

TOR HELGE DOKKA, ANNA SVENSSON, TORE WIGENSTAD, INGER ANDRESEN,
INGEBORG SIMONSEN OG TORER F. BERG

Energibruk i bygninger

Nasjonal database og sammenligning av beregnet og målt energibruk

Prosjektrapport 76

2011



SINTEF Byggforsk

Tor Helge Dokka, Anna Svensson, Tore Wigenstad, Inger Andresen,
Ingeborg Simonsen og Torer F. Berg

Energibruk i bygninger

Nasjonal database og sammenligning av beregnet og målt energibruk

Prosjektrapport 76 – 2011

Prosjektrapport nr. 76

Tor Helge Dokka, Anna Svensson, Tore Wigenstad, Inger Andresen, Ingeborg Simonsen og Torer F. Berg

Energibruk i bygninger

Nasjonal database og sammenligning av beregnet og målt energibruk

Emneord:

Energibruk, energiberegninger, måling, energistatistikk

ISSN 1504-6958

ISBN 978-82-536-1208-9 (pdf)

Prosjektnr.: 3B044601

Omslagsfoto: Arkitekt: DIVA Arkitekter AS, utbygger: Drammen Eiendom KF,
foto: FutureBuilt/Espen Gees.

© 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

FORORD

Dette prosjektet har blitt gjennomført av SINTEF Byggforsk på oppdrag fra Lavenergi-programmet. Prosjektet har hatt en referansegruppe med medlemmer fra Statsbygg, Skanska, Storebrand, NVE, Enova, BE, Energeticadesign, Grønn Bygg Alliansen og SSB som har gitt nyttige innspill i arbeidet med rapporten.

Catherine Grini fra SINTEF Byggforsk har vært kvalitetssikrer.

Lavenergiprogrammets utlysningstekst for dette prosjektet sier:

NS 3031, og etterfølgende standarder, NS3700 og 3701, danner grunnlaget for energiberegninger og energimerking av bygninger. Det er behov for å øke kunnskapen om hva som faktisk påvirker energibruken i byggene, slik at beregningsstandardene og beregningsverktøyene kan bli enda mer treffsikre og i enda større grad ta hensyn til brukermessige og driftsmessige forhold. Det er per i dag ikke samlet erfaringer fra gjennomførte prosjekter og beregninger, for å gi rammene for vurdering av godheten og treffsikkerheten av beregninger. Det er et mål å etablere en nasjonal database som sammenstiller beregnet og faktisk målt energibruk i bygg, og som gir detaljert informasjon om faktorer som kan forklare eventuelle avvik mellom beregnet og målt energibruk, samt målinger av faktisk energiforbruk, med sammenliknbare verdier, og med en evaluering av beregningene, og eventuelle fysiske teorier som ligger til grunn for avvikene for beregningene.

Det er i denne rapporten forsøkt å svare på disse spørsmålene, foreslå hvordan en nasjonal database kan bygges opp og å peke på områder det må jobbes videre med i ett eller flere hovedprosjekter.

SINTEF Byggforsk har i mange år jobbet med energibruk i bygninger, både med utvikling av metoder, modeller, byggdetaljblader, standarder og forskrifter. Vi har også vært involvert i mange forbildeprosjekter med høye energiambisjoner, der energibruken har blitt beregnet eller simulert på detaljert nivå. Dessverre har for få av disse prosjektene blitt systematisk etterprøvd.

Dette må nok sies å føye seg inn i en svak norsk tradisjon når det gjelder etterprøving og evaluering av byggeprosjekter. Vi ser at land som Tyskland, Østerrike og Sverige har en langt bedre tradisjon for å etterprøve og evaluere nye byggekonsepter, hvor man planlegger og setter av ressurser til dette tidlig i prosjektene.

Vi håper at dette forprosjektet kan bidra til at vi i Norge i langt større grad enn før vil etterprøve og evaluere byggeprosjekter på en systematisk måte.



Tor Helge Dokka
Prosjektleder
SINTEF Byggforsk

SAMMENDRAG

Det er her gitt en kort sammenfatning rapporten, med en beskrivelse av eksisterende virkemidler på området, gjennomgang av de viktigste studiene på dette feltet, en diskusjon av hvordan etterprøving og måling kan gjennomføres i praksis, hvordan man på sikt kan bygge opp en nasjonal database/statistikk for energibruk i bygninger og forslag til videreføring i flere hovedprosjekter.

FORSKRIFTER, STATISTIKK OG EKSISTERENDE VIRKEMIDLER

Tabellen under viser en oversikt over aktuell statistikk og andre virkemidler, vurdering av målepunkt, omfang og datakvalitet for disse. Som det fremgår av tabellen er det per i dag ingen statistikkoppbygging på formålsdelt energibruk, hverken på beregnet eller målt energibruk i Norge. Skal man systematisk etterprøve om beregning av energibruk og effekten av ulike energiltak stemmer med virkeligheten, er det nødvendig å opparbeide statistikk på både beregnet og målt formålsdelt energibruk. Hvordan dette kan opparbeides er beskrevet i kapittel 4 og 5.

Tabell 1. Oversikt over aktuell statistikk og andre virkemidler, vurdering av målepunkt, omfang og datakvalitet.

Statistikk/ virkemiddel	Målepunkt	Omfang	Vurdering datakvalitet
Teknisk forskrift (TEK)	Beregnet netto energibehov ¹ (kWh/m ² år)	Alle nye bygg og byggeprosjekter som defineres som hovedombygging skal utarbeide dokumentasjon. Det er ingen offentlig database over denne dokumentasjonen, men skal kunne framvises på forespørsel.	Lite kunnskap om hvor god denne dokumentasjonen er. Ingen gode undersøkelser på dette.
Energimerke-systemet (EMS)	Beregnet levert energi ² (kWh/m ² år)	Alle bygg som bygges, selges eller leies ut (over 50 m ²). For yrkesbygg over 1000 kvm BRA skal energimerke alltid foreligge.	Fra akseptabel (nye yrkesbygg og boliger), til meget lav (selvangivelse av egen bolig).
Energivare-balanse, SSB	Aggregert nasjonal energibruk ³ (TWh/år)	All energibruk til drift av boliger og yrkesbygninger inngår i statistikken. Yrkesbygg inneholder også industribygg.	For boliger vurderes statistikken som god. For yrkesbygg og industribygg er man mer usikker på datakvaliteten.
Enovas byggstatistikk	Målt levert energi ⁴ (kWh/m ² år)	Omfatter ca. 10 % av alle yrkesbygg, men kun en meget liten del av boligene (under 0,1 %).	Det jobbes for å øke kvaliteten på energitallene, det er betydelig usikkerhet rundt bestemmelse av arealtall. Byggene er ikke representative for hele bygningsmassen.
Enovas forbildeprosjekter/ Passivhus-program	Beregnet energibruk etter NS3031/ NS3700 ⁵ (kWh/m ² år)	Per i dag er antall bygg veldig lavt (noen titalls bygg), men dette forventes å øke kraftig de nærmeste årene.	Datakvaliteten på beregnet energibruk vurderes som god i disse prosjektene. Men foreløpig lite data på målt levert energibruk.

1. Etter energirammemetoden, men også mulig å tilfredsstille krav etter energiltaksmetoden uten energiberegninger.
2. Beregnet levert energi etter NS3031, men for normert Oslo klima. For eksisterende bygg skal også målt energibruk oppgis, men dette oppgis ikke som energimengde for de enkelte energivarer (bio, olje, gass).
3. Total energibruk for boliger (husholdninger) og yrkesbygg (tjenesteytende sektor) oppgis og det angis fordeling på ulike energivarer.
4. Det oppgis steds- og klimakorrigert energibruk for ulike byggkategorier, med fordeling på ulike energivarer. Spesifikk energibruk er holdt opp mot data for oppvarmingssystem, alder på bygget, installert kjøling, brukstimer, med mere.
5. Per i dag er hovedkravet på beregnet oppvarmingsbehov etter NS3700 (**NS3700, 2010**) og prosjektrapport 42 (**Dokka, 2009**). Men det er også krav om å dokumentere netto energibehov og levert energi beregnet etter NS3031. Det stilles også krav til å rapportere målt levert energi, men det er lite publiserte data for dette foreløpig.

STUDIER AV BEREGNET OG MÅLT ENERGIBRUK

Tabellen gir en oppstilling av de viktigste studiene på målt og beregnet energibruk i Norge og Europa. Oppsummert finnes det lite data på sammenhengen mellom målt og beregnet energibruk i Norge, særlig gjelder dette for formålsdelt energibruk ned på energipostnivå. På europeisk nivå finnes det bra data på sammenhengen mellom målt og beregnet oppvarmingsbehov for boliger. Tallene viser at det er stor brukermessig påvirkning på energibruken, men som snitt for mange boliger er det bra overensstemmelse mellom målt og beregnet energibruk. Det må understrekes at i disse prosjektene (stort sett passivhus) er kvalitetssikringen i hele prosjektgjennomføringen høy, og kvaliteten på energiberegningene er høy (de som gjennomfører beregningene har høy kompetanse). I de europeiske undersøkelsene er det mye fokus på oppvarmingsbehovet, og mindre på formålsdelt energibehov (andre energiposter enn oppvarming) og levert energi. Unntaket er de svenske undersøkelsene som også oppgir formålsdelt energibruk (men skiller ikke på teknisk utstyr og belysning). Når det gjelder yrkesbygg har vi ikke funnet internasjonale undersøkelser der man systematisk har sammenlignet målt og beregnet energibruk.

Tabell 2: Sammenstilling av undersøkelser der målt og beregnet energibruk har blitt sammenlignet

Studie	Antall	Målt			Beregnet/simulert			Vurdering
		Oppvarming	Formålsdelt	Levert energi	Oppvarming	Formålsdelt	Levert energi	
Modellbyggprosjektet	26 yrkesbygg	X	X	X	X	X	X	Brukbar overensstemmelse på levert energi, men på energipostnivå er det store forskjeller.
LECO	5 kontorbygg			X	X	X	X	God overensstemmelse på levert energi når justert for driftstid og klima.
Jekthølet – Harstad	2 eneboliger			X	X	X	X	Bra overensstemmelse på en av boligene(levert), den andre bruker mer teknisk utstyr enn forutsatt.
Eneboliger Grimstad	4 eneboliger	X	X	X	X	X	X	Brukbar overensstemmelse på oppvarmingsbehov.
Miljøbygget i Trondheim	1 kontorbygg	X	X	X	X	X	X	Bruker mer energi til oppvarming- og kjøling enn beregnet.
Lindås Park	20 rekkehus	X	X	X	X	X	X	Bra overensstemmelse med oppvarming, men bruker mer husholdingsel enn beregnet.
Värnamo	40 leiligheter	X	X	X	X			Bra overensstemmelse på oppvarmingsbehov.
Frillesås	12 leiligheter	X	X	X	X			Bra overensstemmelse på oppvarmingsbehov. Bruker mye husholdingsel.
Lidköping	1 enebolig	X	X	X	X			Bra overensstemmelse på oppvarmingsbehov.
Allingsås	16 leiligheter	X	X	X	X			Bra overensstemmelse på oppvarmingsbehov.
CEPHEUS	221 boliger	X	X	X	X	X	X	Bra overensstemmelse på oppvarmingsbehov på de fleste prosjektene, men i noen ligger målt betydelig over beregnet.
Dansk studie rehabilitert boliger	4 eneboliger			X			X	To av boligene ligger betydelig over beregnet, mens to ligger betydelig under.

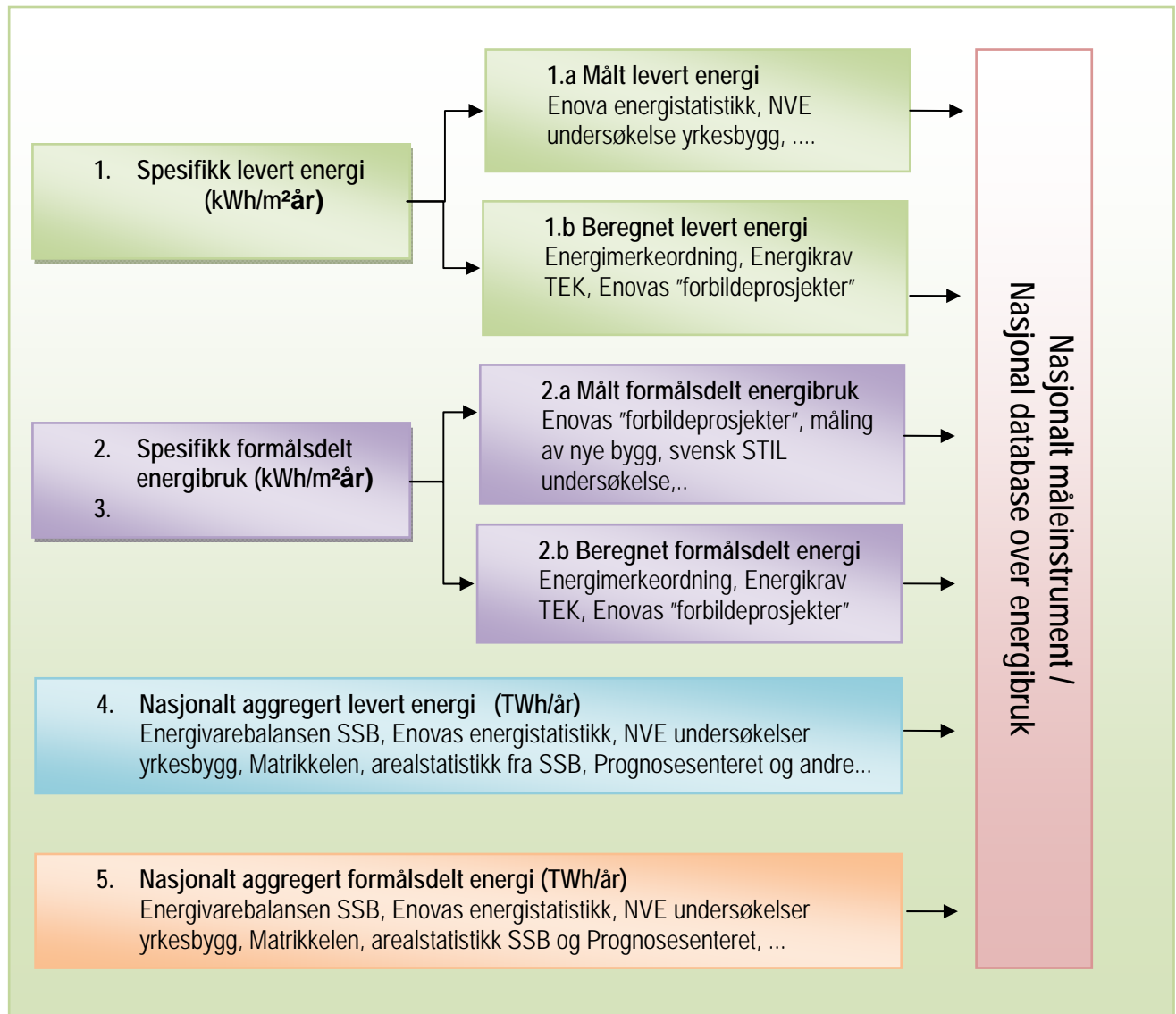
MÅLING AV ENERGIBRUK

I kapittel 3 er det vist hvordan levert energi og netto energibudsjett etter NS3031 kan måles. Det er også diskutert hvordan målinger kan gjøres på et mer detaljert nivå enn oppsettet i NS3031, noe som av og til er nødvendig eller ønskelig. Metoder for hvordan virkningsgrader til energiforsyning kan måles eller estimeres er også angitt.

Det er videre gitt konkrete eksempler på hvordan boliger og yrkesbygg kan instrumenteres og måles, men dette er ting som må spesialtilpasses til hvert enkelt byggprosjekt ut fra kompleksitet og størrelse. Eksempler på måleteknisk utstyr for både elektrisitet og vannbårne systemer er gitt. Erfaringskostnader for instrumentering og etterprøving ned på formålsdelt energibruk viser store sprik, og det er vanskelig ut fra dagens erfaring å si noe sikkert om kostnadsnivå for å måle formålsdelt energibruk.

NASJONAL DATABASE

Figur 1 illustrerer hvordan en nasjonal database eller nasjonalt måleinstrument kan bygges opp. Oppbyggingen av en slik energistatistikk er avhengig av god arealstatistikk. Utvikling av bygningsarealstatistikk og energistatistikk må derfor ses i sammenheng og koordineres. Det framkommer også av figuren at det er flere aktører som jobber med energistatistikk i dag, som i en slik sammenheng i enda større grad må samordne sine metoder, data og datainnsamling. Hvorvidt det bør være et felles sekretariat, eller en aktør/organisasjon som tar ansvar for en slik nasjonal database tas det ikke stilling til i denne rapporten.



Figur 1 Skisse til en nasjonal database og måleverktøy for energibruk i bygninger.

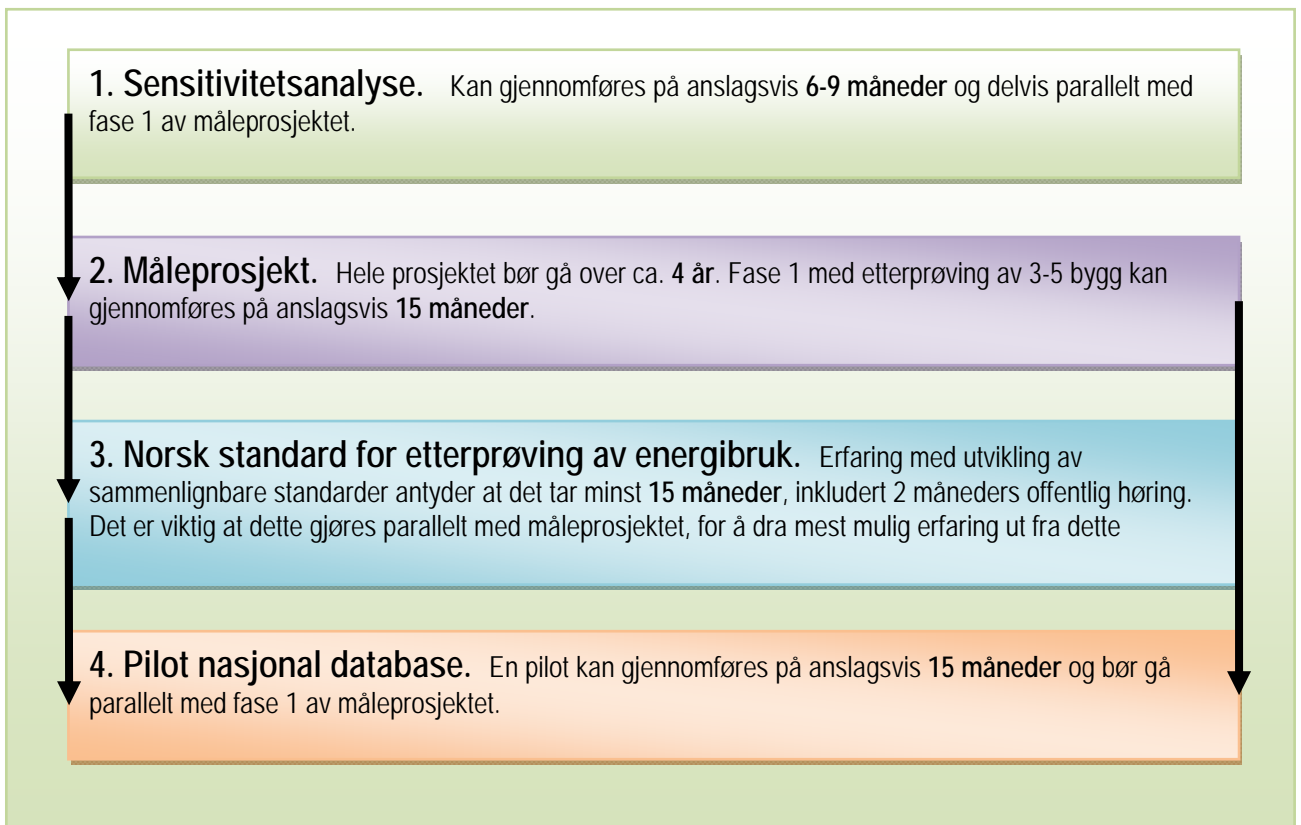
VIDEREFØRING I HOVEDPROSJEKT

Ut fra arbeidet med dette forprosjektet har vi kommet fram til at hovedprosjekt eller flere hovedprosjekter bør omfatte:

1. En teoretisk sensitivitetsanalyse.
2. Måleprosjekt for formålsdelt energibruk.
3. Utarbeidelse av norsk standard for etterprøving av energibruk.
4. Et pilotprosjekt på oppbygging av en nasjonal database.

Figur 2 viser de fire foreslåtte hovedprosjektene og skisserer hvordan de henger i sammen. En teoretisk sensitivitetsanalyse av de viktigste parametrene som påvirker energibruken kan gjennomføres på 6-9 måneder, og er estimert til å koste ca. 350 000 kr. Et omfattende måleprosjekt for formålsdelt energibruk på 75-100 nye bygg, kan gjennomføres på ca. 4 år og koste 75-100 millioner kroner. Utvikling av en ny norsk standard for etterprøving av energibruk i bygninger vil anslagsvis koste 1-1,5 millioner kroner og kan utvikles på ca. 15 måneder. Gjennomføring av et pilotprosjekt for oppbygging av en nasjonal database over energibruk i bygninger er antatt å kunne gjennomføres på ca. 15 måneder og koste fra 0,5 til 1,5 millioner kroner, avhengig av ambisjonsnivå.

Måleprosjektet er altså det klart mest kostnadskrevende av de fire foreslåtte hovedprosjektene.



Figur 2. Forslag til fire hovedprosjekter og hvordan de henger sammen (vertikale piler).

INNHOLD

FORORD.....	3
SAMMENDRAG.....	5
FORSKRIFTER, STATISTIKK OG EKSISTERENDE VIRKEMIDLER.....	6
STUDIER AV BEREGNET OG MÅLT ENERGIBRUK.....	7
NASJONAL DATABASE.....	9
VIDEREFØRING I HOVEDPROSJEKT.....	10
1.0 BYGGEFORSKRIFTER, EKSISTERENDE STATISTIKK OG VIRKEMIDDELAPPARAT.....	13
1.1 TEKNISK FORSKRIFT I NORGE.....	13
1.2 FORSKRIFTSKRAV I SVERIGE OG DANMARK.....	14
1.3 ENERGIMERKESYSTEMET.....	15
1.4 STATISTISK SENTRALBYRÅS ENERGIVAREBALANSE.....	17
1.5 ENOVAS ENERGISTATISTIKK.....	18
1.6 ENOVAS FORBILDEPROSJEKTER/PASSIVHUSPROGRAM.....	19
1.7 ANNEN STATISTIKK.....	20
1.8 OPPSUMMERING.....	21
2.0 SAMMENLIGNING AV BEREGNET OG MÅLT ENERGIBRUK.....	22
2.1 UNDERSØKELSER AV MÅLT OG BEREGNET ENERGIBRUK - NORGE.....	22
2.2 UNDERSØKELSER AV MÅLT OG BEREGNET ENERGIBRUK – EUROPA.....	27
2.3 ANDRE STUDIER AV ENERGIBRUK I BYGNINGER.....	31
2.4 INTERVJUER OM BRUK AV ENERGIBEREGNINGSVERKTØY.....	35
2.5 OPPSUMMERING.....	37
3.0 MÅLING AV ENERGIBRUK.....	39
3.1 BEREGNING AV ENERGIYTELSE.....	39
3.2 MÅLING AV ENERGIBRUK.....	42
3.3 MULIGE NIVÅER OG MÅLEOMFANG.....	44
3.4 MÅLETEKNISK UTSTYR OG UTFORMING.....	47
3.5 OPPSUMMERING.....	51
4.0 ANBEFALINGER FOR NASJONAL DATABASE.....	52
4.2 SPESIFIKK ENERGIBRUK - FORMÅLSDELT.....	54
4.3 AGGREGERT NASJONAL ENERGIBRUK - LEVERT ENERGI.....	56
4.4 AGGREGERT NASJONAL ENERGIBRUK - FORMÅLSDELT ENERGI.....	57
4.5 OPPSUMMERING.....	59

5.	FORSLAG TIL VIDEREFØRING I HOVEDPROSJEKT	60
5.1	TEORETISK SENSITIVITETSANALYSE	60
5.2	MÅLEPROSJEKT FOR FORMÅLSDELT ENERGIBRUK	60
5.3	UTARBEIDELSE AV NORSK STANDARD FOR ETTERPRØVING AV ENERGIBRUK	61
5.4	PILOTPROSJEKT PÅ OPPBYGGING AV NASJONAL DATABASE	62
5.5	OPPSUMMERING	63
	REFERANSER.....	64
	APPENDIX – OVERSIKT.....	69
	APPENDIX A: LOVER, FORSKRIFTER OG EKSISTERENDE STATISTIKK OG VIRKEMIDLER.....	71
	APPENDIX B: SAMMENLIGNING AV MÅLT OG BEREGNET ENERGIBRUK	75
	APPENDIX C: MÅLING AV ENERGIBRUK	95
	APPENDIX D: ANBEFALINGER FOR NASJONAL DATABASE.....	101
	APPENDIX E: STATISTISK SIGNIFIKANT UTVALG	104
	APPENDIX F: BYGNINGSINFORMASJONSMODELLERING(BIM) OG ENERGIBEREGNINGER	107

1.0 BYGGEFORSKRIFTER, EKSISTERENDE STATISTIKK OG VIRKEMIDDELAPPARAT

Dette kapitlet gir en oversikt over forskrifter, eksisterende virkemidler, samt eksisterende statistikk på området energibruk i bygninger.

1.1 TEKNISK FORSKRIFT I NORGE

Dagens energikrav i byggeforskriftene i Norge¹ kan tilfredsstilles på to alternative måter:

- Energiltaksmodellen
- Energirammemodellen

Ved å tilfredsstille spesifiserte energiltak gitt i forskriften kan man forutsette at forskriftens energikrav er oppfylt. Man kan omfordele innenfor bygningsmessige tiltak, forutsatt at byggets varmetapstall² ikke øker. Med bruk av energiltaksmodellen er man derfor ikke påkrevet å gjøre en energiberegning av bygget.

I energirammemodellen oppgis det en energiramme for hver bygningskategori (13 stk.). Basert på en beregning av netto energibehov³ beregnet i henhold til NS 3031 (**NS3031, 2007**) og med normert klima (Oslo), må dette være under energirammen til byggkategorien. Det er generelt større fleksibilitet og muligheter for omfordeling med energirammemodellen, men avgrenset av en del normerte inndata fra tillegg A i NS3031.

Fordelen med energirammemodellen er at man krever en energiberegning av bygget. Men siden beregningen er basert på normert klima, og bare regnes fram til netto energibehov, er TEK per i dag lite egnet for å brukes som grunnlag for energistatistikk og sammenligning med målt energibruk. Per i dag er det heller ikke krav til å sende inn energiberegninger eller andre energivurderinger (tiltaksmodellen) til myndighetene, man skal bare kunne legge de fram ved eventuell kontroll av dokumentasjonen for bygget.

I appendix A.1 er det gitt en sammenligning av forskriftskravene i Norge, Sverige og Danmark for henholdsvis småhus og kontorbygg.

¹ <http://byggeregler.be.no/dxp/content/tekniskekrav/kap-14/>

² Litt forenklet er dette bygget spesifikke varmetap (W/K) delt på oppvarmet gulvareal (BRA).

³ Netto energibehov tar ikke hensyn til bygget s energiforsyning og virkningsgrader.

1.2 FORSKRIFTSKRAV I SVERIGE OG DANMARK

Kravene til energibruk fastslås på nasjonalt nivå, noe som hindrer enkel sammenligning mellom landene. Her gis en kort orientering om kravene til energiytelse i Sverige og Danmark.

DANMARK

I Danmark stiller forskriften krav til levert energi per oppvarmet bruttoareal, noe som gjelder oppvarming, ventilasjon, kjøling, varmtvann og belysning (ikke i boliger). For å redusere bruk av elektrisitet er et påslag på en faktor 2,5 gjort. BR10 trådte i kraft 1. desember 2010 og har skjerpet energikravet med 25 % og introdusert en ny lavenergiklasse, lavenergiklasse 2015. En trinnvis innstramning av forskriftskravet kommer til å skje hvert 5.e år frem til 2020. Ved energiberegning inkluderes alltid kjølebehovet selv om et kjølesystem ikke er installert; maksimal innetemperatur er 25 °C, med respektive 26 °C uten kjøling.⁴ Et energimerke-system ble etablert allerede på nittitallet i Danmark og energimerkeordningen trådte i kraft allerede 1. januar 2006. En metodikk for energimerking er utviklet for alle bygningstyper og brukes for både energiattester og for byggetillatelse. Energiattesten er gyldig i 5 år og gjelder for en bygning som helhet (Schild, 2010).

SVERIGE

Den nye forskriften som ble innført i 2006 i Sverige stiller krav i levert energi per oppvarmet bruksareal for det aktuelle stedet. Energipostene samsvarer med de danske, unntatt strøm til belysning og teknisk utstyr relatert til brukeren (husholdsel/virksomhetsel). Energikravet er inndelt i tre klimasoner fra nord til sør, der bygninger som er oppvarmet med direktevirkende elektrisitet har et eget strengere krav, se vedlegg A.1 (**Boverket, Okt. 2009**). Krav til energimåling, slik at kravet til totalt energibehov kan oppfølges og verifiseres, ble innført i BBR 2009 og kan kombineres med energimerkingen som trådte i kraft i 2006. Målingen skal foretas i løpet av en 12 måneders periode med sluttdato innen 24 måneder etter at bygget er tatt i bruk (**Boverket, Feb. 2009**). Ved energiberegning anbefaler Boverket å bruke "hensiktsmessige" sikkerhetsmarginer for å sikre at det virkelige energibehovet ikke blir større enn det beregnede, noe som gir mulighet for den enkelte energieksperter å gjøre vurderinger. Nettselskapene er blitt pålagt å innhente månedlige målerdata fra og med 1. januar 2009, noe som innebærer at de må installere AMR, Automatic metering reading kan avlese data ned til timeintervall og sendes trådløst til mottaker.

Bygg- og eiendomsbransjen i Sverige har initiert prosjektet "Standardisera och verifisera energiprestanda för byggnader", SVEBY. Målet med programmet er å tolke byggereglens definisjon av energibruk i bygg med hensyn til normal bruk ved å finne, sammenstille og forankre normale brukerrelaterte inndata for energiberegninger i form av en veiledning. Arbeidet er utført for boliger (**Levin, 2009**) og kontorbygg (**Levin, 2010**). Dermed finnes standardiserte verdier som skal anvendes til energiberegninger i kontorbygg og som i størst mulig grad samsvarer med virkelige forhold. I Sverige er det også krav til at virkelig energibruk skal forevises etter 24 måneders bruk av bygget.

Boverkets krav til oppfølging av energibehovet krever kun en verifisering av det totale energibehovet. Kommunene er ansvarlige for å tilse at loven etterfølges. Fram til i dag finnes det ingen registrerte tilfeller hvor man har utelatt å rapportere energibruk og som har resultert i en økonomisk konsekvens. Som følge av det nye kravet har bransjeorganisasjonen SVEBY utarbeidet en forskrift for energimåling og en veiledning til denne som kan vedlegges ved

⁴ <http://www.ebst.dk/bygningsreglementet.dk>

kontraktssinnngåelse. Forskriften angir at det skal finnes hovedmålere for hver energibærer og undermålere for hvert bygg der flere bygg har felles energileveranse. For fjernvarme/-kjøling, nærvarme/-kjøling og gass bør den ordinære avregningsmåten benyttes. Når oppvarming skjer ved hjelp av elektrisitet skal dette skilles ut fra driftstrøm og strøm til bruk i virksomheten med separat måler. Forskriften angir måleregler for areal, ventilasjonsluftmengde og prosessenergi i lokalet. Den tar også for seg måleusikkerhet og hvordan målinger og registreringer skal utføres. På grunn av den økonomiske merkostnaden måleutstyr utgjør, spesifiserer SVEBY i rapporten muligheter til å anvende referanseverdier. (Wahlström, 2009).

I dette arbeidet (Wickman, 2009) har man etablert retningslinjer for oppfølging av energikrav, herunder energiberegninger, under byggeprosessen for byggherre og prosjektleder. Disse retningslinjene skal bidra til at målt energiytelse er i henhold til prosjekterte verdier. I retningslinjene anbefales det at energiberegninger utføres i flere faser av et byggeprosjekt, tidligfase, detaljeringsfase og etter oppført bygg, som revidert energiberegning. Sistnevnte beregning tar hensyn til målte verdier fra egenkontroll og tester. Etter overtakelse av bygget innledes garantiperioden. I denne perioden verifiseres byggets energiytelse gjennom prøving, måling over 24 måneder og revidert energiberegning.

I forbindelse med energimerking av bygg har man i Sverige utarbeidet referanseverdier (Boverket, 2006) for energibruk til oppvarming og strømforbruk i bygninger. For eneboliger er referanseverdiene funnet ved hjelp av energistatistikk fra SCB, med informasjon om byggeår, oppvarmingssystem, størrelse og temperatursone. Referanseverdiene er basert på over 22 000 boliger. Det er utarbeidet referanseverdier for to temperatursoner, nord og sør, to størrelser, små (<100 m²) og store (>100 m²) og fem byggeperioder, fram til 1920, 1921-40, 1941-60, 1961-70 og etter 1971. For å tilpasse referanseverdiene til forskjeller i f.eks. oppvarmingssystem er det utarbeidet korreksjonsfaktorer. Disse er funnet ved hjelp av simuleringer i programmet VIP+. Referanseverdiene for næringslokaler er utarbeidet på bakgrunn av statistikk fra SCB og informasjon fra byggeiere. Man mangler tilstrekkelig statistikk til å fremskaffe referanseverdier for mange av bygningstypene/brukskategoriene.

1.3 ENERGIMERKESYSTEMET

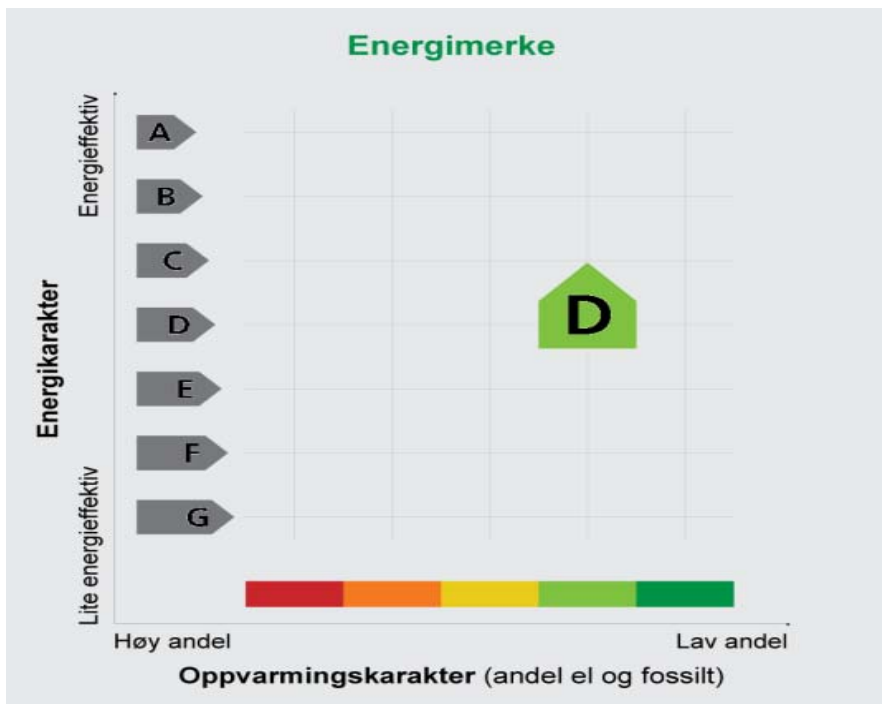
Etter en lang utredningsperiode og flere høringsrunder ble energimerkeordningen⁵ (også kalt energimerkesystemet, EMS) innført som obligatorisk fra 1. juli 2010. Det er NVE som har ansvaret for ordningen, og ordningen er innført på bakgrunn av EUs bygningsenergidirektiv som kom i 2002. Revidert bygningsenergidirektiv ble politisk vedtatt i EU i mai 2010, og er for tiden til politisk behandling i Norge. Det er per mars 2011 foreløpig usikkert hvilke konsekvenser det reviderte direktivet vil ha for EMS.

