateriale (Adolfi et al. 2005).

Tre er også et hygroskopisk materiale. Det innebærer at det trekker til seg fuktighet fra omgivelsene. Dette fører til at treet utvider seg ved nedfukting og krymper ved tørking, noe om en må ta hensyn til ved bruk av tre som byggemateriale. Gjennom tidene er det utviklet byggetekniske løsninger for å kunne håndtere denne utfordringen som er spesielt stor i vårt klima med svært varierende klima. SINTEF Byggforsk og Norsk Treteknisk Institutt har utarbeidet mye informasjonsmateriale som er rettet både mot forbrukere og fagfolk.

6.4 Brannsikkerhet

Tre brenner, men langsomt og med en viss forutsigbarhet. Ved brann i en bygning utsettes menneskene for varme og røyk. I den første fasen er det oftest den løse innredningen som avgjør hvor hurtig en brann forløper mens brennbare overflater og kledninger avgjør brannutviklingen på lengre sikt. Ved en brann vil de varme brann-gassene som samles i taket varme opp taket og veggene. Om en flamme når de flatene som er forvarmet, skjer det en meget rask flammespredning langs disse overflatene (Hovde 1996). De fleste branner blir uansett kritiske før overflatesjiktet antennes.

Brannen begynner oftest i møbler eller tekniske apparater for deretter å spres videre til annen løs innredning som for eksempel gardiner. Overflatesjiktet har betydning for brannens intensitet og tiden frem til overtenning. (Svensk byggtjänst, 2005).

I teknisk forskrift til den norske plan- og bygningsloven av 1997, (TEK 1997), heter det i § 7-21 at oppfyllelse av kravene til sikkerhet ved brann kan dokumenteres ved at bygget utføres i samsvar med preaksepterte løsninger eller ved analyse og/eller beregninger som dokumenterer at sikkerheten mot brann er tilfredsstillende.

Analyse og/eller beregninger skal simulere brannforløp og angi nødvendige sikkerhetsmarginer for de ugunstige forhold som kan inntre ved bruk av byggverket. Det skal dokumenteres at anvendt analyse-/ beregningsmetode er egnet til formålet og at dimensjonerende brannbelastning fremkommer ved anerkjente dokumenterbare metoder.

I byggeveddirektivet settes det krav til at bygget skal planlegges og oppføres på en slik måte at konstruksjonen og omsluttende bygningsdelene som gulv, tak og vegger får et brannmotstandskrav og har evnen til å motstå en brann over tid. Alle bygningsmaterialer vil være underlagt krav til egenskaper ved brannpåvirkning, avhengig av deres anvendelse i bygget. Graden av brennbarhet er reflektert i et klassifiseringssystem med nærmere 40 klasser (Standard.no; Den Europeiske Union).

Man må kunne begrense utvikling og spredning av brann og røyk i bygget og begrense spredning av brannen til tilstøtende bygg. Beboerne må kunne evakueres uskadd fra bygget eller man må kunne redde dem på annen måte. Dette må kunne gjøres på en måte som tar hensyn til redningsmannskapenes sikkerhet. Brannsikkerhetsstrategier må ta hensyn til utvikling og spredning av røyk og giftige gasser, både internt og eksternt, brannutvikling med hensyn til termisk last og svikt i konstruksjoner, spesielt hvis dette fører til progressiv kollaps.

Med nye rammebetingelser gitt i internasjonale og nasjonale regelverk, forskrifter og tilhørende veiledninger, bedre forståelse av de fysiske fenomen, både med hensyn til last og respons, og ikke minst bedre verktøy, er brannteknisk prosjektering og dimensjonering også med bruk av tre gitt et mye bedre grunnlag (Landrø 2006).

Dagens funksjonsbaserte forskrifter gir en åpning for bruk av tre i fleretasjes byggeri i urbane strøk, men det er nødvendig å bygge opp kunnskapsbasen om dette og å utvikle preaksepterte løsninger.

Standard Norge utviklet i 2003 NS 3470-2 *Prosjektering av trekonstruksjoner – Beregnings- og konstruksjonsregler* hvor del 2: *Brannteknisk dimensjonering* beskriver vanlig prosedyre for brannteknisk dimensjonering, basert på standard brannmotstandsforsøk og krav om å opprettholde tilstrekkelig bæreevne i et standardisert tidsintervall før sammenbrudd av konstruksjonen som følge av en standard brannpåkjenning. Standarden angir én metode for brannteknisk dimensjonering, men henviser også til andre mulige metoder (Standard Norge 2003). Bestemmelsene i plan- og bygningsloven og kravene i teknisk forskrift til plan- og bygningsloven anses som oppfylt, dersom det benyttes metoder i samsvar med Norsk Standard.

Ved bruk av trefasader er det viktig å dokumentere tilfredsstillende brannsikkerhet med hensyn til antennelse, flammespredning og brannspredning til omgivelsene. Prosjektet *Brandsäkra trehus* i Nordic Wood-programmet har blant annet sett på mulighetene for trefasader i fleretasjes hus (Östmann 2002). Lovgivning og byggeskikk med hensyn til trefasader er svært ulike i de nordiske land. I Norge er trefasader mer vanlig enn i de andre nordiske landene. I Sverige kreves sprinkling for at huset skal ha trefasade, mens i Finland kreves sprinkling for å bygge hus med trekonstruksjon som også oftest har trefasader. Finland har i tillegg et krav om brannstopp i trefasader selv om huset ikke er sprinklet. Sprinkling slukker bare branner som oppstår inne i bygget. Hvis huset blir påtent utenfra har sprinkling ingen effekt med hensyn til fasadebrann.

Brannbeskyttende trepanel som oppfyller brannkrav kan brukes som fasadematerial i fleretasjes hus. Brannbeskyttende impregnering er nødvendig fordi brannbeskyttende farger og lakker ikke tåler utomhusklima. Brannklassifiserte vinduer kan også brukes for å hindre brannspredning i trefasader. Disse er imidlertid faste og kan bare åpnes med nøkkel. Et annet alternativ er en automatisk vindusluke som stenges i tilfelle brann og derved forhindrer brann ut gjennom vinduet. Luken kan være synlig eller skjult bak fasadepanelet. Flammeskjerm over vinduet er også en mulighet. Denne leder flammene ut fra fasaden og forhindrer flammespredning. Skjermen må gå forholdsvis langt ut fra fasadelivet, ca. 0,8 meter. En balkong kan ha samme funksjon (Evans 2003).

Avbrudd i trepanelet i form av horisontale bånd med ubrennbart materiale vil hindre flammespredning. Man kan for eksempel ha et bånd med trepanel mellom vindusrekkene, og i vindusrekkene ha felt med ubrennbart materiale mellom vinduene. Eventuelt kan man skifte om, slik at det er treverk mellom vinduene og ubrennbart materiale i feltene mellom vindusbåndene. Gavlvegger og andre vindusløse vegger er enklere å kle med trepanel så lenge man tar hensyn til avstand til nabohus. For å sikre seg bedre mot påsatte branner, gressbranner osv. bør første etasje kles med ubrennbart materiale. Utluftings-skiktet bak trefasader er et problem med hensyn til brann. Utlufting er nødvendig for å hindre fukt og råte i trefasaden, men branner kan lett spre seg her uten at det oppdages. Det er imidlertid mulig å dele opp lufteskiktet ved hjelp av perforerte stålplater montert bak trepanelet (Östmann 2002).

Hvis man ønsker å bygge fleretasjes boligbygg i tre vil trapper, balkonger og svalganger være sårbare elementer ved brann. Spesielt gjelder dette om disse konstruksjonene utføres i treverk. Byggforsk-rapporten *Trapper, balkonger og svalganger* tar for seg dette temaet (V. Stenstad 2002).

Branntekniske forhold ved trapper må vurderes i forhold til:

- Ivaretagelse av rømningsfunksjon
- Mulighet for brannspredning mellom ulike brannceller
- Brannvesenets innsatsmuligheter ved redning og slukking

I Norge kan trappeløp utføres i trekonstruksjoner (R30) i boligbygninger i inntil 4 etasjer. Ved brann som oppstår et stykke fra trapperommet vil trappen være upåvirket og vil kunne brukes som rømningsvei i en viss tid etter brannstart, forutsatt at dør mellom

trapperom og brannsted har god tetthet og holdes lukket (TEK 1997). Dersom døren blir stående åpen etter rømning, noe som skjer relativt ofte, vil røykspredning til trapperommet være et problem. Dette er uavhengig av materialbruk i trapperommet. Påsatt brann i trapperom vil naturlig nok være det mest ugunstige scenario mht. rømning gjennom trapperom. Utviklingen av en slik brann vil være avhengig av type og mengde av materiale hvor brannen påsettes, og materialene i trapperommet (vegger og trappeløp) (Hovde 1996). Dersom trapperomskonstruksjoner/overflater er brennbare kan overtenning skje raskt. Trapperom utført som egen branncelle vil imidlertid med stor sannsynlighet hindre brannspredning til leiligheter, forutsatt normal slokkeinnsats fra brannvesenet. Rømning må skje via alternativ rømningsvei. I bygninger med bare ett trapperom vil dette være via vinduer/balkonger og i høyere bygninger via brannvesenets stigemateriell.

På bakgrunn av dette blir det anbefalt å stille ulike krav til brannmotstand i trapper avhengig av antall trapper som er tilgjengelige fra hver branncelle (V. Stenstad 2002). Bruk av brennbare materialer og overflater i trapperom bør begrenses. Trapperom i tre ansees å være akseptabelt i bygg inntil fire etasjer (grense for bruk av brannvesenets bærbare stiger) hvis bygget har to trapper. I bygg med to etasjer og to trapperom vurderes tretrapp uten spesifisert brannmotstand å være akseptabelt. Her kan rømning også skje ved bruk av vinduer eller balkonger (maks. 5 meter til terreng). I fullsprinklede bygninger kan krav til brannmotstand for trapp reduseres eller det kan benyttes trapper uten spesifisert brannmotstand. I bygninger over fire etasjer og bare en trapp bør allikevel denne ha brannmotstand selv om bygget er fullsprinklet. Årsaken er at det kan oppstå situasjoner hvor sprinkelanlegget svikter.

Et svalgangsdekke vil bidra til horisontal utbredelse av brannen siden flammene bare unnslipper vertikalt i forkant av dekket. Dersom svalgangen har brennbare overflater viser erfaringer at brannen raskt kan få stor utbredelse. Rask horisontal brannspredning kan medføre at rømningsmulighetene via svalgang blir blokkert tidlig i et brannforløp. Det kan også være vanskelig eller umulig å benytte svalgangene i forbindelse med redningsarbeid. Svalganger i store bygninger med mange brannceller kan derfor medføre stor risiko. Overflatene i svalgangen har stor betydning for brannspredning. Disse må derfor tilfredsstillende krav som gjelder for rømningsveier. Ved fullsprinkling kan det eventuelt vurderes å redusere kravet til overflater i svalgangen.

Med hensyn til balkonger viser erfaringer fra branner at balkonger i liten grad brukes i forbindelse med rømning. Balkonger med bredde minst 1,3 meter og balkongplate som har brannmotstand som branncellebegrensende konstruksjon, kan benyttes som flammeskjerm. Det vil være viktig å sikre at nedfall av balkongen ikke utgjør noen stor fare ved rømning og slokking (V. Stenstad 2002).

Foruten materialvalg vil selvfølgelig en hel rekke andre forhold være utslagsgivende for hvorvidt en brann får store skadevirkninger eller ikke. Avstand mellom nabohus, tilgjengelighet for brannbil og redningsmateriell, rømningsveier og mulighet for brannspredning gjennom sjakter og andre luftrom er noen momenter som kan nevnes i denne sammenheng. Det er derfor viktig at brannprosjekteringen for et bygg sees samlet.

6.5 Bæreevne i trekonstruksjoner

Selv om tre som byggemateriale har hatt lange tradisjoner i Norge, har denne byggemåten begrenset seg til småhus (Aune 1992). Bare unntaksvis har en bygget med tre i mer enn to etasjer. På slutten av 1980-tallet ble det økende oppmerksomhet på nye og rimelige konstruksjoner og løsninger for bruk av tre i fleretasjeshus. Det var særlig erfaringen fra USA og Canada som gjorde en oppmerksom på mulighetene. Her hadde man bygget trehus med bærende trekonstruksjoner i opptil seks og sju etasjer i flere tiår.

Gjennom nasjonale og nordiske forskningsprosjekter har man utviklet ny kunnskap om bygging av fleretasjeshus og hvilke byggetekniske utfordringer dette innebærer. Denne forskningen har også bidratt med ny og nødvendig dokumentasjon som grunnlag for prosjektering av fleretasjes trehus som er gjort tilgjengelig gjennom flere håndbøker (Hansson 1997) (V. r. Stenstad and Sandberg 2003; Östmann 2002) (Hansson 1997). Den nordiske treindustriens forsknings- og utviklingsprogram, Nordic Wood, som hadde som målsetting å øke bruken av tre, reiste flere problemstillinger i tilknytning til bygging av fleretasjeshus i tre. Gjennom pilotprosjekter ble tekniske, miljømessige og økonomiske aspekter belyst (Persson 1998). Også i England har en vært opptatt av å kunne bruke tre som byggemateriale i fleretasjesbygninger. Ved det engelske byggforskningsinstituttet, BRE, har en i mange år arbeidet med store forskningsprosjekter som har utforsket branntekniske, konstruksjonstekniske og akustiske utfordringer knyttet til fleretasjes trehus (Grantham and Enjily 2003).

Introduksjonen av massivtreelementer åpnet for nye muligheter til å utnytte trematerialets ulike egenskaper både konstruktivt som bærende konstruksjoner i dekker og vegger, men også som skillende elementer i ikkebærende innervegger og som interiørmateriale som en robust kledning. Utviklingen av massivtreelementer har sin opprinnelse i Canada og byggemåten ble introdusert i Norge og i de øvrige nordiske land mot slutten av 1990-tallet. Flere bygninger er i den senere tid bygd med massivtreelementer i tak og i bærekonstruksjoner for øvrig. Massivtreelementenes konstruktive egenskaper er dokumentert i mange studier. Den danske studien *Massivträ i byggeri* (Assosierede Ingeniører 2001) gir en introduksjon til byggemetoden med massive treelementer, potensialet for bruk i byggeri i tillegg til at kritiske områder blir omtalt samtidig som det blir gitt forslag til løsninger.

Att välja massivträ er en håndbok utarbeidet av Martin Gustavsson på vegne av et svensk industrikonsortium. Håndboken gir en pedagogisk oversikt over massivtres tekniske muligheter, men omtaler også miljømessige og økonomiske aspekter (M. Gustavsson 2002). En lignende håndbok er Svensk Byggtjänst sin *Trälyftet – Ett byggsystem i massivträ för flervåningshus*. (Adolfi et al. 2005) og det svenske treforskningsinstituttet *Träteknik* sin *Byggsystem i massivträ. Teknikk, ekonomi och utveclingsbehov* (Gustafsson 1999). Også de norske byggforskningsinstituttene har omfattende studier av konstruktiv bruk av massivtreelementer (NTI 2006; Time et al. 2008; Landrø 2006).

6.6 Lydgjennomgang i trekonstruksjoner

En vesentlig innvending med hensyn til bruk av tre som konstruksjonsmateriale i fleretasjeshus er knyttet til materialets lydtekniske egenskaper. Momenter som isolasjon mot luftlyd, demping av trinnlyd, lydabsorpsjon (etterklang), skjerming av støy fra installasjoner innendørs og skjerming mot utendørs støy.

Skjerming mot utendørs støy er et aktuelt tema i urban bebyggelse, særlig boliger. Tunge materialer som betong og mur har i utgangspunktet en fordel pga høy egenvekt. Hvordan tre kan møte disse kravene er gjenstand for en rekke studier spesielt knyttet til massivtreelementers lydtekniske egenskaper. I alle bygningskonstruksjoner er flanketransmisjonen et problem ved at trinnlyd blir overført via konstruksjonen og til underliggende rom. Også luftlydproblemet er en utfordring for tradisjonelle trebjelkelag og for massivtreelementer. Hvordan massivtreelementer og vanlige bjelkelagskonstruksjoner kan møte disse problemene, er drøftet i en rekke studier ved SINTEF Byggforsk (Glasø 2008; Homb 2006, 2007, 2008). Lydtekniske problem er også drøftet i utenlandske studier (Assosierede Ingeniører 2001; Glasø 2008; Gustafsson 1999; M. Gustavsson 2002)

Fasadens egenskaper med hensyn til isolering mot utendørs støy er hovedsakelig knyttet til ytterveggenes lydreduksjonstall og til vinduenes lydisolasjonsegenskaper. Enkle bindingsverksvegger gir begrenset eller dårlig lydisolasjon. En luftåpen trekledning med lav flatevekt bidrar i ubetydelig grad til ytterveggenes lydreduksjonstall. Veggens lydisolasjonsegenskaper blir bedre når flatemassen øker som for vegger med massiv hovedkonstruksjon (Thue 2008).

6.7 Vedlikeholdsegenskaper

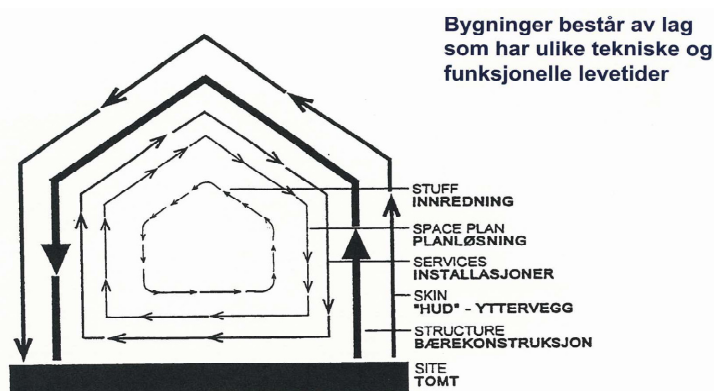
En bygning utsettes for slitasje både gjennom bruk og gjennom klimapåkjenninger. Både på grunn av mekaniske og klimatiske forhold, vil ulike deler av bygningen ha ulik levetid. Levetiden for et byggemateriale kan defineres som det tidsrom etter installering hvor alle vesentlige egenskaper minst tilfredsstillende minimum akseptable verdier (Larsen 2008). Man opererer ofte med fire kategorier av levetid (Arge 1996).

- *Teknisk levetid.* Den tiden det tar før materialer og komponenter er ubrukbare eller kan medføre skade.
- *Økonomisk levetid.* Tiden inntil erstatning med ny teknologi gir lavere driftskostnader eller ytelse.
- *Funksjonell levetid.* Tiden materialer eller komponenter oppfyller de funksjonelle kravene som blir definert.
- *Estetisk levetid.* Tiden før materialer eller komponenter blir estetiske eller visuelt uakseptable, i forhold til bruker eller andres smak og preferanser.

-
Dette innebærer at en bygning består av lag som har ulike tekniske og funksjonelle levetider. Stewart Brand illustrert dette i figuren som er vist under (figur 2) (Brand 1994). Denne figuren illustrerer at bygningens konstruktive elementer har lang levetid, gjerne flere hundre år, mens installasjoner, planløsning og innredninger har forholdsvis kort levetid. Bygningens fasade eller ytterhud har gjerne en levetid på 50 – 100 år, avhengig

av klimatiske forhold og andre påkjenninger. Med utgangspunkt i denne figuren er det interessant å studere trematerialets bestandighets – og vedlikeholdsegenskaper i ulike bygningsdeler.

Norge har lange tradisjoner for bruk av tre som fasademateriale. På grunn av brannfaren ble tre forbudt som fasademateriale i mange europeiske byer, mens det fortsatt ble brukt i Norge. Først i 1904, etter den store Ålesundbrannen, ble det forbudt å bruke tre som fasademateriale i norske byer og tettsteder på grunn av brannspredningsfaren. Utenfor bykjernen er likevel tre fortsatt et mye brukt fasademateriale.



Figur 3: Bygninger består av lag som har ulike tekniske og funksjonelle levetider (Stewart Brand 1994).

Tre har mange gode egenskaper som når det brukes som en "værhud" som beskytter bygningens konstruktive elementer som har vesentlig lenger levetid enn fasaden. Fasademateriale er enkelt og billig å skifte ut når klimapåkjenningene har brutt det ned. Kledningen fungerer som en regnfrakk, som en skjerm og et mekanisk vern av veggen bak, og holder nedbør borte fra de mer følsomme delene av ytterveggen som gjerne inneholder vindsperrer, isolasjonssjikt, konstruktive elementer, tekniske installasjoner m.m. Fasadematerialet skal tåle både de klimatiske og mekaniske påkjenningene som bygningen utsettes for (Kvande et al. 2007a).