Energimerkeskalaen i EMS er basert på beregnet levert energi med normert klima og mange normerte inndata, og skal beregnes i henhold til NS 3031. I tillegg er det en oppvarmingskarakter som angir hvor høy/lav andel elektrisitet og fossile brensler som brukes til oppvarming. Energikarakteren går fra G (høy energibruk) til A (lav energibruk), og oppvarmingskarakteren går fra lyse grønn (lav andel el og fossile brensler) til rød (høy andel), se figur 1.1.

I tillegg til beregnet levert energi skal også målt energi oppgis hvis tilgjengelig, og det skal også lages/genereres en tiltaksliste over lønnsomme tiltak som kan redusere energibruken.

⁵ <http://www.energimerking.no>

For å beregne levert energi kan et forenklet månedsstasjonært WEB-verktøy driftet av NVE brukes, men det er også åpning for å bruke eksternt validert beregningsverktøy hvis du er "ekspert". For å energimerke yrkesbygg og nye boliger må du være ekspert som det settes spesielle kompetansekrav til. For eksisterende boliger kan boligeieren merke boligen selv. Utover kompetansekrav til eksperter, er det per i dag ingen sertifisering eller systematisk opplæring av de som energimerker, slik som andre land har innført. Med det betydelig antall bygg som skal energimerkes årlig, og ingen systematisk opplæring eller sertifisering av de som skal energimerke byggene, er det nærliggende å stille spørsmål ved kvaliteten på energiberegningene som blir gjennomført ved energimerking.



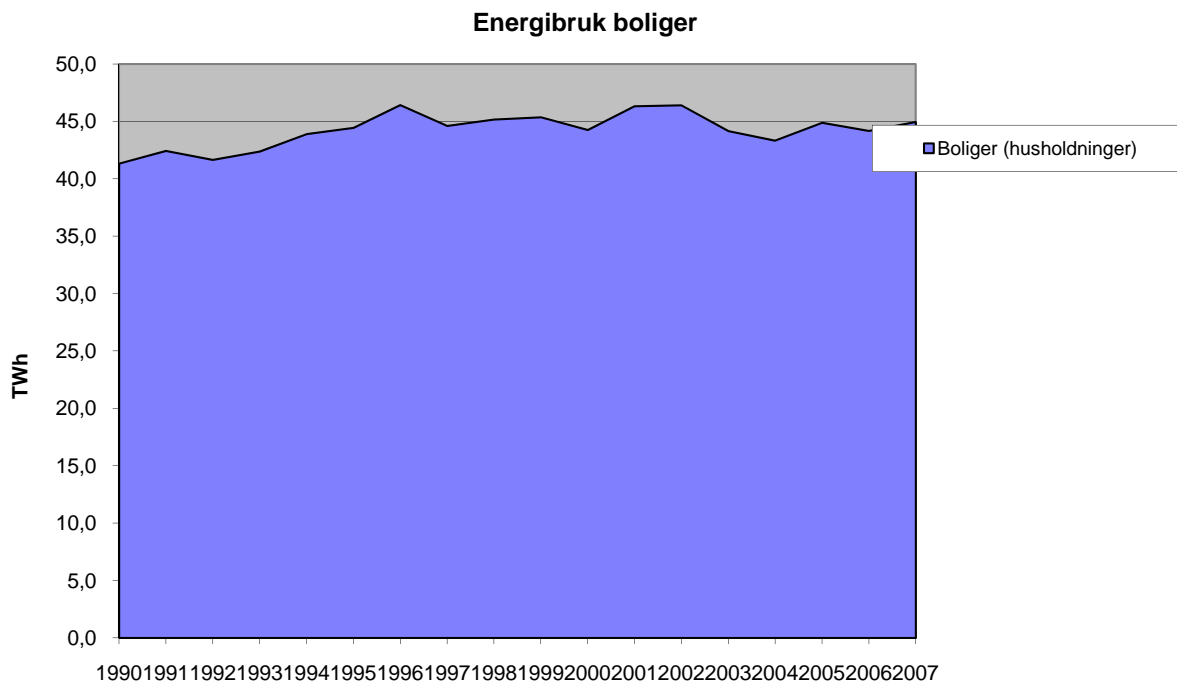
Figur 1.1 Eksempel på energimerke for et bygg, med energikarakter basert på beregnet levert energi og oppvarmingskarakter basert på andel elektrisitet og fossile brensler.

EMS baserer seg på beregnet levert energi som normalt kan sammenlignes med målt energibruk. Men beregnet levert energi i EMS er basert på normaliserte data for varmtvann, lys, utstyr og normalisert klima og kan dermed ikke sammenlignes direkte med målt energibruk. Det ser heller ikke ut til at opplysninger om målt energibruk skal brukes til noen sammenligning med beregnet energibruk. Blant annet regnes det ikke om fra mengde energivarer (f.eks. kubikkmeter gass, liter olje/parafin) til energibruk (via brennverdier), noe som gjør det vanskelig å sammenligne med beregnet energibruk.

På bakgrunn av dette er EMS per i dag lite egnet som energistatistikk for å sammenligne beregnet og målt energibruk. På den andre side er det relativt små endringer som skal til for å gjøre EMS egnet til bruk i energistatistikk-sammenheng, dette er nærmere diskutert i kapittel 4.

1.4 STATISTISK SENTRALBYRÅS ENERGIVAREBALANSE

SSBs energivarebalanse⁶ gir informasjon om nasjonal energibruk til boliger (husholdninger) og til yrkesbygg (tjenesteytende sektor). Tallene i statistikken kommer primært fra leverandører og produsenter av energivarer, som strøm (nettselskaper) fjernvarme, olje og bioenergi. Statistikken oppdateres årlig slik at man kan se utvikling over tid, se figur 1.2. For eksempel viser statistikken at energibruken i boliger har vært rimelig konstant siden ca. 1995, på tross av betydelig økning av boligarealet i samme perioden.



Figur 1.2 Energibruk til boliger fra 1990 til 2007, fra SSBs energivarebalansen. Figur fra Lavenergiutvalgets rapport (OED, 2009):

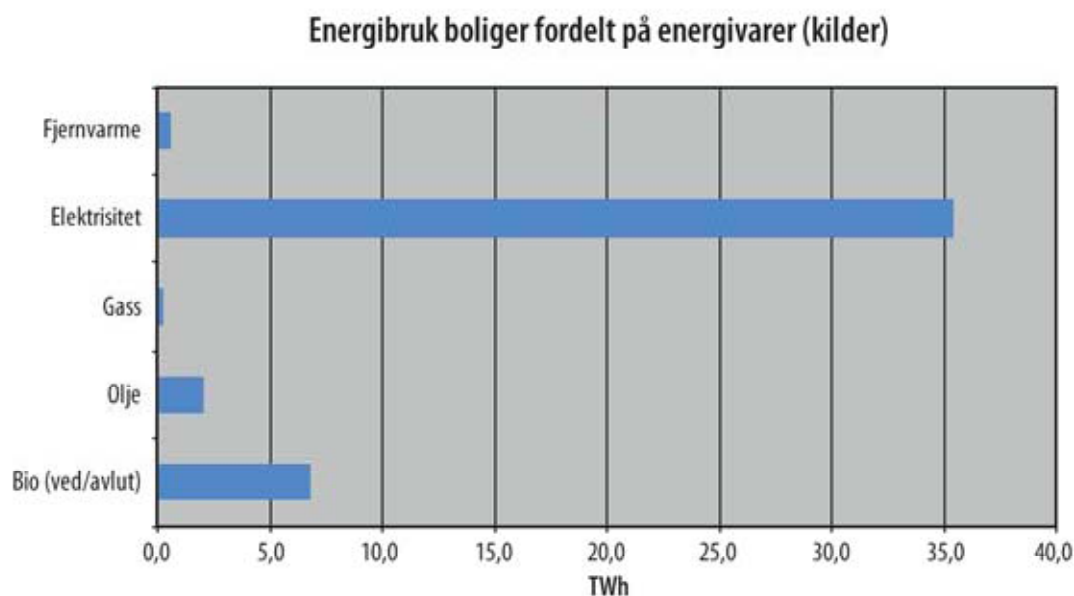
I tillegg til total energibruk til boliger og yrkesbygg, gir energivarebalansen også informasjon om hvordan energibruken fordeler seg på ulike energikilder (energivarer), som vist i figur 1.3. Denne fordelingen på energivarer viser at elektrisitet er den dominerende energivaren for boliger (og yrkesbygg).

Sammen med arealstatistikk kan man også regne ut gjennomsnittlig spesifikk energibruk (kWh/m²år) for henholdsvis boliger og yrkesbygg. I lavenergiutvalgets rapport (OED, 2009) er dette gjort, og gjennomsnittlig energibruk til boliger og yrkesbygg er estimert til hhv. 201 og 283 kWh/m²år. Det må understrekes at det er betydelig usikkerhet i arealstatistikken, og det er også usikkerhet i energistatistikken spesielt for yrkesbygg som også inkluderer industribygg.

Det er per i dag betydelig usikkerhet i energibruken som går til drift av industribygg i energivarebalansen, siden det er vanskelig å skille det ut fra industrielle prosesser. For yrkesbyggsektoren utgjør industribygg en betydelig andel av energibruken. En annen svakhet ved statistikken (energivarebalansen) er også at den ikke skiller på ulike kategorier yrkesbygg. Det er per i dag derfor ikke mulig å si hvor mye for eksempel skole/undervisningsbygg eller helsebygg bruker nasjonalt. Videre er det heller ikke mulig å si hvor mye som går til ulike

⁶ <http://www.ssb.no/energiregn/tab-2010-11-25-01.html>

formål, for eksempel hvor mye som går til oppvarming, varmt tappevann, belysning, kjøling osv.



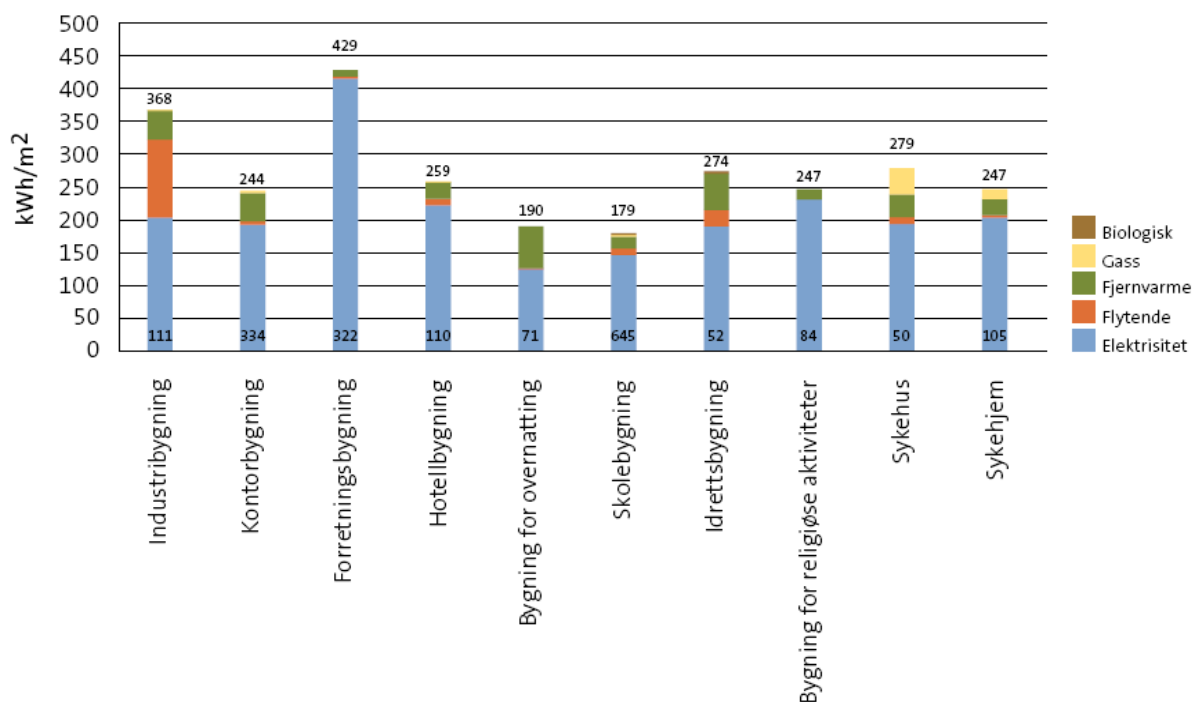
Figur 1.3 Energibruk for boligsektoren i 2007, fordelt på ulike energivarer (kilder). Figur fra Lavenergiutvalgets rapport (**OED, 2009**):

1.5 ENOVAS ENERGISTATISTIKK

NVEs byggoperatør satte på midten av 90-tallet i gang arbeidet med energistatistikk for bygninger, et arbeid som ble videreført av Enovas på starten av 2000-tallet (ved opprettelsen av Enova). Energistatistikken til Enova (**Enova, 2009**) omfatter ca. 10 % av yrkesbyggene i Norge, men kun en liten andel av boligmassen er med i statistikken (godt under 1 %).

Statistikken viser levert energi (også omtalt som tilført eller kjøpt energi) på ulike byggkategorier, fordelt på ulike energivarer. Det oppgis både reelt målt energibruk, men også graddagsjusterte- og stedskorrigerte verdier for energibruk. Med stedskorrigert menes det korrigert til normert Oslo-klima.

I tillegg til energibruk er det i statistikken også opplysninger om areal (størrelse på bygg), type oppvarming, kjøling og ventilasjon, alder på bygget og brukstiden. Det er gjort analyser på hvordan disse parametrene påvirker energibruken.



Figur 1.4 Klima- og stedskorrigert spesifikk energibruk for 2008 for ulike byggkategorier, også fordelt på ulike energikilder. Figur fra Enova energistatistikk for 2009 (Enova, 2009).

En mangel ved Enovas energistatistikk er at den ikke inneholder informasjon om formålsdeling på energiposter (netto energibudsjett, NS 3031). Det er per i dag heller ingen kobling mot beregnet/simulert energibruk som ofte gjøres på nye bygg i forbindelse med evaluering mot byggeforskrifter, energimerking eller der Enova gir tilskudd (forbildeprosjekter, passivhus- og lavenergi prosjekter).

Et problem med statistikken per i dag er også at den bruker bruttoareal (BTA) til normering av energibruken i motsetning til NS 3031, Energimerkeordningen og forskriftene (TEK) som alle bruker bruksareal (BRA). I enkelte tilfeller kan det skille over 20 % mellom BTA og BRA, noe som gjør det problematisk å sammenligne målt energibruk fra Enovas energistatistikk med beregnet energibruk etter NS 3031. Det hadde også vært ønskelig å få flere boligbygg inn i Enovas energistatistikk.

1.6 ENOVAS FORBILDEPROSJEKTER/PASSIVHUSPROGRAM

Enova har i noen år gitt tilskudd til såkalte forbildeprosjekter⁷. Dette er vanligvis byggeprosjekter med lavenergi- eller passivhusstandard, der relativt detaljerte beregninger/simuleringer har blitt utført på byggene. Det har i disse prosjektene også vært ønske om etterprøving av energibruken gjennom målinger, men det har ikke vært noen systematisk ordning for dette og heller ikke støtte til nødvendig instrumentering.

I 2010 innførte Enova nye programmer for bygg der man ligger til grunn en strategi for utbredelse av passivhus⁸, men det gis også støtte til lavenergi prosjekter i tillegg til passivhus. Her skal byggene energiberegnes og tilfredsstillende krav stilt i NS 3700 for boliger (NS3700) og SINTEF Byggforsk prosjektrapport 42 for yrkesbygg (Dokka, 2009). Dette krever detaljerte

⁷ <http://naring.enova.no/sitepageview.aspx?sitePageID=1151>

⁸ <http://hjemme.enova.no/sitepageview.aspx?articleID=4013>

beregninger/simuleringer for lokalt klima, som egner seg bra for sammenligning med målt energibruk, både levert energi fordelt på energivarer og formåldelt energibruk etter netto energibudsjett i NS 3031. Det er per i dag ikke satt konkrete krav til en slik etterprøving mot målt energibruk, men dette er under vurdering hos Enova⁹.

Med krav om, og helst støtte til, etterprøving av energibruk på mange eller alle passivhus- og lavenergiprosjekter støttet av Enova, vil dette kunne bidra betydelig til å bygge opp energistatistikk for sammenligning av målt og beregnet/simulert energibruk. Se også kapittel 4.

1.7 ANNEN STATISTIKK

I tillegg til den årlige energivarebalansen gjør også SSB med noen års mellomrom undersøkelser av energibruken i boliger og yrkesbygg. For boliger (husholdninger) gjøres slike undersøkelser hvert 2-3 år, og med et utvalg på i overkant av 1000 husholdninger¹⁰. I appendix A.2 er utvikling av energibruk til boliger fra 1993 til 2006 vist. Gjennomsnittlig spesifikk energibruk har gått fra i overkant av 200 kWh/m²år på nittitallet til i underkant av 190 kWh/m²år i perioden 2004-2006.

For yrkesbygg (tjenesteytende sektor) ble det i 2008 gjort en stor undersøkelse av ca. 5000 yrkesbygg¹¹. Dette er et samarbeid mellom NVE, SSB, Enova og og StatRes- prosjektet i SSB. I dette utvalget ligger også tall fra Enovas byggstatistikk og Statsbyggs rapportering av energibruk i deres bygg. Spesifikk energibruk for ulike byggkategorier er gitt, se appendix A.2. Gjennomsnittlig spesifikk energibruk for alle undersøkte bygg var på 227 kWh/m²år, der kategorien Radio og TV-hus hadde størst forbruk (385 kWh/m²år) og skoler og barnehager hadde lavest (160 kWh/m²år). I denne undersøkelsen inngår også undersøkelsen av energibruken i statlige bygg¹². NVE i samarbeid med SSB planlegger en ny undersøkelse av energibruk i yrkesbygg i 2012 (**Spilde, 2011**).

Når man skal lage energistatistikk er man vanligvis også avhengig av god arealstatistikk, se kapittel 4. Enova (**Enova, 2009**) angir en fordeling av bygningsareal på en del byggkategorier, basert på arealstatistikk fra SSB og Prognosesenteret. Matrikkelen¹³ som ble innført i 2007 er det offisielle registeret over fast eiendom og overtar for blant annet for det tidligere GAB-registeret. Data fra matrikkelen vil fremover også kunne brukes til å opparbeide bedre arealstatistikk for bruk inn i energistatistikken. I forbindelse med Storingmeldingen om bygningspolitikk har Multiconsult på oppdrag for Kommunal- og regionaldepartementet(KRD) laget et oppsummerningsnotat over bygningsmasse i Norge (**Bjørberg, 2011**). Dette notat estimerer et totalt bygningsareal på 385 millioner m² (BTA, bruttoareal), fordelt på 256 millioner m² boliger og 129 millioner m² yrkesbygg (inkludert industribygg). Dette indikerer at gjennomsnittstørrelsen for boliger er 120 m², og at det er boligareal tilsvarende 52 m² per innbygger i Norge.

Det finnes også en del annen statistikk som kan være nyttig i energisammenheng, en oversikt over dette er gitt i en CIVITAS- rapport som har blitt utarbeidet på oppdrag fra KR D (**Martinsen, 2010**).

⁹<http://norskvvs.no/apps/pbcs.dll/article?AID=/20110308/NYHETER/110309987/1014&ExpNodes=1003&NL=1>

¹⁰ www.ssb.no/husenergi/om.html

¹¹ <http://www.ssb.no/emner/01/03/10/entjeneste/>

¹² http://www.ssb.no/emner/01/03/10/entjen_statres/

¹³ <http://www.statkart.no/nor/Matrikkel/>

1.8 OPPSUMMERING

Tabell 1.1 viser aktuell statistikk og andre virkemidler, og en vurdering av målepunkt, omfang og datakvalitet for disse. Som det fremgår er det per i dag ingen statistikkoppbygging på formålsdelt energibruk, hverken på beregnet eller målt energibruk. Skal man systematisk etterprøve om beregning av energibruk og effekten av ulike energiltak stemmer med virkeligheten, er det nødvendig å opparbeide statistikk på både beregnet og målt formålsdelt energibruk. Hvordan dette kan opparbeides er beskrevet i kapittel 4 og 5.

Tabell 1.1 Beskrivelse av målepunkt og vurdering av omfang og datakvalitet for de ulike statistikkene og virkemidlene.

Statistikk/ virkemidell	Målepunkt	Omfang	Vurdering datakvalitet
Teknisk forskrift (TEK)	Beregnet netto energibehov ¹ (kWh/m ² år)	Alle nye bygg, og byggeprosjekter som defineres som hovedombygging skal utarbeide dokumentasjon. Det er ingen offentlig database over denne dokumentasjonen, skal framvises på forespørsel.	Lite kunnskap om hvor god denne dokumentasjonen er, ingen gode undersøkelser på det.
Energimerke-systemet (EMS)	Beregnet levert energi ² (kWh/m ² år)	Alle bygg som bygges, selges eller leies ut (over 50 m ²). For yrkesbygg over 1000 kvm BRA skal energimerke alltid foreligge.	Fra akseptabel (nye yrkesbygg og boliger), til meget lav (selvangivelse av egen bolig). Men foreløpig ingen
Energivare-balanse, SSB	Aggregert nasjonalt energibruk ³ (TWh/år)	All energibruk til drift av boliger og yrkesbygninger inngår i statistikken. Yrkesbygg inneholder også industribygg.	For boliger vurderes statistikken som god. For yrkesbygg og industribygg er man mer usikker på datakvaliteten.
Enovas bygg-statistikk	Målt levert energi ⁴ (kWh/m ² år)	Omfatter ca. 10 % av alle yrkesbygg, men kun en meget liten del av boligene (under 0,1 %).	Det jobbes å øke kvaliteten på energitallene, men det er betydelig usikkerhet rundt bestemmelse av arealtall. Byggene er ikke representative for hele bygningsmassen.
Enovas forbilde-prosjekter/ Passivhus-program	Beregnet energibruk etter NS3031/ NS3700 ⁵ (kWh/m ² år)	Per i dag er antall bygg veldig lavt (noen titalls bygg), men dette forventes å øke kraftig de nærmeste årene.	Datakvaliteten på beregnet energibruk vurderes som god i disse prosjektene. Men foreløpig lite data på målt levert energibruk.

6. Etter energirammemetoden, men også mulig å tilfredsstille krav etter energiltaksmetoden uten energiberegninger.
7. Beregnet levert energi etter NS3031, men for normert Oslo klima. For eksisterende bygg skal også målt energibruk oppgis, men dette oppgis ikke som energimengde for alle energivarer (bio, olje, gass).
8. Total energibruk for boliger (husholdninger) og yrkesbygg (tjenesteytende sektor) oppgis, og det angis også fordeling på ulike energivarer.
9. Det oppgis steds- og klimakorrigert energibruk for ulike byggkategorier, og også fordeling på ulike energivarer. Spesifikk energibruk er også holdt opp mot data for oppvarmingssystem, alder på bygget, installert kjøling, brukstimer, med mere.
10. Per i dag er hovedkravet på beregnet oppvarmingsbehov etter NS3700 (**NS3700, 2010**) og prosjektrapport 42 (**Dokka, 2009**). Men der er også krav om å dokumentere netto energibehov og levert energi beregnet etter NS3031. Det stilles også krav til å rapportere målt levert energi, men det er lite publiserte data for dette foreløpig.

2.0 SAMMENLIGNING AV BEREGNET OG MÅLT ENERGIBRUK

Dette kapitlet gir en oppsummering av norske og utenlandske studier på sammenhengen mellom beregnet og målt energibruk i bygninger, samt andre interessante undersøkelser og studier av energibruk i bygninger. Det er også gjort en intervjuundersøkelse av noen sentrale rådgivere og deres erfaringer med energiberegningsverktøy.

2.1 UNDERSØKELSER AV MÅLT OG BEREGNET ENERGIBRUK - NORGE

MODELLBYGGPROSJEKTET

I modellbyggprosjektet fra 2001-2002 (**Søgnen, 2002**) ble omfattende formålsdelte målinger foretatt på 26 bygninger fra fem forskjellige bygningskategorier: skole, universitet og høgskole, kontor, sykehjem og dagligvare. Informasjon om byggene er gitt i appendix B.1. Målinger på oppvarming, ventilasjon (varmebatteri), varmtvann, vifter og pumper samt belysning og kjøling ble utført over en 12 måneders periode. Belysning ble ikke målt direkte på alle bygg, men funnet som et produkt av merkeeffekt/målt effekt og driftstid. Diverseposten er ikke målt.

Resultatene ble sammenlignet med beregningsresultater fra det forenklede beregningsverktøyet Enøk Normtall¹⁴.

Konklusjonene fra prosjektet var at den virkelige energifordelingen i byggene langt på vei samsvarte med beregningene utført i Enøk Normtall. De fleste hovedresultatene er innefor et avvik på $\pm 20\%$. For enkelte budsjettposter på enkelte typer bygninger ser det ut til å være avvik. De målte verdiene ble også sammenlignet med Bygningsnettverkets Energistatistikk. Vurderingen var at de målte verdiene på de undersøkte byggene i fire av de fem bygningskategoriene hadde en energibruk som var rimelig representativ for sin bygningstype. På enkeltbudsjettposter var det imidlertid betydelig avvik, som utdypet i tabell 2.1.

¹⁴ www.enova.no/file.axd?fileID=813

Tabell 2.1 Vurderingen av avvik mellom målt og beregnet verdi per budsjettpost.

Budsjettpost	Vurdering
Oppvarming	Til dels svært store avvik i begge retninger kombinert med at oppvarming utgjør en stor andel av bygningers energibehov gjør at et beregnet tall for denne budsjettposten ikke ser ut til å være spesielt pålitelig. En vesentlig del av den registrerte usikkerheten kommer sannsynligvis av at det i flere bygninger er valgt målemetodikk for vannbåren varme som ikke har god nok nøyaktighet. Feilen kan berøre alle de tre første budsjettpostene.
Ventilasjon	Resultatene peker i to hovedretninger: For sykehjem ser det ut til at beregningene gir usikre verdier. Måleresultatene gir store utslag i begge retninger. For kontor, universitet/høgskole og for skolebygninger ser det ut til at beregnede verdier for ventilasjon gir langt høyere verdier enn hva som faktisk finnes på byggene. Det kan finnes uregelmessigheter i målingene ved at energibruken til viftedrift kan være målt som en del av ventilasjonsenergien.
Varmtvann	De beregnede verdiene er klart høyere enn de målte verdiene.
Vifter og pumper	De beregnede verdiene er klart lavere enn de målte for kontorbygg og universitet/høgskole. For skolebygg er hovedinntrykket at de beregnede verdiene er for høye. Se også figur B.1 i appendix B.1.
Belysning	For sykehjem er de beregnede verdiene klart lavere enn de målte. For skolebygg er det motsatt. For kontor og universitet/høgskole spriker måleverdiene i begge retninger. En feilkilde kan være at ikke all belysning er målt direkte, men beregnet som et produkt av merkeeffekt/målt effekt og driftstid. Se også figur B.2 i appendix B.1.
Diverse	Ikke målt direkte.
Kjøling	Det er vanskelig å se et klart bilde, men i de byggene hvor det er installert kjøling er målte verdier langt høyere enn beregnede.

Den utførte analysen har svakheter på grunn av usikkerhet omkring målingenes nøyaktighet og fordeling på budsjettposter. Posten for varmtvann skiller seg ut ved at de beregnede verdiene er klart høyere enn de målte verdiene. Tilsvarende er det et tydelig trekk at i de byggene hvor det er installert kjøling er målte verdier langt høyere enn beregnede.

KARTLEGGING AV KJØLING I KONTOR- OG NÆRINGSBYGG

I denne analysen (**Thyholt, 2001**) er energibruk til kjøling i 14 kontor- og næringsbygg kartlagt. Seks av byggene var hentet fra modellbyggprosjektet. Målsettingen med studien var å finne typisk energibruk til kjøling for denne typen bygg som grunnlag for å tallfeste krav til kjøling i byggeforskriftene. Studien viste at det var vanskelig å finne bygg hvor energibruken til kjøling ble målt. I utgangspunktet hadde man tenkt å sammenligne bygg hvor det var utarbeidet energi- og effektbudsjetter, dette viste seg å være vanskelig da det kun var gjort i få tilfeller. I de få tilfellene hvor energi- og effektbudsjetter var utarbeidet var dette teoretiske beregninger basert på ideell styring av klimainstallasjonene. I praksis er styringen ofte langt mindre ideell og energibruken derfor høyere.

I fire av de undersøkte byggene er prosjekterte og målte verdier for effekt- og energibehov sammenlignet, se tabell 2.2. For byggene er det oppgitt verdier for kjøleenergi, det vil si fjernet varme fra bygget.

Tabell 2.2 Prosjektert og målt kjøleeffekt og årlig energibruk til kjøling.

Bygg	Prosjektert kjøleeffekt [W/m ²]	Målt kjøleeffekt [W/m ²]	Målt kjøleenergi [kWh/m ² år]	
Bygg 7	76	29	53	Anlegget er kraftig overdimensjonert
Bygg 8	51	24	60	Anlegget er kraftig overdimensjonert
Bygg 9	37	24	49	Anlegget er kraftig overdimensjonert
Bygg 10	62	30	86	Anlegget er kraftig overdimensjonert
Snitt	57	27	62	

El-behovet til pumper, vifter og kompressorer for å fjerne denne varmen ble anslått til ca. halvparten av målt verdi (tilsvarende en kjøleeffekt for systemet (COP) over året på 2,0). Det vil si 31 kWh/m² per år i snitt. Dette ble sammenlignet med verdien fra ENØK Normtall på 4 kWh/m² per år. Forklaring på denne forskjellen ligger trolig i at de beregnede verdiene ikke tar hensyn til at det virkelige bygget og bruken av det avviker fra "normalløsningen" som ligger bak normtallet.

I studien ble det også gjennomført en spørreundersøkelse blant ni større VVS-rådgivningsfirmaer hvor det blant annet ble stilt spørsmål om bruken av mekanisk kjøling. Undersøkelsen viste et økende omfang av mekanisk kjøling. Grunnen til dette skyldtes i hovedsak store interne laster, stor solbelastning og relativt lite bruk av solavskjerming og høye krav til termisk komfort. Det viste seg at energibehovet til kjøling sjelden ble beregnet.

LECO – ENERGIBRUK I FEM KONTORBYGG

SINTEF Byggforsk har som en del av FoU-prosjektet "LECO, Low Energy Commercial Buildings" utført en studie (Grini, 2009) hvor det er sett på avvik mellom målt og beregnet energibruk. Fem nyere kontorbygg er analysert, tre av dem har lav energibruk (rundt 100 kWh/m²år), ett har normal (165 kWh/m²år), og det siste har høy energibruk (280-300 kWh/m²år). Byggene er oppført eller renoverert i perioden 1996-2006.

Analysen innebar modellering og simulering av byggene i programmet SIMIEN. Underlaget for beregningene består av arkitekttegninger og tekniske tegninger, tekniske beskrivelser, kontakt med eier og driftsansvarlig samt befaring på byggene. Beregningene er sammenlignet med tall på kjøpt energi på de enkelte byggene. For byggene med høye energiambisjoner og lav energibruk er det god overensstemmelse mellom beregnet og målt levert energi når man tar hensyn til stedlig klima og reelle driftstider. For de to andre prosjektene er differansen noe større, men allikevel under 10 %. Det er ikke målt energibruk ned på den enkelte energipost (formålsdelt) i prosjektet. I appendix B.3 er det presentert en mer detaljerte tabell som viser målt og beregnet energibruk i byggene.

Tabell 2.3 Beregnet og målt levert energibruk til de fem kontorbyggene.

Bygg	Sted	Levert energi – beregnet* (kWh/m ² år)	Levert energi – målt** (kWh/m ² år)	Prosentvis forskjell
Aibel bygget	Sandnes	132	134	+ 1,5 %
Bravida	Fredrikstad	144	144	+ 0 %
FN-bygget	Arendal	107	110	+ 2,8 %
Bassengbakken 1	Trondheim	203	188	-7,4 %
Strandveien 18	Lysaker (Bærum)	280	306	+ 9,3 %

* Beregnet med lokalt klima, og justert for reelle driftstider.

** Målt levert energi som er graddagskorrigert.

JEKTHOLTET-HARSTAD, OPPFØLGING AV LAVENERGIBOLIGER

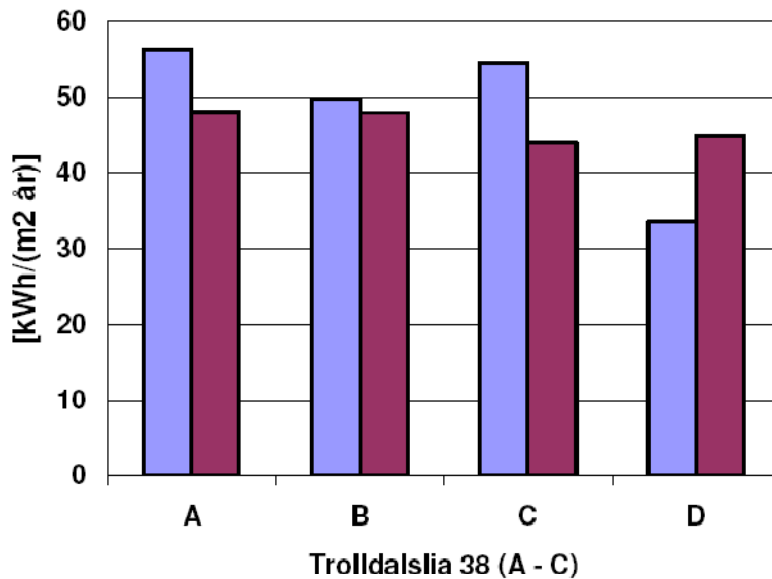
I et SINTEF-prosjekt fra 2007 (**WIGENSTAD, 2007**) ble det gjort beregninger og målinger av formålsdelt energibruk i to nesten identiske lavenergiboliger i Harstad. For den ene boligen ble levert energi beregnet til 122 kWh/m² per år, mens målt, klimakorrigert energibruk første året var 123 kWh/m². For den andre boligen ble levert energi beregnet til 132 kWh/m² per år, mens målt, klimakorrigert energibruk første året var 160 kWh/m².

Begge boligene bruker mer energi til lys og utstyr enn beregnet etter forutsetningene i NS3031, mens i den første kompenseres dette for mindre energibruk til oppvarming. I den andre boligen er energibruken til oppvarming større enn beregnet. Basert på de målte månedsverdiene ser det ut til at dette skyldes en reguleringsfeil på varmepumpen samt større varmtvannsforbruk enn beregnet. Det er ikke utført temperaturmålinger inne i boligene i perioden, så innetemperaturens betydning på energibruken kan ikke vurderes.

ENERGIOPPFØLGING AV FIRE ENEBOLIGER I GRIMSTAD

Universitetet i Agder og Arkitekt Bengt G. Michalsen AS (**Våge, 2010**) har gjort energioppfølging på fire lavenergi eneboliger fra sommeren 2007 til våren 2009. Tre av eneboligene har vannbåren gulvvarme med varmepumpe som varmeforsyning (A,B og C i figur 2.1), mens den fjerde har direkte elektrisk oppvarming (bolig D). Sammenligningen viser at målt oppvarmingsbehov for de tre boligene med vannbåren oppvarming ligger 4 til 24 % over simulert, mens den elektrisk oppvarmede ligger 25 % under simulert oppvarmingsbehov. Målt energibruk er temperaturkorrigert. Differansen mellom målt og beregnet energibruk antyder at det vannbårne systemet har større varmetap og dårligere regulerbarhet enn det elektriske. Differansen kan også forklares med ulike brukervaner og ulike antall beboere i de fire boligene.