Trevirkets egenskaper som konstruksjonsmateriale og overflatemateriale har sitt utgangspunkt i materialets anatomiske og kjemiske egenskaper som har både positive og negative sider. De viktigste faktorene som fører til nedbryting av materialet er (Thue 2008; Larsen 2008)

- Kjemiske (fuktighet som regn og kondens, støv og annen forurensing)
- Fysiske (solstråling)
- Biologiske (bakterier, sopp, alger og insekter)
- Mekaniske (vind, snø, sand, samt bevegelser i treet)

Alle materialer påvirkes av disse nedbrytingsfaktorene i større eller mindre grad. Under visse betingelser kan imidlertid trevirke vare like lenge som andre byggematerialer, noe våre stavkirker er gode eksempler på. Det er imidlertid ikke bare opp til de materialtekniske egenskapene knyttet til trevirkets naturlige holdbarhet og impregnerbarhet, men også arkitektonisk utforming og detaljering. Den håndverksmessige utførelsen må være slik at man oppnår en konstruktiv beskyttelse. Kvalitetssikring som sørger for at materialet blir brukt på rette måten gjennom riktig orientering av materialer og valg av riktig materialkvalitet til riktig bruk er viktig. Overflatebehandling og vedlikehold av denne er også vesentlig for trevirkets bestandighet (Larsen 2008).

Vedlikehold og skadeutbedring vil være en viktig i trebygninger og krever inngående kunnskap og forståelse innen biologi og erfaring med materialet. Treverk i ulike konstruksjoner kan ved uheldig utførelse bli angrepet av råtesopp og treskadeinsekter, og levetiden til materialer og konstruksjoner vil være avhengig av hvor stor aktivitet eventuelle biologiske skadegjørere har (Mattsson 1995).

Tradisjonsbasert materialkunnskap er en viktig kilde til kunnskap om moderne bruk og vedlikehold av tre. Mye av denne kunnskapen er godt dokumentert av Jon Bojer Godals arbeider (Godal et al. 1994; Godal 1994, 1996). Vi ser i dag at gamle håndverksteknikker og gamle materialuttrykk på nytt finner plass i den moderne arkitekturen som for eksempel bruk av spon i kledninger. SINTEF Byggforsk har i FoU-prosjektet *Moderne miljø- og kostnadseffektive trefasader* blant annet arbeidet med klimapåkjenninger på spon som fasadekledning. I tillegg til et storskala laboratorieforsøk med formål å studere regntetthet og uttørkingsforløp av ulike fasadeløsninger; ble to ulike sponkledninger sammenlignet med en tradisjonell dobbelfalset liggende kledning. Alle kledningene viste påfallende stor motstand mot regn-/vanngjennomtrengning. Også uttørkingsevnen er god forutsatt montering med gode utluftingsmuligheter.

Laboratorieforsøkene viste at tradisjonelle fasadematerialer i tre og gamle håndverksteknikker har egenskaper som tilfredsstillende moderne krav med hensyn til holdbarhet og teknisk utførelse. Se for øvrig anbefalinger i (Geving et al. 2006; Kvande et al. 2007b) og anvisninger i Byggforskserien fra SINTEF Byggforsk: 542.102 Liggende trekledning (2000), 542.101 Stående trekledning (1998), 542.645 Kledninger av ubehandlet tre (2008) og 544.106 Tekking av tak med bord (2004) (SINTEF Byggforsk 1998 - 2008)

SINTEF Byggforsk gjorde i 2002 en studie av bruk av trematerialer i helsebygg (Jensø 2002). Prosjektet studerte hvilke krav som stilles til materialvalg i innvendige overflater og innredning i sykehusbygg og hvilke egenskaper ulike trematerialer har i forhold til disse kravene. Med utgangspunkt i planene for det nye St. Olav hospital i Trondheim studerte prosjektet hvordan trematerialer planlegges benyttet og hvilke vurderinger utbyggerne og arkitekten foretar. Utbyggeren Helsebygg Midt-Norge har intensjoner om utstrakt bruk av naturmaterialer, deriblant treverk, i innvendige overflater og innredninger i det nye sykehuset. Det er foreslått bruk av tre i en del gulvareal og det er planer om å bruke tre i fast og løs innredning. Veggflater, himlinger og innredning har størst potensial for bruk av tre siden disse overflatene ikke har like strenge fysiske krav som gulvflater. Det ble avdekket usikkerhet og mangel på dokumentasjon vedrørende trematerialets

egenskaper, behov for videreutvikling av materialkvaliteter, overflatebehandlings- og impregneringsmetoder i forhold til renhold og hard bruk over tid, samt konsekvenser for miljømessige forhold.

Noen av disse forhold er tatt opp i MIKADO-prosjektet, *LCA over treprodukters livsløp*. (SINTEF Byggforsk 2008) som er omtalt i andre deler av denne rapporten og i rapport fra Norsk Treteknisk Institutt. (Jacobsen 2007). Utvendig og innvendig overflatebehandling er også omtalt i SINTEF Byggforsk sin håndbok 53 *Trehus* (Edvardsen et al. 2006).

6.8 Miljøegenskaper

Økt bruk av tre har positive miljøeffekter. 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. På grunn av økt netto tilvekst i norske skoger, har CO₂-bindingen økt med 85 % siden 1990. Til sammenligning ble de samlede utslippene av klimagasser i Norge i 2005 beregnet til 54, 2 millioner tonn CO₂-ekvivalenter (Selvig et al. 2000). Årlig hogst har de siste 20 årene ligget mellom 7 og 10 millioner m³, mens årlig tilvekst er omtrent 25 millioner m³. Trær som vokser binder CO₂ og bidrar dermed til å lagre atmosfærisk CO₂. Gammelskog har ikke tilsvarende evne til å lagre CO₂ som ungskog. Utholdende forvaltning av Norges skogressurser, med tilstrekkelig foryngelse etter uttak vil være gunstig for å opprettholde eller øke skogens karbonlagring, samtidig som tilveksten bidrar til at norske skogressurser øker (IPCC 2007; SINTEF Byggforsk 2008).

I NOU 2006: *Et klimavennlig Norge*, peker Lavutslippsutvalget på at økt bruk av tre i byggenæringen kan bidra til at Norge kan senke utslippet av klimagasser og oppfylle internasjonale forpliktelser (NOU 2006:18). Beregninger viser at med en omlegging av byggemåten med en økning i bruk av trematerialer til 40 % av det tekniske potensialet i nye bygg, vil vi kunne oppnå en innsparing av i klimagassutslippene tilsvarende 20 – 30 % av klimabelastningen knyttet til produksjon av nye bygninger eller de reduksjoner man kan oppnå ved at energiforbruket i nybygg reduseres med 30 % (s. 68).

Siden trevirke er biologisk nedbrytbart og en fornybar ressurs, er det viktig å se seg om etter muligheter for å kunne substituere mer karbonintensive byggeprodukter som betong, stål og aluminium. En sammenligning av energibalansen for treprodukter over livsløpet med bygninger med bæresystemer av betong viser at treprodukter kommer vesentlig gunstigere ut. (NOU 2006:18; Sathre 2007). Bruk av treprodukter kan redusere CO₂-emisjon til atmosfæren ved at framstilling av treprodukter er lite energikrevende sammenlignet med alternative produkter, at treprodukter erstatter mer energikrevende produkter og at treprodukter kan brukes til bioenergi etter endt brukstid.

Også Gustavsen med flere har sammenlignet netto CO₂-emisjon fra en betong- og trebasert bygning over livsløpet (L. Gustavsson et al. 2006). Studien viste at den trebaserte konstruksjonen bruker vesentlig mindre energi og slipper ut mindre CO₂ til atmosfæren enn betongkonstruksjonen. Gjennom livsløpet viste undersøkelsen at man

kan oppnå besparelser på mellom 30 og 130 kg C per m² gulvareal. Det ble også tatt hensyn til at biprodukter fra produksjonen kunne benyttes i energiforsyningen.

Kort oppsummert kan man si at treets gunstige miljøegenskaper er (Kucera and Næss 1999):

- Tilplanting av skog på snaue arealer og økning av skogens omløpstid vil øke verdens biomasse og binde CO₂.
- Bruk av tre som bygningsmateriale med lang levetid vil lagre CO₂.
- Ved å benytte tre som erstatning for andre byggematerialer der det frigjøres store mengder CO₂ under produksjonen, vil vi spare utslipp av CO₂.
- Bruk av tre som bioenergi i stedet for olje og andre fossile brensler vil redusere utslipp av CO₂.

6.8.1 Krav til miljødokumentasjon av byggverk

Plan- og bygningsloven (1985) danner hjemmelsgrunnlaget for kravene til produktokumentasjon. På dette grunnlag er det utarbeidet en forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk av 1997 (TEK 1997). Dagens regler krever dokumentasjon av alle produkttegenskaper som medvirker til at byggverket tilfredsstillende de grunnleggende krav til helse, miljø og sikkerhet. I følge denne forskriften er det plikt til å dokumentere ethvert produkt som inngår i byggverket. De fleste produkter reguleres av Byggevaredirektivet som er en europeisk harmonisering av krav til alle byggevarer (Statens byggetekniske etat 1989).

Det som skal dokumenteres er grunnleggende egenskaper innenfor seks områder:

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

Det er innført en plikt for alle byggevareprodusenter/-importører å dokumentere produktets egenskaper før de markedsføres og selges.

SINTEF Byggforsk arbeidet fra 2007 til 2009 med et større FoU-prosjekt "*MIKADO – kartlegging og dokumentasjon av miljøegenskaper for tre- og trebaserte produkter*" (SINTEF Byggforsk 2008). Målet var å heve kunnskapsgrunnlaget om miljøegenskapene til tre - og trebaserte produkter for å fremme miljøkvaliteter som konkurransefaktor for treindustrien gjennom et omfattende dokumentasjonsarbeid. Prosjektet tok sikte på å utarbeide miljødeklarasjoner for et utvalg av tre - og trebaserte produkter. Dette skal bidra til miljøstyrt innovasjon og produktutvikling i treindustrien for å fremme enkle og sammensatte produkter med god miljøprofil. MIKADO-prosjektets sluttrapport "Livsløpsanalyser (LCA) av norske treprodukter" ble publisert i 2009 (Wærp et al. 2009).

Bruk av lokalt trevirke kan ha betydning for kostnader og logistikk. Vi ser allikevel i dag at materialer ofte er "langreiste" fordi transportkostnadene er relativt lave i forhold til materialkostnadene på det innenlandske markedet. Ved økt bruk av tre som byggemateriale, vil miljøkonsekvensene knyttet til transport av materialer bli redusert siden tre som oftest er et lokalt produsert produkt.