Romoppvarming, simulert og målt



■ Romoppvarming Målt ■ Romoppvarming Simulert

Figur 2.1 Simulert og målt oppvarmingsbehov i fire eneboliger i Grimstad.

ETTERPRØVING AV ENERGIBRUK I MILJØBYGGET I TRONDHEIM

Studien undersøker energibruken i et relativt nytt energieffektivt kontorbygg, samt evaluerer brukererfaringene med hensyn til opplevd inneklimate (Grini, 2011). Målet med undersøkelsen var å evaluere levert energi opp mot målet satt i designfasen, kvantifisere brukertilfredsheten og undersøke hvilken effekt store flater med eksponert betong i himlingen har på variasjonen i innetemperatur. På grunn av at bygget ikke var helt innflyttet og at de tekniske installasjonene ikke var optimalt innregulert da studien ble gjennomført var det vanskelig å sammenligne virkelig levert energi med målet, men man kan konkludere med at bygget presterer betydelig bedre enn et konvensjonelt kontorbygg. Sammenligning av målt og beregnet energibruk er vist i appendix B.4. Målt energibruk til romoppvarming og kjøling er betydelig høyere enn simulert. Årsaker til dette kan være at oppvarming og kjøling er dårlig regulert, kjører mot hverandre (kjølesystemet fjerner levert oppvarming) og at de vannbårne systemene har store tap. En årsak til større varmebehov enn forutsatt er også at varmetilskudd fra teknisk utstyr er lavere enn forutsatt i beregningene. Energibruk til varmtvann og pumper er lavere enn forutsatt i beregningene, mens belysning ligger omtrent på simulert verdi. Energibruk til vifter og utstyr er lavere enn forutsatt i beregningene. Totalt sett er målt levert energi til bygget 26 % høyere enn simulert, men det er som nevnt vanskelig å dra bestemte konklusjoner siden bygget ikke er fullt innflyttet (tatt i bruk) og de tekniske installasjonene trenger mer innjustering. Mer informasjon om studien finnes i appendix B.4.

SAMMENLIGNING AV FORVENTET OG MÅLT ENERGIBRUK I LAVENERGI- OG PASSIVBYGG

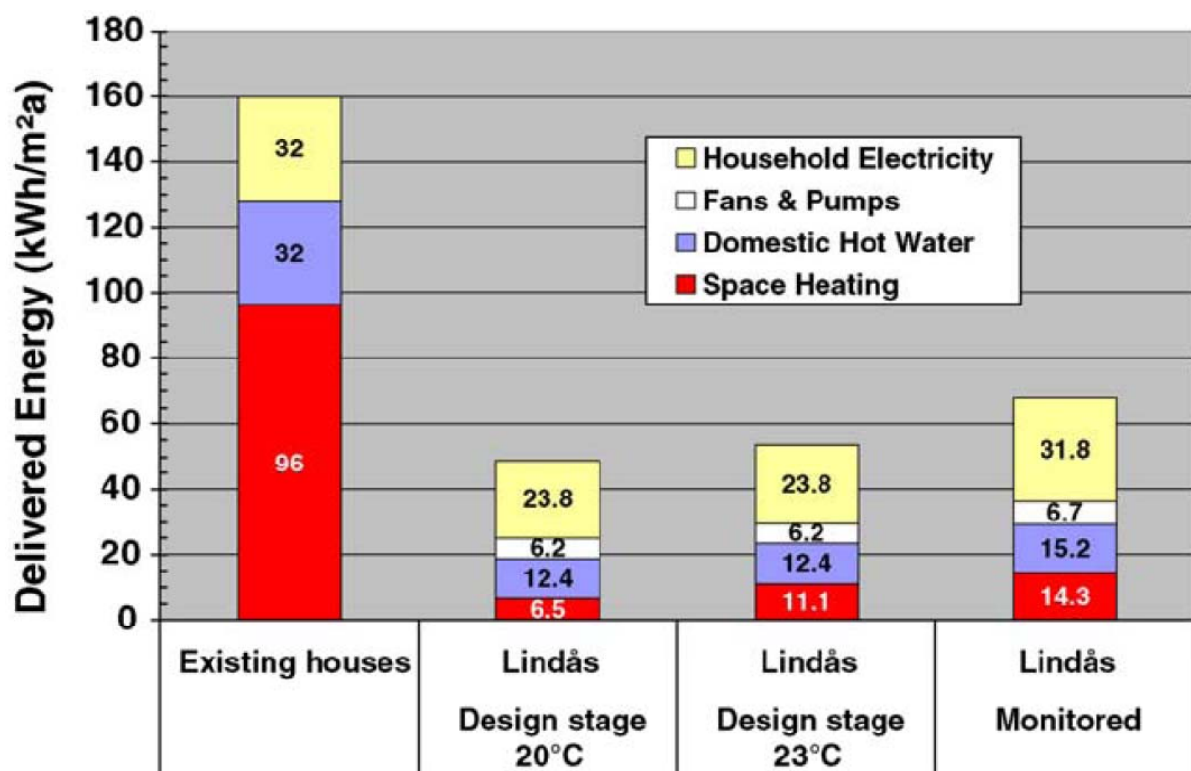
En nylig utgitt rapport (Langseth, 2011) har gjennomgått ulike studier hvor forventet (beregnet) og målt energibruk for lavenergi- og passivbygg har blitt publisert. De fleste av studiene rapporten er basert på er omtalt i disse rapportene: (Våge, 2011, Jansson, 2010,

Feist, 2001). Analysene i rapporten har en del svakheter ved at den ikke angir hvordan forventet energibruk er beregnet/estimert, og heller ikke om målt energibruken er temperatur- eller graddagskorrigert.

2.2 UNDERSØKELSER AV MÅLT OG BEREGNET ENERGIBRUK – EUROPA

SIMULERING OG MÅLING AV 20 REKKEHUS MED PASSIVHUSSTANDARD I SVERIGE

Denne artikkelen (Wall, 2006) ser på beregnet og målt energibruk i de første oppførte passivhusene i Sverige, 20 rekkehus i Lindås rett utenfor Gøteborg. Energibruken er beregnet med inntemperatur på både 20 og 23 °C.



Figur 2.2 Levert energi til svensk gjennomsnittshus, beregnet for romtemperatur på 20 og 23 °C og målt i rekkehusene.

I designfasen ble behovet for varmt tappevann beregnet til 24,7 kWh/m²år. 50 % av dette skulle leveres av termiske solfangere. Målingene viser at behovet har vært 24,1 kWh/m²år og at 37 % har blitt levert av solfangerne.

Basert på en intensjon om å installere energieffektive husholdningsapparat ble energibehovet til husholdselektrisitet¹⁵ beregnet til 23,8 kWh/m²år. I virkeligheten ble ikke dette installert og målt elbruk er på 31,8 kWh/m²år, tilsvarende gjennomsnittet i Sverige.

Forskjellen mellom beregnet og målt energibruk skyldes i hovedsak høyere innetemperatur, mer bruk av husholdningsapparater med dårligere effektivitet og lavere utbytte fra solfangerne

¹⁵ Husholdselektrisitet er summen av belysning og utstyr etter NS3031.

enn antatt. Artikkelen peker på at beboervaner har stor påvirkning på energibruken. Det anbefales at forskjellige typer beboerprofiler bør studeres ved simulering i designfasen. Tilsvarende bør forskjellige innetemperaturs konsekvens på energibruken studeres.

SVENSK DOKTORGRADSAVHANDLING OM PASSIVHUS I SVERIGE

I denne doktorgradsavhandlingen har fire passivhusprosjekt blitt fulgt fra tidlig planleggingsstadium til evaluering av byggene når de er tatt i bruk (**Jansson, 2010**). Prosjektene er tre leilighetskomplekser, i Värnamo, Frillesås og Alingsås, og en enebolig i Lidköping. Tre er nybygg og et er rehabilitering (Allingsås). I alle prosjektene er oppvarmingsbehovet detaljert beregnet i simuleringsprogrammet DEROB-LTH (**Kvist, 2006**), og sammenlignet med målt oppvarmingsbehov.

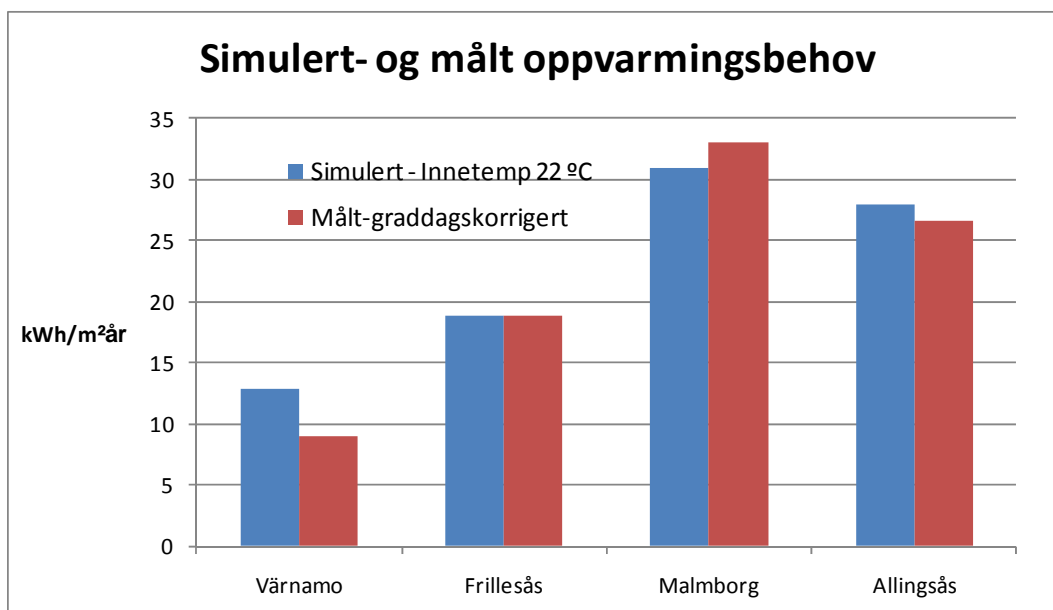
Prosjektet i Värnamo (syd-Sverige) består av 40 leiligheter fra 62 til 107 m². Med en innetemperatur på 20 °C er oppvarmingsbehovet beregnet til 9,8 kWh/m²år (snitt for alle leiligheter), med 22 °C øker det til 12,8 kWh/m²år. Målt graddagskorrigert energibruk til romoppvarming er på 9 kWh/m²år. Kjøpt energi til varmtvann er målt til 14,5 kWh/m²år (hvor solfangere dekker 10,5 kWh/m²år av et behov på 25 kWh/m²år). Vifteenergi og husholdningsenergi (belysning og utstyr) er målt til henholdsvis 6 og 34 kWh/m²år. Total levert energi er målt til 63 kWh/m²år.

Prosjektet i Frillesås består av 12 leiligheter fordelt på tre bygninger. De varierer i størrelse fra 62 til 98 m². Oppvarmingsbehovet er simulert til 14,8 kWh/m²år med en innetemperatur på 20 °C, som øker til 18,9 kWh/m²år ved 22 °C innetemperatur. Målt graddagskorrigert energibruk er på 18,8 kWh/m²år. Kjøpt energi (fjernvarme) til varmtvann er målt til 15 kWh/m²år, mens det resterende behovet, til varmtvann, på 15 kWh/m²år dekkes av solfangere. Vifteenergi og husholdningsenergi (belysning og utstyr) er til sammen målt til hele 60 kWh/m²år. Total levert energi er i snitt målt til 92 kWh/m²år.

Eneboligen Villa Malmborg i Lidköping er på 171 m², bygget i 2 etasjer og med plate på mark. Oppvarmingsbehovet er simulert til 24,9 kWh/m²år med en innetemperatur på 20 °C, som øker til 31 kWh/m²år ved 22 °C innetemperatur. Målt graddagskorrigert energibruk er på 33 kWh/m²år. Kjøpt energi (fjernvarme) til varmtvann er målt til 18 kWh/m²år. Vifteenergi og husholdningsenergi (belysning og utstyr) er målt til henholdsvis 10 og 30 kWh/m²år. Total levert energi er målt til ca. 90 kWh/m²år (2008-2009).

Allingsås-prosjektet er et stort prosjekt der 300 leiligheter skal totalrehabiliteres, hvor man begynte med 16 leiligheter som har blitt nøye analysert. Total levert energibruk før rehabiliteringen var på 215 kWh/m²år, der oppvarming utgjorde 115 kWh/m²år. Oppvarmingsbehovet etter rehabilitering er simulert til 23 kWh/m²år med en innetemperatur på 20 °C, som øker til 28 kWh/m²år ved 22 °C innetemperatur. Målt graddagskorrigert energibruk er på 26,6 kWh/m²år. Kjøpt energi (fjernvarme) til varmtvann er målt til 16 kWh/m²år. Vifteenergi og husholdningsenergi (belysning og utstyr) er målt til henholdsvis 37 og 43 kWh/m²år. Total levert energi er målt til ca. 86 kWh/m²år.

Beregnet og simulert oppvarmingsbehov for de fire prosjektene er vist i figur 2.3. Som det fremgår av figuren er det bra overensstemmelse mellom målt og beregnet energibruk til oppvarming. Mer detaljerte resultater fra studien er gitt i appendix B.5.



Figur 2.3 Sammenligning av simulert og målt oppvarmingsbehov i de fire passivhusprosjektene.

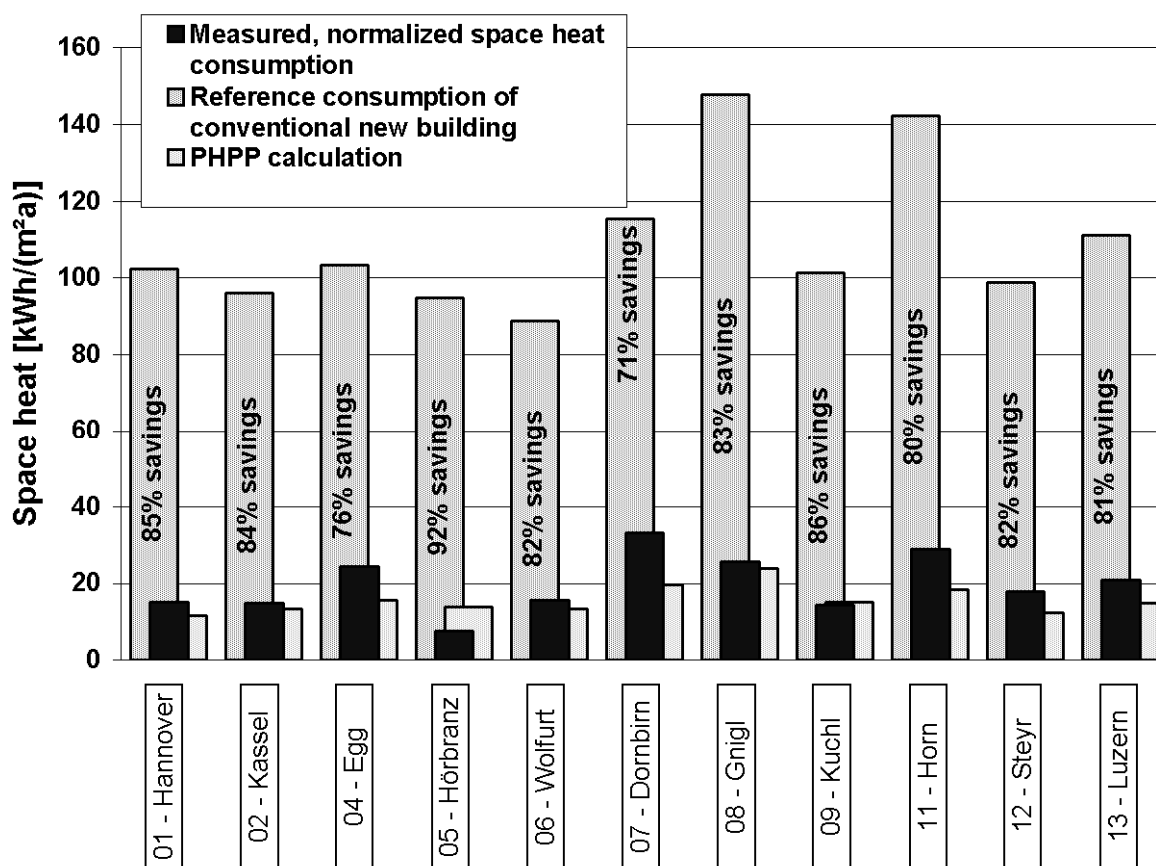
EUROPEISK STUDIE AV PASSIVHUS

Denne europeiske studien fra 2001 (**Feist, 2001**) presenterer måledata for det første driftsåret fra 11 byggeprosjekter oppført etter passivhusstandard, dette utgjorde totalt 221 boenheter. Byggeprosjektene inngikk i et europisk forskningsprogram, CEPHEUS. Målet var å teste og validere passivhuskonseptet. Begrepet passivhus i denne konteksten innebærer et bygg uten behov for konvensjonelle anlegg for romoppvarming og med et årlig oppvarmingsbehov (romoppvarming og ventilasjon) under 15 kWh/m². Totalt primærenergibehov skal være lavere enn 120 kWh/m²år.

Der det manglet målinger for et helt år ble disse ekstrapolert til et helt år. Målingene viser større forskjeller innad i hvert byggeprosjekt enn mellom byggeprosjektene. Ved sammenligning av målingene er disse normalisert til en innetemperatur på 20 °C. Studien viste at gjennomsnittlig innetemperatur om vinteren lå over 20 °C. Når isolasjonsstandarden øker ser man en trend med høyere inntemperatur.

Figur 2.4 viser normaliserte måleverdier, beregnede verdier og referanseverdier for de 11 byggeprosjektene. De beregnede verdiene ble beregnet ved prosjektering ved hjelp av samme beregningsverktøy, Passive House Planning Package (PHPP¹⁶). Referanseverdiene er beregnet for en konvensjonell bygning med samme geometri og som tilfredsstillende lokale byggeregler.

¹⁶ Se www.passiv.de



Figur 2.4 Målte og beregnede verdier for energibruk til romoppvarming (ekstrapolert til et helt år og normalisert til innetemperatur på 20 °C) og energibruk til romoppvarming i konvensjonelle bygg.

Siden målingene er foretatt i første driftsår kan man forvente at energibruken synker noe når småfeil og innkjøringsproblemer er rettet opp. Generelt er det akseptabel sammenheng mellom beregnet og målt oppvarmingsbehov, selv om det er et par prosjekter hvor målte verdier er betydelig over simulert energibruk.

Energibruk til tappevann lå i snitt på samme nivå som andre boliger med samme antall beboere. Energibruk til husholdningselektrisitet (lys og utstyr) er lavere enn i konvensjonelle bygg og i noen av byggeprosjektene, mens det i andre er høyere. Forskjellene gjenspeiler hvor mye vekt det ble lagt på å redusere denne energibruken i de forskjellige byggeprosjektene.

REHABILITERTE ENEBOLIGER TIL LAVENERGISTANDARD - DANMARK

Denne studien (Larsen, 2010) tar for seg 4 eneboliger i Danmark som er renoveret til lavenergiboliger. Det er foretatt målinger før og etter rehabilitering for å dokumentere besparelse, samt at det er beregnet forventet energibruk etter rehabiliteringen. Målingene er graddagskorrigerede. Da det kun er foretatt målinger over et halvt år både før og etter rehabiliteringen er de årlige målte verdiene ekstrapolert til et helt år. Målingene viser at to av boligene bruker mer energi etter rehabilitering enn forventet, mens de to andre bruker mindre. I rapportens konklusjon pekes det på beboerens store påvirkning på energibruken.

Tabell 2.4 Oversikt over byggeår, areal og energibruk for de renoverte boligene.

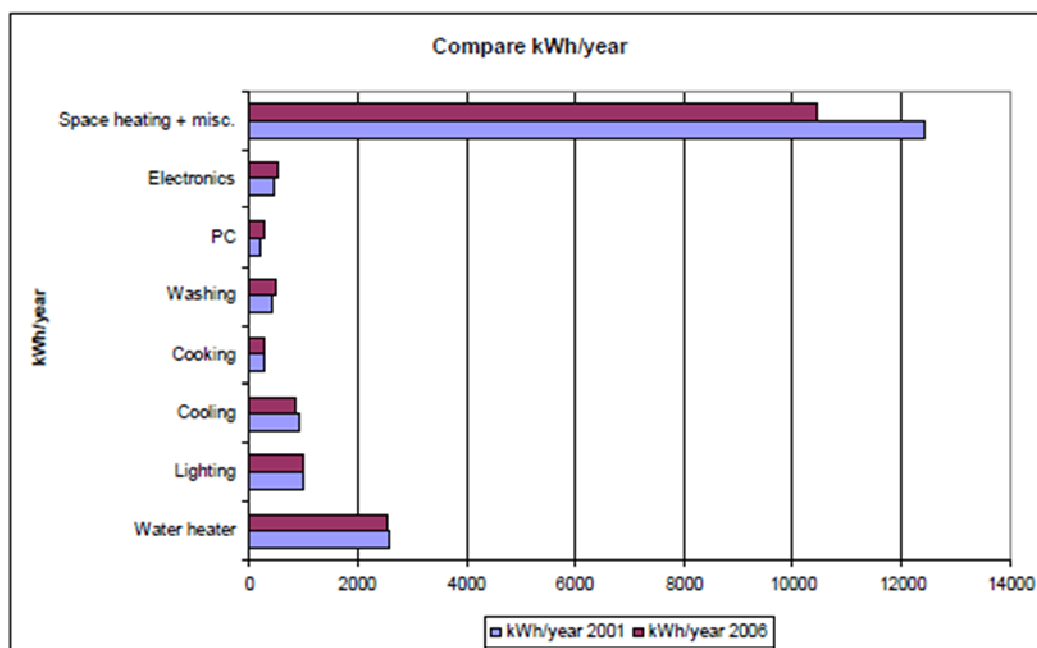
	Byggeår	Areal [m ²]	Energibehov før renovring [kWh/m ²]	Beregnet energibehov etter renovring [kWh/m ²]	Målt energibehov etter renovring [kWh/m ²]
Mejløvægned 9	1973	157	198,5	135,6	107,6
Langøwægned 1	1973	130	220,7	125,5	83,5
Farøwægned 4	1975	138/146	222,9	105,9	125,4
Langøwægned 8	1974	176	197,3	38,6	56,2

2.3 ANDRE STUDIER AV ENERGIBRUK I BYGNINGER

EUROPEISK STUDIE AV ELEKTRISITETSBRUK I HUSHOLDNINGER - REMODECE

I prosjektet REMODECE (Almeida, 2008) var målet å skaffe større kunnskap om elektrisitetsbruk i husholdninger i dag og forventninger i framtiden. Prosjektet har evaluert hvor mye elektrisitet som kan spares ved bruk av mest mulig energieffektivt utstyr, forbedrede brukervaner og redusert elektrisitetsbruk ved stand-by.

Studien er utført i 12 europeiske land ved hjelp av målinger i minst 100 boenheter og 500 spørreskjema i hvert land. Omtrent 11 500 husholdapparater er analysert. Tidsintervallet for målingene var ti minutter og datainnsamlingen ble gjort over en tidsperiode på to uker. I Norge er 105 boenheter målt med totalt 531 husholdsapparater (Grinden, 2008). Målingene i Norge inkluderer elektrisitet til romoppvarming og tappevann. Figur 2.5 viser formålsdelt elektrisitetsbruk i Norge for både 2001 og 2006/2007.



Figur 2.5 Årlig elektrisitetsbruk i Norge i 2001 og 2006/2007, kWh/år. Cooling betyr i denne sammenhengen kjøleskap og fryserer.

Studien konkluderer med at overgang til beste, tilgjengelige teknologi og best mulige brukervaner vil kunne redusere en husholdnings energibruk med 48 %. Ytterligere resultater fra studien er vist i appendix B.6

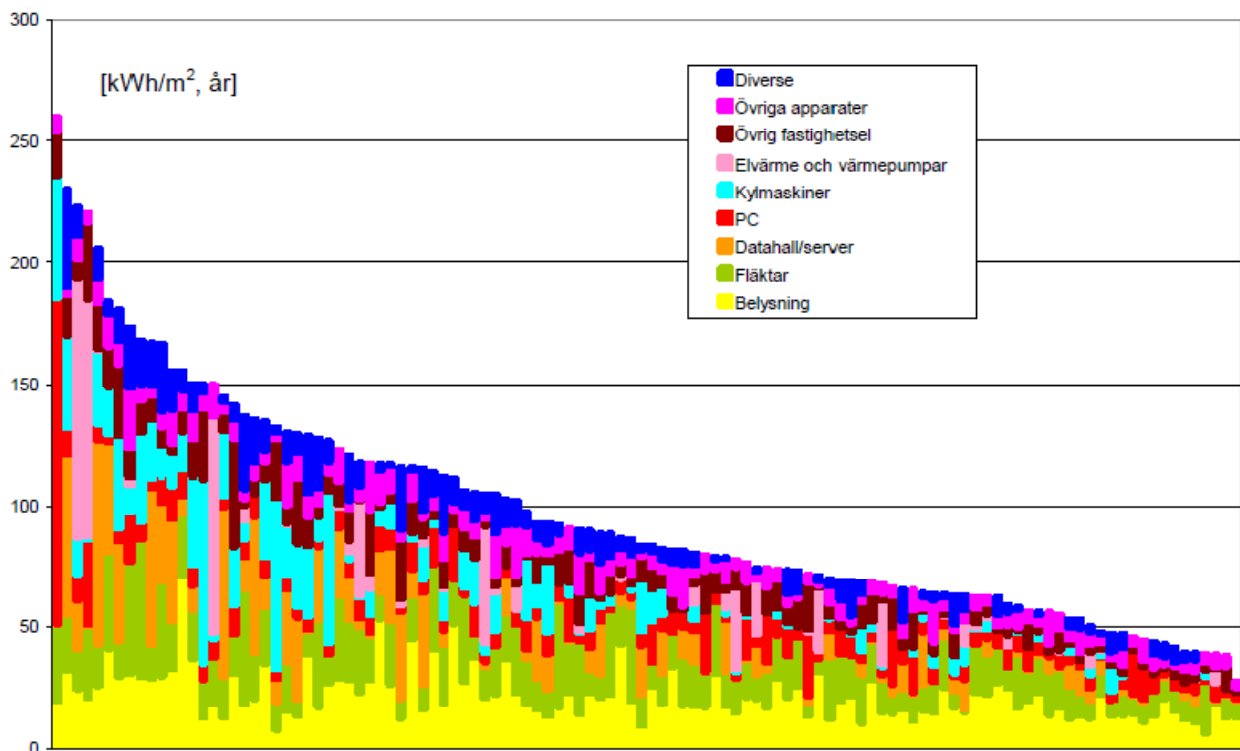
SVENSK UNDERSØKELSE AV STRØMFORBRUK I FORSKJELLIGE BYGNINGSTYPER - STIL

I Sverige gjennomfører Energimyndigheten hvert år prosjektet "Förbättrad energistatistikk i samhället" for å sikre en nasjonal, oppdatert og detaljert statistikk over energibruk i boliger og yrkesbygg. STIL 2 (Lublin, 2010) er et delprosjekt hvor man undersøker strømforbruket i ulike bygningskategorier. Resultatene skal kunne brukes som referanseverdier ved energimerking og underlag for beregning av energisparepotensial.

Hvert år skal det undersøkes ca. 150 offentlige bygg, fordelt på 6 kategorier. Dvs. at etter 6 år er alle kategorier undersøkt og man starter forfra på listen i år syv. Dermed oppnås kontinuerlig oppdatering av statistikken. Målet er å øke kunnskapen om hvor energien brukes og hvor man kan energieffektivisere. Undersøkelsene er utført ved hjelp av datainnsamling ved befaringer, intervjuer med driftspersonell og målinger i en periode på ti dager. På grunnlag av innsamlede data og målingene har man beregnet hvordan innkjøpt strøm fordeler seg på de ulike postene, så som vifter, pumper, belysning, PC etc.

Det er utgitt rapporter for kontor- og næringslokaler som ble undersøkt i 2005 (Persson, 2007a), skoler som ble undersøkt i 2006 (Persson, 2007a) og helselokaler som ble undersøkt i 2007 (Gullberg, 2008).

Figur 2.6 viser elforbruket til undersøkte kontorbygg (123 bygg), og illustrerer godt den store spredningen i elektrisitetsbruken. 90 % av de undersøkte byggene benytter fjernvarme til oppvarming. 29 av 123 undersøkte bygg har installert fjernkjøling. Ytterligere resultater fra studien er gitt i appendix B.7.

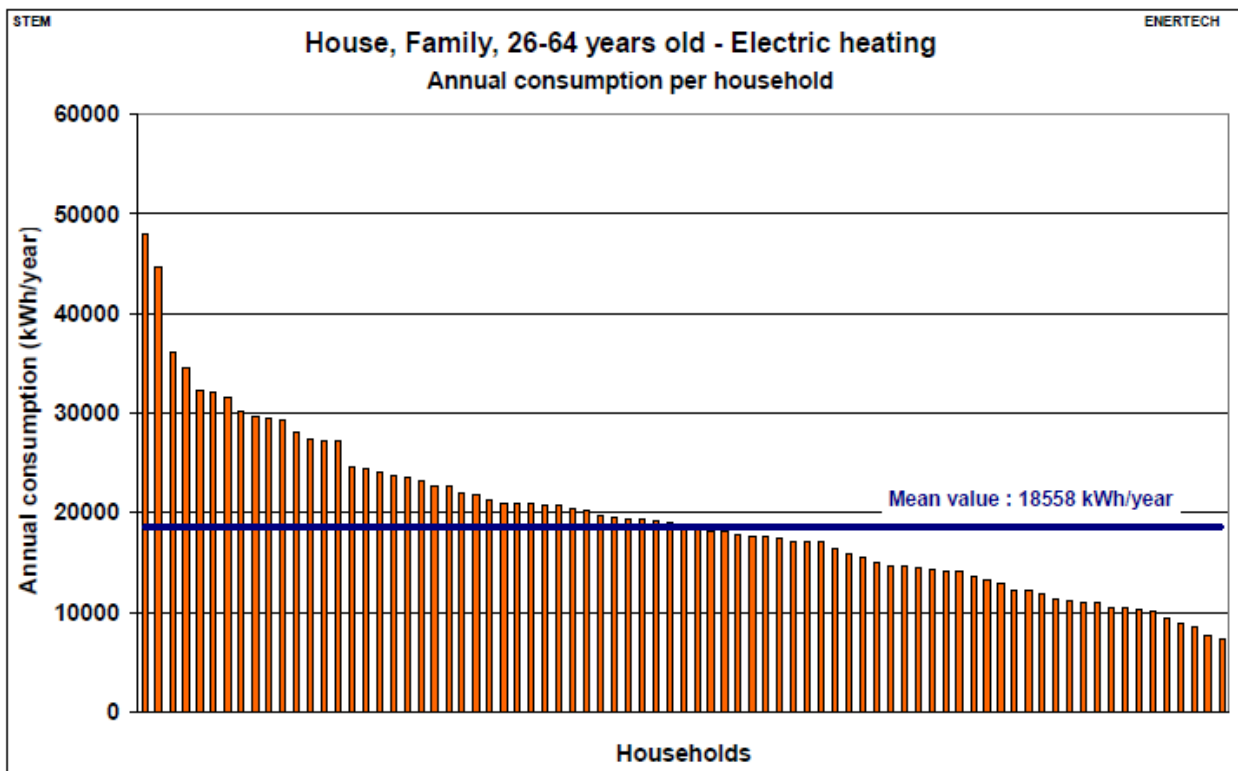


Figur 2.6 Spesifikk elektrisitetsforbruk for samtlige kontorbygg.

SVENSK STUDIE AV STRØMFORBRUK I 400 HUSHOLDNINGER I SVERIGE

I tilknytning til de svenske energimyndighetenes prosjekt "Förbättrad energistatistikk i samhället" er det utført en studie hvor 400 husholdningers strømforbruk er målt og analysert (Zimmermann, 2009). Alle de viktigste husholdningsapparatene ble målt (hvert tiende minutt), noe som gir svært detaljerte data for mange typer av husholdningsapparater, som for eksempel kjøleskap, fryser, belysning, tørketrommel etc. 40 husholdninger ble målt i et år, de resterende 360 husholdningene ble målt i en måned.

Studien deler husholdningene opp i to hovedkategorier; med og uten direkte, elektrisk oppvarming. Videre er det skilt på familier med og uten barn, og single, hus og leiligheter samt alder (over og under 64 år). Eksempel på målinger for familier med barn, som bor i hus med elektrisk oppvarming er vist i figur 2.7.8. Ytterligere resultater fra studien er gitt i appendix B.8



Figur 2.7. Total årlig strømforbruk i hus med elektrisk oppvarming, familie med barn, der beboerne (de voksne) er mellom 26 og 64 år. Husholdningen med størst strømforbruk bruker mer enn fem ganger så mye strøm som husholdningen med minst strømforbruk.

Mer informasjon om studien finnes i appendix B.8.

ERFARINGSOPPFØLGING AV LAVENERGIBOLIGER I DANMARK

Ni av femti lavenergiboliger som ble oppført i 2006 i Herfølge i Danmark er undersøkt med hensyn til energiytelse, vannforbruk og inneklima samt at det er utført termografering av byggene (Kristensen, 2010).

Prosjekteringsgrunnlaget er kontrollberegnet og sammenlignet med målte verdier. De målte verdiene er graddagskorrigert samt korrigert for varmtvannsforbruk og innetemperatur på vinteren. Formålet var å undersøke om boligene tilfredsstiller de satte energirammekravene. Forbruket har derfor blitt korrigert for beboernes adferd. De undersøkte boligene har målere

som skiller bygningssel (drift av varmepumper, ventilasjon etc.) fra elforbruk til vanlige apparater. Det er egne målere for oppvarming og varmtvannsforbruk.

Beregningene, av romoppvarming og tappevann, er gjort i prosjekteringsfasen i programmet BE06. I snitt ligger målt energibruk 31 % over beregnet energiramme, det er hovedsakelig energibruk til oppvarming (varme og varmt vann) som trekker opp de målte verdiene. Det er store forskjeller mellom husene. Spørreundersøkelser blant 40 voksne i boligfeltet avdekket at mange ikke er tilfredse med temperaturreguleringen og at de mangler forståelse eller informasjon om hvordan de kan oppnå godt innneklima. Sammenlignet med et dansk gjennomsnitt ligger energibruk til oppvarming på ca. 50 % i de undersøkte husene i forhold til gjennomsnittet. Ytterligere resultater fra studien er gitt i appendix B.9.

DANSK UNDERSØKELSE AV ENERGI- OG VANNFORBRUK

I Danmark er det utført en undersøkelse (**Petersen, 2005**) av energi- og vannforbruk i husstander hvor det er sett på sosio-økonomiske variabler som påvirker bruken. Databasen består av ca. 50 000 husstander. For alle datasett har man husstandens årlige forbruk av el [kWh], vann [m³] og varme [kWh], samt bakgrunnsvariabler for boligen og beboerne. Studiens mål var å finne hvor mye av forskjellene i energibruk som kan forklares og hva som er forklaringen. Studien konkluderer med at el- og vannforbruket primært avhenger av antall personer i husstanden, mens varmetape er mest avhengig av boligens størrelse. Sentrale resultater fra studien er gitt i appendix B.10.

DANSK UNDERSØKELSE AV VANNFORBRUK

Denne danske undersøkelsen (**Bøhm, 2009**) har sett på energibruk til varmt tappevann. Ifølge energistatistikk fra 2007 utgjør energiforbruket til varmtvann 25 % av det totale energiforbruket i en bolig. Resultater fra målinger gjort i undersøkelsen viser en høyere andel, nemlig 30 %.

Målingene viser at varmetape fra sirkulasjonssystemer vanligvis utgjør den største delen av energiforbruket ved varmtvannsoppvarming. I boliger ligger varmetape på ca. 50 %. I skoler og kontorbygg utgjør varmtvann en mye mindre del av det totale energibehovet (10%), men varmetape fra sirkulasjonssystemet svarer for 75 % av dette energiforbruket. Det store tapet beror vanligvis på en overdimensjonert bereder og store avstander mellom tappested og varmtvannsbereder. Ytterligere resultater fra studien er gitt i appendix B.11

KOMFORTHUSENE I SKIBE - DANMARK

Komforthusene i Skibe er 10 nye passivhus som måles med hensyn til innneklima og energiforbruk. Målingene har akkurat begynt og kommer til å fortsette fram til slutten av 2011. Per i dag er dermed få analyser utført for energiforbruket i husene. En sammenligning med primærenergi behovet har blitt utført og resultatene viser at de målte verdiene overskrider de beregnede i to av de fire husene. Avviket på 18 % i det ene huset skyldes bruk av en panelovn. I det andre huset er energiforbruket dobbelt så høyt som beregnet på grunn av at ventilasjonsanlegget er justert til maksimal luftmengde, noe som er mer enn dobbelt så mye som det danske kravet (**Steen Larsen, 2010**).

ENERGY FLEX HOUSE - DANMARK

Energy Flex House¹⁷ er to passivhus som er bygd på Dansk Teknologisk Institutt (DTI) område i Taastrup og stod ferdig i 2009. Det ene bygget er et laboratorium hvor nye innovative løsninger blir testet, mens det andre bygget, Energy Flex Family er bygget for å

¹⁷ <http://www.dti.dk/inspiration/25348?cms.query=energyflexhouse>

måle brukernes påvirkning på energiforbruket. Fire testfamilier, bestående av fire personer med minst en tenåring har blitt utvalgt og formålsdelt måling er blitt foretatt i deres hjem. Familiene har siden bodd i Energy Flex House i 3 måneder hver og det formålsdelte energiforbruket kan deretter sammenlignes mellom familiene. Studien viser at energiforbruket til varmtvann skiller seg markant mellom familiene, hvor den første familien forbruker mer enn 3 ganger så mye per dag som den tredje familien.

2.4 INTERVJUER OM BRUK AV ENERGIBEREGNINGSVERKTØY

SINTEF Byggforsk har utført intervjuer med noen større aktører i byggebransjen i Norge for å undersøke hvilke energiberegningsverktøy som brukes og hvordan de brukes. Denne oppsummeringen er basert på intervju med Skanska, Rambøll, Norconsult, Multiconsult og Boligprodusentenes forening. I intervjuene har vi spurt om hvilke energiberegningsverktøy som brukes og til hva, i hvilken fase av prosjekteringen de brukes og hvilken erfaring de har med verktøyene med tanke på brukergrensesnitt. I tillegg har vi spurt om de har erfaring med kobling opp mot BIM (se også appendix F).

STORE RÅDGIVNINGSSLESKAPER OG ENTREPRENØRER

Alle de større rådgiverne vi har intervjuet benytter hovedsakelig SIMIEN til energiberegninger. Noen oppgir at de supplerer med egne regneark. Et selskap oppgir at de benytter mer avanserte verktøy ved spesielle behov som dobbeltfasader, naturlig ventilasjon etc.

Alle oppgir at beregningene påbegynnes og utføres tidligere i prosjekteringsfasen enn før, samt gjennom hele prosjekteringen for å ha kontroll gjennom hele prosjektet på at de vil klare de oppsatte energimålene. Dette skiftet skyldes mer fokus på energi gjennom forskriftskrav og energimerkeordningen. Energiberegninger har blitt en mer integrert del av prosjekteringen. Ved å sette opp modell tidlig i prosjektet (for å se om de kommer i havn i forhold til energi) er det lettere å vurdere tiltak på energisiden tidlig i prosjektet. Alle benytter beregningsverktøyet for kontroll opp mot TEK, effektbehov, energimerking og passivhusstandard. Beregning av virkelig energibehov vektlegges i mindre grad.

Rådgiverne har lite erfaring med virkelig energibruk kontra beregnet energibruk. Dette skyldes at de sjelden følger opp prosjektene etter ferdigstilling. Viktigste årsaker til avvik oppgis å være standardiserte faste inndata i beregningsmodell kontra virkelige brukervaner. Det blir også pekt på at forutsetninger i energiberegningene ikke nødvendigvis blir fulgt opp i videre prosjektering og utførelse. Det er ingen kontroll ut over internkontroll. I ENØK-prosjekter på eksisterende bygg kan avvikene skyldes mangelfull oversikt over hvordan bygget virkelig er utført.

Erfaringer med SIMIEN:

- Opplevs som et enkelt og brukervennlig verktøy, men med begrensinger på modellering av komplekse systemløsninger, (styring av ventilasjon, IT-kjøling, geometrier, soneoppdeling, styring av lys og dagslys, naturlig ventilasjon/sommerkjøling, dobbeltfasade etc.). Dette ønskes forbedret.
- God miks av brukervennlighet og detaljeringsgrad.
- Tilbyr god presentasjon og dokumentasjon av data.
- Beregningene fungerer godt som utgangspunkt for energimerking.
- Alle benytter dedikerte personer til å utføre energiberegningene.

- Alle opplever programmet som robust. Det er enkelt å oppdage feil, men kunne ha vært enda bedre med et mer grafisk grensesnitt. Slik at man for eksempel enkelt kan se at vindusarealene man har lagt inn stemmer sånn nogenlunde. Erfaring med å bruke verktøyet gjør det også lettere å oppdage feil.

Alle har lite eller ingen erfaring med å koble energiberegningene opp mot BIM, men alle ønsker tilknytning til BIM og mulighet til å overføre informasjon direkte. Se også appendix F.

For framtiden ser rådgiverne for seg:

- Et energiberegningsprogram som er koblet opp mot eller er integrert i tegneprogrammet.
- Programmet kan håndtere BIM.
- Energiberegningsprogrammet kan håndtere flere og mer komplekse installasjoner samt mer komplekse bygg (soning).
- Programmet gjør det enkelt å foreta store endringer i tidligfase av prosjektet, så som orientering og geometri til bygget, ventilasjonsløsning, plassering og størrelser på vindusareal.
- Programmet oppdateres i takt med forskriftsendringer.

Av enkelte rådgivere blir det tatt opp at det er rom for tolkninger av NS 3031 og at det er behov for mer presisering i bransjen rundt energiberegningsstandarder slik at vi ikke kommer i en situasjon hvor noen rådgivere blir oppfattet som "snillere" enn andre. Det ble også tatt opp at det er behov for styring av utviklingen og et visst krav til kompetanse. Det antydes at det kan være behov for stikkprøver for å kontrollere at de som utfører energimerking har forstått hvordan beregningene skal utføres. Andre respondenter sier derimot at NS 3031 fungerer bra og at det er bedre standardisering nå enn før.

BOLIGPRODUSENTENES FORENING

Boligprodusentene skiller seg fra de store rådgiverne ved at de har behov for enklere verktøy og at de synes energimerkeordningen er vanskeligere å håndtere. De fleste boligprodusentene benytter SINTEF Byggforsks regneark *Energiltak og samlet netto energibehov*. SIMIEN oppleves som for avansert. Boliger er forutsigbare og beregningene brukes til dokumentasjon mot TEK. Dersom beregningene brukes i tidligere fase er det gjerne i forbindelse med alternative løsninger som større vindusareal. Da benyttes metoden med omfordeling av varmetap.

Det er sjelden at virkelig energibehov beregnes da man mener at det lett kan forlede kunden til å tro at det beregnede behovet er det han vil komme til å bruke.

Erfaringer med SINTEF Byggforsks regneark:

- Excel-arket er såpass enkelt at boligfirmaene har gjort energiberegningsjobben selv, eventuelt satt den bort.
- Regnearket fungerer bra og oppleves som oversiktlig, raskt, pedagogisk og robust.

I forbindelse med krav til energimerking av boliger har noen av boligprodusentene selv begynt å utføre energimerking av boligene, mens andre setter dette bort. Det har framkommet et ønske om at det utvikles et alternativt energimerkeverktøy med bakgrunn i excel-arket som allerede er et kjent verktøy for boligprodusentene. Det er også et ønske om at energimerking og energiberegning i henhold til TEK harmoniseres bedre. Det påpekes at en del av inndataene til energimerking krever en nøyaktighet som ikke finnes, som for eksempel inndata på de forskjellige varmekildenes dekningsgrad. Ved innlegging av disse

dataene mangles dokumenterbare referanser å vise til i prosjekteringen. Man er bekymret for at usikkerheten i disse dataene overskygger dataene for varmetap.

Boligprodusentene tar opp at hvilke program som velges vil kunne påvirkes av hvor "snille" beregningsprogrammene oppleves. Dette vil spesielt kunne skje når kravene til bygget er strenge som ved passivhus.

For framtiden ser boligprodusentene for seg at energiprosjekteringen er integrert i bygningsmodellen på en åpen BIM-plattform. Dette vil kreve høyere kompetanse blant de som utfører energiberegningene enn de har i dag. Samtidig blir det påpekt at det må det være mulig for boligbransjen selv å fortsette å prosjektere til tross for at verktøyene blir mer kompliserte. Boligbransjen ser for seg at dette kan løses ved å bruke standardløsninger/oppskrifter som man kan følge. Dersom man går utenfor oppskriften må man hente inn kompetanse.

Boligprodusentene har ikke erfaring med kobling opp mot BIM, men de er i gang med et prosjekt om åpen BIM. Ved bruk av BIM håper de å få overført arealer og volumer da det er en utfordring å beregne dette riktig.

2.5 OPPSUMMERING

Tabell 2.5 gir en oppstilling av de viktigste studiene på målt og beregnet energibruk i Norge og Europa. Oppsummert finnes det lite data på sammenhengen mellom målt og beregnet energibruk i Norge, særlig gjelder dette for formålsdelt energibruk ned på energipostnivå. På europeisk nivå finnes det bra data på sammenhengen mellom målt og beregnet oppvarmingsbehov for boliger. Tallene viser at det er store brukermessige påvirkninger på energibruken, men som snitt for mange boliger er det bra overensstemmelse. Det må understrekes at i disse prosjektene (stort sett passivhus) er kvalitetssikringen i hele prosjektgjennomføringen høy, og kvaliteten på energiberegningene er høy (de som gjennomfører beregningene har høy kompetanse). I de europeiske undersøkelsene er det mye fokus på oppvarmingsbehovet, og mindre på formålsdelt energibehov (andre energiposter enn oppvarming) og levert energi. Unntaket er de svenske undersøkelsene som også oppgir formålsdelt energibruk (men skiller ikke på teknisk utstyr og belysning). Når det gjelder yrkesbygg har vi ikke funnet internasjonale undersøkelser der man systematisk har sammenlignet målt og beregnet energibruk.

Kapittelet gir også en oversikt over undersøkelser av elektrisitetsbruk og varmtvannsforbruk i et stort antall boliger og yrkesbygg, som vil kunne være nyttig underlag ved oppbygging av en nasjonal database (se kapittel 4). I tillegg er det gjort en enkel spørreundersøkelse av sentrale aktører blant rådgivere, entreprenører, samt Boligprodusentenes Forening om bruk og erfaring med energiberegningsverktøy.

Tabell 2.5 Sammenstilling av undersøkelser der målt og beregnet energibruk har blitt sammenlignet

Studie	Antall	Målt			Beregnet/simulert			Vurdering
		Oppvarming	Formålsdelt	Levert energi	Oppvarming	Formålsdelt	Levert energi	
Modellbyggprosjektet	26 yrkesbygg	X	X	X	X	X	X	Brukbar overensstemmelse på levert energi, men på energipostnivå er det store forskjeller.
LECO	5 kontorbygg			X	X	X	X	God overensstemmelse på levert energi når justert for driftstid og klima.
Jektholtet – Harstad	2 eneboliger			X	X	X	X	Bra overensstemmelse på en av boligene (levert), den andre bruker mer teknisk utstyr enn forutsatt.
Eneboliger Grimstad	4 eneboliger	X	X	X	X	X	X	Brukbar overensstemmelse på oppvarmingsbehov.
Miljøbygget i Trondheim	1 kontorbygg	X	X	X	X	X	X	Bruker mer energi til oppvarming- og kjøling enn beregnet.
Lindås Park	20 rekkehus	X	X	X	X	X	X	Bra overensstemmelse med oppvarming, men bruker mer husholdingsel enn beregnet.
Värnamo	40 leiligheter	X	X	X	X			Bra overensstemmelse på oppvarmingsbehov.
Frillesås	12 leiligheter	X	X	X	X			Bra overensstemmelse på oppvarmingsbehov. Bruker mye husholdingsel.
Lidköping	1 enebolig	X	X	X	X			Bra overensstemmelse på oppvarmingsbehov.
Allingsås	16 leiligheter	X	X	X	X			Bra overensstemmelse på oppvarmingsbehov.
CEPHEUS	221 boliger	X	X	X	X	X	X	Bra overensstemmelse på oppvarmingsbehov på de fleste prosjektene, men i noen ligger målt betydelig over beregnet.
Dansk studie rehabiliterte boliger	4 eneboliger			X			X	To av boligene ligger betydelig over beregnet, mens to ligger betydelig under.

3.0 MÅLING AV ENERGIBRUK

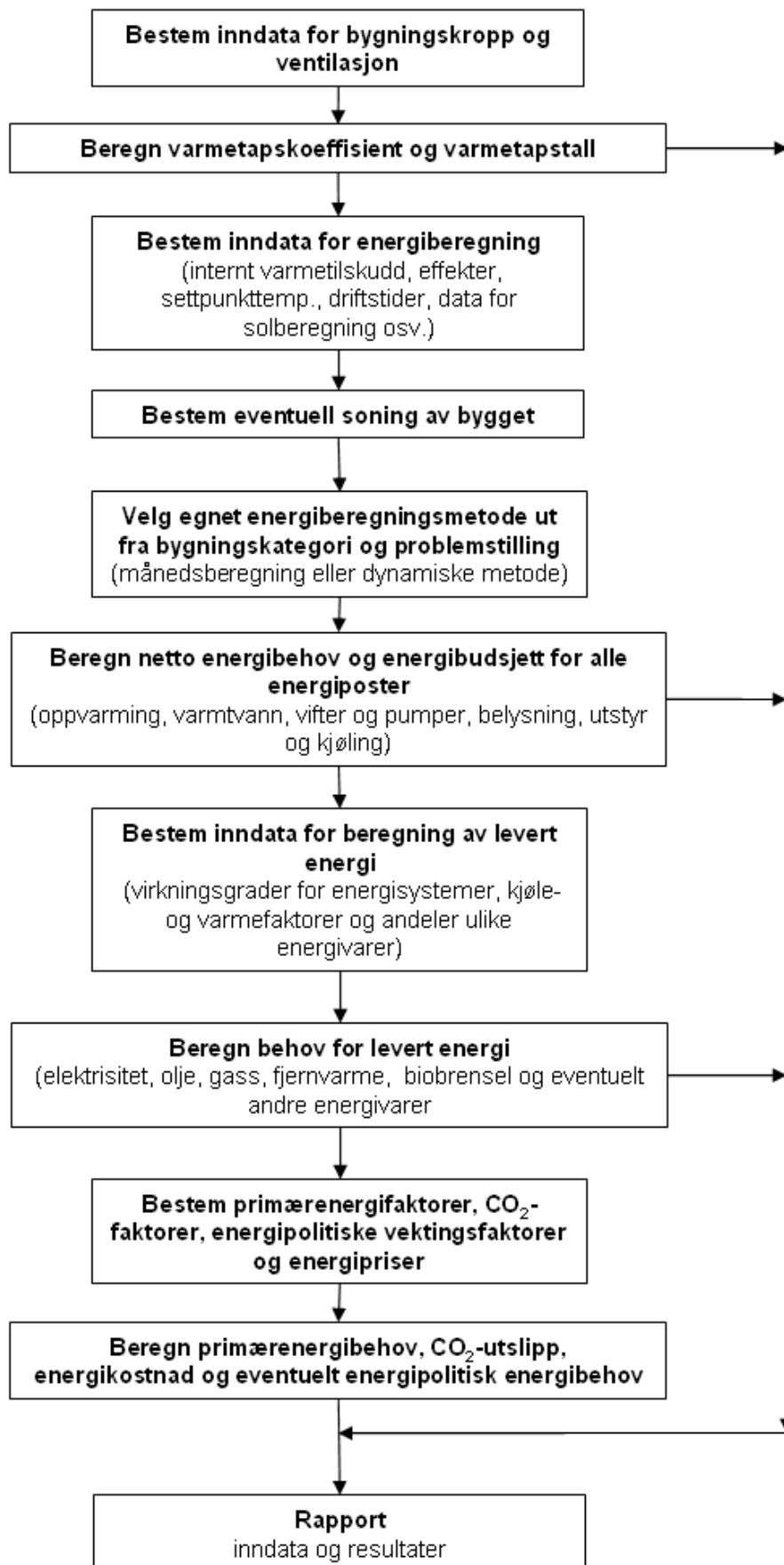
Dette kapitlet diskuterer hvordan man kan måle både levert energibruk, og forsmåldelt energibruk, og også hvordan dette forholder seg til gjeldende energiberegningsstandard NS3031 (**NS3031, 2007**).

3.1 BEREGNING AV ENERGIYTELSE

I NS3031 (**NS3031, 2007**) er metode for beregning av en bygning energiytelse etablert.

Figur 3.1 viser beregningsgangen fra varmetap (varmetapstall), via netto energibehov til levert energi, og til mulige indikatorer for energiytelse som CO₂-utslipp, primærenergi eller vektet levert energi.

Beregning av bygningers netto *energibehov* har hatt mye fokus da denne prosedyren danner grunnlag for dokumentasjon i henhold til teknisk forskrift (se også kapittel 1.1). Med innføring av obligatorisk energimerking fra 1.7.2010 har levert energi (underlag for energimerket) og levert energivare (underlag for oppvarmingsmerket) fått mye fokus.



Figur 3.1 Beregningsprosedyre i henhold til NS3031 (2007)

NETTO ENERGIBUDSJETT

Tabell 3.2 viser oppdelingen av energiposter i NS3031, hovedpostene går fra 1. til 6. Post 1., 3. og 6 kan deles opp i underposter a. og b., som vist i tabellen. Særlig på yrkesbygg er dette ofte nødvendig og ønsket, ikke minst når det skal måles formålsdelt.

Tabell 3.2 Energiposter i henhold til NS 3031

Hovedposter		Underposter	
1	Oppvarming	A	Romoppvarming
		B	Ventilasjonsvarme
2	Varmt vann		
3	Vifter og pumper	A	Vifter
		B	Pumper
4	Belysning		
5	Teknisk utstyr		
6	Kjøling	A	Romkjøling
		B	Ventilasjonskjøling
	Utendørs		

I appendix C er det vist hvordan det er mulig og ytterligere dele opp energipostene, som i enkelte tilfeller kan være nødvendig eller ønskelig ved etterprøving/måling av bygg.

LEVERT ENERGI

For å gå fra netto energibehov til levert energi må man estimere/beregne systemvirkningsgrader for energiforsyningssystemet(ene). NS3031 angir at levert energi skal angis for ulike energivarer som vist i tabell 3.3. For levert energi er det også mulig å oppdele på undernivå for elektrisitet avhengig av type energisystem i bygget.

Tabell 3.3 Oppsett for energivarer på hoved,- og undernivå, NS 3031.

ENERGIVARE		ENERGIVARE (Undernivå)	
1	ELEKTRISITET	A	Direkte
		B	Varmepumpe
		C	Solenergisystem
		D	Kjølemaskin
2	OLJE/PARAFIN		
3	GASS		
4	FJERNVARME		
5	BIOBRENSSEL		
6	ANNEN ENERGIVARE	A
		B
		C

På samme måte som for netto energibudsjett kan denne tabellen bearbejdes for å fange opp flere energivarergrupper, og øke fleksibiliteten, se vedlegg C.

FORMÅLSDELT LEVERT ENERGI

Selv om det ikke er i henhold til oppsett i NS3031, er det en god del som presenterer hva vi kan kalle et formålsdelt energibudsjett målt ut fra levert energi. Det vil si de samme energipostene for netto energibudsjett (tabell 3.2) brukes, men de tar hensyn til systemvirkingsgrader, systemvarmefaktorer og systemkjølefactorer.

Tabell 3.4 viser hvordan en slikt formålsdelt energibudsjett vil se ut for en lavenergibolig, som har en varmepumpe med systemvarmefaktor på 2,5, som dekker 90 % av oppvarmingen og 80 % av varmtvannsbehovet. Et slikt oppsett for energibruken i et bygg gir tilleggsopplysninger i forhold til levert energi og netto energibudsjett, da det viser hvordan energiforsyningssystemet påvirker de ulike energipostene. Særlig er dette nyttig på bygg der varmepumpe- eller solenergisystemer reduserer levert energi, og elektrisitet er eneste energivare som leveres bygget (som i tabell 3.4). Dette er også en presentasjonsmåte for målt energibruk som har blitt brukt for undersøkte passivhus i Sverige (Wall, 2006 & Jansson, 2010), se kapittel 2.2..

Tabell 3.4 Eksempel på hvordan man går fra netto energibehov til formålsdelt levert energi.

Energipost	Netto energibehov (KWh/m ² år)	Formålsdelt levert energi (KWh/m ² år)
1.a Romoppvarming	25	9
1.b Ventilasjonsvarme	5	2
2. Varmt vann	30	10
3.a Vifter	5	5
3.b Pumper	1	1
4. Belysning	17	17
5. Teknisk utstyr	23	23
6. Kjøling	0	0
Sum 1.-6.	106	66

3.2 MÅLING AV ENERGIBRUK

MÅLING/ESTIMERING AV SYSTEMVIRKINGSGRADER

I henhold til NS3031 beregningsmetodikk består systemvirkningsgraden til energiforsyningen av tre separate virkningsgrader:

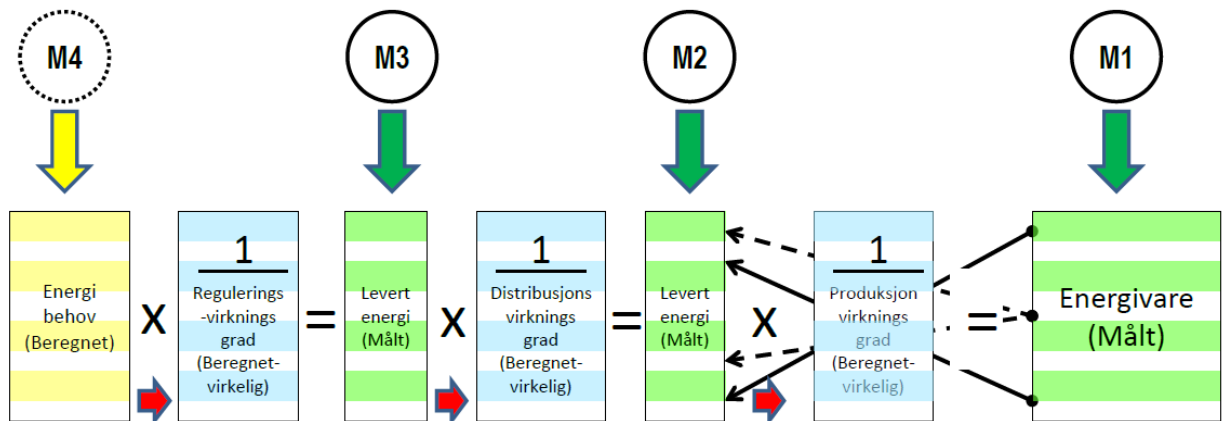
1. Reguleringsvirkningsgraden til varmeavgivelsesutstyret (f.eks. radiator eller gulvvarme). Denne er mulig å estimere eller beregne, men er ofte vanskelig/ressurskrevende å måle.
2. Distribusjonsvirkningsgraden til energiforsyningen/varmeanlegget. Denne er mulig å beregne, men også overkommelig å måle i mange tilfeller.
3. Produksjonsvirkningsgraden er det ofte mulig å måle ganske greit (avhengig av energikilde), men kan også beregnes eller oppgis ut fra laboratorietester, eller estimeres ut fra en kombinasjon av målinger, laboratorietester og/eller beregninger.

Energiforsyningens (totale) systemvirkningsgrad er lik produktet av de tre virkningsgradene.

Dersom en ønsker å kvantifisere de ulike systemvirkningsgradene, må man måle energibruk/-energimengde ved ulike nivåer, som vist i figur 3.2. De ulike målepunktene er:

M1 Utgangspunktet er registrering av levert energivare.

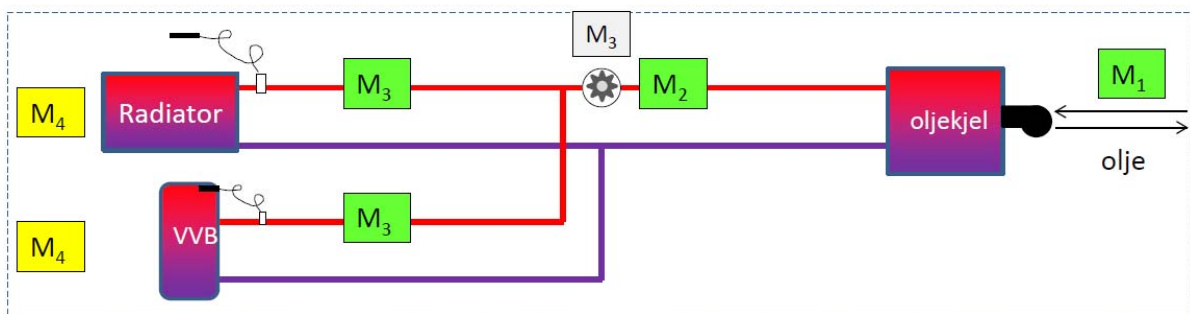
- M2 Målenivå M2 tilsvarer energi levert fra energisentralen, verdien gir sammen med M1 svar på produksjonsvirkningsgraden.
- M3 Målenivå M3 er levert energi fra distribusjonssystemet til varmeavgivelsesutstyret, og må innføres for at *distribusjonsvirkningsgraden* skal kunne beregnes/estimeres. Det er i mange tilfeller en utfordring å definere klart hvor distribusjonssystemet slutter og varmeavgivelsesutstyret begynner, f.eks. i gulvvarmesystemer.
- M4 Målenivå M4 vil ofte ikke kunne måles på noen enkel måte, men underlag kan etableres via beregning. Må innføres for at reguleringsvirkningsgraden skal kunne bestemmes.



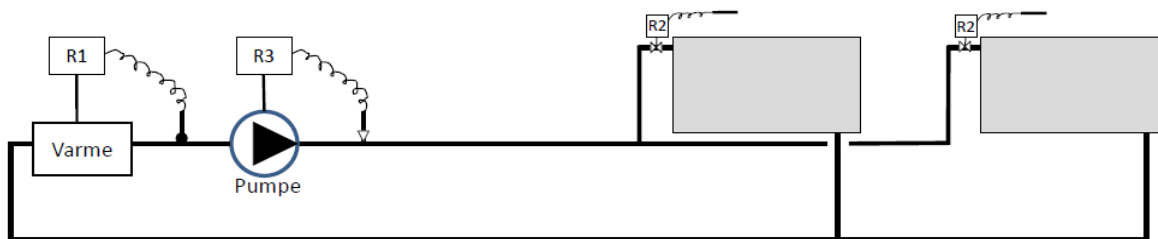
Figur 3.2 Skjematisk framstilling av måling av systemvirkningsgrader.

Figuren 3.3 viser et tilhørende nødvendig måleopplegg for en (forenklet) installasjon for oppvarming og varmt forbruksvann. Med de 4 målepunktene fastlagt, kan ulike systemvirkningsgrader beregnes.

Bestemmelsen av reguleringsvirkningsgraden vil imidlertid ikke alltid bli nøyaktig, da en reell installasjon vil bestå av flere reguleringsenheter montert i serie, jmfør figur 3.4. Dersom det skal etableres et måleregime som ivaretar beregning/dokumentasjon av de ulike virkningsgradene, må det måles på begge sider av hvert måleobjekt. Eksempelvis vil måling av distribusjonsvirkningsgrad for radiatorkurset kreve måling på begge sider av hver radiator. Et slikt måleoppsett vil kreve omfattende installasjoner og være arbeidskrevende å følge opp.



Figur 3.3 Skjematisk framstilling av måling av energibruk overført til eksempel i fysisk installasjon (system).



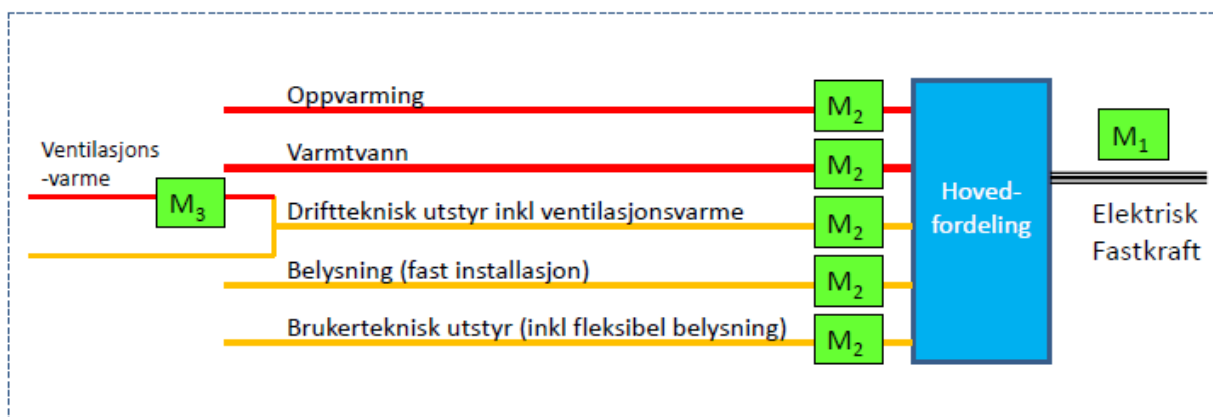
Figur 3.4 Systemskjema for enkel reguleringsløyfe for varmeanlegg

3.3 MULIGE NIVÅER OG MÅLEOMFANG

BOLIGER

For en bolig basert på fullelektrisk energiforsyning, vil måleopplegget for både levert energi og netto energibudsjett kunne se ut som i figur 3.5. I figuren er ventilasjonsvarme¹⁸ (elektrisk varmebatteri i aggregat) registrert via egen måler, da normal kursoppdeling for boliger vil være atskilt kurs for oppvarming (panelovner og gulvvarme) og ventilasjonsaggregat.

Brukerteknisk utstyr vil i dette oppsettet bli en relativt stor sekkepost, hvor også bevegelig lysinstallasjon normalt vil inngå. Man kan imidlertid skille ut bevegelige lysinstallasjoner ved å bruke elektriske energimålere som monteres i stikkontakt, som vist i figur 3.6. Måleregimet angitt i figur 3.5 krever en annen kursoppdeling enn hva som er vanlig i boliger i dag.

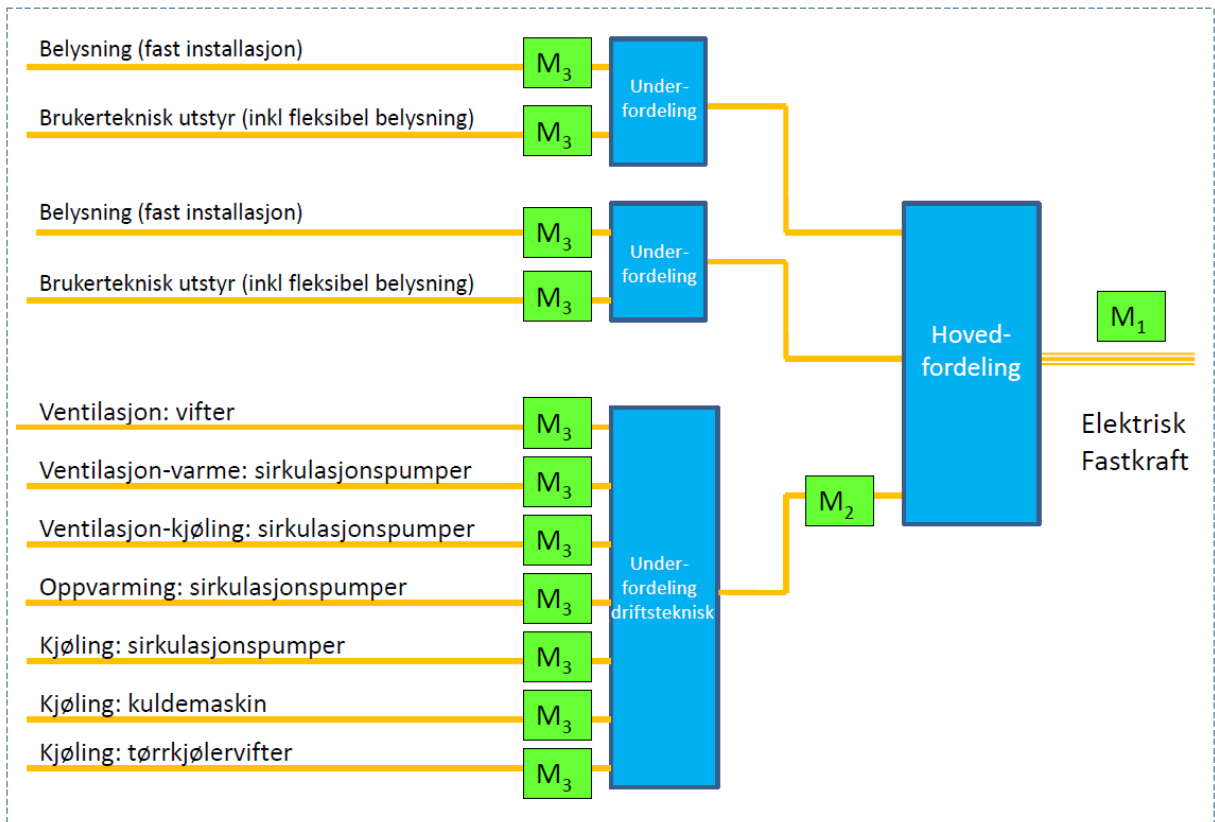


Figur 3.5 Skjematisk framstilling av målopplegg for bolig.