Økt fokus på å unngå trevirke fra regnskog på grunn av avskoging i disse områdene og de omfattende miljøkonsekvenser dette har, vil også tilsi økt bruk av lokale trematerialer. En femtedel av de globale klimagassutslippene skyldes ødeleggelse av regnskogen og andre tropiske skoger. Verdens skoger rommer til sammen mer karbon enn det som finnes i atmosfæren. Når regnskogen rases frigjøres det enorme mengder med CO₂. Bevaring av regnskogen er det mest effektive og billigste klimatiltaket (Regnskogfondet 2010).

7 Utenlandske studier av trebruk

I Norge er det i liten grad gjort helhetlige studier som tar opp problemstillingene som "Tre i by"-prosjektet arbeider med. Av den grunn er det spesielt nyttig å se på utenlandske studier av trebruk i land som har sammenlignbare bygningstradisjoner. I praksis vil dette lede oppmerksomheten mot land med klimaforhold, kultur og levestandard som ligger nært norske forhold. Flere land og stater i Europa, USA, Canada, og til dels Oceania er interessante i denne sammenheng.

På verdensbasis er mengden av trevirke som blir brukt til bygging større enn mengdene av stål og betong. Global handel med tre har tredoblet seg i løpet av de tre siste tiårene og er nå oppe i 3 % av total internasjonal handel. Nord-Amerika alene står for 40% av den globale produksjonen og forbruket av tre. Disse tallene illustrerer trematerialets plass i vårt moderne samfunn. Det rangerer fremdeles blant de mest brukte materialer som er tilgjengelig. Likevel ser vi at i den industrialiserte del av verden, spesielt USA, blir tre stort sett brukt til lette bindingsverk i små til mellomstore boliger og forretningsbygg. I denne typen konstruksjoner behøves små materialmengder for å bygge konstruktivt holdbare og robuste bygninger (Fernandez 2006). Dette stemmer godt overens med situasjonen i Norge hvor bruk av treverk til lette konstruksjoner, fasadekledning og interiører i små og mellomstore boligbygg dominerer.

7.1 Tre brukt til ulike bygningsformål

I studien *Status of wood products used in nonresidential construction* fra 1987 starter forfatterne med å beskrive markedet for trebygninger i USA, ment for andre anvendelser enn boliger (H. Spelter, R. et al. 1987). Det fremheves at tre har liten markedsandel, og at potensialet for økt bruk av tre derfor er stort. Større etterspørsel for denne typen anvendelser er også gunstig fordi det kan gjøre treindustrien mer robust og mindre utsatt for konjunkturer. Undersøkelsen fokuserte på entreprenører og byggherrer, ca. 800 prosjekter ble analysert.

Boligbygg er vanligvis mindre enn andre typer bygninger. Bygninger som ikke skal brukes til boligformål, har færre skillevegger. Dette innebærer at det blir lengre spenn i konstruksjonene og det stilles dermed også strengere krav til byggematerialers bæreevne. Forfatterne nevner dette som en plausibel forklaring på at arkitekter og rådgivende bygningsingeniører gjerne betrakter stål og betong som naturlige materialvalg for bygninger som ikke skal brukes til boligformål. Dette skjer til tross for at det finnes tekniske løsninger for bruk av tre, men arkitektene mangler kunnskap og kompetanse om disse. Det er også mangel på kunnskap og erfaring om trevirkes brannegenskaper. Beslutningstakerne har ikke nødvendig kunnskap til å kunne utforme trebygninger i henhold til brannkrav.

Respondenter som mente at tre var dårlig egnet som konstruksjonsmateriale, fremholdt ofte at trekonstruksjoner var dyrere enn alternativene, spesielt stål. Det ble også hevdet at det for tre er dårlig sammenheng mellom pris og kvalitet, noe som kan ha sammenheng med at tømmeret sjeldnere kommer fra naturskog og at tømmer som foredles på

plantasjer blir levert med mindre diameter og lavere tetthet. I mange tilfeller er vanskelig å bruke tre på grunn av lokale variasjoner i byggeforskriftene (H. Spelter, R. et al. 1987).

I en del undersøkelse kartla forfatterne hvilke materialer som respondentene forventet å bruke i fremtiden. Dette ble gjort for å avdekke eventuelle trender i materialbruk. Situasjonen var stabil for byggematerialer av tre. Det var omtrent like mange som sa at de ville bruke mer tre som de som ville bruke mindre tre. For stål var situasjonen en annen. Der var det dobbelt så mange som sa at de ville bruke mer stål enn som sa at de ville bruke mindre stål. Respondentene regnet imidlertid med å øke forbruket av utvendig kledning av tre, takstoler av tre, limtrebjelker, I-bjelker og brannbehandlet tre (H. A. Spelter, R. G. 1985).

Bayne og Taylor gjennomførte i studien *Attitudes to the use of wood as a structural material in non-residential building applications: opportunities of growth* en rekke dybde- og fokusgruppeintervjuer som tok for seg bruken av trevirke brukt i bygninger som ikke var ment for boligformål (Bayne and Taylor 2006). Undersøkelsen ble gjennomført i Australia. Ifølge forfatterne viser flere studier at det generelt har vært liten tillit til bruk av trevirke i bygninger brukt til annet enn boligformål. De ønsket derfor å finne barrierene mot økt bruk av trevirke i denne typen bygninger.

Tidligere studier av bygninger som ikke skal brukes som boliger, har vist at valg av konstruksjonsmateriale påvirkes av faktorer som estetikk, markedsføring av trevirke, kompetansenivå, levetid og livsløpskostnader, kommersiell risiko, samt leverandørinformasjon. Gjennom en fokusgruppestudie fant forfatterne at brukere av trevirke hadde flere reserverasjoner mot økt bruk av trevirke. De positive sidene ved bruk av tre som ble fremhevet i studien, var estetikk, funksjonalitet, karakter, brannegenskaper og energi og det var enkelt å bruke og lett å tilpasse til ønsket design. De negative sidene ved bruk av tre var ytelse, kostnader og byggetid. Resultatene tyder på at trevirke var bedre egnet i omsorgs- og utdanningsbygg som sykehus, pleie- og omsorgsboliger, aldershjem og skoler eller universiteter. Tre er også egnet i enkelte andre offentlige bygg som samfunns- hus og mindre kontorbygninger.

Arkitektene i undersøkelsen påpekte også at mindre bygningstyper hadde størst potensial for bruk av tre, og mente at dette var et område som industrien måtte satse på før man tok for seg markedet for større bygninger.

Forfatterne kom frem til tre anbefalte promoteringsstrategier for treindustrien i Australia:

1. Konfrontere negative oppfatninger om bruk av trevirke i bygninger som ikke er ment til boligformål, spesielt på områder der det er høy antatt kommersiell risiko.
2. Bruke data som dokumenterer trevirkes miljøegenskaper sammenlignet med konkurrerende materialer.
3. Gjøre erfaringer med design i trevirke og teknisk informasjon mer tilgjengelig for dem som avgjør valg av byggemateriale (Bayne and Taylor 2006).

7.2 Arkitekter og ingeniørers holdninger og kunnskap med hensyn til bruk av tre

I artikkelen *Wood use in nonresidential buildings: Opportunities and barriers* presenteres en undersøkelse av faktorer som påvirker valg av byggematerialer i prosjekter der bygningene ikke er ment for boligformål (O'Connor et al. 2004). Undersøkelsen gjelder bygg med én til og med fire etasjer. Undersøkelsen er basert på en spørreundersøkelse som ble besvart av ca. 450 arkitekter (56 %) og bygningsingeniører (43 %) i USA og Canada. I tillegg var det også en liten gruppe som utførte begge disse funksjonene (1 %). Av personene som besvarte spørreskjemaene, ble det oppgitt at tre var hovedmateriale i ca. 27 % av alle prosjekter som ikke var ment til boligformål.

Resultater fra undersøkelsen viser at i USA er det tildels stor geografisk variasjon i holdninger til bruk av tre. Trebygg var mest vanlig på vestkysten, i Rocky Mountains og i sørstatene. Det viste seg også at byggets bruksformål var en relevant faktor. Fordeler med å bruke det var at tre er enkelt å bruke og har lave materialkostnader. De viktigste ulempene ved bruk av tre var forholdet til byggeforskrifter og trematerialers anvendbarhet og holdbarhet. Når de ble bedt om å rangere fire byggematerialer (tre, tegl, betong og stål) ut i fra hvordan de oppfattet materialets miljøegenskaper, kom tre best ut, mens stål ble rangert som minst miljøvennlig.

Ca. 72 % av respondentene sa at de hadde lært lite eller ingenting om tre i løpet av utdannelsen. Til tross for dette, ga de inntrykk av at de hadde tilstrekkelig kunnskap til å bruke tre, men at de ikke nødvendigvis var bevisst de mulighetene som dette materialet gir. Når de ble bedt om å bedømme hvem som har mest innflytelse på materialvalg, ble arkitekter rangert som viktigst (39 %). Bygningsingeniører hadde også mye å si (32 %), mens eiere/utbyggere (17 %), entreprenører (9 %) og beboere (2 %) hadde liten innflytelse på materialvalg. Både arkitekter og bygningsingeniører var skeptiske til bruk av tre i fleretasjehus. Når de ble spurt om de ville bruke tre i fireetasjes bygg, var ca. 50 % av arkitektene og 63 % av ingeniørene negative.

Forfatterne konkluderer med at det er tre hovedårsaker til at tre kun i liten grad brukes i fleretasjehus som ikke var ment for boligformål:

- Byggeforskrifter (spesielt med hensyn til brann).
- Kostnader. Selv om trematerialer er billigere, frykter respondentene at bruk av tre fordyrer byggeprosessen.
- Manglende erfaring med bruk av tre i fleretasjehus. (Bygging av fleretasjehus i tre er ikke vanlig praksis i bransjen og det finnes få gode eksempler på denne typen bygg).

De foreslår følgende tiltak for å øke bruken av tre i fleretasjehus (O'Connor et al. 2004):

- Gjøre tekniske endringer som bedrer brannegenskapene i bygninger, evt. lage nye treprodukter som ikke brenner

- Gi ingeniører nødvendig informasjon om bruk av tre, for eksempel standardiserte metoder for treforbindelser og dermed gjør tre mer konkurransedyktig overfor stål og betong
- Utvikle nye løsninger som gjør det mulig å bygge med lange spenn i tre
- Bedre produktkvalitet mht. deformasjoner, holdbarhet, krymping
- Gi arkitekter og bygningsingeniører mer informasjon og bedre kunnskap om tre, enten i utdannelsen eller som etterutdanning
- Gi håndverkere høyere kompetanse på bruk av trematerialer

Til tross for at byggematerialer av er mye brukt i bygging av boliger i Sverige, bygges det lite i tre til andre formål. I prosjektet *Marketing of wood in construction – a study of architects and engineers*, ble svenske arkitekter og ingeniører intervjuet om deres holdninger til tre og oppfatning av tre brukt til konstruksjonsformål (Roos et al. 2008). Fokus for undersøkelsen var å undersøke hva som skulle til for at tre ble valgt som byggemateriale i fleretasjeshus.

Undersøkelsen er basert på kvalitative intervjuer av 12 arkitekter og 11 bygningsingeniører. De intervjuede arkitektene og ingeniørene nevnte flere faktorer som påvirker materialvalg for fleretasjeshus:

- kunnskap og erfaring med materialet
- vanlig praksis i bransjen
- bygningstype
- byggeforskrifter
- forbildebygninger med gode eksempler på teknologiske løsninger som i varetar hensynet til god økonomi og miljø

Informantene nevnte flere fordeler med tre som bygningsmateriale:

- pris
- lav vekt
- inneklime
- estetikk
- fleksibilitet og
- rask byggeprosess

Men de nevner også ulemper forbundet med å velge tre knyttet til

- lydisolerende egenskaper
- brannegenskaper
- fuktproblemer
- deformasjoner og
- leveranseusikkerhet knyttet til en fragmentert og svak industri

Undersøkelsen konkluderer med at det er behov for nye forretningsmodeller som gjør fleretasjebygg i tre til en lønnsom industri. For at arkitekter og ingeniører skal velge tre,

må det også finnes standardiserte byggesystemer som forenkler byggeprosessen. Dessuten er det viktig å få til en god informasjonsflyt i byggeprosessen, fra materialleverandør til entreprenør. Til slutt nevnes det at tre kan bli et mer konkurransedyktig alternativ dersom man bruker materialets miljøegenskaper og estetiske kvaliteter i markedsføringen (Roos et al. 2008).

Kozak & Cohen (1999) undersøkte amerikanske og canadiske arkitekters og ingeniørers valg av bygningsmateriale i bygninger som ikke er til boligformål. Studien tok for seg bygninger på en til og med fire etasjer. Selv om de fant ut at betong og stål dominerte markedet, påpekte de at tre ofte var foretrukket til bygninger til religiøse formål, restauranter og kommersielle bygninger med innslag av boliger (Kozak and Cohen 1999).

De gjennomførte en spørreundersøkelse der respondentene ble gruppert på bakgrunn av deres kunnskap og erfaringer med trekonstruksjoner. Tre interessante trender ble funnet: For det første viste det seg at små arkitektfirmaer og selvstendig næringsdrivende har større tilbøyelighet til å velge tre som materiale enn arkitekter i større firmaer. Videre fant de at dersom arkitekter får avgjøre materialvalget, er det større sannsynlighet for at man velger tre. For det tredje viste undersøkelsen at sannsynligheten for at tre ble valgt som hovedmateriale, økte med tiden arkitektene brukte på å designe prosjektet.

Det var få forskjeller mellom arkitekter og ingeniører i forhold til materialvalg, men en klar forskjell var at arkitekter relativt sett bruker mer tid på bygninger som er fire etasjer eller lavere. Arkitekter lærer også mer om trevirke under studiene, mens ingeniører får mer erfaring med tre etter at de har kommet ut i praksis.

Undersøkelsen konkluderte med at både arkitekter og ingeniører i liten grad anser tre som et egnet byggemateriale for bygninger som ikke skal brukes til boligformål. Trevirke var det mest brukte materialet i bygninger på én etasje, men etter hvert som antall etasjer øker, minker bruken av tre.

Tre var mest brukt i rekkehus og i boliger for eldre. For bygninger som ikke var til boligformål, var trevirke mest brukt i gårdsbygninger, bygninger til religiøse formål og restauranter. Disse bygningstypene står derimot for en liten del av den totale bygningsmassen. De viktigste bygningstypene som ikke er til boligformål (industribygninger, kontorer, skoler, offentlige bygg) domineres av andre materialer enn tre. En mulighet for å øke trebruk i disse bygningstypene, kan være å bruke trevirke i kombinasjon med andre materialer, siden kombinasjoner av ulike materialer var andrevalget for alle bygninger som ikke var ment for boligformål.

Arkitektene var mest negative til bruk av trevirke i store offentlige og private bygg, bl.a. sykehus, industribygg, skoler og bygninger for kommersielle formål. Restriksjoner i forhold til brannforskrifter viste seg å være den største hindringen for økt bruk av trevirke. De mest vanlige antatte ulempene ved bruk av tre blant respondentene var

- brann- og styrkeegenskaper
- levetid og bestandighet

- usikre pris- og leveranseforhold og at
- egenskapene til en del nye produkter i tre ikke er godt nok dokumenterte

Fordelene med trevirke er dets visuelle egenskaper. Funksjonelle egenskaper ble også fremhevet, at det er billig i innkjøp og installering og har lave konstruksjonskostnader, gode miljøegenskaper samt at tradisjonelle produkter har godt dokumenterte egenskaper (Kozak and Cohen 1999).

Wagner og Hansen (2004) utviklet en metode for å identifisere og vekte betydningen av ulike produktattributter og innvirkningen fra substitutter, for ulike kundegrupper (Wagner and Hansen 2004). Det er her gitt ett eksempel fra treindustrien og en av dens viktige kundegrupper, arkitekter i USA og Chile. I prosessen med utvelgelse av målgruppe for analysen, ble det utført en analyse der formålet blant annet var å sammenligne forskjeller i materialpreferanser blant arkitekter og ingeniører. Forfatterne fant imidlertid nesten ingen signifikante forskjeller i materialpreferanser mellom de to yrkesgruppene.

De amerikanske arkitektene nevnte miljøvennlig profil som en viktig egenskap for trevirke, men verken miljøegenskaper eller pris ble vektlagt som spesielt viktige kriterier for materialvalget. De fremhevet i stedet tekniske aspekter som viktigere. Dimensjonsstabilitet er en egenskap ved trevirke der det er potensial for forbedring. Jevn og forutsigbar kvalitet er et aspekt som er rangert høyt av arkitektene uansett nasjonalitet. Brannegenskaper er mindre vektlagt enn forventet. Resultatene for de visuelle aspektene ved trevirke er kanskje de mest interessante. Trevirke ble ansett som et materiale som er hva det utgir seg for å være. Dårlig varmeledningsevne gjør det til et ”varmt” materiale med en unik tekstur (Wagner and Hansen 2004).

Artikkelen *Factors that influence design professionals when they use structural Timber in Australia* er basert på en undersøkelse av hvilke faktorer som påvirker australske arkitekter, bygningsingeniører og rådgivende ingeniører når de tar beslutninger om bruk av tre i bærende konstruksjoner (Nolan and Truskett 2001). Undersøkelsen fokuserte på bygninger som ikke var ment for boligformål og ble gjennomført i to delprosjekter. Først ble det gjennomført telefonintervjuer av 100 arkitekter om bruk av tre til forskjellige typer bygg. I dette delprosjektet viste det seg at arkitektene mener at bygningsingeniører og rådgivende ingeniører har betydelig innvirkning på valg av materiale i byggeprosessen og derfor ble 100 bygningsingeniører og 35 rådgivende ingeniører intervjuet i en ny delundersøkelse. I likhet med flere tidligere undersøkelser, hevdet forfatterne at det er et stort potensial for bruk av tre i bygninger som ikke skal brukes til boligformål, og at det er meget store regionale forskjeller på hvor mange trebygg som blir bygget.

Undersøkelsen dokumenterte at både arkitekter og ingeniører har behov for informasjon om tre og teknologiske løsninger for bruk av tre. Under halvparten av ingeniørene mente at det var enkelt å skaffe relevant informasjon om bruk av trematerialer til bygninger som ikke var ment for boligformål. Mangel på kunnskap øker usikkerheten for aktørene i byggeprosessen og det oppfattes dermed som om at det er uforholdsmessig stor risiko forbundet med å bruke tre som byggemateriale. Det var også et behov for informasjon om kostnader og relevant byggeinformasjon for bruk av tre. Alle de intervjuede yrkes-

gruppene la vekt på at treindustrien var dårligere til å informere om produktene sine enn andre produsenter av byggematerialer. Respondentene ønsket bedre informasjon om trekonstruksjoner, bestandighet / holdbarhet, egenskaper ved ulike treslag, brannegenskaper, om nye produkter som kom på markedet og sammenligninger av byggekostnader for tre og andre materialer.

I utgangspunktet var alle yrkesgruppene positive til bruk av tre. Mye kan tyde på at enkelte positive egenskaper, for eksempel estetisk uttrykk, gjør tre til et materiale som er godt egnet til boligformål, men at disse egenskapene ikke er like viktige i bygninger som var ment for andre formål. Estetiske egenskaper, enkel bruk i byggeprosessen, tilgjengelighet og kostnader er de viktigste årsakene til at arkitekter og ingeniører velger å bruke tre. Holdbarhet er den egenskapen som taler mest i mot å bruke tre. Arkitekter er generelt mer positive til trevirkets estetiske kvaliteter og miljøegenskaper enn ingeniører.

Respondentene uttalte at treprosjekter er lite synlige i mediene og at det derfor er lite bevissthet om trebruk og at tre ofte kan brukes i stedet for betong og stål. De savnet både informasjon i fagtidsskrifter og fra produsenter. I følge bygningsingeniørene er stålprodusentene mest profesjonelle på dette området. Treindustrien kom dårligst ut (Nolan and Truskett 2001).