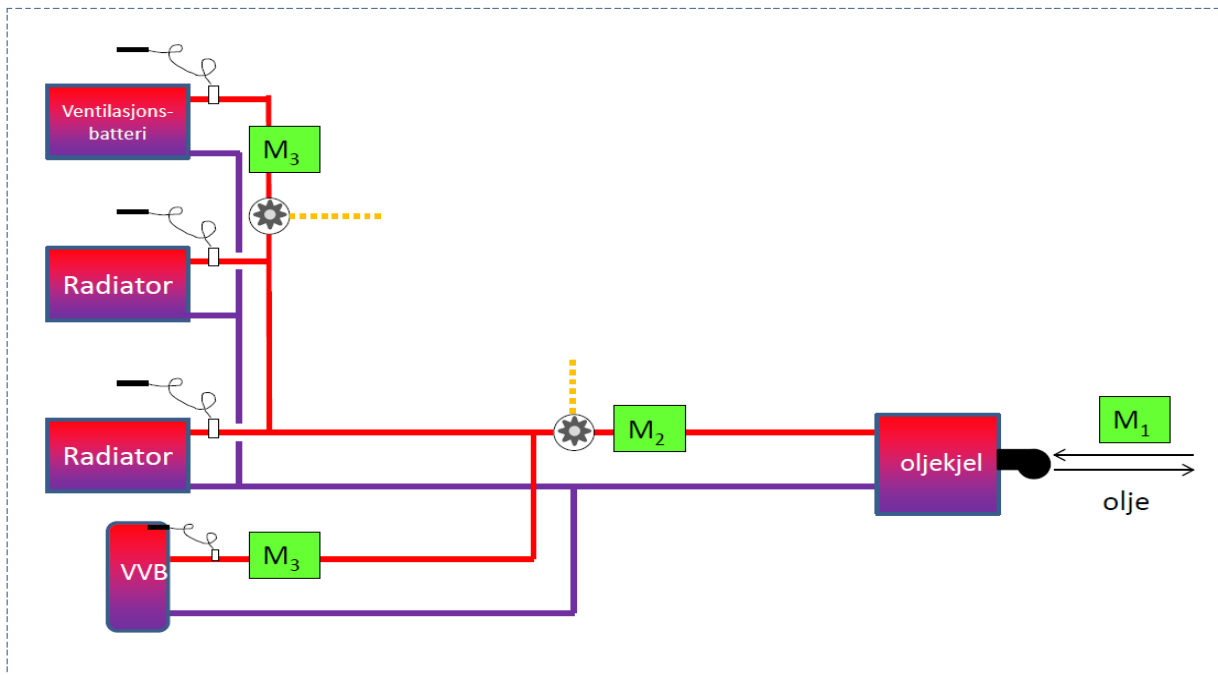
¹⁸ Et alternativ til å måle varmebatteriet separat er å måle vifteenergien separat (om sommeren når varmebatteri ikke brukes), og anta at vifteenergiebruken er rimelig konstant over året. Differansen mellom aggregatets energibruk og vifteenergien er da et godt estimat på varmebatteriets energibruk.

YRKESBYGG

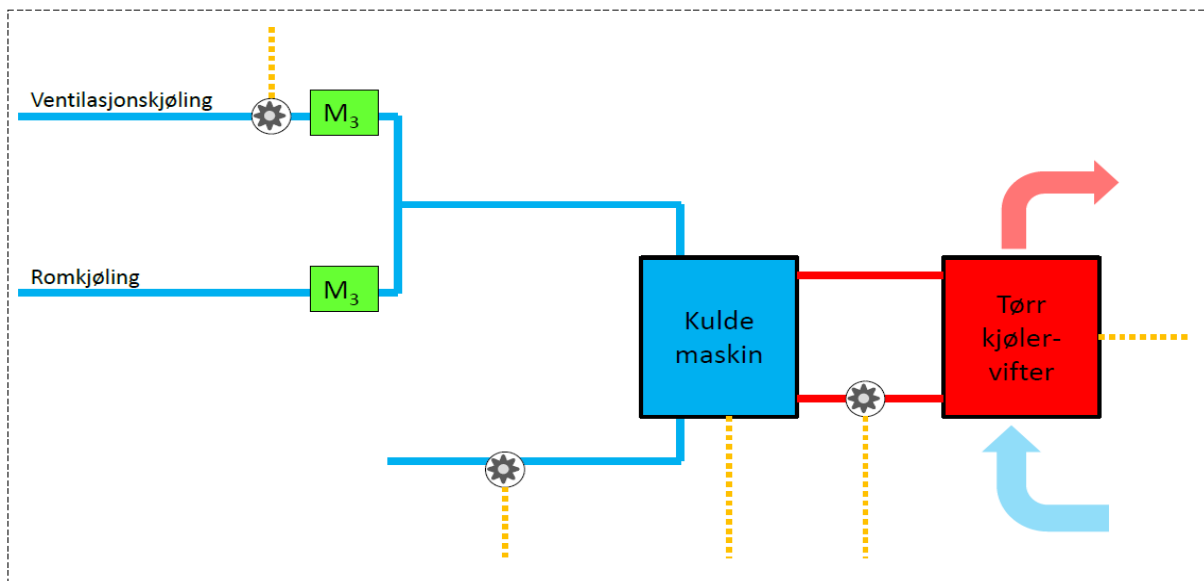
For et kontorbygg med oljeforsyning og kjøleinstallasjon, der det er ønskelig å få ut både netto energibehov fordelt på energiposter og levert energi fordelt på ulike energivarer, kan måleopplegget kunne se ut som vist i figur 3.6, 3.7 og 3.8.



Figur 3.6 Skjematisk framstilling av måleopplegg for yrkesbygg. Elektrisk andel.



Figur 3.7 Skjematisk framstilling av målopplegg for yrkesbygg. Termisk andel til oppvarming + varmt forbruksvann.



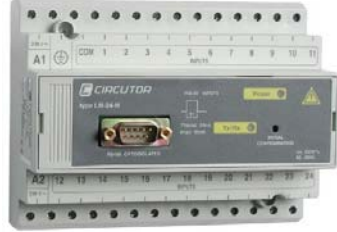




Figur 3.8 Skjematisk framstilling av målopplegg for yrkesbygg. Termisk andel for kjøling.

3.4 MÅLETEKNIISK UTSTYR OG UTFORMING

MÅLING ELEKTRISK ENERGI

Måleteknisk består registreringen av å sette et instrument inn i strømkretsen mellom forsyningssted og forbrukssted.

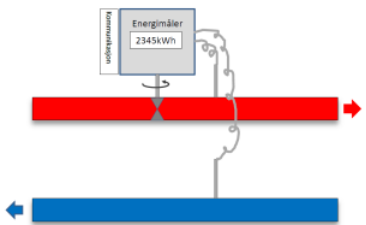



	<p>Hovedmåler Hovedinntakstavle med målere til hver fordeling. Manuell avlesning. Summerer effektbruk P [W] over tid, og uttrykker dette som kWh. Grensesnitt mot netteier vil alltid være forsynt med egen måler. Vanligvis manuell avlesning, men i seinere tid mer overgang til automatisk avlesning med timesoppløsning</p>
	<p>Hovedmåler med automatisk avlesning I løpet av noen års tid¹⁹ vil alle husstander være forsynt med automatisk avlesning og 2-veis kommunikasjon mot netteier.</p>
	<p>Underfordeler Typisk enhet for summasjonsmåling på undersentral nivå. Signal sendes PC for videre bearbeiding. I yrkesbygg vil typisk anvendelse være på etasjenivå, eventuelt på systemnivå.</p>
	<p>Kursnivå Typisk enhet for summasjonsmåling på kursnivå. Manuelt telleverk, men kan også kommunisere med sentralenhet.</p>
	<p>Funksjonsnivå Eksempel på enkelt energimåler montert i stikkontakt. Manuell avlesning</p>

Figur 3.9 Ulike målere for elektrisk energi på ulike nivåer i en elektrisk installasjon.

¹⁹ NVE sitt nye utkast til forskrift om innføring av avanserte måle- og styringssystemer (AMS) har høringsfristen 6. mai 2011. Fristen for utrulling og idriftsettelse for hele landet er fremskyndet til 1. januar 2017, med 80 prosent dekning ett år før. Dette er en innstramning på to år fra tidligere høringsuttalelse. For Midt-Norge foreslås det at AMS for 80 prosent skal være på plass innen utgangen av 2013. NVE kan innvilge dispensasjoner fra kravet.

MÅLING TERMISK (VANNBÅREN) ENERGI

Måleteknisk består registreringen av å sette et instrument som måler vannmengde, samt temperatordifferanser i vannkretsen. Alternativt kan energimengder stipuleres på bakgrunn av registrert vannmengde og antatt temperaturskjeller, eller omvendt. En variant er registrering av temperaturnivå på radiator, som via data for selve radiatoren kan regnes om til avgitt energi til rommet.

	<p>Hovedmåler Skjematisk framstilling av måleutrustning for vannbåren energi. Ved å registrere sirkulert vannmengde samt temperaturskjeller, kan avgitt effekt P [W] beregnes. Summeres opp til energi [kWh]. Fjernvarme/fjernkjølingsabonnenter vil typisk ha en slik måler installert. Vanligvis manuell avlesning, men i seinere tid mer vanlig med automatisk avlesning med timesoppløsning.</p>
	<p>Kursmåler Eksempel på produkt. Mengdemåler montert i rørkrets, samt to stk. temperaturfølere.</p>
	<p>Radiator Eksempel på energimåler montert utenpå radiator. Manuell eller automatisk avlesning. Enhet som registrerer overflatetemperatur på radiator. Via omregningstabell (unik for hver radiator type/produsent) kan avgitt energi registreres.</p>
	<p>Tappevann Eksempel på vannmengdemåler beregnet for forbruksvann. Manuell eller automatisk avlesning. For tappevann vil temperaturen i denne være kjent (ca. 60 °C) Energibruken vil derfor være avhengig av tappet mengde, og energibruk kan finnes ved kun å registrere denne via egen måler.</p>

Figur 3.10 Ulike målere for termisk energi på ulike nivåer i en vannbåren installasjon.

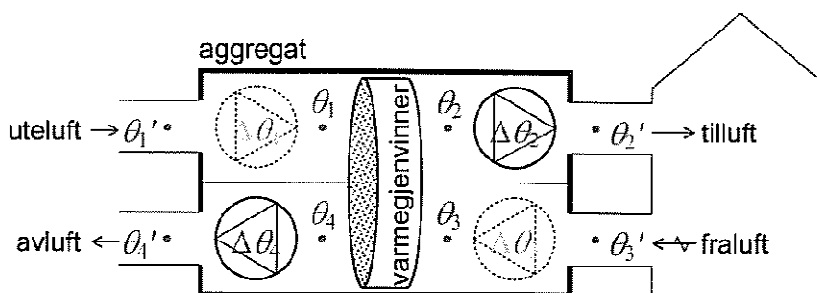
MÅLING ENERGIVARER

Måling av energivarene elektrisitet og termisk energi som fjernvarme og fjernkjøling måles som beskrevet over. Fast, flytende eller gassformige brenslere som olje, parafin, gass og biobrensel (i ulike former) måles ved mengde (per volumenhet eller masseenhet). Sammen med brennverdien til brenselet kan energiinnholdet (levert energi) beregnes. Brennverdi oppgis enten av leverandør, eller man bruker standard brennverdier fra litteraturen.


MÅLING AV VENTILASJON, VIFTER OG PUMPER

Måling av luftmengder, virkningsgrad til varmegjenvinner og spesifikk vifteeffekt (SFP) er alle meget viktige parametre for et byggs energibruk, særlig på yrkesbygg, men også på boliger. I et måleopplegg er det derfor nærliggende å ta med disse.

For å dokumentere temperaturvirkningsgrad til varmegjenvinneren i en reell driftsituasjon, kan dette gjøres ved å måle temperaturene før og etter gjenvinneren²⁰. I praksis vil dette ofte være vanskelig å utføre på grunn av strømningsstekniske forhold, og man ender ofte opp med å måle temperaturer før og etter selve ventilasjonsaggregatet. For å kunne regne seg fram til virkningsgraden må man da også måle viftenes energibruk (og varmeavgivelse) og luftmengde. Se NS3031 (2007), tillegg H. I NS3031 er det også formelverk for å regne ut årsvirkningsgrad for varmegjenvinneren, som også tar hensyn til eventuell energi brukt til avriming av varmegjenvinner.



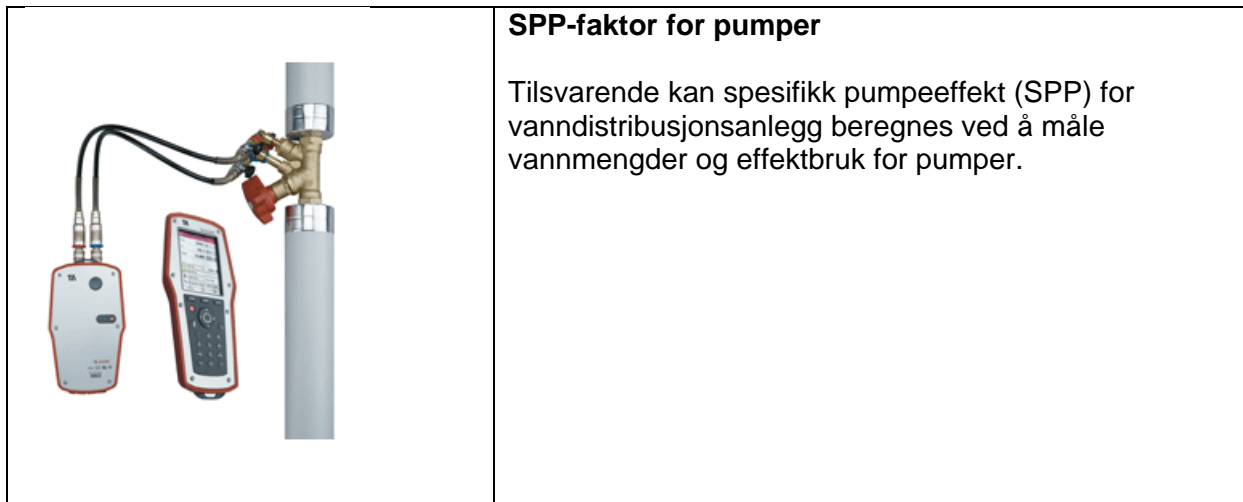
Figur 3.11 Prinsipløsning av ventilasjonsaggregat, for å måle virkningsgraden til varmegjenvinneren. I NS3031 tillegg H er det gitt formel for å beregne virkningsgrad ut fra temperaturen angitt i figuren

	SFP-faktor for viftene For å dokumentere spesifikk vifteeffekt (SFP), som beskriver effektfaktorer til luftdistribusjonsanlegget, må luftmengder og effektbruk til ventilasjonsvifter registreres.
---	--

Figur 3.12 Måleblende (installerer i kanalnett) for måling av luftmengde²¹.

²⁰ I nyere aggregater er det ganske vanlig med måling av temperaturer som kan brukes til omregning av temperaturvirkningsgrad, som igjen kommuniserer med SD-anlegg (Sentral Driftskontroll).

²¹ Nyere ventilasjonsaggregater har ofte innebygd kontinuerlig måling av SFP og luftmengde.



Figur 3.13 Reguleringsventil (stengeventil) med uttak for vannmengdemåling. Bilde viser elektronisk mengdemåler i bruk.

ØKONOMISKE ASPEKTER

Kostnad å utføre formålsdelte målinger er betydelig høyere enn å måle levert energi. I modellbyggprosjektet hadde hvert bygg en instrumenteringskostnad på 100-200 000 kr. (**Søgnen, 2002**).

På Marienlyst skole som er på ca. 6200 m² er anslått merkostnad for å instrumentere for å måle formålsdelt energibruk (netto energibudsjett etter NS3031) på ca. 500 000 kr. (**Andersen, 2011**).

Statsbygg gjennomfører målinger på to eksisterende bygg, høgskolen i Østfold og Svinesund kontrollstasjon, hvor 35 målere á 25 000 kr/måler er utplasserte i det første bygget og 7 måler i andre bygget á 35 000 kr/måler. I eksisterende bygg er merkostnaden preget av at byggene ikke er designet for målinger og dermed må eksempelvis nye tavler for måling installeres. Prosjektet har også hatt store problemer med å få målingene til å fungere korrekt (**Knapstad, 2010**).

Ut fra dagens erfaringer er det vanskelig å anslå noen sikre priser på hvor mye det vil koste å instrumentere bygg/prosjekter slik at man kan få etterprøvd formålsdelt energibruk. Med mer erfaring i hva som er nødvendig instrumentering, og også en utvikling av utstyr, samt planlegging av instrumentering i tidlig fase av prosjektet vil trolig kostnaden for etterprøving på dette nivået bli redusert over tid. I kapittel 5 er det anslått kostnader for etterprøving av byggeprosjekter.

3.5 OPPSUMMERING

I dette kapitlet er det vist hvordan levert energi og netto energibudsjett etter NS3031, også kan måles. Det er også diskutert hvordan målinger kan gjøres på et mer detaljert nivå enn NS3031- oppsettet, som av og til er nødvendig eller ønskelig. Metoder for hvordan virkningsgrader til energiforsyning kan måles eller estimeres er også angitt.

Det er videre gitt konkrete eksempler på hvordan boliger og yrkesbygg kan instrumenteres og måles, men dette er ting som må spesialtilpasses til hvert enkelt byggprosjekt ut fra kompleksitet og størrelse. Eksempler på måleteknisk utstyr for både elektrisitet og vannbårne systemer er gitt. Kostnader for instrumentering og etterprøving ned på formålsdelt energibruk viser store sprik, og det er vanskelig ut fra dagens erfaring å si noe sikkert om kostnadsnivå for å måle formålsdelt energibruk.

4.0 ANBEFALINGER FOR NASJONAL DATABASE

Som vist i kapittel 1 og 2 brukes det allerede i dag relativt mye ressurser på beregninger og dokumentasjon av teoretisk energibruk i bygninger, og det brukes også betydelige ressurser på å måle og dokumentere reell energibruk. Det er ønskelig å få mer detaljert informasjon om reell energibruk i bygg, men det er også nødvendig å bruke de eksisterende ressursene og virkemidlene på en mer effektiv måte. Det vil si at det er behov for en koordinering av de ulike virkemidlene og ordningene.

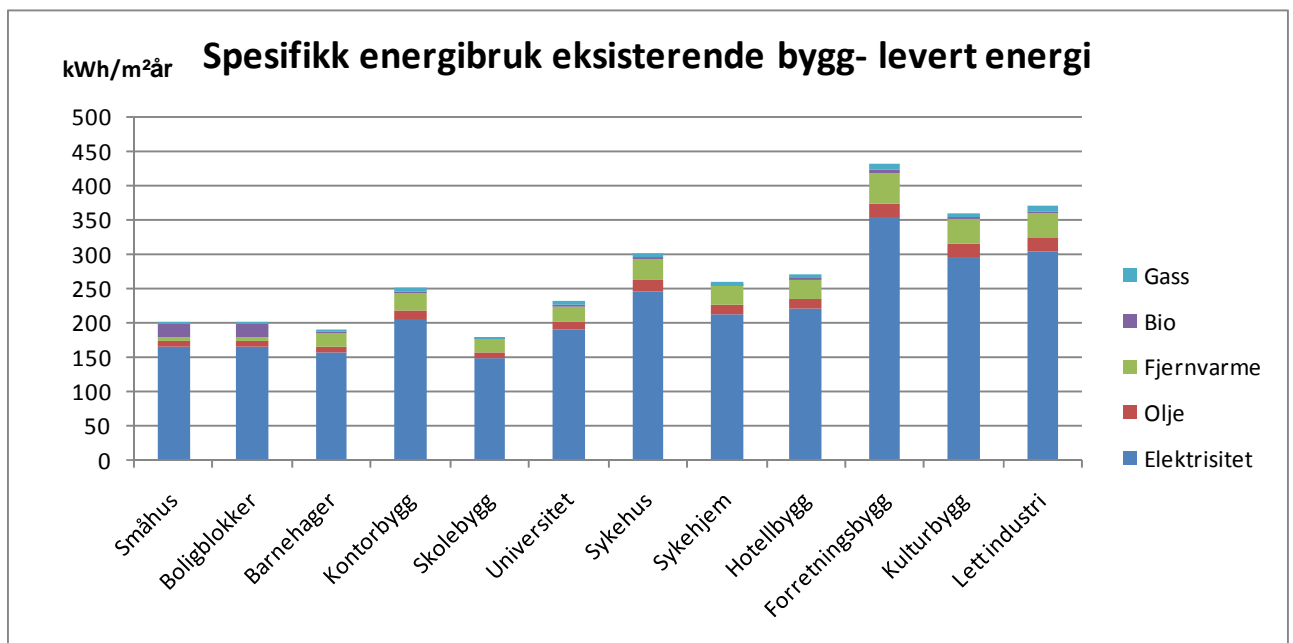
I rapporten *Energieffektivisering av bygg (KRD, 2010)* er en av seks hovedgrep et *Nasjonalt måleverktøy for å følge utvikling i energibruk*, beskrevet som: "Det er behov for bedre statistikk og et nasjonalt måleverktøy som gjør det mulig å følge utviklingen av energibruk til drift av bygg og effekten av igangsatte virkemidler for energieffektivitet."

En nasjonal energistatistikk bør ideelt inneholde:

1. **Spesifikk energibruk - levert energi** fordelt på de enkelte energivarer
2. **Spesifikk energibruk - formålsdelt** på de ulike energiposter
3. **Aggregert nasjonal energibruk - levert energi** fordelt på energivarer
4. **Aggregert nasjonal energibruk - formålsdelt** på ulike energiposter

4.1. SPESIFIKK ENERGIBRUK - LEVERT ENERGI

Figur 4.1 viser hvordan en *tenkt* statistikk over målt, levert energi fordelt på energivarer kan se ut. Her er bygningskategorioppdelingen i TEK brukt. En lignende statistikk over beregnet levert energi fra energimerke- og forskriftsberegninger ville også kunne opparbeides, og kan da sammenlignes med målt energi.



Figur 4.1 Tenkt (fiktiv) statistikk over levert energi til ulike byggekategorier. **OBS! Tallene i diagrammet er ikke reelle.**

HVORDAN OPPARBEIDE STATISTIKKEN

Som vist i kapittel 1 har Enova allerede en energistatistikk (**Enova, 2009**) som ligner på den i figur 4.1, men oppdelingen i byggkategorier er litt annerledes. For kategoriene med yrkesbygg finnes det et brukbart statistisk underlag hvor ca. 10 % av bygningsmassen er med i statistikken, men de fleste av byggene har fått støtte til å gjøre energiltak og vil derfor ikke nødvendigvis være representativ for hele bygningsmassen. Videre er underlaget for boliger svakt i Enovas energistatistikk, med under 0,1 % av boligmassen og kun noen få eneboliger som utgjør en stor andel av boligmassen.

Som nevnt i kapittel 1 gjør SSB med noen års mellomrom undersøkelser av energibruken i boliger og yrkesbygg. Som Enovas energistatistikk er denne også på målt, levert energi, fordelt på ulike energikilder.

NVE (**Spilde, 2011**) har i 2012 planer om en stor undersøkelse av energibruken i yrkesbygg. Denne er planlagt å skulle supplere Enovas energistatistikk, og også være så omfattende at den er representativ for hele yrkesbyggmassen. Undersøkelsen vil primært se på levert energi fordelt på energivarer.

Det er behov for å gjøre en slik større undersøkelse for boliger også, slik at statistikken over spesifikk levert energibruk blir like god på boliger som for yrkesbygg. Dette er naturlig da boliger nasjonalt bruker betydelig mere energi enn yrkesbygg.

Når det gjelder statistikk for over *beregnet* levert energi så setter jo energimerkeordningen (EMS) krav til beregning av levert energi. En ulempe er at EMS kun legger normalisert Oslo klima til grunn, og ikke reelt klima. I TEK er det ikke krav til beregning av levert energi per i dag.

På sikt vil det være fornuftig å sette krav til at alle nye bygg må dokumentere beregnet levert energi²² for lokalt klima, og at det blir krav til måling og etterprøving av levert energi f.eks. slik det er gjort i Sverige (**Boverket, 2009**). Dette bør vurderes som forskriftskrav ved neste revisjon av TEK, og også samordnes med en revisjon av EMS slik at TEK og EMS ses i sammenheng. På sikt vil man da kunne bygge opp en veldig nyttig statistikk på både målt og beregnet levert energi, både for nye bygg (TEK) og for eksisterende bygg (EMS). Dette vil da etter hvert supplere Enovas energistatistikk og NVEs planlagte energistatistikk. Et slikt krav til etterprøving av energibruk bør også ses i sammenheng med innføring av forskrift om avanserte måle- og styringssystemer (**NVE, 2011**).

BRUK AV STATISTIKKEN

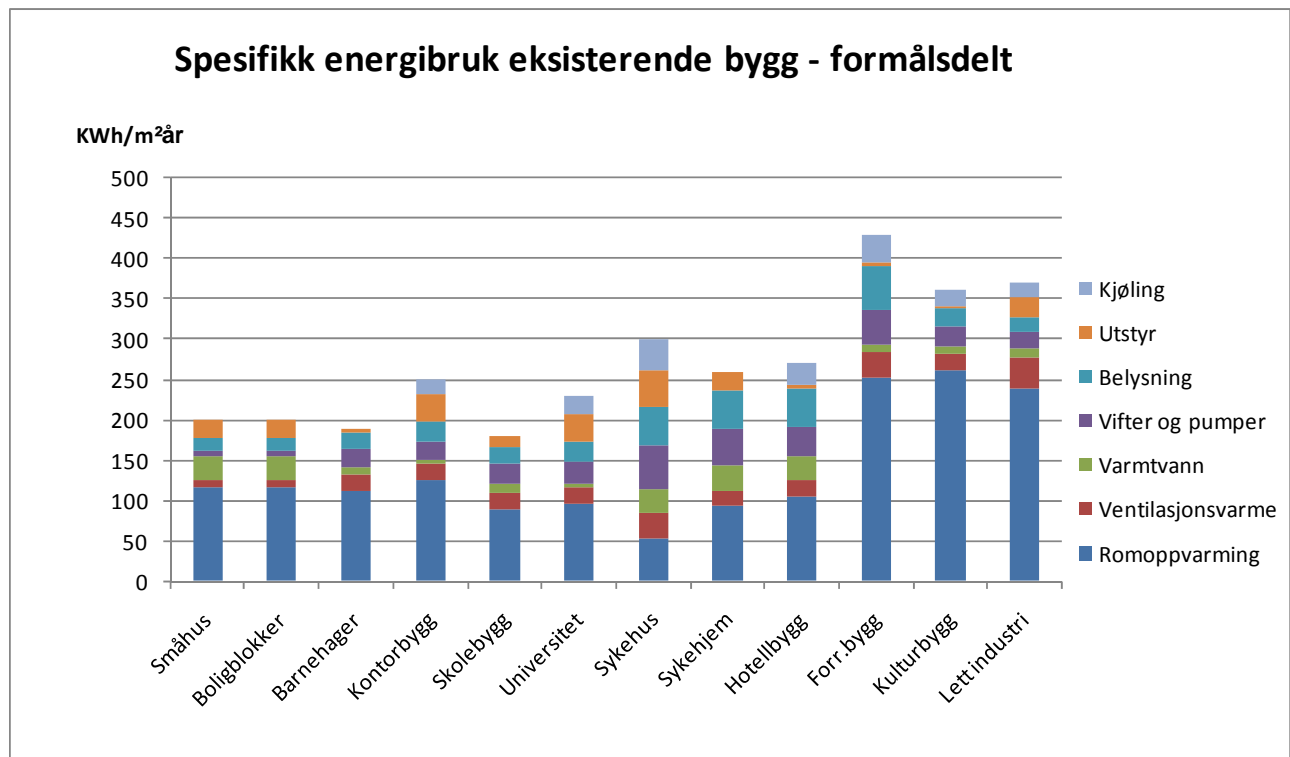
Energistatistikken på spesifikk levert energi kan brukes som sammenligningsgrunnlag for energibruk fra bygg til bygg, og også fungere som nøkkeltall for rådgivere og utførende. Videre vil det være et nyttig verktøy for myndighetene og forskere i analyser av energibruken i byggsektoren, både for å vurdere virkemidler samt å regne ut energisparepotensialer og fremtidsscenarioer.

Hvis man samholder beregnet og målt levert energi med tilstrekkelig mange bygg vil man også se om det er en rimelig sammenheng mellom slik det prosjekteres/beregnes og slik det i praksis blir. Dette kan være nyttig input til revisjon av standarder, beregningsmetoder og modeller og forskrifter.

²² Selv om det blir innført krav om dokumentasjon av beregnet levert energi, betyr ikke det at målepunktet eller kriterier som EMS eller TEK skal være basert på ligger på levert energi. Det kan både ligge høyere opp (CO₂, vektet levert energi), eller lavere ned (oppvarmingsbehov, varmetapstall, minstekrav komponenter) slik det f.eks. er i NS3700.

4.2 SPESIFIKK ENERGIBRUK - FORMÅLSDELT

I figur 4.2 er det vist hvordan en målt energistatistikk for formålsdelt energibruk kan se ut. Det er her oppdelt på byggkategorier etter TEK, og energipostene er i henhold til NS3031. Lignende statistikk kan også lages for beregnet formålsdelt energibehov (netto energibudsjet). I appendix D er det også vist andre måter å dele opp og presentere statistikk for spesifikk, formålsdelt energibruk.



Figur 4.2 Tenkt (fiktiv) statistikk over spesifikk formålsdelt energibruk fordelt på energiposter. **OBS! Tallene i diagrammet er ikke reelle.**

HVORDAN OPPARBEIDE STATISTIKKEN

Bortsett fra modellbyggprosjektet tilbake fra 2002 (**Søgnen, 2002**) er det lite data på formålsdelt energibruk i norske bygg. Det er i nyere tid målt formålsdelt energibruk i Miljøbygget i Trondheim (**Grini, 2011**), og det er også satt i gang formålsdelt energimåling på Marienlyst skole²³ i Drammen. Dette er imidlertid langt fra tilstrekkelig antall bygg for å lage et representativt underlag for statistikk på formålsdelt energibruk.

For prosjekter med høye energiambisjoner (passivhunnivå), som også får støtte fra Enova, vil det være nærliggende å sette krav til at de instrumenteres og måles ned på formålsdelt nivå (energiposter etter NS3031). En tilleggsfordel med disse prosjektene er at de også har energiberegninger av høy kvalitet, med både levert energi og netto energibudsjet (formålsdelt). Med det betydelige antall bygg som nå kommer på passivhunnivå (**Enova, 2011**) vil dette på få år gi et bra underlag for statistikk for både levert energi og formålsdelt energibruk, både beregnet og målt.

Når det gjelder nye bygg bygget etter dagens forskriftskrav (TEK07/TEK10) vil det være ønskelig å gjøre formålsdelte energimålinger også på dem (se forslag til hovedprosjekt i kap.5). For å få mest mulig ut av et slikt måleprogram til minimum kostnad bør det være

²³ <http://www.futurebuilt.no/?nid=202336>

bygg som planlegges målt før det bygges, og som også har energiberegninger av god kvalitet. Planlagt instrumentering av bygget er alltid mer kostnadseffektivt enn etterinstallering av måleutstyr.

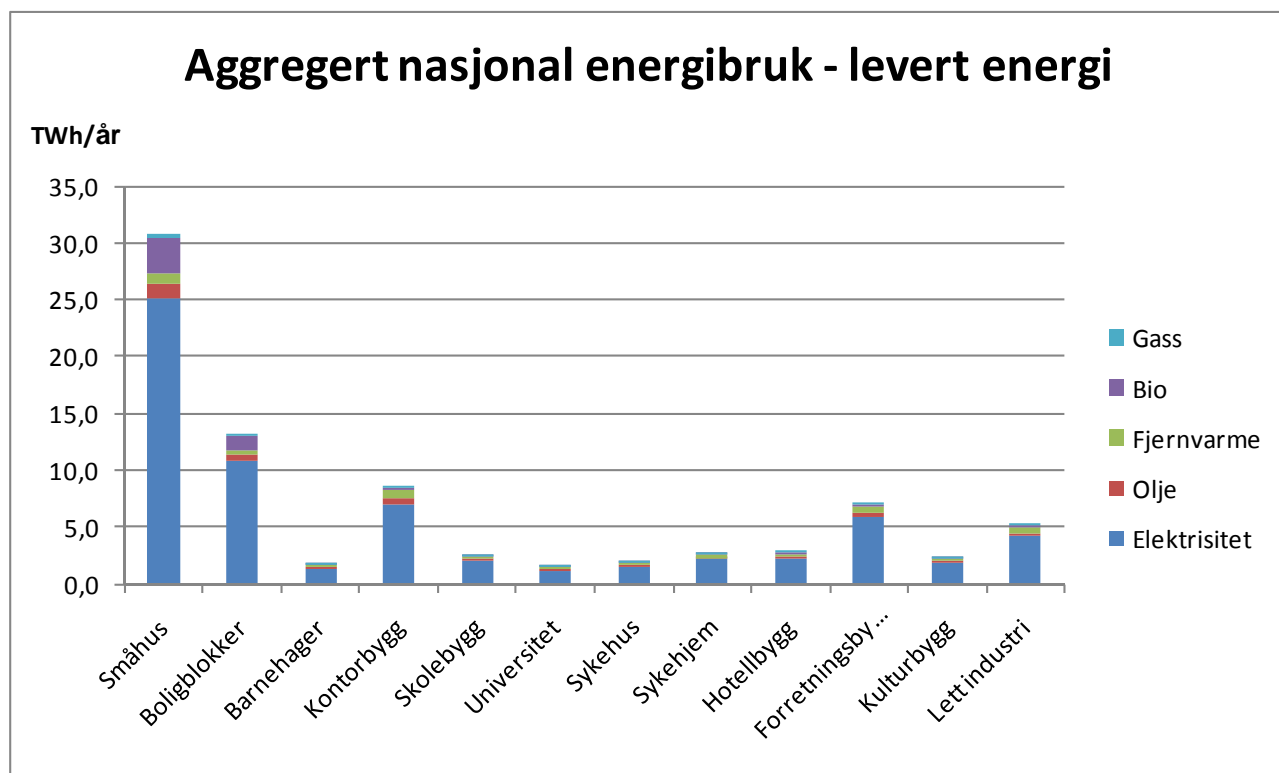
Det er også ønskelig å ha estimert formålsdelt energibruk i gjennomsnittlige eksisterende bygg. En mulig måte å gjøre det på uten omfattende og kostbar instrumentering og måling av eksisterende bygg, er å koble måling av levert energi med informasjon fra formålsdelt energi på nye bygg og passivhusbygg. Det er også mulig at man kan bruke formålsdelt energibruk fra de svenske STIL-undersøkelsene (**Lublin, 2010, Persson, 2007a, Persson, 2007b, Gullberg, 2008**), sammen med målt levert energi fra norske bygg. I utgangspunktet vil man tro at svenske og norske bygg er sammenlignbare, men dette bør eventuelt analyseres nærmere hvis aktuelt.

BRUK AV STATISTIKKEN

Formålsdelt målt energibruk vil for både nye bygg, bygg med høye energiambisjoner (eks. passivhus) og gjennomsnittlige bygg ha meget stor nytte når det gjelder utvikling og verifisering av standarder, beregningsmetodikk, modeller og innretting av forskrifter. Det vil også være nyttig for å se hvilke tiltak som er viktigst og hvilke som er mindre viktig for å oppnå lavt energibruk, og om dette stemmer overens med de som beregnes som mest effektive. I så måte vil det også være viktig for analyser av energiscenarier framover, og for innretting av virkemidler fra myndighetene.

4.3 AGGREGERT NASJONAL ENERGIBRUK - LEVERT ENERGI

I figur 4.3 er det vist en *tenkt* statistikk over nasjonalt aggregert energibruk fordelt på ulike byggkategorier, og fordelt på ulike energivarer (levert energi). En slik statistikk vil vise hvor mye energi i TWh per år som nasjonalt går til ulike byggtypen, og hvordan dette fordeler seg på ulike energivarer.



Figur 4.3 Tenkt (fiktiv) statistikk over nasjonalt aggregert energibruk (levert energi) fordelt på ulike byggkategorier. **OBS! Tallene i diagrammet er ikke reelle.**

HVORDAN OPPARBEIDE STATISTIKKEN

SSBs energivarebalanse har statistikk over nasjonalt aggregert energibruk til boliger og yrkesbygg, fordelt ned på ulike energivarer. Tallene i statistikken kommer primært fra leverandører og produsenter av energivarer, som strøm (nettselskaper) fjernvarme, olje og bioenergi. Ulempen med energivarebalansen er at den ikke har oppdeling på de ulike byggkategoriene vi ønsker.

En alternativ eller supplerende måte å få fram aggregert energibruk på er å bruke statistikk på spesifikk levert energi (se 4.1) og bruke bygningsarealstatistikk for ulike byggkategorier til å beregne aggregert nasjonal energibruk. For eksempel har Enova (**Enova, 2009**) angitt en fordeling av bygningsareal på en del byggkategorier, basert på arealstatistikk fra SSB og Prognosesenteret. Matrikkelen²⁴, som ble innført i 2007, er det offisielle registeret over fast eiendom og overtar blant annet for det tidligere GAB-registeret. Data fra matrikkelen vil fremover også kunne brukes til å opparbeide bedre arealstatistikk for bruk i energi-statistikken.

Det må understrekes at det brukes ulike arealbegreper ved beregninger, og i de ulike arealstatistikken, både bruttoareal (BTA), boligareal (BOA), Bruksareal (BRA) , oppvarmet

²⁴ <http://www.statkart.no/nor/Matrikkel/>

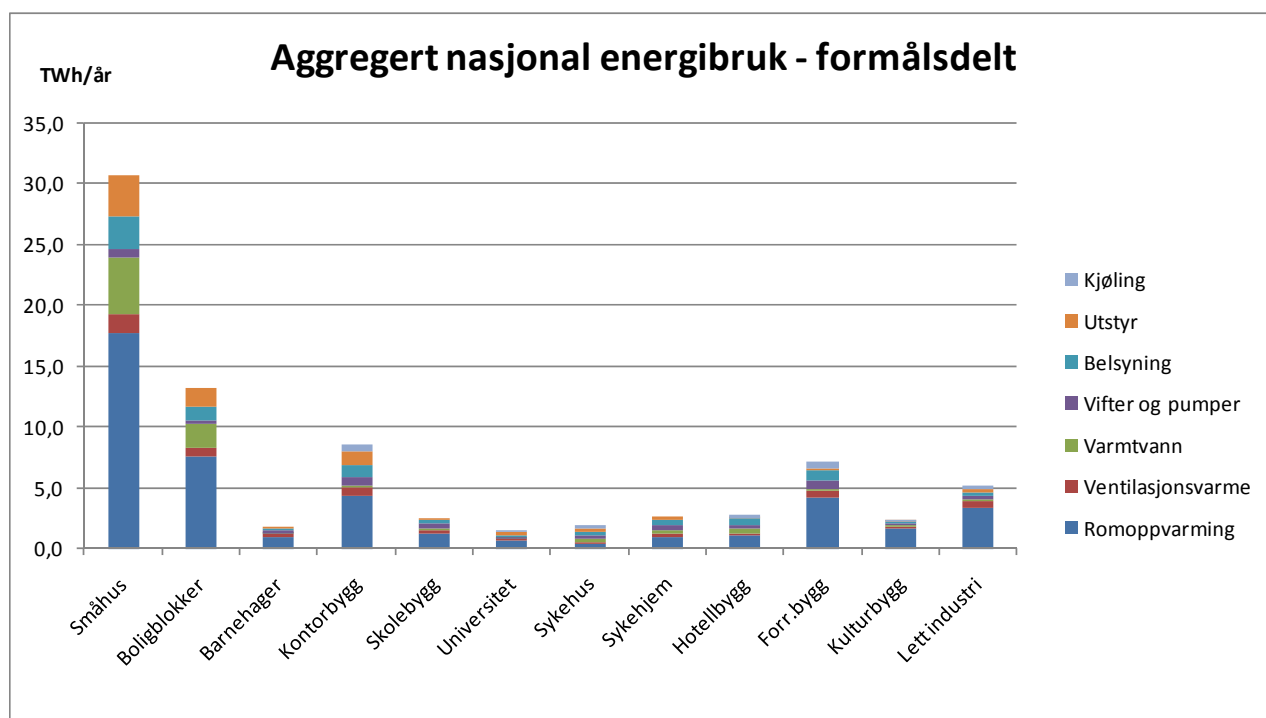
bruksareal med flere brukes. Ved omregning mellom spesifikk energibruk og aggregert energibruk må dette tas hensyn til, da forskjellen i de ulike definisjonene er betydelig.

BRUK AV STATISTIKKEN

Statistikk over aggregert energibruk er et nyttig verktøy for myndighetene for å se hvilke byggkategorier som er de største energibrukerne og hvor det er viktigst å sette inn tiltak. Videre vil en slik statistikk, fulgt over flere år, kunne vise om nasjonale tiltak for å redusere energibruken eller vri bruken over til andre energikilder (varer) gir den forutsatte effekten. Det vil si at statistikken vil være en del av det nasjonale måleinstrumentet som er foreslått i KRD-rapporten (**KRD, 2010**)

4.4 AGGREGERT NASJONAL ENERGIBRUK - FORMÅLSDELT ENERGI

I figur 4.4 er det vist en *tenkt* statistikk over nasjonalt aggregert energibruk fordelt på ulike energiposter, for ulike byggtyper. En slik statistikk vil vise hvor mye energi i TWh per år som nasjonalt går til ulike formål som oppvarming, varmtvann og belysning, og hvordan dette fordeler seg på ulike bygningstyper. Andre måter å presentere og bruke en slik statistikk på er vist i appendix D.



Figur 4.4 Tenkt (fiktiv) statistikk over spesifikk formålsdelt energibruk fordelt på energiposter (etter NS3031) for ulike byggekategorier. **OBS! Tallene i diagrammet er ikke reelle.**

HVORDAN OPPARBEIDE STATISTIKKEN

En slik statistikk må primært baseres på representative målinger/estimer av spesifikk formålsdelt energibruk (se 4.2) og beregnes opp til aggregert energibruk med informasjon

om bygningsarealstatistikk for ulike byggkategorier (se 4.3). Total summert energibruk må kontrolleres mot energitall fra energivarebalansen.

BRUK AV STATISTIKKEN

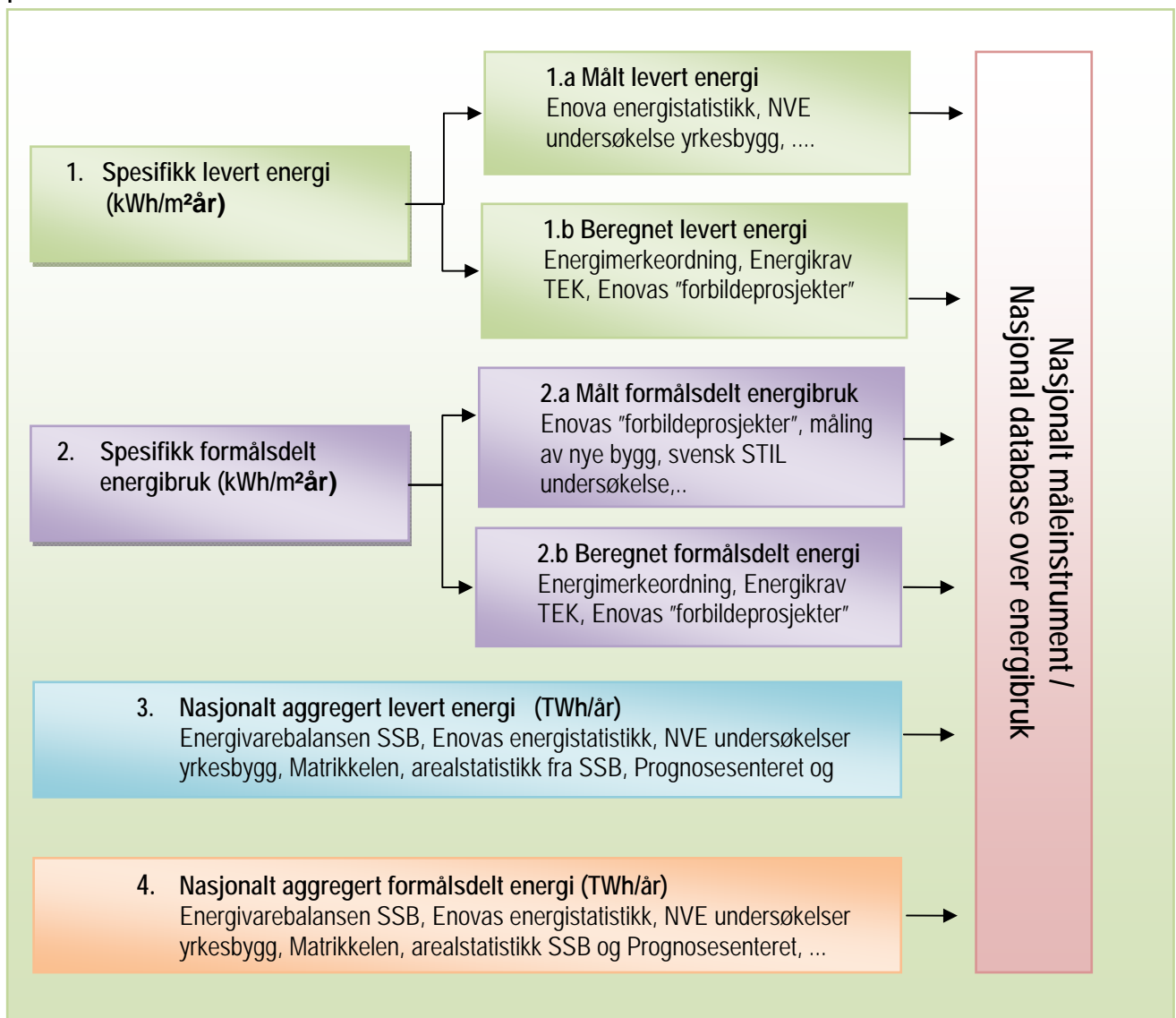
Statistikken over aggregert formålsdelt energibruk vil være et meget nyttig analyseverktøy, som kan svare på spørsmål som:

- Hvor mye energi(TWh/år) brukes til belysning i norske bygg, og hva er energisparepotensialet ved å bytte ut til best tilgjengelige teknologi
- Hvor mye energi brukes til oppvarming i den norske boligmassen, og hvor mye er energisparepotensialet hvis 50 % av boligmassen oppgraderes til passivhusnivå (de neste 30 årene).

I tillegg vil statistikken kunne besvare en rekke andre spørsmål vi ikke finner gode svar på med dagens statistikk.

4.5 OPPSUMMERING

Figur 4.5 illustrerer hvordan en nasjonal database eller nasjonalt måleinstrument kan bygges opp. Som det fremgår av det foregående er oppbyggingen av en slik energistatistikk avhengig av god arealstatistikk. Utvikling av bygningsarealstatistikk og energistatistikk må derfor ses i sammenheng og koordineres. Det framkommer også av figuren at det er flere aktører som jobber med energistatistikk i dag, som i en slik sammenheng i enda større grad må samordne sine metoder, data og datainnsamling. Hvorvidt det bør være et felles sekretariat, eller en aktør/organisasjon som tar ansvar for en slik nasjonal database tas det ikke stilling til i denne rapporten.



Figur 4.5 Skisse til en nasjonal database og måleverktøy for energibruk i bygninger

5. FORSLAG TIL VIDEREFØRING I HOVEDPROSJEKT

Ut fra arbeidet med dette forprosjektet har vi kommet fram til at hovedprosjekt eller flere hovedprosjekter bør omfatte:

1. En teoretisk sensitivitetsanalyse.
2. Måleprosjekt for formålsdelt energibruk .
3. Utarbeidelse av norsk standard for etterprøving av energibruk.
4. Et pilotprosjekt på oppbygging av en nasjonal database.

5.1 TEORETISK SENSITIVITETSANALYSE

Det foreslås å gjøre en teoretisk sensitivitetsanalyse, basert på simuleringer, på noen sentrale byggkategorier. Dette kan ses i sammenheng med det foreslåtte måleprosjektet (se 5.2), og samme utvalg av byggkategorier bør undersøkes. Måletningen med en slik sensitivitetsanalyse er å se hvilke parametere/inndata som er viktigst for energibruken. Det vil også være nyttig å gjøre en slik analyse før man instrumenterer bygg som skal måles detaljert. I tillegg til å måle på de enkelte energipostene (se 5.2), vil det ofte være fornuftig å detaljmåle på noen parametere som lekkasjetall, SFP-faktor, virkningsgrad gjenvinner, luftmengder, temperaturnivåer og lignende. Hvilke som det er fornuftig å detaljmåle på kan avdekkes av en slik sensitivitetsanalyse. Siden sensitiviteten til ulike parametre er avhengig av ambisjonsnivået (passivhusnivå, TEK10, eldre bygg), er det fornuftig å gjøre analysen med utgangspunkt i ulike ambisjonsnivåer for byggene.

Det er tidligere gjort en slik sensitivitetsanalyse for norske forhold (**Haase, 2010**), men denne tok for seg kun ett kontorbygg, og utelater noen viktig parametre, og i tillegg er analysen gjort med et simuleringsverktøy som ikke beregner etter NS 3031. Det er derfor behov for å gjøre en slik analyse med et simuleringsverktøy som regner ihht. NS3031.

5.2 MÅLEPROSJEKT FOR FORMÅLSDELT ENERGIBRUK

Som det fremgår av de foregående kapitlene er det i Norge svært få prosjekter som har sammenlignet beregnet energibruk med målt energibruk, og særlig da målt/beregnet ned på energipostnivå (NS3031). Det finnes noen internasjonale resultater på dette som delvis kan overføres til norske forhold, men ikke tilstrekkelig for vårt formål.

Som argumentert for i kap.4 er det fornuftig at bygg med høye energiambisjoner som støttes av Enova, får krav²⁵ om etterprøving av energibruk ned på energipostnivå (NS3031). Videre er det argumentert for at man kan estimere formålsdelt energibruk på eksisterende bygg ved hjelp av svenske målinger (bl.a. STIL-undersøkelsene), men også med målinger av levert energi på eksisterende bygg, samt formålsdelt energibruk på nye bygg med normale (TEK) og høye energiambisjoner (eks. passivhus).

Det som det imidlertid er behov for å gjøre målinger på er formålsdelt energibruk på et tilstrekkelig antall nybygg (TEK10/TEK07). Hvis vi skal kunne si noe statistisk signifikant om energibruken bør vi ha minimum 15-20 prosjekter/bygg i ulike byggkategorier, se appendix E. Tar vi utgangspunkt i de 13 byggkategoriene i TEK, betyr det at vi må måle ca. 200-260

²⁵ Det bør vurderes å gi støtte helt eller delvis for å dekke kostnader for instrumentering og etterprøving, da dette ofte er en betydelig investering som det er urimelig at utbygger/byggherre skal dekke i sin helhet alene.

prosjekter/bygg. Med en anslått kostnad for etterprøving på 1 million kroner per prosjekt/bygg²⁶ (Enova, 2011), så er nok et slikt omfang relativt urealistisk kostnads- og ressursmessig.

For å avgrense et slikt prosjekt foreslås det å avgrense det til noen sentrale byggkategorier, konkret foreslås det boligbygg, skolebygg, kontorbygg, helsebygg/omsorgsbygg og hotellbygg. Dette er byggkategorier vi vet det bygges mange av hvert år. Det foreslås videre at det etterprøves mellom 15-20 bygg/prosjekter for hver byggtipe, og at det velges bygg som har energiberenginger av høy kvalitet. Byggene bør ideelt sett være plukket ut før de bygges slik at instrumentering og planlegging av etterprøving gjøres i planleggingsfasen. Dette vil redusere kostnadene for instrumentering og etterprøving. Erfaringer med instrumentering og etterprøving av Marienlyst skole²⁷ og Miljøbygget (Grini, 2011) bør dras inn i dette arbeidet.

Tabell 5.1 oppsummerer forslag til etterprøving, og estimerte kostnader for dette.

Tabell 5.1 Forslag til antall bygg/prosjekter som etterprøves og estimerte kostnader for dette.

Byggkategorier	Antall bygg/prosjekter	Estimerte kostnader
Boligbygg	15-20	15-20 mill.kr
Kontorbygg	15-20	15-20 mill.kr
Skolebygg	15-20	15-20 mill.kr
Helse/omsorgsbygg	15-20	15-20mill.kr
Hotellbygg	15-20	15-20 mill.kr
SUM	75-100	75-100 mill.kr

Et hovedprosjekt på 75-100 millioner er et stort prosjekt, som kanskje bør gå over 4-5 år. Det kan også være fornuftig å starte med et mindre prosjekt, med 4-5 prosjekter/bygg som går over ca. 15 måneder, og som kan støtte utviklingen av en norsk standard for etterprøving av energibruk (se 5.3) og også ha kobling mot utvikling av en nasjonal database (se 5.4).

5.3 UTARBEIDELSE AV NORSK STANDARD FOR ETTERPRØVING AV ENERGIBRUK

Som vist i kapittel 3 er det behov for å fastsette metodikk og kriterier for hvordan energibruk skal etterprøves, og også hvordan den skal foholde seg til beregningsmetodikken i NS 3031.

Tidligere var NS3032 standarden som ble brukt ved etterprøving og presentasjon av energibruk, men denne ble trukket tilbake når nye NS3031 kom i 2007. Det foreslås derfor å initiere et prosjekt hvor man lager en ny versjon av NS3032 (eller tilsvarende), som forholder seg til metodikken i NS3031, og europeiske og internasjonale standarder på dette området. Et slikt prosjekt må være i regi av Standard Norge.

²⁶ Kostnaden for etterprøving vil variere med størrelsen på prosjektet. Her tenker vi på mellomstore leilighets- eller yrkesbyggprosjekt (4000-8000 m²), eller en litt større småhusbebyggelse (15-25 boenheter).

²⁷ <http://www.futurebuilt.no/?nid=202336>

Noen sentrale momenter som må adresseres ved utvikling av en slik standard er:

1. Hvordan bestemme arealer, og mer konkret hvordan delvis oppvarmede arealer, eller arealer som bruker noe energi (eks. parkeringskjellere) skal håndteres ved måling? Reglene som brukes ved beregning i NS3031 (oppvarmet bruksareal) kan ikke brukes direkte ved måling av energibruk.
2. Hvordan justere for reelt klima i den perioden hvor målingene gjøres, for å kunne sammenligne med beregninger med "normert" klima for stedet? Er den tradisjonelle graddagsjusteringen en holdbar metode, eller må mer sofistikerte metoder brukes?
3. Hvordan behandle levert energi til uteområdet, både termisk og elektrisk energibruk?
4. Hvordan skal målingene ta hensyn til grensesnitt mellom levert energi og energibehov, det vil si ta hensyn til ulike tapsledd i produksjon, lagring, distribusjon og avgivelse? Her kan kombinasjoner av måling, beregninger og estimater/tabellverdier være aktuelle metoder for å holde kostnadene til instrumentering på et realistisk nivå.

I LECO's undersøkelse av fem kontorbygg (**Grini, 2009**) og i undersøkelsen av Miljøbygget (**Grini, 2011**) er spesielt problem 1 og 2 diskutert, og forsøkt løst for disse konkrete undersøkelsene. Det er sterkt påkrevd å få en standardisert metode for disse spørsmålene slik at man kan sammenligne energibruk fra prosjekt til prosjekt, og danne grunnlag for en mest mulig korrekt energistatistikk.

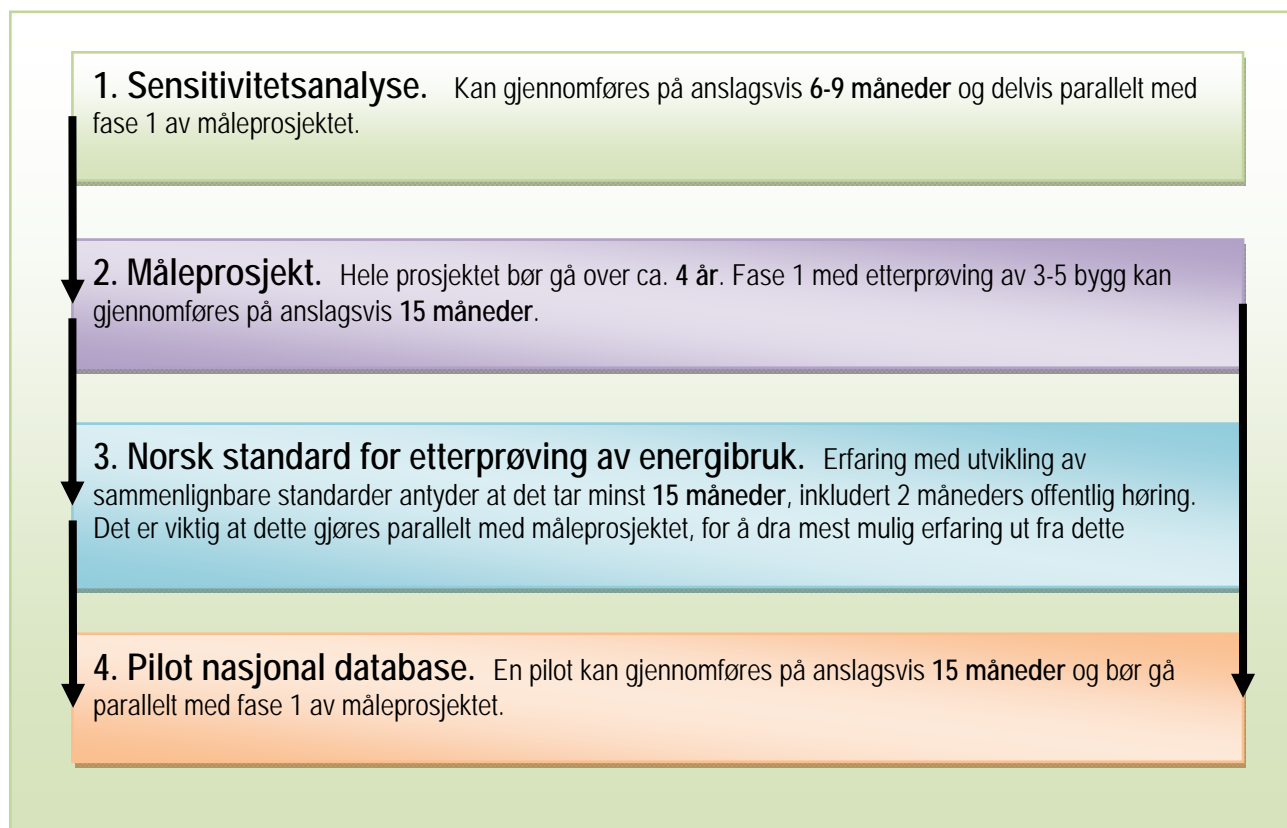
5.4 PILOTPROSJEKT PÅ OPPBYGGING AV NASJONAL DATABASE

En samlet nasjonal database eller nasjonalt måleinstrument som bekrevet i kapittel 4 vil det trolig ta en god del tid å utvikle og bygge opp. Det er selvsagt ikke nødvendig å starte dette arbeidet helt forfra, men videreutvikle og koordinere allerede eksisterende statistikk (Enova, NVE, SSB med flere) og pågående og planlagte arbeid/undersøkelser på dette området.

Vi mener det vil være fornuftig å laget et lite pilotprosjekt som tester ut de enkelte delene av den skisserte databasen. Eksempelvis kan man etterprøve et lite antall kontorbygg (3-5) på formålsdelt nivå (kap. 4.2), samtidig som man etterprøver et større andel kontorbygg (f.eks. 30-50) på nivået levert energi (kap. 4.1). Med arealstatistikk fra f.eks. SSB og Matrikkelen kan man da forsøke å estimere både energibruken til kontorbygg på nasjonalt nivå, og typisk formålsdelt energibruk til ulike energiposter i kontorbygg. Tallene ville selvsagt ikke bli statistisk signifikante, men vil være nyttige for å utvikle metodikken og verktøyene som bør ligge til grunn for en nasjonal database. Det vil være naturlig å utforme piloten som et samarbeidsprosjekt mellom de viktigste aktørene. Prosjektet kan enten ledes av et lite sekretariat eller av en av de sentrale institusjonene.

5.5 OPPSUMMERING

Figur 5.1 viser de fire foreslåtte hovedprosjektene og skisserer hvordan de henger i sammen. Tabell 5.2 angir anslått gjennomføringstid, og kostnader/finansieringsbehov for å gjennomføre de fire prosjektene. Som vi ser er måleprosjektet det klart mest kostnads- krevende av de fire foreslåtte hovedprosjektene.



Figur 5.1 Forslag til fire hovedprosjekter og hvordan de henger sammen (vertikale piler).

Tabell 5.2 Estimert gjennomføringstid og anslåtte kostnader for de fire foreslåtte hovedprosjektene.

Prosjekt:	Estimert gjennomføringstid	Estimerte kostnader
1. Sensitivitetsanalyse	6-9 mnd.	350 000 kr
2. Måleprosjekt	4 år (fase 1: 15 mnd.)	75-100 mill. kr (Fase 1: 3 - 5 mill. kr)
3. Ny norsk standard	15 mnd.	1 – 1,5 mill. kr
4. Pilot nasjonal database	15 mnd.	0,5 – 1 mill. kr

REFERANSER

Almeida, 2008. Almeida, A. mfl. *REMODECE – Residential Monitoring to Decrease Energy Use and Carbon Emission in Europe*. IEAA programme. ISR-university of Coimbra. 2008

Andersen, 2011. Muntlig kommunikasjon med Geir Andersen, Drammen Eiendom KF. Januar 2011.

Bjørberg, 2011. *Innspill til faktakapittel i Stortingsmelding om Bygningspolitikk*. Multiconsult (med innspill fra Prognosenteret, SINTEF Byggforsk og NHO service), mars 2011.

Boverket, 2009a. *Supplement februar 2009, 9 Energihushållning. Regelsamling för byggande, BBR 2008*. Karlskrona : NRS Tryckeri AB, Februar 2009

Boverket, 2009b. *Energihushållning enligt Boverkets Byggregler*. Karlskrona : Danagårds grafiska, Oktober 2009.

Boverket, 2006 *Samlingsdokument – referensvärden: Underlagsrapporter för att ta fram referensvärden för energianvändning i befintliga småhus, flerbostadshus och lokaler*. Boverket, 2006.

Bøhm, 2009. Bøhm, B. *Varmt Brugsvand. Måling av forbrug og varmetab fra cirkulationsledninger*. SBI 2009:10. Statens Byggeforskningsinstitut, 2009.

Dokka, 2009. Dokka, T H. Klinski, M. Haase M. og Mysen, M. ***Kriterier for passivhus- og lavenergibygg – Yrkesbygg***. SINTEF Byggforsk prosjektrapport 42. ISBN 978-82-536-1107-5 , 2009.

Enova, 2011. *Kunnskapsbehov for å innføre passivhus som standard*. Enovarapport 2011. <http://www.enova.no/sitepageview.aspx?articleID=4183>

Enova, 2009. *Enovas byggstatistikk for 2009*. <http://www.enova.no/publikasjonsoversikt/publicationdetails.aspx?publicationID=548>

Feist, 2001. Feist, W., Peper, S. Görg, M.. *CEPHEUS - Cost Efficient Passive Houses as European Standards supported by the EU*. Projectinformation No.38. Passivhausinstitut og Stadtwerke Hannover AG,Hannover, 2001

Grinden, 2008. Grinden B., N. Feilberg. *Analysis of Monitoring Campaign in Europe*. ISR-university of Coimbra (Koordinator), Portugal, 2008

Grini, 2009. Grini, C. Mathisen, H-M. Sartori, I. Haase, M. Wøhlk, H. Sørensen, J. Petersen, A. Bryn, I. og Wigenstad, T. ***LECO – Energibruk i fem kontorbygg i Norge - Befaring og rapportering***, Prosjektrapport 48. SINTEF Byggforsk, 2009

Grini, 2011. Grini, C. *Post-occupancy evaluation of a recent energy efficient office building*. SINTEF Building and infrastructure, 2011.

Gullberg, 2008. Gullberg, M., mfl.. *Energianvändning i vårdlokaler. Förbättrad statistik för lokaler, STIL2.* ER 2008:09. Statens Energimyndighet. 2008

Haase, 2009. Haase, M. mfl. "Simulation of energy-efficient office buildings in Norway". In Building simulation conference (BS09), Strathclyde, 2009.

Jansson, 2010. Jansson, U. *Passive houses in Sweden. From design to evaluation of four demonstration projects.* Report EBD-T-10/12. ISBN 978-91-85147-46-5. Lund University, 2010

Knapstad, Anita. 2010. Muntlig kommunikasjon med Anita Knapstad, Statsbygg. 13.12.2010.

KRD, 2010. *Energieffektivisering av bygg. En ambisiøs og realistisk plan mot 2040.* KRDs arbeidsgruppe for energieffektivisering av bygg. August 2010.
http://www.regjeringen.no/nb/dep/krd/dok/rapporter_planer/rapporter/2010/energieffektivisering-av-bygg-en-ambisi.html?id=612706

Kristensen, 2010. Kristensen, L. og Jensen, O.M. *Fremtidens Parcelhuse. Erfaringsopfølging på lavenergibyggeri klasse 1 og 2.* Det Grønne Hus og SBI. 2010

Kvist, 2006. Kvist, H. *DEROB-LTH for MS-Windows, v1.2 Users Manual.* Lund University. 2006

Langseth, 2011. Langseth, B., Everett, E. N. Havskjold, M. *Energibruk i lavenergi- og passivbygg. En sammenligning av forventet og målt energibruk.* Rapport nr. 2011-003. ISBN 978-82-93010-14-2. Xrgia AS, 2011.

Larsen, 2010. Larsen, T.S. *EnergiParcel, Statusrapport august 2010.* Aalborg Universitet, 2010

Levin, 2009. Levin, Per et al. *Brukar indata för energiberäkningar i bostäder.* SVEBY, 2009.

Levin, 2010a. Levin, Per, et al. *Brukarindata för energiberäkningar i kontor- vägledning.* Prosjektrapport 2010-04-27. SVEBY, 2010.

Levin, 2010b. Skriftlig konversasjon med Per Levin, prosjektleder for SVEBY. 05 11 2010.

Lublin, 2010. Lublin, Z. mfl. *Energien i våra lokaler. Resultat från Energimyndighetens STIL2-projekt.* Statens Energimyndighet. 2001

Martinsen, 2010. *Statistikk relevant for energibruk i bygg.* CIVITAS på oppdrag fra KRD, Mars 2010.

NS 3031, 2007 - Beregning av bygningers energiytelse- Metode og data. NS 3031:2007. Norsk Standard, 2007.

NS 3700, 2010 Kriterier for passivhus og lavenergihus. NS 3700:2010. Norsk Standard, 2010.

NVE, 2010. Energimerkeforskriften. Lovdata. [Internett] FOR-2010-06-29-1034, 01 07 2010. [Sitert: 05 11 2010.] <http://lovdata.no/for/sf/oe/xe-20091218-1665.html>.

OED, 2009. *Energieffektivisering – Lavenergiutvalget*, Juni 2009.
www.regjeringen.no/nb/dep/oed/pressemeldinger/2009/lavenergiutvalg-et-vil-halvere-energibruk.html?id=570071

Persson, 2007a. Persson, A., mfl.. *Förbättrad energistatistik för lokaler -Stegvis STIL” Rapport för år 1*. ER 2007:34. Statens Energimyndighet, 2007

Persson, 2007b. Persson, A., mfl.. *Energianvändning & innemiljö i skolor och förskolor- Förbättrad statistik i lokaler, STIL2*. ER 2007:11. Statens Energimyndighet, 2007

Petersen, 2005. Petersen, K. N., K. Gram-Hansen. *Husholdningers energi- og vandforbrug. Afhængighed av socio-økonomiske baggrundsvariable*. ISBi 2005:09. Statens Byggeforskningsinstitut, 2005.

Ruud, S 2004. Ruud, S og Lundin, L.. *Bostadshus utan traditionellt uppvärmningssystem- resultat från två års mätningar*. SP Rapport 2004:31.SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, 2004.

Schild, 2010. Schild, P. Klinski M. Grini C. *Sammenlikning og analyse av krav til energieffektivitet i bygninger i Norden og Europa*. Prosjektrapport 55. SINTEF Building and Infrastructure, 2010

Steen Larsen, T. 2010. Komforthusene- utvikling af passivhuskonseptet i en daglig kontekst. Aalborg : Aalborg Universitet, 2010.

Søggen, 2002. Søggen, O-G. *Modellbyggprosjektet. Måling av formålsdelt energibruk i 26 bygninger i Norge. Hovedrapport*. Enovas byggoperatør, 2002.

Thyholt, 2001. Thyholt, M., Lien A.G., Dokka T.H.. *Kartlegging av mekanisk kjøling i nye kontor- og forretningsbygg*. Rapport STF22 A01525. SINTEF Bygg og miljø, 2001.

Våge, 2010. Våge, M..Nielsen, H.K.Michalsen, B.G. *Rom- og tappevannsoppvarming for lavenergiboliger og passivhus, evaluering av løsninger*. Proceedings PassivhusNorden Aalborg, 2010.

Wahlström, 2009. Wahlström, Å et al. *Särskilda mätföreskrifter för energikrav 2009*. Prosjektrapport 2009-04-14. SVEBY, 2009

Wall, 2006. Maria Wall, *Energy-efficient terrace houses in Sweden- Simulations and measurements*. Energy and Buildings. Energy and Buildings, volume 38, (2006):627-634. 2006

Wickman, 2009. Wickman, P. Wahlström, Å. *Energiverifikat 09 – oppfølging av energikrav under byggprocessen*. Prosjektrapport 091231. SVEBY, 2009

Wigenstad, 2007. Wigenstad, T. *Jektholtet – Harstad. Lavenergiboliger. Oppfølging.* SBF BY A07020. SINTEF Byggforsk, 2007.

Zimmermann, 2009. Zimmermann, J. P. *End-use metering campaign in 400 households in Sweden. Assessment of the Potential Electricity Savings.* Enertech. 2009

Appendix – oversikt

APPENDIX A: LOVER, FORSKRIFTER OG EKSISTERENDE STATISTIKK OG VIRKEMIDLER

- A.1 SAMMENLIGNING AV FORSKRIFTSKRAV I DE NORDISKE LANDENE
- A.2 SSB STATISTIKK OVER SPESIFIKK ENERGIBRUK I BOLIGER OG YRKESBYGG

APPENDIX B: SAMMENLIGNING AV MÅLT OG BEREGNET ENERGIBRUK

- B1: MODELLBYGGPROSJEKTET- INFORMASJON OM UNDERSØKTE BYGG
- B2: KARTLEGGING AV KJØLING I KONTOR- OG NÆRINGSBYGG
- B3: LECO – ENERGIBRUK I FEM KONTORBYGG
- B.4 ETTERPRØVING AV ENERGIBRUK I MILJØBYGGET I TRONDHEIM
- B.5 SVENSK DOKTORGRADSAVHANDLING OM PASSIVHUS I SVERIGE
- B.6 EUROPEISK STUDIE AV ELEKTRISITETSBRUK I HUSHOLDNINGER - REMODECE
- B.7 SVENSK UNDERSØKELSE AV STRØMFORBRUK I YRKESBYGG – STIL
- B.8 SVENSK STUDIE AV STRØMFORBRUK I 400 HUSHOLDNINGER I SVERIGE
- B9: ERFARINGSOPPFØLGING AV LAVENERGIBOLIGER I DANMARK
- B10: DANSK UNDERSØKELSE AV ENERGI- OG VANNFORBRUK
- B.11 DANSK UNDERSØKELSE AV VANNFORBRUK

APPENDIX C: MÅLING AV ENERGIBRUK

- C.1 OPPDELING NETTO ENERGIBUDSJETT
- C.2 OPPDELING AV LEVERT ENERGI
- C.3 ANLEGGSKONFIGURASJON OG TILRETTELEGGING FOR MÅLING

APPENDIX D: ANBEFALINGER FOR NASJONAL DATABASE

- D.1 SPESIFIKK LEVERT ENERGI
- D.2 SPESIFIKK FORMÅLSDELT ENERGIBRUK
- D.3 AGGREGERT NASJONAL ENERGIBRUK - LEVERT ENERGI
- D.4 AGGREGERT NASJONAL ENERGIBRUK - FORMÅLSDELT ENERGIBRUK

APPENDIX E: STATISTISK SIGNIFIKANT UTVALG

APPENDIX F: BYGNINGSINFORMASJONSMODELLERING(BIM) OG ENERGIBEREGNINGER

- F.1 BAKGRUNN
- F.2 PROGRAMVARE OG STATUS
- F.3 AKTIVE AKTØRER
- F.4 UTVIKLINGSTREKK
- F.5 KONKLUSJON

APPENDIX A: LOVER, FORSKRIFTER OG EKSISTERENDE STATISTIKK OG VIRKEMIDLER

A.1 SAMMENLIGNING AV FORSKRIFTSKRAV I DE NORDISKE LANDENE

Tabell A.1. Krav til energibruk i Norge, Danmark og Sverige

Land og forskrift	Krav energi-behov	Krav energibehov 1) Småhus 2) Kontorbygg	Krav energibehov [Enhet]	Areal	Inkludert
Norge TEK10	Netto energibehov	1) 120 +1600/BRA 2) 150	[kWh/m ² oppvarmet BRA*år]	Oppvarmet Bruksareal	Totalt energiebehov for bygningen
Danmark BR10	Levert energiebehov ⁴	1) 52,5 +1650/BTA 2) 71,3 +1650/BTA	[kWh/m ² oppvarmet BTA*år]	Oppvarmet Bruttoareal (>15 C)	Oppvarming, ventilasjon, kjøling, varmt- vann, vifter og pumper (+belysning for kontor)
Sverige BBR 16	Levert energiebehov	1a) 150/130/110 ¹⁾ 1b) 95/75/55 ²⁾ 2a) 140/120/100+ 110/90/70*(q _m - 0,35) 2b) 95/75/55+ 65/55/45*(q _m -0,35) 2)	[kWh/m ² oppvarmet BRA*år]	Oppvarmet Bruksareal (>10 C)	Oppvarming, ventilasjon, komfortkjøling, varmtvann og "eiendomsdrift" ³⁾

¹⁾ Oppdelt i tre klimasoner

²⁾ Krav for elektrisk oppvarmede bygninger.