Studien *Perceptions of Recreational Bridge Decking Materials by U.S. Architectural and Engineering Firms* undersøker potensialet for tre-plast-kompositter (WPC) for bruk på gangbruer (McGraw and Smith 2007). Det ble gjennomført en spørreundersøkelse blant 112 arkitekter og bygningsingeniører om deres oppfatning av mulighetene for å benytte tre eller WPC. Resultatene viser at arkitekter og ingeniører oppfatter sin egen innflytelse på materialvalg som stor. I designprosessen vurderte de sin innsats som meget viktig (gjennomsnittsscore 4,14 på en fempunktsskala) og i byggeprosessen var også innflytelsen stor (3,53). Arkitektene og ingeniørene som deltok, oppga at de hadde lite kunnskap og erfaring med WPC - produkter. De viktigste egenskapene for brudekke var at de skulle være lite vedlikeholdskrevende og at de skulle være bestandige mot råte. Med utgangspunkt i resultatene fra undersøkelsen ble det foreslått å arbeide for at beslutningstakere og sluttbrukere får bedre kjennskap til WPC-produkter. Mulige kommunikasjonskanaler var artikler på internett og i bransjetidsskrifter, men også formidling på kurs og seminarer ble oppfattet som viktige informasjonskilder for denne typen produkter.

7.3 Kompensering for kvalitetsforringelser

Ifølge den tidligere refererte undersøkelsen utført av Spelter et. al i 1985 kan det spores en tendens til at kundene oppfatter dårligere samsvar mellom pris og kvalitet på trevirke og at dette kan ha sammenheng med mindre bruk av naturlig vokst skog. Forringet kvalitet i nytt "hurtigvokst" trevirke kan imidlertid til dels oppveies ved å utvikle nye typer treprodukter.

Artikkelen *Expanded markets for engineered wood products: the Forest Products Laboratory's view* gjør også en vurdering av markedspotensialet for flere treprodukter som ble introdusert i USA på 1980- og 90-tallet, såkalte *engineered wood products*

(Peterson 1993). Forfatterens fokus er at denne typen nye, spesialiserte treprodukter har andre egenskaper enn tradisjonell trelast. På grunn av bedre styrke i forhold til vekt gir dette nye muligheter for konstruktiv bruk. Forfatterne påpeker at skal produktene tas i bruk, kreves det bedre kunnskap om produktenes fysiske egenskaper og brannegenskaper og informasjon om nye byggsystemer som bruker denne typen treprodukter. Dersom disse produktene skal ta markedsandeler og komme i utstrakt bruk, må de være konkurransedyktige både mht. pris og egenskaper og ha gode miljøegenskaper, både mht. råvare og inneklime.

Artikkelen *The outlook for the use of wood products in new housing in the 21st century* beskriver trender i Nord Amerikansk boligbygging på slutten av 1980-tallet (Marchin 1987). Det fokuseres på materialer brukt i bærende konstruksjoner, til kledning og som interiør. Det forventes økt konkurranse mellom produsenter av forskjellige treprodukter, spesielt vil bruken av *engineered wood products* øke på bekostning av tradisjonell skur og høvellast.

Det er mulig å forbedre trelastkvalitet ved å utvikle mer presise sorteringssystemer. Dette gir også trelast med mer homogene egenskaper. Artiklene *Quality of structural timber-product specification system required by end-users* (Johansson et al. 2000) *Quality of timber products from Norway spruce* (Perstorper et al. 1995) og *Quality and performance of structural timber* (Johansson et al. 2000) er en serie publikasjoner som har undersøkt sluttbrukeres kvalitetskrav til konstruksjonslast. Med sluttbrukere menes i denne sammenhengen entreprenører og snekkere. Det ble gjennomført intervjuer med aktører i byggeindustrien og på byggeplasser for å finne ut hva som var de viktigste egenskapene som ble stilt til konstruksjonslast. Intervjuene konkluderte man med at selv om brukernes kunnskap om trematerialer var lav, var det klare formeningar om hva de oppfattet som god kvalitet, og hvilke egenskaper man ønsket at konstruksjonslast skulle ha. Den viktigste kvalitetsegenskapen var formstabilitet. Trelasten skulle være rett. Dette er informasjon som sjelden kommuniseres tilbake til industrien.

Forfatterne konkluderte med at det kan være gunstig å spesifisere kvalitetskrav for enkeltprodukter. Det ble gjennomført en undersøkelse der resultatene fra intervjuene ble brukt til å lage produktspesifikasjoner for veggstendere. Deretter ble det gjort feltforsøk hvor man sorterte konstruksjonslast på bakgrunn av de nye kvalitetskravene. Brukerne (snekkere) rapporterte at den nye kvalitetsspesifikasjonen stemte bedre overens med deres krav til konstruksjonslast enn tradisjonelle metoder for sortering.

7.4 Byggeforskriftenes rolle med hensyn til trebruk

Byggeforskrifter legger premisser for bruk av tre og treprodukter i alle typer bygg. Med utgangspunkt i at det i 2000 ble introdusert nye, harmoniserte byggeforskrifter i USA, gjorde (Goetzl and McKeever 1999) en undersøkelse av erfaringer med de ulike byggeforskriftene som var i bruk i USA fram til da. Et tilfeldig utvalg på 2500 byggeprosjekter over hele USA ble undersøkt for å dokumentere bruk av tre i byggeprosjektene kunne tilskrives hvilken standard som ble brukt. Forfatterne dokumenterte at byggestandarder påvirket materialvalg; Uniform Building Code (UBC) som dominerer i

den vestlige halvdel av USA, er tolerant mht. trebruk og dette viste seg også i byggeprosjektene som ble undersøkt.

Forfatterne la vekt på å undersøke byggeprosjekter som ikke var ment for boligformål. De fant at ca. 50 % av alle prosjektene som undersøkelsen omfattet, kunne vært bygget i tre, men at kun 17 % av disse faktisk var trebygninger. Trekonstruksjoner var mye brukt i hoteller og helsebygg. For helsebygg var trebyggene også i gjennomsnitt større enn det som var tillatt i henhold til byggeforskriftene. Det må altså ha vært gjort unntaksbestemmelser for disse. Industribygg var gruppen med lavest andel trebygg, bare én prosent av det anslåtte potensialet for trebygg i denne gruppen var faktisk bygd i tre. Kontorer og butikker, skoler, offentlige kontorer og religiøse bygg var gruppene med størst potensial.

Forfatterne konkluderte med at det er et stort potensial for bruk av tre. Byggeforskrifter begrenser materialvalget, enten fordi det kreves at det brukes spesielle materialer eller fordi det stilles krav til byggematerialers egenskaper, for eksempel brannegenskaper. Men det konkluderes med at det er mulig å tilpasse trebygninger i henhold til forskriftene ved å gjøre tilpasninger i konstruksjonen, eller ved å bruke spesialtilpassede tekniske løsninger. Forfatterne konkluderte med at økt bruk av *engineered wood products* kan gjøre det enklere å bruke treprodukter i henhold til byggestandarder (Goetzl and McKeever 1999).

I New Zealand ble offentlige byggeforskrifter endret i 1992 slik at trehus med mer enn tre etasjer ble tillatt. Siden den tid, har det blitt gjennomført flere fleretasjes byggeprosjekter i tre, men få av disse har vært høyere enn fem etasjer. Det kan virke som om fem etasjer er grensen for hvor høyt man ønsker å bygge. I artikkelen *Multi-Storey Timber Construction - A Feasibility Study* diskuteres mulig årsaker til at utviklingen har stoppet på fem etasjer, og det lanseres også noen forslag til hvordan dette kan endres (Banks 2000).

Årsaker som nevnes, er hovedsakelig relatert til risiko og materialegenskaper. Det legges vekt på at entreprenør og utbygger betrakter prosjekter med trebygninger på mer enn fem etasjer som mer risikable enn når det brukes andre byggematerialer. Hovedårsaken til at risiko vurderes som høy, er at det er for lite kompetanse og erfaring med tre brukt i bygninger med denne høyden. For å gjøre det lettere å bygge høyt med tre, foreslår forfatteren derfor at treindustrien bør utvikle nye forretningsmodeller for denne typen bygg som reduserer risiko for entreprenør og utbygger. En slik forretningsmodell kan innebære at trevareprodusenter og leverandører av byggevarer tar på seg økonomisk ansvar for at totale byggekostnader for trebygg ikke overstiger byggekostnadene for prosjekter med andre byggematerialer.

Undersøkelsen *Barriers to the enhanced use of wood in Europe: Particular attention to the regulatory Barriers* ble gjennomført i forbindelse med CEI-Bois kampanje "Roadmap 2010" som danner grunnlaget for en enhetlig markedsføringsplan for europeisk treindustri (Bregulla et al. 2003). Målsettingen med undersøkelsen var å kartlegge europeiske byggeforskrifter for å undersøke om det var institusjonelle barrierer for trebruk i nye bygg. Undersøkelsen fokuserte på eneboliger og bygninger med flere

boliger. Undersøkelsen ble utført ved å distribuere et spørreskjema til informanter i 24 europeiske land. I spørreskjemaet skulle informantene oppgi informasjon om reguleringer mht. bruk av tre i vegger, gulv, tak (utvendige) og utendørs, reguleringer knyttet til isolasjon (temperatur og lyd), ulike behandlinger av tre, mekaniske påkjenninger, krav til sertifisering av råvare og krav til *engineered wood products* for spesialiserte anvendelser. I tillegg ble informantene også spurt om institusjonelle-, tekniske-, holdningsmessige- og økonomiske barrierer for bruk av tre.

I undersøkelsen konkluderte man med at det ikke er noen regulatoriske barrierer for bruk av tre eller trebaserte produkter i boliger. Årsaken til dette er at det offentlige har få muligheter til å favorisere en type byggematerialer framfor andre materialer. Til tross for dette, finnes det begrensninger for bruk av tre i bygninger, som i fremtiden kan bli barrierer for trebruk. Det er derfor viktig at trenæringen jobber aktivt for harmonisering av byggeforskrifter i Europa.

De viktigste barrierene for bruk av tre i bygninger er krav til brannegenskaper og lydisolering, spesielt gjelder dette for fleretasjesbygninger og bygninger med flere boliger. For eneboliger er det derimot ingen nevneverdige barrierer eller begrensninger for bruk av tre. For å legge til rette for økt bruk av tre, er det viktig å gjøre beslutningstakere i byggeindustrien oppmerksomme på at det finnes tekniske løsninger som gjør at tre kan likestilles med konkurrerende materialer. Dessuten er det viktig å tilby løsninger på tekniske problemer som gjerne oppstår når man bygger med tre. Innen de enkelte land bør det arbeides med å fjerne reguleringer fra byggeforskriftene som motarbeider bruk av tre. I et europeisk perspektiv er det viktig å harmonisere byggeforskriftene. Det er sannsynligvis også svært nyttig å legge til rette for utveksling av kunnskap og erfaringer mellom regioner der trebruk er vanlig og regioner der tre tradisjonelt ikke har vært brukt (Bregulla et al. 2003).