³⁾ Eiendomsdrift er energi til vifter og pumper, samt felles belysning. Det inkluderer ikke "husholdsel"/"virksomhetsel"

⁴⁾ Faktor 2,5 for direktevirkende strøm

q_m = Ventilasjonsluftmengde [l/s*m²]

Tabell A.2. Forskriftsnivå for U-verdier i ulike land pr april 2007, både minstekrav, og forskriftsnivå (Schild, 2010).

	Forskriftsnivå				Minstekrav			
	Vegg	Tak	Gulv	Vindu	Vegg	Tak	Gulv	Vindu
Sverige	0,18	0,13	0,15	1,2	0,18	0,13	0,15	
Norge	0,18	0,13	0,15	1,2	0,22	0,18	0,18	1,6
Danmark	0,2	0,15	0,12		0,4	0,25	0,3	

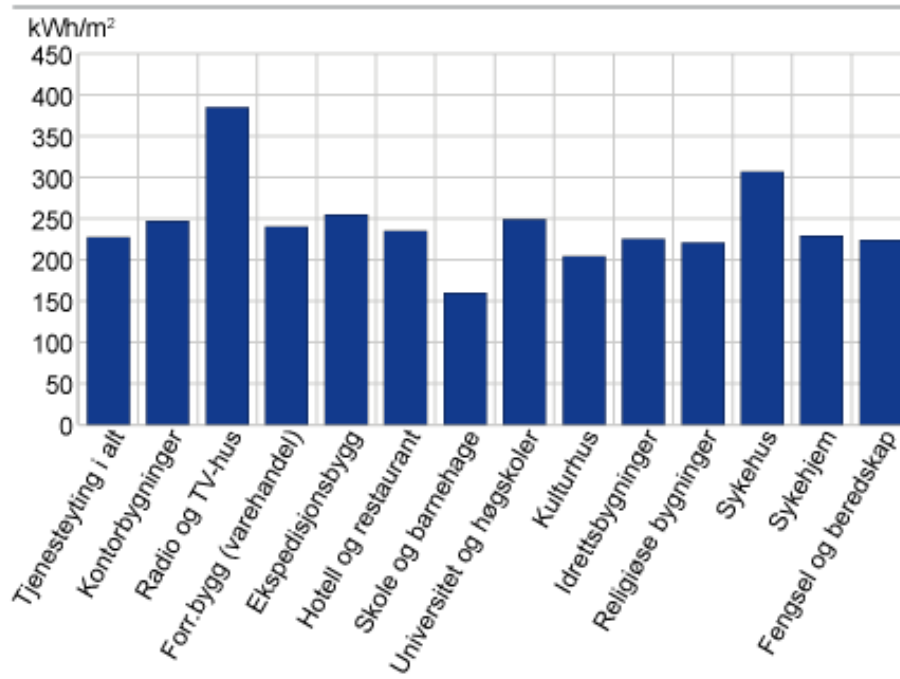
A.2 SSB STATISTIKK OVER SPESIFIKK ENERGIBRUK I BOLIGER OG YRKESBYGG

Tabell A.3 Gjennomsnittlig spesifikt energiforbruk, totalt og fordelt på energibærere. 1993-1995, 2001, 2004 og 2006. kWh tilført energi per m² boligareal per husholdning.

Årstall	Total energi	Elektrisitet	Olje og parafin	Ved, kull og koks
1993	207	167	15	25
1994	212	169	15	27
1995	211	169	15	26
2001	203	164	11	28
2004	186	145	13	27
2004 ¹	187	145	13	28
2006	190	147	12	30

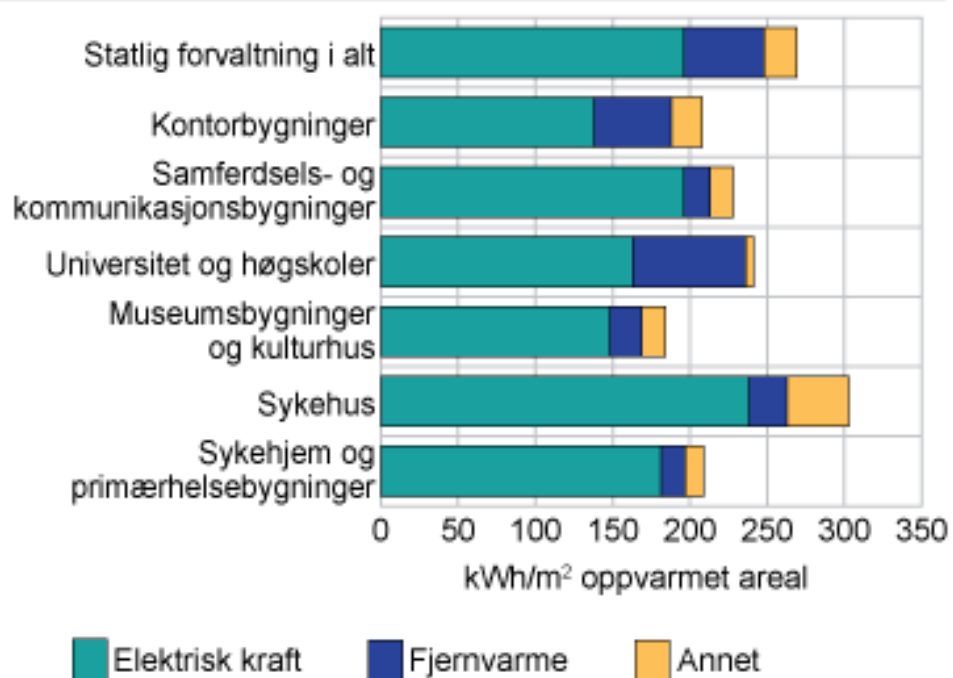
¹ For 2006 er forbruk av ved og parafin i fritidshus inkludert i husholdningenes energibruk, mens dette er trukket ut for tidligere år. For å få en sammenlignbar utvikling er 2004-tall beregnet på samme måte som for 2006 i denne raden. Forskjellen utgjør under 1 prosent av det totale energiforbruket i 2004. Strømforbruk i fritidshus er ikke inkludert for noen år.

Energiintensitet for bygninger innenfor tjenesteytende næringer.
kWh/m²



Figur A.1 Spesifikk energibruk for yrkesbygg.

Energiintensitet for bygninger innenfor statlig forvaltning. 2008



Figur A.2 Spesifikk energibruk for statlige bygg.

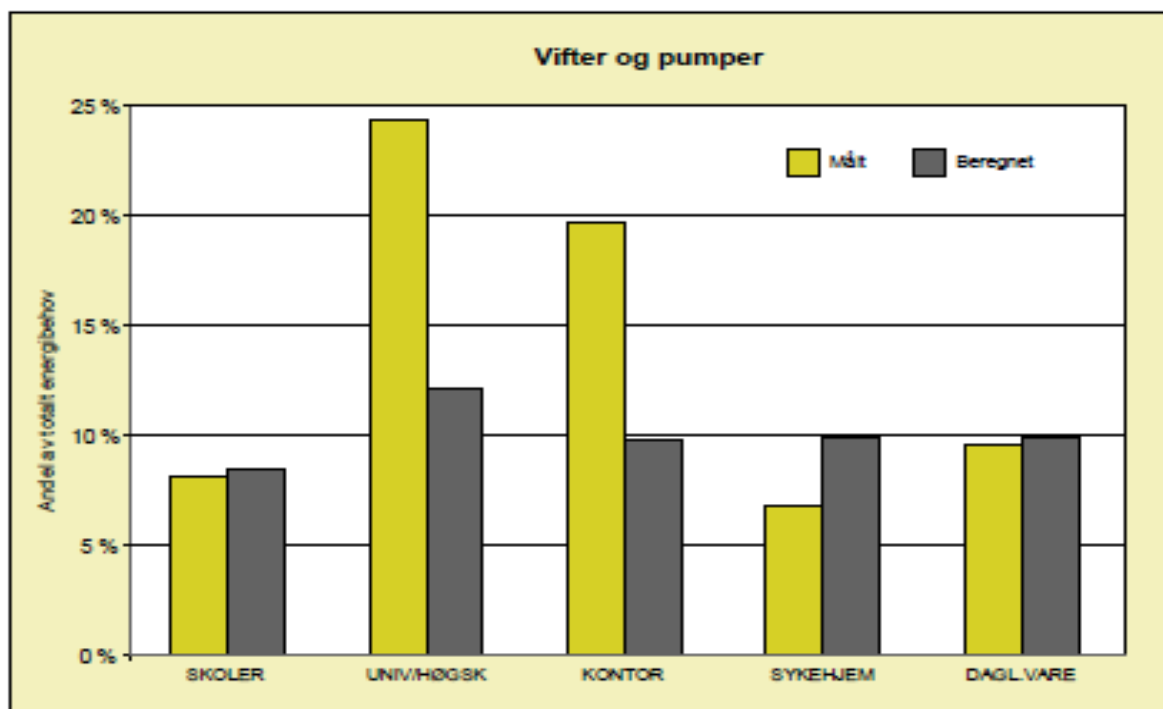
APPENDIX B: SAMMENLIGNING AV MÅLT OG BEREGNET ENERGIBRUK

B.1 MODELLBYGGPROSJEKTET- INFORMASJON OM UNDERSØKTE BYGG

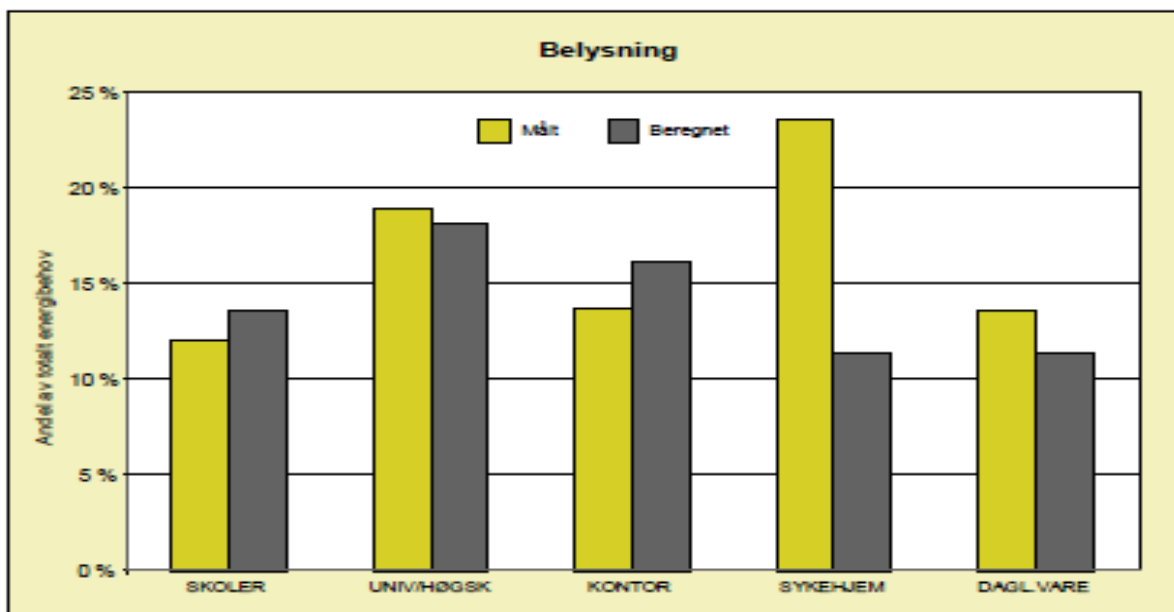
Tabell B.1. Data om bygningene som er undersøkt.

Bygningstype	Navn	Areal	Prosjektansvar
Barne- og ungdomsskoler	Husvik Skole	3.350 m ²	Enøk-senteret Vestfold AS
	Bølehøgda Skole	2.600 m ²	Telemark Enøkmiljø AS
	Vingar Barneskole	2.300 m ²	Energiråd Øst AS
	Ekrom Barneskole	1.680 m ²	Energiråd Øst AS
	Stangelang Ungd.skole	5.190 m ²	Haugaland Enøk AS
	Øren Skole	4.263 m ²	Norsk Enøk og Energi AS
	Hempa Barneskole	2.300 m ²	Energiråd Øst AS
Bygningstype	Navn	Areal	Prosjektansvar
Sykehjem	Nidarvoll Sykeheim	3.700 m ²	Enøk-senteret Sør-Trøndelag
	Siljan Sykehjem	1.600 m ²	Telemark Enøkmiljø AS
	Sørfold Pleie – og sykeheim	1.572 m ²	NORSEC
	Storesund Bu - og behandlingssenter	2.984 m ²	Haugaland Enøk AS
Bygningstype	Navn	Areal	Prosjektansvar
Høgskole-/ universitetsbygg	HVE Borre/ Bakkenteigen	16.789 m ²	Statsbygg
	HiBu/ Kongsberg Kompetansesenter	15.217 m ²	Statsbygg
	Universitetet i Bergen/ Jussbygget	13.686 m ²	Vestnorsk Enøk AS
Bygningstype	Navn	Areal	Prosjektansvar
Dagligvarebutikker*	ICA Nardosenteret	1.200 m ²	Enøk-senteret Sør-Trøndelag AS
	Drageset Spar	1.900 m ²	Vestnorsk Enøk AS
	Hans Haugen	3.000 m ²	Enøk-senteret Vest-Agder/ Enøk-senteret Aust-Agder
	”Dagligvare i Oslo”	1.710 m ²	E-CO Smart AS

Bygningstype	Navn	Areal	Prosjektansvar
Kontorbygninger	Forus Vest	32.000 m ²	Statoil
	Norcontrol-bygget	2.200 m ²	Enøk-senteret Vestfold AS
	Næringsbygget Røstad	1.620 m ²	Enøksenteret AS
	Okkenhaugveien 4	1.000 m ²	Enøksenteret AS
	Grimstad Rådhus	4.605 m ²	Enøk-senteret Aust-Agder
	Nasjonallbiblioteket Mo i Rana	1.600 m ²	NORSEC
	Sjølystparken	24.000 m ²	E-CO Smart AS
	Glommen Skogeierforening	4.065 m ²	Energiråd Øst AS

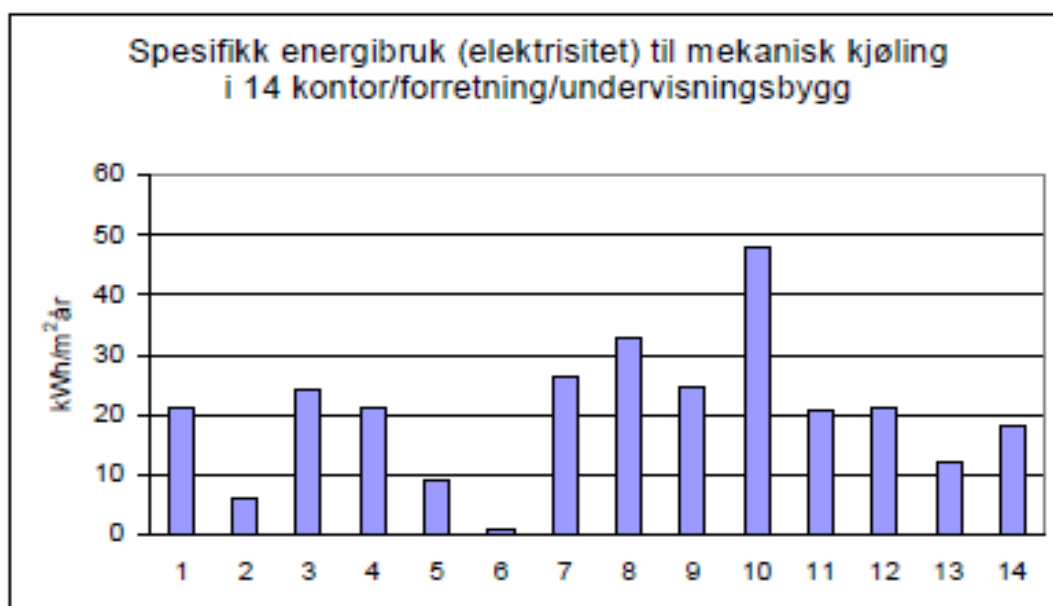


Figur B.1 Sammenligning av målt og beregnet energibruk til vifter og pumper.



Figur B.2 Sammenligning av målt og beregnet energibruk til belysning. Målingene kan være basert på produktet av merkeeffekt/målt effekt og driftstid.

B.2 KARTLEGGING AV KJØLING I KONTOR- OG NÆRINGSBYGG



Figur B.3 Målt elektrisitetsbruk til kjøling på 14 kontor- og forretningsbygg.

B.3 LECO – ENERGIBRUK I FEM KONTORBYGG

Tabell B.4. Levert energi og netto energibehov for de fem kontorbyggene.

Parameter	Enhet	Bygg				
		Aibel	Bravida	FN-bygget	Bassengbakken	Strandveien
Navn		Sandnes	Fredrikstad	Arendal	Trondheim	Bærum
Sted						
Klimasone iht. byggeforskrift av 1969 ¹⁾		Sone IV	Sone III	Sone III	Sone II	Sone III
Energioppfølging		Ja	Nei	Ja	Ja	Ja
Display over strømforbruk for brukeren		Nei	Nei	Ja	Nei	Nei
Levert energi, planlagt / presentert	[kWh/(m ² ·år)]	108 ²⁾	100	100	ca. 165	ca. 300
Levert energi, målt	[kWh/(m ² ·år)]	131 ³⁾	140 (2004-2008)	106	178 (2008) 197 (2006-2007)	293 (2006-2008)
Levert energi, termisk formål	[kWh/(m ² ·år)]	46	36	33	71 (2008)	153
Levert energi, el.spesifikk	[kWh/(m ² ·år)]	85	104	73	107 (2008)	140
Levert energi, graddagskorrigert	[kWh/(m ² ·år)]	134	144	110	188	306 (2006-2008)
Levert energi, simulert	[kWh/(m ² ·år)]	132	144	107	203	280
Netto energibehov Reelle driftbetingelser	[kWh/(m ² ·år)]	126	194	Skole 112 Helsest.178 Kontor 144	189	262
Netto energibehov ved normert drift Oslo klima ⁴⁾	[kWh/(m ² ·år)]	171	227	Skole 139 Helsest.188 Kontor 194	166	214
Netto energibehov ved normert drift ≤ 165kWh/(m ² ·år)? ⁵⁾		Nei	Nei	Sk.(135) Nei Helsest. Nei Kontor Nei	Nei	Nei

B.4 ETTERPRØVING AV ENERGIBRUK I MILJØBYGGET I TRONDHEIM

Levert energi til bygget er registrert ved hjelp av 61 målere for elektrisk energi og 7 målere for termisk energi. Tabell B.5 viser beregnede og målte verdier. Simuleringene ble utført i 2009, disse er temperaturkorrigert med bruk av meteorologiske data for 2010. Alle tall er levert energi i henhold til NS3031:2007. Noe av de målte verdiene har blitt stipulert pga manglende måledata som følge av lynnedslag.

Tabell B.5 Sammenligning av beregnede og målte verdier.

Energy item	Latest calculation, temperature corrected [kWh/yr]	Measurement by energy item – private meters [kWh/yr]
1.Room heating	93 038	385 257
2.Ventilation heating	142 923	171 487
3.Hot water	68 980	46 305
4.Fans	157 188	79 985
5.Pumps	14 921	18 575
6.Lighting	283 640	294 355
7.Electrical equipment <i>divided in 4 sub-items</i>	417 067	286 073
<i>Electrical appliances</i>		190 352
<i>Electrical cars</i>		996
<i>Data servers</i>		89 954
<i>Elevators</i>		4 771
8.Cooling <i>divided in 2 sub-items</i>	15 816	219 119
<i>Room cooling</i>	844	
<i>Ventilation cooling</i>	14 972	
Total ¹⁾	1 193 571	1 501 156

Tabellen viser store avvik mellom målte og beregnede verdier. De viktigste avvikene er kjøling, romoppvarming, elektrisk utstyr og vifter. Avviket i energibruk til kjøling skyldes mye høyere internlast i serverrommet enn forutsatt i beregningene og at kjølingen her går døgkontinuerlig hele året, i motsetning til forutsetningene. Virkelig effektfaktor for kjølemaskinene er ikke kjent og kan dermed avvike fra forutsetningen i beregningen. To av tre kjølemaskiner har unormale lastkurver. Avviket i energibruk til romoppvarming skyldes at de interne lastene fra utstyr er mye lavere enn beregnet, at bygget ikke er fullt innflyttet at settpunkttemperaturen er høyere enn forutsatt og noe bruk av radiatorer om sommeren. Energieffektiviteten til oppvarmingssystemet kan også være lavere enn forutsatt. Avviket i energibruk til elektrisk utstyr kan skyldes bruk av energieffektivt utstyr. Selv når man korrigerer for at ikke hele bygget er i bruk enda er energibruken lavere enn beregnet. Avviket i energibruk til vifter skyldes mest sannsynlig at hele bygget ikke er i bruk enda. Ventilasjonen styres etter tilstedeværelse og anlegget ser ut til å fungere bra.

Studien peker på at standardiserte klimadata for energiberegninger kun finnes for Oslo (NS3031:2007). Energiberegningene er utført med beregningsverktøyet SIMIEN. SIMIENS klimadata for Trondheim avviker fra normalen definert av meteorologisk institutt.

Det er utført en brukerundersøkelse i to av byggets etasjer, svarprosenten ligger rundt 50 %. Man vet ikke hvorfor svarprosenten er såpass lav og man vet derfor ikke om de som ikke har svart er fornøyde eller misfornøyde med bygget. Blant de som har svart er det innnetemperaturen man er mest misfornøyd med; 40 % og 20 % i de to etasjene er ikke fornøyd med innnetemperaturen. I hovedsak er det for lav temperatur man klager på, dette gjelder både sommer og vinter. En del er også misfornøyd med luftkvaliteten. De aller fleste er fornøyd med de akustiske forholdene. Det er foretatt temperaturmålinger i januar og august i to rom. Målingene viser at temperaturforholdene er ganske like i januar og august, dette kan være årsaken til klager på for lav temperatur om sommeren.

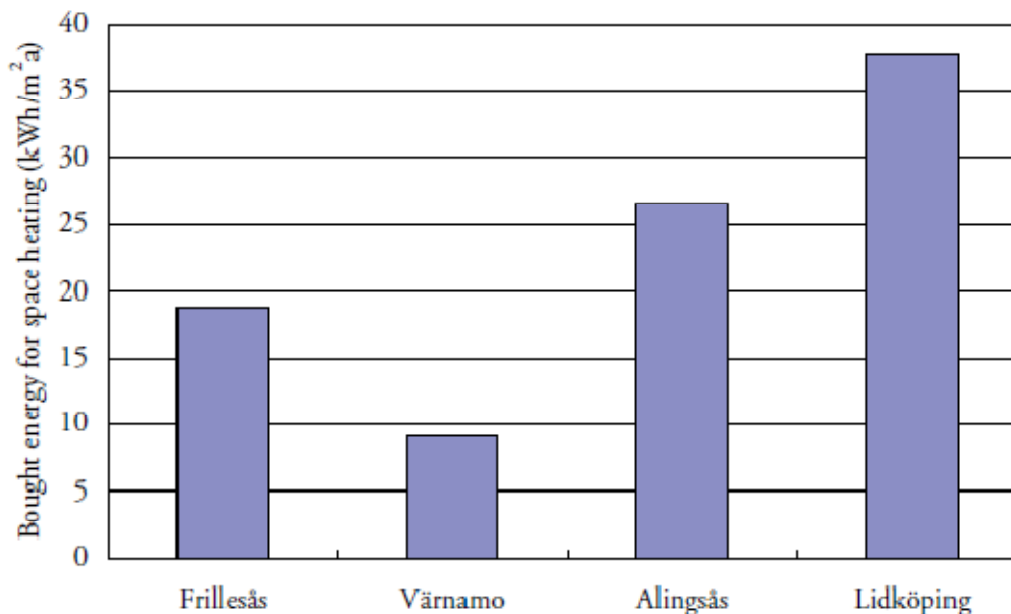
Temperaturforløpene i betonghimlingen er undersøkt ved hjelp av to innstøpte følere i to åpne kontorlandskap. På grunn av at følerne ikke har blitt kalibrert kan man ikke trekke noen konklusjon om betonghimlingen fører til temperaturutjevning.

B.5 SVENSK DOKTORGRADSAVHANDLING OM PASSIVHUS I SVERIGE

Målet med doktorgradsarbeidet var å se hvordan man i Sverige kan bygge energieffektive boliger i en større skala enn tidligere. Total energibruk, korrigert til et normalår, var 36 kWh/m²år i Värnamo, 50,5 kWh/m²år i Frillesås, 67,5 kWh/m²år i Alingsås og 51 kWh/m²år i Lidköping. Maksimaleffekten er målt til litt høyere enn beregnet. Studien konkluderer med at ventilasjonsluftmengden ikke bør reduseres under 0,5 luftskifter per time for å opprettholde god luftkomfort. Reduksjon av luftmengden under dette reduserer ikke energibruken nevneverdig. Avhandlingen trekker også fram behovet for mer brukervennlige ventilasjonsaggregatet, tilluftsventiler tilpasset oppvarming via ventilasjonsluften og vedovner med effekt på 1-3 kW. Den peker også på at noen av de økte kostnadene forbundet med å bygge passivhus vil reduseres når markedet og aktørene blir mer modne.

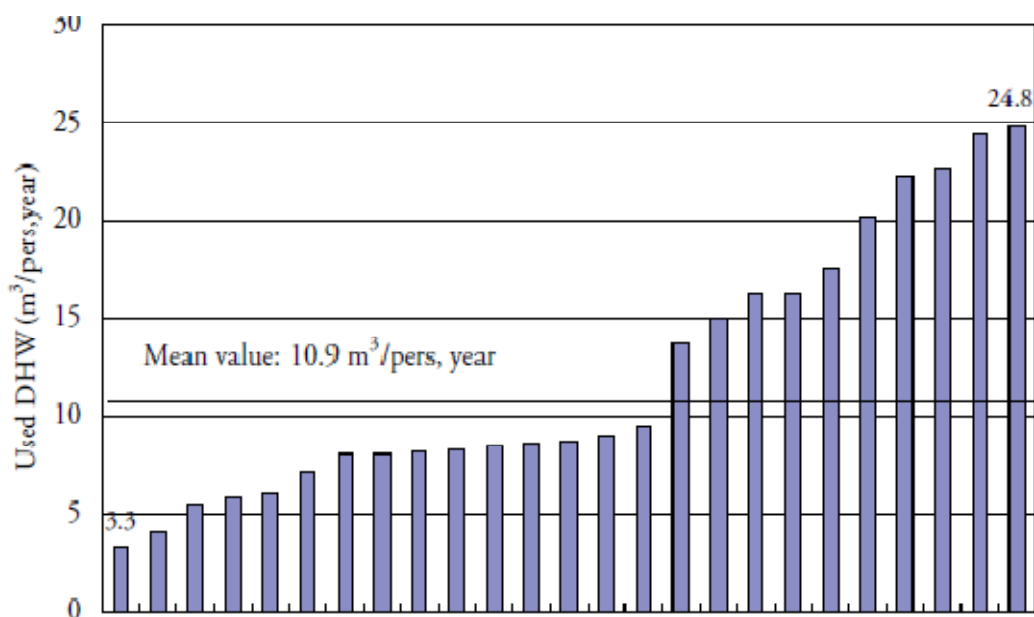
Målet for de undersøkte byggene var at de kun skulle bruke 20-25 % av energibruken til tappevann og romoppvarming som et tilsvarende bygg bygd etter gjeldende byggeregler i Sverige. Dette målet ble nådd for alle byggeprosjektene. De undersøkte byggene har blitt tett fulgt både med hensyn til å gi råd og utføre beregninger under både planleggings- og byggeprosessen. Etter at byggene var tatt i bruk er det gjort målinger på energibruk til romoppvarming, tappevann, strømforbruk i boenheten og fellesarealer og på inne- og utetemperatur. Energimålingene er graddagskorrigerede.

Ved sammenligning av de fire byggeprosjektene ser man at årlig kjøpt energi til romoppvarming varierer mye mellom prosjektene. Graddagskorrigerede gjennomsnittverdier er vist i figur B.4.



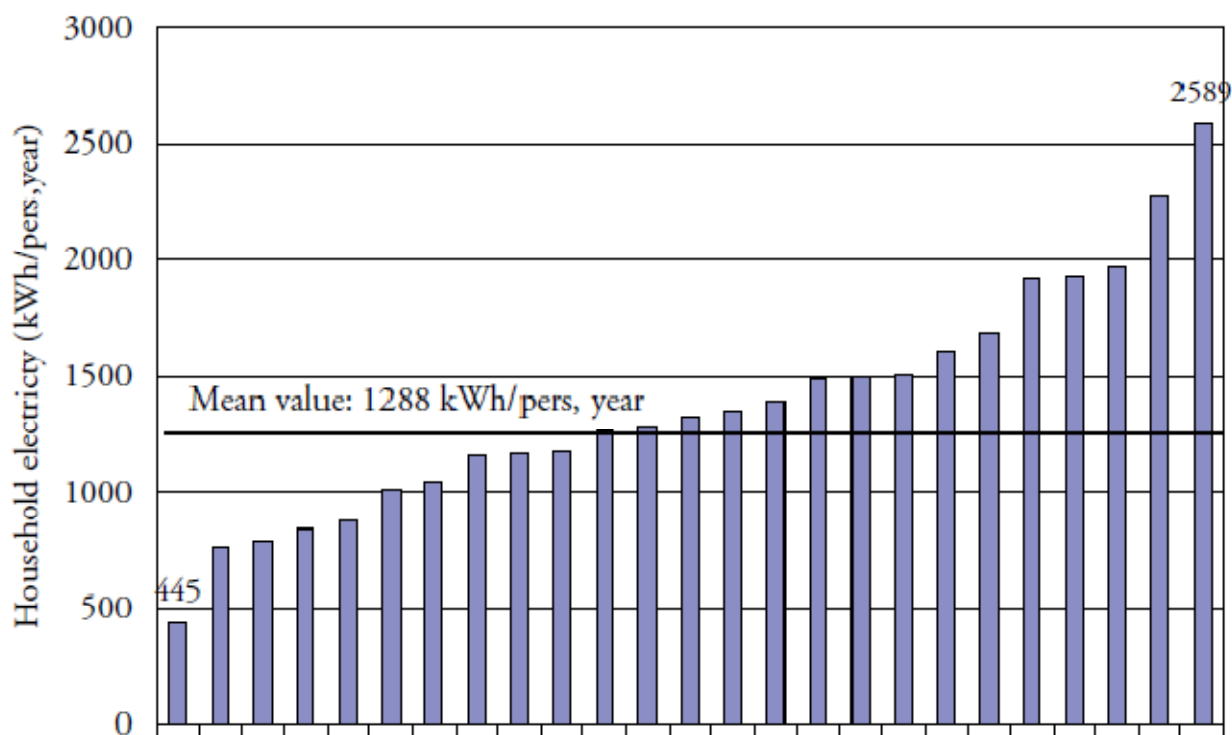
Figur B.4. Årlig kjøpt energibruk til romoppvarming.

Årlig kjøpt varmt tappevann varierer ikke mellom byggeprosjektene, men det er store variasjoner mellom boenhetene. Figur B.5. viser brukt varmvann per person i 25 forskjellige boenheter. De 25 boenhetene som vises i figuren deltok også i intervjuer. Gjennomsnittsverdien er lavere enn de statistiske verdier man opererer med i Sverige, også når man tar hensyn til bruk av sparearmatur og at bruker selv må betale for eget varmtvannsforbruk. De er også lavere enn verdier oppgitt i FEBY (svensk kravspesifikasjon for passivhus).



Figur B.5. Årlig volum av varmt tappevann per person.

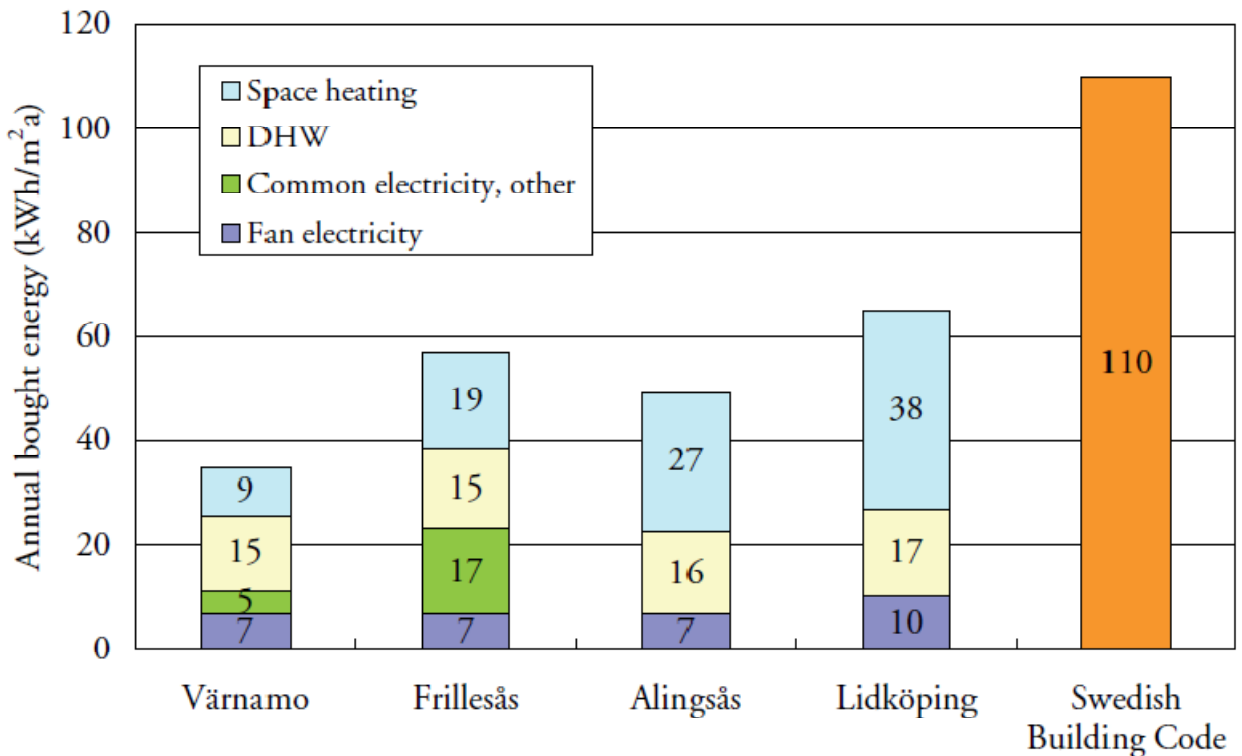
Figur B.6 viser årlig strømforbruk per person i de samme 25 boenhetene.