7.5 Oppsummering av utenlandske studier

De utenlandske studiene som er referert, gir et bilde av muligheter og hindringer for økt bruk av tre som virker relevante også for norske forhold. Tre som foretrukket byggemateriale i suburban, småskala boligbebyggelse er et gjennomgående fenomen i den vestlige verden. Holdningen blant bransjeaktører som ingeniører og arkitekter er stort sett at det er til denne bruken at materialet tre egner seg best. For å komme forbi denne holdningen er det flere hindre som må forseres.

Bygningstyper som egner seg for trebruk er et aktuelt tema for flere av undersøkelsene. Foruten egnethet til bruk i mindre boligbygg er det imidlertid uenighet om hvorvidt andre bygningstyper kan egne seg til trebruk. Stort sett kommer industribygg dårligst ut. Større kontorbygg er heller ikke ansett som særlig velegnet. Med hensyn til bygg for offentlige formål som skoler og sykehus er meningene delte. Brannhensyn og byggeforskrifter påvirker i negativ retning, mens hensyn til trivsel og estetikk taler for. Tre ansees å ha en positiv effekt i bygg som brukes som sosiale møtesteder f. eks. restauranter og kirker.

De positive egenskapene ved trevirke som oftest trekkes frem, er de visuelle og taktile. Tre anses som et varmt, behagelig og inviterende materiale som skaper en god atmosfære i byggene. Også miljøaspektene trekkes frem som et positivt trekk ved trevirke, både med hensyn til økologi (belastning på naturmiljøet) og innemiljø. Andre positive egenskaper ved materialet er at det er lett å forme og har lav vekt.

Med hensyn til økonomi er svarene svært sprikende. Enkelte undersøkelser fremhever tre som rimelig, mens andre hevder at tre er dyrt, eller at pris og kvalitet ikke samsvarer. Enkelte hevder også at selv om tre i seg selv er billig, kan byggeprosessen bli fordyret pga for eksempel usikre leveranser. Det er antakelig en del variasjon med hensyn til pris i de ulike landene og på ulike produkter og trekvaliteter, men dette fremgår ikke av undersøkelsene. Tilgjengelighet og leveransedyktighet er også variable størrelser.

Det er imidlertid bred enighet om at trematerialets konstruktive egenskaper bør forbedres. Dette gjelder både evne til å tåle større vertikal belastning og til å takle større spenn. Retthet og formstabilitet nevnes også som viktige kvalitetsparametere. Det er viktig at treets kvalitet er jevn og forutsigbar. Problemene kan avhjelpest enten ved hjelp av strengere kvalitetskriterier for sortering av trelast, eller ved å utvikle treprodukter som tåler større lastpåkjenninger. Andre punkter som brannsikkerhet og lydisolering kan også forbedres gjennom utvikling av nye produkter med bedre egenskaper. Det må også arbeides med å styrke treets holdbarhet og redusere faren for fukt og råteskader.

Med hensyn til hvilke aktører som bestemmer materialvalget, synes både arkitekter og ingeniører å ha stor innflytelse, mens byggherre og entreprenør har mindre innflytelse. Spesielt gjelder dette i prosjekteringsfasen. I byggefasen er innflytelsen til arkitekter og ingeniører noe mindre, muligens på grunn av at entreprenørens innflytelse øker. Både arkitekter og ingeniører synes å være skeptiske til bruk av tre i bygg som ikke skal brukes til boligformål. Arkitekter er imidlertid positive til de visuelle kvalitetene ved materialet.

Kunnskapen om trebruk er svak hos arkitekter og ingeniører. Flere av ingeniørene mener blant annet at det er mangel på informasjon om tekniske løsninger for bygg som ikke er ment for boligformål. Både arkitekter og ingeniører mener at treindustrien er for dårlig til å informere om produktene sine. De savner informasjon både i fagtidsskrifter og fra produsenter. Gode treprosjekter som er synlige i mediene ville også bidra til å øke interessen for bruk av tre.

8 Litteratur

- Adolfi, Bengt, et al. (2005), 'Trällyftet : ett byggsystem i massivträ för flervåningshus', (Stockholm: Svensk byggtjänst).
- Arge, Kirsten (1994), *Arkitektkontorenes kvalitetssystem: arkitektonisk kvalitet : en studie av ti prosjekter* (Oslo: Norges byggforskningsinstitutt) 83 s.
- (1996), 'Bygninger i et livssyklusperspektiv', in Norges byggforskningsinstitutt (ed.), *Notat* (Oslo).
- Arge, Kirsten and Bleiklie, Siv (2003), *Arkitektonisk kvalitet* (Oslo: Norsk form) 130 s.
- Arge, Kirsten, Wågø, Solvår, and Knudsen, Wibeke (2008), *Valuta for pengene: en studie av 15 boligprosjekter* (Oslo: SINTEF byggforsk) 156, 6 s.
- Assosierede Ingeniører (2001), *Massivtræ i byggeriet* ([Fredericia]: Assosierede Ingeniører ApS) 122 s.
- Aune, Petter (1992), *Trekonstruksjoner* ([Trondheim]: Tapir) 2 b.
- Banks, Warwick (2000), 'Multi-Storey Timber Construction - A Feasibility Study. ', *New Zealand Timber Design Journal*, 8 (2).
- Bayne, K. and Taylor, S. (2006), 'Attitudes to the use of wood as a structural material in non-residenti building applications: opportunities of growth.', *Forest and Wood Products Research and Development Corporation*, 39.
- Berg Eriksen, Trond (1989), 'Kvalitet, arbeid og sirkulasjon', *Samtiden*, 2/89.
- Bergen kommune (2005), 'Satsing på tre som byggemateriale i Bergen, Byrådsak 1464/05'.
- Bygg for næringslivet, bygg for offentlig virksomhet og bygg for husholdningene* (2008) (Byggenæringens Landsforening, 2008.10.28).
- Brand, Stewart (1994), *How buildings learn: what happens after they're built* (New York: Viking) VIII, 243 s.
- Bregulla, J., et al. (2003), 'Barriers to the enhanced use of wood in Europe: Particular attention to the regulatory Barriers.', *Building Research Establishment Client Report* (Watford: BRE Construction Division).
- ByggSkolen 'Velkommen til ByggSkolen'.
- Cabe 'Improving quality of life through design'.
- Carlsen, Jan (2004), 'Treprisen 2004', *Arkitektnytt*.
- Cold, Birgit (ed.), (1990), *Arkitektonisk kvalitet i norsk trehusbebyggelse*, ed. Sigmund Amervik (Bygge i Norge - synspunkter på utvikling, retning og tempo, Særtrykk Trondheim: Tapir Trykk).
- Den Europeiske Union *The construction products directive* (The Commission) Ca. 17 s.
- Denizou, Karine (2007), 'Tre i by - Hvilke mekanismer styrer materialvalget for større urbane byggverk', (Oslo: SINTEF Byggforsk).
- Dinwoodie, J. M. (2000), *Timber: its nature and behaviour* (London: E & FN Spon) X, 257 s.
- Edvardsen, Knut Ivar, Ramstad, Trond Ø, and Haug, Trond (2006), *Trehus* (Håndbok, 53; Oslo: Instituttet.) 333 s.

- Eriksson, Jan (1993), *Bostadens värden* (Gävle: Statens institut för byggnadsforskning) 84 s.
- Evans, Fred G. (2003), 'Brannbeskyttet trevirke', *Fokus på tre. Beskyttelsesmetoder. Fordeler og ulemper. Godkjenning og krav.* (Oslo: Trefokus og Norsk treteknisk institutt).
- Fernandez, John (2006), *Material Architecture: emergent materials for innovative buildings and ecological construction* (Amsterdam: Elsevier) IX, 332 s.
- Florelius, Bente 'Norwegian Wood - på bergensk?'
- Geving, Stig, et al. (2006), 'Hygrothermal conditions in wooden claddings - Test house measurements', (Prosjekt rapport 407 Oslo.).
- Glasø, Geir (2008), 'Fleretasjes trehus', (Oslo: TreFokus, Norsk treteknisk institutt).
- Godal, Jon Bojer (1994), *Tre til tekking og kleding: frå den eldre materialforståinga* ([Oslo]: Landbruksforl.) 63 s.
- (1996), *Tre til laft og reis: gamle hus fortel om materialbruk* ([Oslo]: Landbruksforl.) 104 s.
- Godal, Jon Bojer, et al. (1994), 'Gammal kunnskap for nutida byggande: ill., fig., snitt', *Kulturmiljøvård* (1994 nr 2/3; Stockholm: Riksantikvarieämbetet).
- Goetzl and McKeever (1999), 'Buildings Codes Obstacle or Opportunity? ', *Forest Products Journal*, 49(9), 12-22.
- Grantham, Rob and Enjily, Vahik (2003), *Multi-storey timber frame buildings: a design guide* (London: BRE Bookshop) VI, 50 s.
- Gustafsson, Anders (1999), *Byggsystem i massivträ: teknik, ekonomi och utvecklingsbehov* (Stockholm: Träteknik) 36 s.
- Gustavsson, L, Pingoud, K, and Sathre, R (2006), 'Carbon Dioxide Balance of Wood Substitution: Comparing Concrete - and Wood Framed Buildings. Mitigation and Adaption Strategies for Global Change', .
- Gustavsson, Martin (2002), *Massivträ, 2, Att välja massivträ* ([Stockholm?]: Industrikonsortiet Massivträ) 38 s.
- Hansson, Tore (1997), *Flervånings trähus* ([Stockholm]: Nordic Timber Council) 178 s.
- Homb, Anders (2006), 'Low frequency sound and vibrations from impacts on timber floor constructions', (Norwegian University of Science and Technology, Faculty of Information Technology, Mathematics and Electrical Engineering, Department of Electronics and Telecommunications).
- (2007), 'Kriterier for opplevd vibrasjon i etasjeskillere', (Oslo: SINTEF Byggforsk), 25.
- (2008), 'Vibrasjonsegenskaper til dekker av massivtre', (Oslo: SINTEF Byggforsk).
- Hovde, Per Jostein (1996), 'Brann - utvikling og spredning : viktige materialelegenskaper ', (Trondheim: Norges teknisk- naturvitenskapelige universitet, Institutt for bygg- og anlegsteknikk).
- Husbanken 'Statens byggeskikkpris'.
- Haaland, Anders (1999), *En by tar form- Stavangers bebyggelse 1815 - 1940* (Stavanger: Stavanger arkitektforening).
- IPCC (2007), 'Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report.', in Intergovernmental Panel of Climate Change (ed.).

- Isdahl, Bård (2004), *I hodet på utbyggerne: samtaler med ni utbyggere av byboliger* ([Oslo]: Husbanken) 66 s.
- Jacobsen, Bjørn (2007), *Overflate- og systembehandling* ed. . (Rapport nr.62: Norsk treteknisk institutt).
- Jensø, Monica (2002), *Bruk av trematerialer i helsebygg* (SINTEF rapport, STF22 A02517; Trondheim: SINTEF) 69 bl.
- Johansson, G., Klinger, I.R. , and Perstorper, M. (2000), 'Quality and performance of structural timber. ', *NZ Timber Design Journal* 3(9), 11-20.
- Kavli, Guthorm (1966), *Trønderske trepaleer. Borgerlig panelarkitektur nordenfjells* (Oslo: J.W.Cappelens forlag).
- Kittang, Dag (2006), 'Trebyen Trondheim - forvitring og fornying. Ein studie av ein byplandiskurs', (Norges tekniske- naturvitenskapelige universitet).
- Kozak, R. A. and Cohen, D.H. (1999), 'Architects and structural engineers: An examination of wood design and use in nonresidential buildings. Opportunities and barriers.', *Forest Products Journal*, 49(4), 37.
- Kučera, Bohumil and Næss, Ragnar M. (1999), *Tre: naturens vakreste råstoff* (Oslo: Landbruksforl.) 248 s.
- Kvande, Tore, Lisø, Kim Robert, and Time, Berit (2007a), *Luftede kledninger: klimapåkjenninger, erfaringer og anbefalinger* (Rapport, 2-2007; Oslo: SINTEF Byggforsk) 42 s.
- Kvande, Tore, Lisø, Kim Robert, and Berit, Time (2007b), 'Luftede kledninger - klimapåkjenninger, erfaringer og anbefalinger', (Rapport 2; Oslo: SINTEF Byggforsk).
- Landrø, Harald (2002), 'Er myndighetene et hinder for bruk av tre?', (Tresenteret).
- (2006), 'brannteknisk prlving av bærende massivtredekke. ', (Tresenteret i Trondheim).
- Larsen, Knut Einar (2008), 'Fasade, tre og tradisjoer', in Finn Haakonsen and Knut Einar Larsen (eds.), *Kledd i tre. Tre som fasademateriale* (Oslo: Gaidaros forlag), (s. 9 - 9).
- Marchin, TC. (1987), 'The outlook for the use of wood products in new housing in the 21st century.', *Forest Products Journal* 37 (8), 55-61.
- Mattsson, Johan (1995), *Råte- og insektskader: tilstandsanalyse og utbedringstiltak* (FOK-programmets skriftserie, nr 23; Oslo: NAVF) 76 s.
- McGraw, Daniel F. and Smith, Paul M. (2007), 'Perceptions of Recreational Bridge Decking Materials by U.S. Architectural and Engineering Firms.', *Wood and Fiber Science* 39 (2), 325-35.
- NAL/Ecobox 'Norwegian Wood'.
- Narvestad, Randi A. (2008), *Boligkvalitet i et samfunnsperspektiv: en casestudie av 8 nye norske boligprosjekter* (Prosjektrapport, 12-2008; Oslo: SINTEF byggforsk) 108 s.
- Nolan, Gregory M. and Truskett, Betty (2001), 'Factors that influence design professionals when they use structural Timber in Australia. ', *New Zealand Timber Design Journal* 9(2).
- Norberg-Schulz, Christian (1988), *Treprisen 1961, 1962, 1964, 1966, 1969, 1971, 1973, 1975, 1978, 1981, 1983, 1986 = Thirteen Norwegian prize-winning architects*, ed. Dag Rognlien (Oslo: Arkitektnytt) 222 s.

- Norberg-Schulz, Christian and Postiglione, Gennaro (2003), *Sverre Fehn: samlede arbeider* ([Oslo]: Damm) 308 s.
- Nordhagen, Per Jonas (1975), *Trebyen faller* (Oslo: Dreyers forlag).
- Norsk Treteknisk Institutt 'Treteknisk'.
- NOU 2006:18 'Et klimavennlig Norge', in Miljøverndepartementet (ed.), (Norges offentlige utredninger).
- NTI (2006), *Bygge med massivtreelementer* (Oslo: Norsk treteknisk institutt) 6 b.
- NTNU 'TreUnd'.
- 'TRE/UND'.
- Næss, Hans Eyvind (1998), *Gamle Stavanger* (Stavanger: Foreningen Gamle Stavanger).
- O'Connor, Jennifer, et al. (2004), 'Wood use in nonresidential buildings: Opportunities and barriers.', *Forest Products Journal*, 54 (3), 19-28.
- Persson, Stefan (1998), 'Wälludden trähus i fem våningar. Erfarenheter och lärdomar. ', (Lund: Tekniska Högskolan i Lund. Avdeling for Bärande Konstruktioner.).
- Perstorper, M. , et al. (1995), 'Quality of timber products from Norway spruce', *Journal Wood Science and Technology* 29 (5), 339-52. .
- Peterson, K.R. and . Falk, R.H. Wolfe, R. McNatt, J.D. and Hernandez, R. (1993), 'Expanded markets for engineered wood products: the Forest Products Laboratory's view.', in Donald A Bender (ed.), *Wood products for engineered structures: Issues affecting growth and acceptance of engineered wood products*. (Proceedings 47329 edn.; Las Vegas: Madison WI: Forest Products Society), 164-66.
- Regnskogfondet 'Klima og regnskog '.
- Roede, Lars (2001), 'Byen bytter byggeskikk. Christiania 1624 - 1814', PhD (Arkitektthøgskolen i Oslo).
- Lom / Norway.
- Raastad, Nils Christian (2005), 'Bruk av massivtre i store konstruksjoner: entreprenørenes oppfatninger og erfaringer', ([N.C. Raastad]).
- Sathre, Roger (2007), 'Life-cycle energy and carbon implications of wood-based products and construction', (Mittuniversitetet).
- Selvig, Eivind, Weidemann, Fredrik, and Rosland, Audun (2000), *Reduksjon av klimagasser i Norge: en tiltaksanalyse for 2010* (Oslo: Statens forurensningstilsyn) 44, 124 s.
- SINTEF Byggforsk (2008), 'MIKADO - Miljøegenskaper for tre- og trebaserte produkter over livsløpet. Et litteraturstudium.'
- 'Byggforsk'.
- ((1998 - 2008),), '542.102 Liggende trekledning (2000)
- 542.101 Stående trekledning (1998)
- 542.645 Kledninger av ubehandlet tre (2008)
- 544.106 Tekking av tak med bord (2004)
- 520.415 Beslag mot nedbør (2004)', *Byggforskserien*.
- Spelter, H. ; Anderson, R. G. (1985), 'A Profile of Wood Use in Nonresidential Building Construction', *Forest Service resource bulletin*, JUN 1985, pp. 27.
- Spelter, H., R. , MAF.G, LIN, and LEVAN, S. (1987), 'Status of wood products used in nonresidential construction', *Forest Products Journal*, 1. 37, 7-12.

- SSB 'Snart en halv million boligblokker. Boligstatistikk 1. januar 2008.', <<http://www.ssb.no/emner/10/09/boligstat/main.html>>.
- Standard Norge (2003), 'NS 3470-2 Prosjektering av trekonstruksjoner Beregnings og konstruksjonsregler Del 2 Brannteknisk dimensjonering.'
- Standard.no, www.standard.no/en/Sectors/Bygg-og-anlegg/Brann/, tilgjengelig August 2011
- Statens Byggeskikkpris 'Preikestolen fjellstue - juryens begrunnelse'.
- Statens byggetekniske etat (1989), 'Byggevredirektivet på norsk', in Kommunal - og regionaldepartementet (ed.).
- Stenstad, Vidar (2002), *Trapper, balkonger og svalganger: branntekniske forhold spesielt med tanke på fleretasjes bolighus i trekonstruksjoner* (Oslo: Norges byggforskningsinstitutt).
- Stenstad, Vidar (red.) and Sandberg, Ina (2003), *Fleretasjes trehus* (Oslo: Norges byggforskningsinstitutt).
- TEK (1997), 'REN. Veiledning til teknisk forskrift til plan - og bygningloven', in Statens bygningstekniske etat (ed.).
- Thue, Jan Vincent (2008), 'Trefasader: Bygningsfysiske hensyn', in Finn Hakonsen and Knut Einar Larsen (eds.), *Kledd i tre. Tre som fasademateriale* (Oslo: Gaidaros forlag).
- Time, Berit, et al. (2008), 'Tak basert på massivtreelementer. Klimapåkjenninger, bygningsfysiske og bygningstekniske forhold', (Oslo: SINTEF Byggforsk).
- TreFokus 'Trebyene får sin renessanse'.
- 'TreFokus AS - Med fokus på TRE'.
- Treindustrien (2005), 'Årsmelding for treindustrien'.
- Tresenteret (2006), 'Trondheim - den moderne treby', (Trondheim).
- TreSenteret 'Tresenteret - Et kompetansesenter i grensesnittet mellom NTNU og næringen'.
- Trondheim kommune 'Trebyen Trondheim'.
- Tvedten, Arne Sigmund and Knutsen, Bengt Espen (1982), *Knut Knutsen: 1903-1969 : en vandrer i norsk arkitektur* ([Oslo]: Gyldendal) 279 s.
- UMB 'Studietilbud 2010'.
- Wagner, Ernesto R. and Hansen, Eric N. (2004), 'A method for identifying and assessing key customer group needs.', *Industrial Marketing Management*, 33(7), 643-55.
- Wærp et al. (2009) "Livsløpsanalyser (LCA) av norske treprodukter" Oslo: SINTEF Byggforsk
- Östmann, Birgit (2002), 'Brandsäkra trähus: nordisk kunnskapsoversikt och vägledning', (Stockholm: Trätek).
- Aalto, Alvar and Pallasmaa, Juhani (2003), *Alvar Aalto architect* (Helsinki: Alvar Aalto Foundation) b.

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 et internasjonalt ledende forskningsinstitutt og Norges viktigste formidler av forskningsbasert kunnskap til bygge- og anleggsnæringen. Vi skaper verdier for våre kunder og for samfunnet gjennom forskning og utvikling, spesialrådgivning, sertifisering og kunnskapsformidling. Våre publikasjoner omfatter Byggforskserien, Byggebransjens våtromsnorm, håndbøker, rapporter, faktabøker og beregnings- og planleggingsverktøy.