Figur B.6. Årlig bruk av husholdsel per person.

Boenheten som benytter mest husholdsel per person er den samme som har størst forbruk av varmt tappevann. De fem boenhetene med lavest forbruk er husholdninger med en person eller flere enn fem personer. Intervjuene viste også at dette var husholdninger som av ulike årsaker var opptatt av å spare energi.

Årlig, gjennomsnittlig energibruk per post er vist i figur B.7.



Figur B.7. Årlig, målt energibruk i de fire prosjektene sammenlignet med maksimumskrav i de svenske byggeforskriftene for klimasone 3 (sørlige Sverige).

I planleggingsfasen ble maksimaleffekten for romoppvarming beregnet. Sammenligning med målt og anbefalinger fra FEBY (svensk kravspesifikasjon for passivhus) vises i tabell B.6

Tabell B.6. Målt og beregnet maksimaleffekt for romoppvarming.

	Measured peak load for space heating (W/m ²)	Calculated values for space heating at an indoor temperature of 20°C (W/m ²)	Requirements by FEBY (W/m ²) (FEBY, 2009)
Värnamo	10.9	8.3	10
Frillesås	11.3	10.8	10
Lidköping	20	12.6	12
Alingsås	14	8.8	-

De målte verdiene for energibruk til romoppvarming er sammenlignet med de anbefalte verdiene for svenske passivhus. Etter vekting i henhold til klimasone ser resultatene ut som i tabell B.7. Ingen av prosjektene kommer under kravnivået på 60 kWh/m²år.

Tabell B.7. Årlig gjennomsnittlig, vektet målt energibruk.

Energy use (kWh/m ² a)	Space heating revised to a normal year	DHW heating	Electricity common areas	Total weighted bought energy
Frillesås	18.8	15	33.4	67.2
Lidköping	34	17	13.2	63.9
Värnamo	18	29	22.4	69.4
Alingsås	26.6	16.1	46.4	89.1

Et alternativt krav ved ikke vektet, årlig energibruk er 50 kWh/m²år eller 30 kWh/m²år hvis det benyttes elektrisk romoppvarming. Resultatene fra denne sammenligningen vises i tabell B.8. I Värnamo benyttes elektrisk oppvarming.

Tabell B.8. Årlig målt energibruk

Energy use (kWh/m ² a)	Space heating revised to a normal year	DHW heating	Electricity common areas	Total weighted bought energy
Frillesås	18.8 (14.3)	15	16.7	50.5 (45.1)
Lidköping	34	17	6.6	57.3
Värnamo	9	14.5	11.2	34.7
Alingsås	26.6	16.1	23.2	65.9

Kriteriene for sammenligning som benyttes i tabell B.7 og B.8 fantes ikke da de undersøkte byggene ble prosjektert.

Ser man nærmere på et av prosjektene, for eksempel leilighetskomplekset i Värnamo som består av fem bygg med totalt 40 leiligheter, kan man sammenligne beregnet og målt energibruk. Målt energibruk til romoppvarming for bygg 5, 9 og 13 er vist i tabell B.9. I tillegg vises gjennomsnittsverdien for alle de fem byggene og beregnede verdier ved en innetemperatur på 20 og 22 °C. Alle verdier er også graddagskorrigert til et normalår.

Tabell B.9. Målt og beregnet energibruk til romoppvarming

Building number	Energy demand for space heating (kWh/m ² a)	Energy demand during a normal year (kWh/m ² a)
5	12.1	13.6
9	10.6	12
13 (measured)	7.6	8.5
All buildings	8.1	9
Calculated 20°C	9.8	9.2
Calculated 22°C	12.8	12

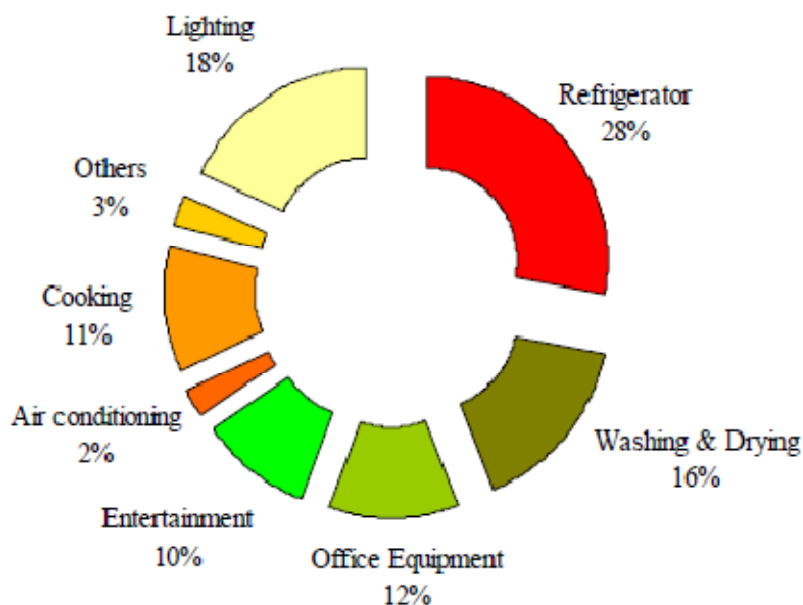
Den målte gjennomsnittsverdien for alle fem byggene var lavere enn beregnet verdi både ved innetemperatur på 20 og 22 °C.

B.6 EUROPEISK STUDIE AV ELEKTRISITETSBRUK I HUSHOLDNINGER - REMODECE

Tabell B.10. Årlig elektrisitetsbruk i europeiske husholdninger, kWh/år.

Country	ALL	BE	BG	CZ	DE	DK	FR	GR	HU	IT	NO	PT	RO
Appliance	kWh/household												
Chargers	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Refrigerator	134	253	138	51	203	207	123	19	294	38	200	36	68
Fridge freezer	355	248	329	387	355	248	324	505	133	405	297	449	407
Freezer	269	405	179	150	380	394	244	137	258	152	397	261	174
Washing	174	164	177	163	177	161	175	173	165	182	177	172	149
Clothes dryer	110	232	14	7	149	205	173	28	13	31	163	97	17
Dishwasher	142	144	59	31	138	156	201	123	35	166	206	164	18
Desktop PC	218	207	141	95	331	249	122	171	157	229	193	243	91
Laptop PC	23	34	13	28	13	50	11	20	19	51	40	41	9
Router for	28	30	3	19	33	39	27	20	16	34	39	28	3
Wireless	24	24	24	24	24	24	24	24	30	24	53	24	24
Printer	22	23	10	24	25	28	17	22	14	27	20	26	13
TV CRT	114	12	114	120	152	114	65	157	114	120	86	126	114
TV LCD	42	136	10	42	28	42	48	35	42	42	93	33	42
TV Plasma	35	60	11	35	5	35	72	8	35	35	200	12	35
DVD	15	16	10	15	13	20	16	19	13	20	17	17	6
Hi-Fi	33	38	21	31	33	32	31	39	19	40	46	34	14
Set top box	31	5	11	29	47	26	20	21	10	36	29	35	8
Air conditioner	63	19	82	14	63	7	4	197	22	141	93	74	32
Oven/cooker	241	199	241	123	253	301	241	241	241	241	289	241	241
Microwave	22	22	22	23	22	22	22	22	26	22	3	24	22
Water kettle	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Vacuum cleaner	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
Lamps	487	524	776	68	352	908	452	459	221	901	1 013	233	143
<i>Total</i>	2 695	2 908	2 498	1 592	2 909	3 381	2 525	2 553	1 990	3 050	3 767	2 483	1 743

Gjennomsnittlig, årlig elektrisitetsbruk per husholdning i Europa er beregnet til 2700 kWh. Dette er eksklusive elektrisitetsbruk til romoppvarming og oppvarming av tappevann. Fordelingen vises i figur B.8. Stand-by representerer 11 % total elektrisitetsbruk.



Figur B.8 Fordeling av elektrisitetsbruk i husholdninger i 12 europeiske land.

B.7 SVENSK UNDERSØKELSE AV STRØMFORBRUK I YRKESBYGG — STIL

I rapporten som omhandler kontorlokaler finner man at gjennomsnittlig elforbruk er 108 kWh_{el}/m²år. Undersøkelsen inneholder 123 bygninger. Belysning, vifter og datautstyr står for en betydelig andel av strømforbruket i de fleste byggene, men kjølemaskiner kan også bidra med en betydelig andel. Tabell B.11 viser strømforbruk fordelt på forskjellige poster.

Analysen av de undersøkte byggene viser at er et betydelig potensial for energieffektivisering, som både er økonomisk lønnsom og som kan oppnås med dagens teknologi. Potensialet for ventilasjon og belysning vises i tabell B.12. De oppgitte verdiene kan ikke nødvendigvis adderes, når varmebelastningen reduseres minsker også behovet for kjøling.

Tabell B.11. Spesifikk elforbruk per bruksområde, middelvei og fordeling.

Fördelning av elanvändning	[kWh/m ²]	Andel
Belysning	23,0	21,2 %
Datahall/server³	10,7	9,9 %
PC-enheter	15,4	14,2 %
Övriga apparater	8,0	7,4 %
<i>Skrivare</i>	<i>1,1</i>	<i>1,1 %</i>
<i>Kopieringsmaskiner</i>	<i>1,6</i>	<i>1,5 %</i>
<i>Tryckluft</i>	<i>0,4</i>	<i>0,4 %</i>
<i>Kök/Pentry</i>	<i>2,4</i>	<i>2,2 %</i>
<i>Storkök</i>	<i>0,7</i>	<i>0,6 %</i>
<i>Tvättutrusning</i>	<i>0,2</i>	<i>0,2 %</i>
<i>Motorvärmare</i>	<i>1,5</i>	<i>1,4 %</i>
Summa Verksamhetsel	57,0	52,7 %
Fläktar	17,9	16,5 %
Elvärme og varmepumpar⁴	6,5	6,0 %
Övrig fastighetsel	9,5	8,8 %
<i>Pumpar</i>	<i>5,5</i>	<i>5,1 %</i>
<i>El-kondensorkylare</i>	<i>0,8</i>	<i>0,7 %</i>
<i>Hiss</i>	<i>0,7</i>	<i>0,6 %</i>
<i>Cirkulationsfläktar</i>	<i>2,6</i>	<i>2,4 %</i>
Kylmaskiner⁵	10,6	9,8 %
Summa Fastighets el	44,5	41,1 %
Diverse	6,8	6,2 %
Summa	108,2	100,0 %

Tabell B.12. Potensiale for energieffektivisering av ventilasjon og belysning i kontor- og næringsbygg.

Potentialer		El, kWh/(år,m2)	Värme, kWh/(år,m2)
Ventilation	SFP < 2 kW/(m3/s)	4,5	
	Drifttid < 2600h	5,3	
	Luftoms. < 1,5	2,9	
	Värmeväxling		3,8
Belysning	Drifttid < 2600h	1,3	
	Glödl till lågen.	1,4	
	Lysrör till T5	5,5	

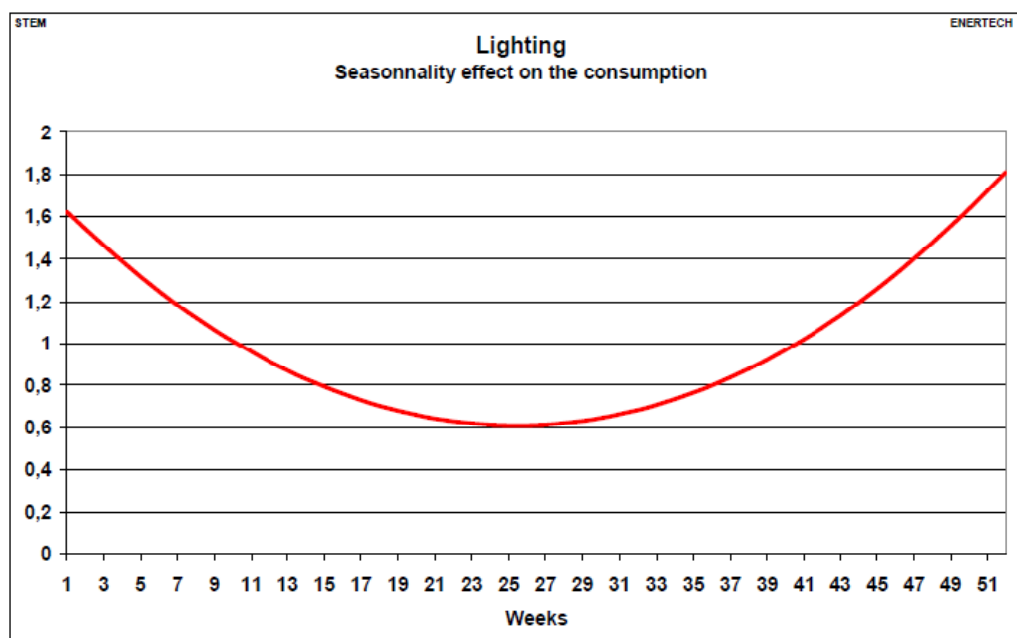
B.8 SVENSK STUDIE AV STRØMFORBRUK I 400 HUSHOLDNINGER I SVERIGE

Tabell B.13. Total, årlig strømforbruk ut fra ulike bakgrunnsparametre for boligen og beboerne [kWh/m²år]

Hus m/elektrisk oppvarming		Hus u/elektrisk oppvarming		Leiligheter u/elektrisk oppvarming	
Familier m/barn	Familier (par) u/barn	Familier m/barn	Familier (par) u/barn	Familier m/barn	Familier (par) u/barn
136	139	76	76	44	36

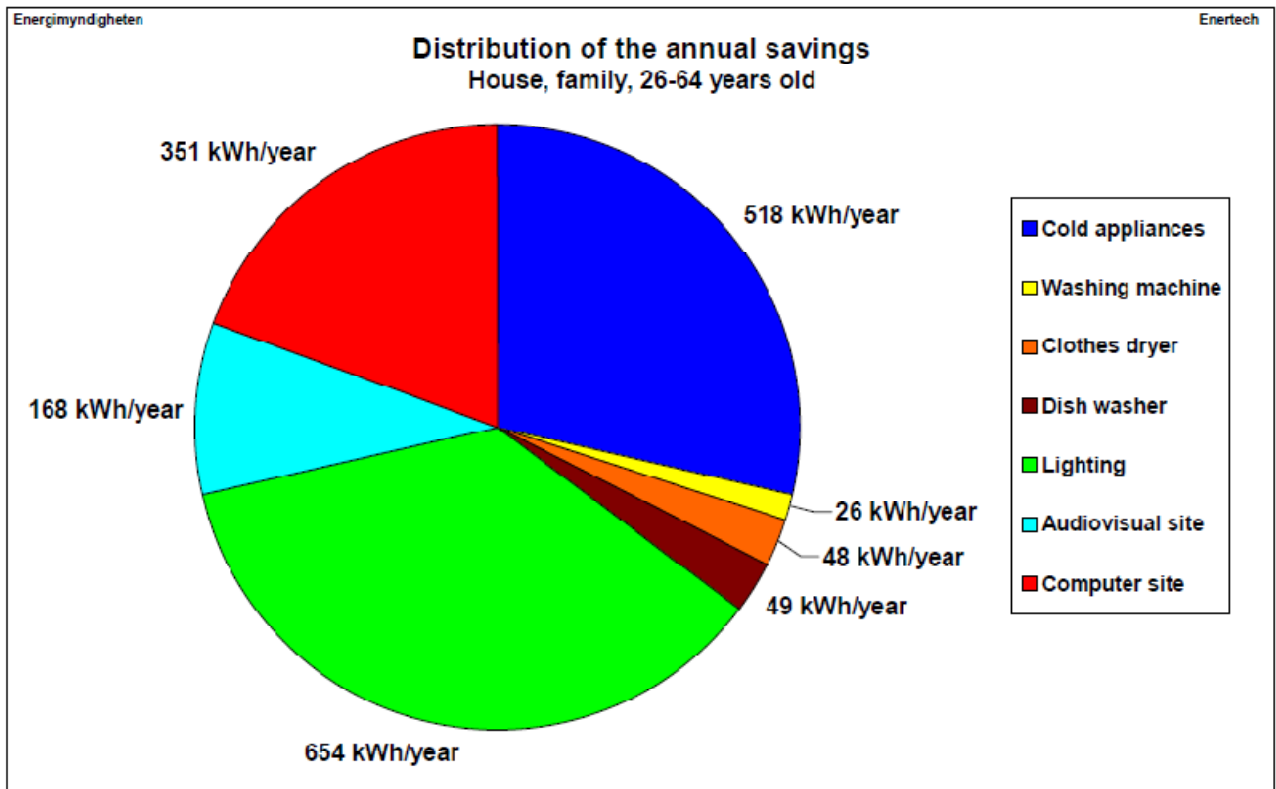
Variasjonene mellom største og minste verdi innen hver kategori er alltid større enn 5. Husholdningen med størst strømforbruk bruker mer enn fem ganger så mye strøm som husholdningen med minst strømforbruk.

Ved hjelp av de årlige målingene ble sesongvariasjonen til enkelte husholdningsapparater beregnet. Som eksempel viser figur B.9 sesongvariasjonene for belysning.



Figur B.9. Sesongvariasjonene for belysning. Måleverdiene er normaliserte slik at gjennomsnittsverdien for hvert datasett tilsvarer 1.

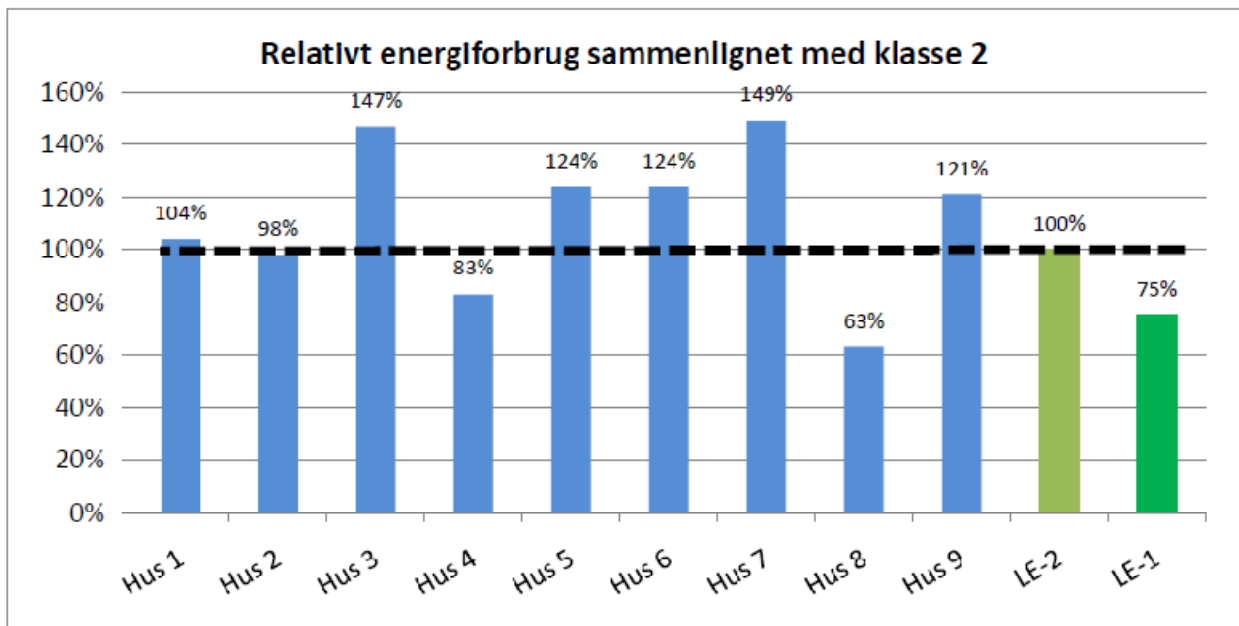
Det store antallet husholdninger som er målt og analysene av dataene gjør det blant annet mulig å beregne energieffektiviseringspotensialet. Figur B.10 viser gjennomsnittlig, årlig sparepotensial for en familie som bor i hus. Figuren viser at totalt, gjennomsnittlig sparepotensial for en familie i hus er 1815 kWh/år. For familier i leilighet er tilsvarende tall 1366 kWh/år. Sparepotensialet for familier (par) u/barn er mindre enn for familier uten barn og minst for personer over 65 år. Summen av sparepotensialet for kjøling/frysing, belysning og datautstyr er alltid over 75 %.



Figur B.10 Fordeling av årlig sparepotensial på de forskjellige typene av husholdningsapparater.

Denne studien er den største i sitt slag i Europa. Databasen med alle måledata er tilgjengelig på www.energimyndigheten.se og det inviteres til å benytte datamaterialet i videre analyser.

B.9 ERFARINGSOPPFØLGING AV LAVENERGIBOLIGER I DANMARK



Figur B.11 Normalisert energibruk i de ni husene sammenlignet med lavenergiklasse 2.

Det er store forskjeller mellom husene på vannforbruket og det samlede vannforbruket ligger på 80 % av dansk gjennomsnitt. Grunne til dette er ikke undersøkt, men det antydes at det kan skyldes vannsparende armaturer og toaletter. Elbruken ligger litt over dansk gjennomsnitt, på 106 %. Dette til tross for at 98 % av de spurte i spørreundersøkelsene svarer at de er opptatt av å spare energi. Grunnen til dette er ikke undersøkt. Studien konstaterer at beboeradferd har stor betydning på energibruken. Man antar at de store variasjonene i energibruk skyldes feilinnstilling og/eller bruk av huset og husets tekniske installasjoner.

B.10 DANSK UNDERSØKELSE AV ENERGI- OG VANNFORBRUK

I Danmark er det utført en undersøkelse (Petersen, 2005) av energi- og vannforbruk i husstander hvor det er sett på sosio-økonomiske variable som påvirker bruken. Databasen består av ca. 50 000 husstander. For alle datasett har man husstandens årlige forbruk av el [kWh], vann [m³] og varme [kWh], samt bakgrunnsvariabler for boligen og beboerne. Studiens mål er å finne hvor mye av forskjellene i energibruk som kan forklares og hva som er forklaringen. Studien konkluderer med at el- og vannforbruket primært avhenger av antall personer i husstanden, mens varmeforbruket er mest avhengig av boligens størrelse.

Tabell B.14 Bakgrunnsvariablene bruk i studien.

Boligen	Beboerne
Størrelse	Antall personer
Byggeår	Bruttoinntekt
Antall bad og antall toalett	Eldste persons alder
Eieforhold	Antall småbarn, barn og tenåringer
	Husstandens høyeste utdanning
	Statsborgerskap

Undersøkelsen er delt opp i tre boligtyper;

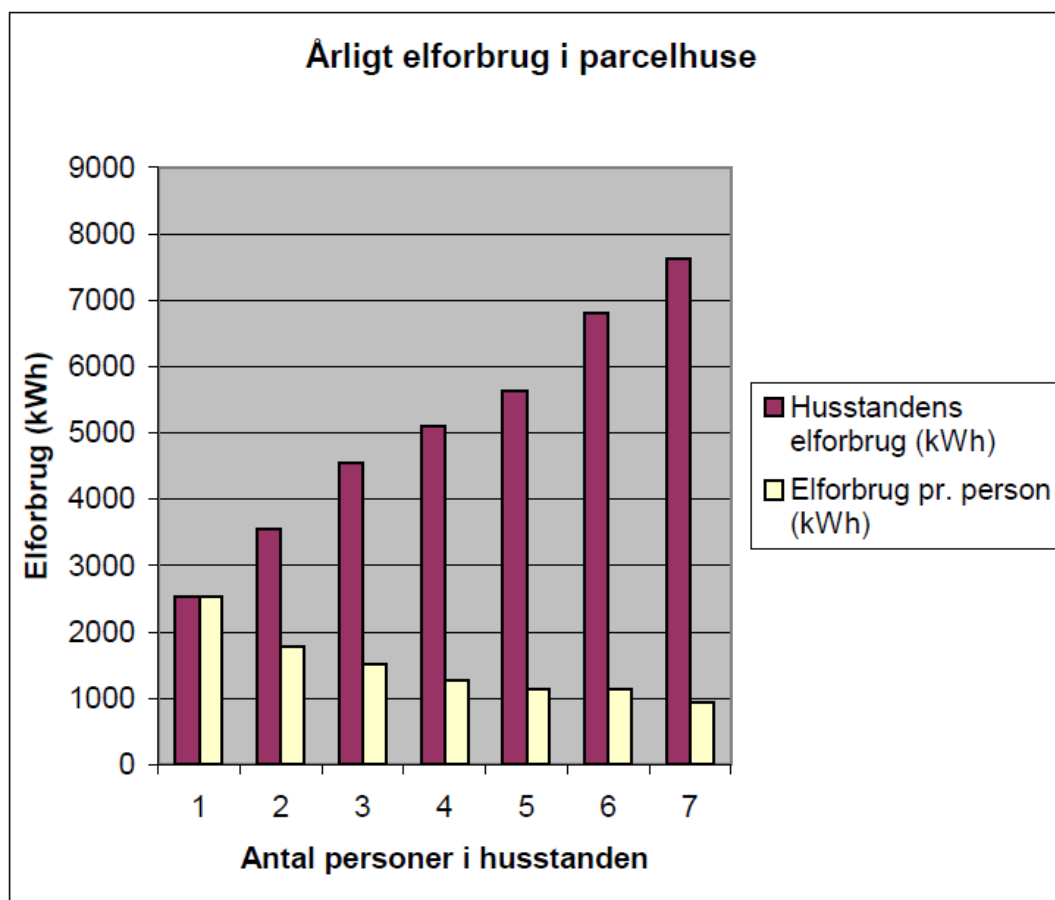
- Eneboliger
- Rekkehus og tomannsboliger
- Fleretasjeboliger/blokker

Ut fra få av bakgrunnsvariablene kan man lage tommefingerregler for å bestemme normalforbruket av el, vann og varme. Tanken bak tommefingerreglene er at man på bakgrunn av få og lett tilgjengelige opplysninger kan beregne normalforbruk som er nesten like presist som om man tar med flere variable. For eneboliger og blokker har man laget følgende "tommefingerregler", som vist i tabell B.15.

Tabell B.15 Beregningsformler for å beregne normert forbruk av elektrisitet, vann og varme i eneboliger og blokker.

	Elbehov [kWh/år]	Vannforbruk [m ³ /år]	Varmebehov [kWh/år]
Enebolig	$530 + 12 * m^2 \text{ bolig} + 690 * \text{antall personer}$	$52 + 26 * \text{antall personer}$	$4816 + 104 * m^2 \text{ bolig}$
blokkleilighet	$340 + 11 * m^2 \text{ bolig} + 350 * \text{antall personer}$	$33 + 21 * \text{antall personer}$	$-2577 + 119 * m^2 \text{ bolig}$

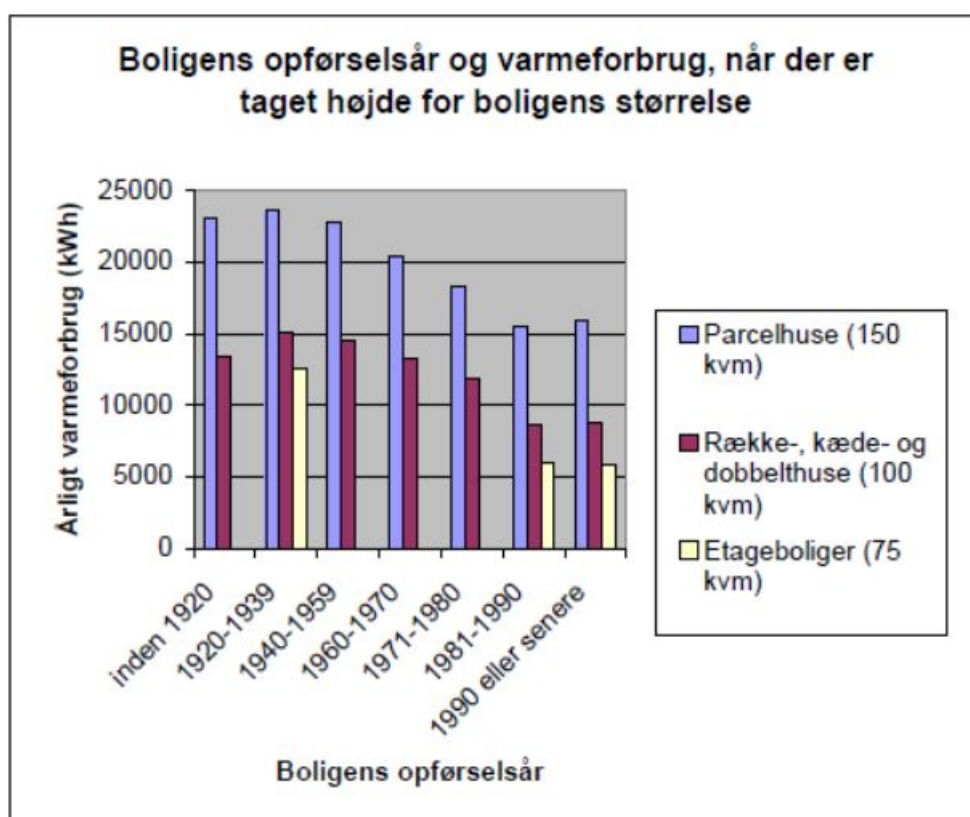
Når man ser nærmere på dataene ser man at det er liten sammenheng og lite klart mønster når det gjelder elbehov og byggeår. I eneboligene er det f.eks. de eldste og de nyeste byggene som har høyt elbehov. Derimot er elforbruket sterkt avhengig av antall personer i husstanden, se figur B.12



Figur B.12. Sammenhengen mellom antall personer i husstanden, husstandens elforbruk, og elforbruk per person i kWh.

Ser man nærmere på det absolutte varmebehovet [kWh] er det selvsagt boligens størrelse som har størst betydning på energibruken, deretter følger byggeår. I eneboligene forklares 39 % av variasjonen i varmebehovet med disse to parametrene. Figur B.13 viser sammenhengen mellom byggeår og varmebehov når det er tatt høyde for arealet. Det vil si at størrelsen er "satt fast" på et gjennomsnitt for boligtypen. Hvis man for eksempel ser på et rekkehus bygd mellom 1920 og 1939 vil gjennomsnittlig spesifikt forbruk ligge på 15 000 kWh / 100kvm = 150 kWh/m².

Studien viser også at man bruker mer varme med høyere utdanning og bruttoinntekt, mens verken antall personer, barn eller statsborgerskap forklarer variasjonene i varmebehovet. I rekkehus og tomannsboliger forklares 55 % av variasjonen med størrelse og byggeår, mens i blokker forklares hele 64 % av variasjonen i varmebehov med disse to parametrene. Vi ser altså at brukervaner har sterkere påvirkning på energibruken til oppvarming i eneboliger enn i blokker.

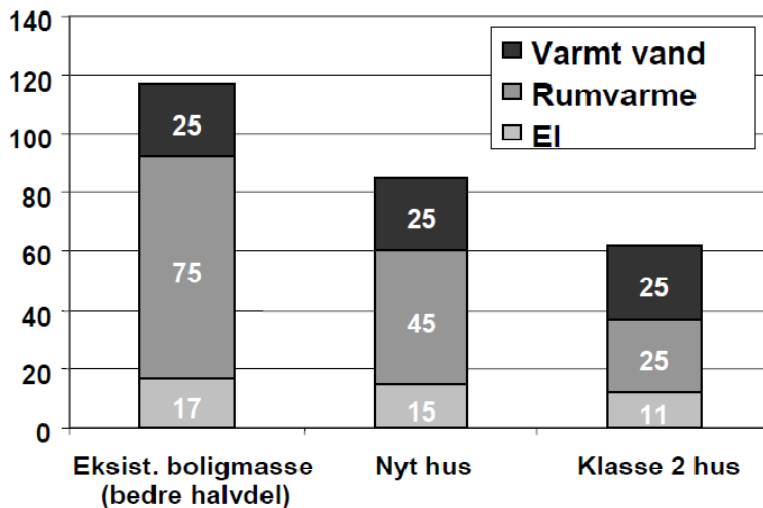


Figur B.13 Byggeår og varmebehov i kWh når det er tatt høyde for boligens størrelse.

Studien viser at varme- og elbehov er avhengig av flere parametre enn bare bygningkroppens standard og boligens størrelse, men at denne avhengigheten varierer med type bolig.

B.11 DANSK UNDERSØKELSE AV VANNFORBRUK

Denne danske undersøkelsen (Bøhm, 2009) har sett på energibruk til varmt tappevann. Ifølge energistatistikk fra 2007 utgjør energiforbruket til varmtvann 25 % av det totale energiforbruket i en bolig. Resultater fra målinger gjort i undersøkelsen viser en høyere andel, nemlig 30 %. På grunn av strengere energikrav og et konstant nivå på varmtvannsforbruk kommer andelen til å øke. I en bolig på 150 m², som tilfredsstill minimumkravet i BR10 (dansk lavenergi klasse 2), går 41 % av energiforbruket til varmtvannsoppvarming se figur B.14.



Figur B.14 Formålsfordelt energibruk i følge eksisterende byggstand, BR08 og BR10 (Areal:150m²)

Målingene, av både varmtvannsbruket og varmetapet fra sirkulasjonsledninger, er utført mellom 2005-2008 samt at eldre målinger fra 2000-2004 er inkludert som grunnlag i rapporten. De eldre målingene fra 2000-2004 er utført i forbindelse med den gamle energimerkeordningen og inkluderer fire forskjellige systemer på sykehus, et kontorbygg fra 50-tallet, boligblokker med 148 leiligheter, fire mindre boligblokker fra 70- og 80-tallet samt en boligblokk med 33 leiligheter fra 1941.

De nye målingene som ble foretatt 2005-2008 inkluderer to eneboliger, to områder med rekkehus, 10 boligblokker med 33-234 leiligheter, to kontorbygg samt seks skoler som ble oppført mellom 1906 og 2004. Tabellen B.16 og B.17 viser resultatene fra målingene.

Tabell B.16 Resultater fra målingene i 2005-20008

Tabel 5.4.1. Samleskema for ejendomme på Fyn, nøgletal for 6 skoler, 2 kontorer og 2 enfamiliehuse.

Installation	Enhed	Skoler						Kontorer		Enfamiliehuse	
		101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
Varmeforbrug, bygning totalt	MWh/år	-	-	-	-	1065	-	336	-	-	*10,7
Varmeforbrug, varmt vand	MWh/år	53,6	4,19	5,24	3,32	66,3	33,5	21,4	31,6	4,52	*2,20
Varmetab fra beholdere	MWh/år	2,77	0,32	0,56	0,32	1,40	0,79	1,71	1,09	0,58	*0,65
Varmetab fra cirkulationsledn.	MWh/år	26,2	2,94	2,98	2,01	53,1	30,0	16,3	20,4	2,2	*0,79
Elforbrug cirkulations-pumpe i forhold til drifttid	MWh/år	1,07	0,22	0,50	0,50	1,05	1,07	0,66	0,10	0,45	*0,01
Vandforbrug, bygning totalt	m ³ /år	2527	629	895	739	1239	848	434	3021	126	*49,0
Varmtvandsforbrug	m ³ /år	517	30,4	47,0	23,7	254	80,6	94	300	43	*15,2
Drifttid	h/år	4380	3650	4380	4380	4380	4380	8760	4380	8760	*4380
Rørlængde cirkulationsledn.	m	842	99	150	50	425	210	105	500	25	40
Nyttevirkning	%	46,0	23,2	32,3	29,8	17,8	8,1	30,7	32,0	38,2	35,0
Varmetab pr. m rør	W/m	7,19	8,1	4,5	9,2	28,5	32,6	17,7	9,3	10	4,5
Varmtvandsforbrug i f. t. total vandforbr.	%	20,5	4,8	5,3	3,2	20,5	9,5	21,7	9,9	34	31,5
Varmeforbrug til varmt vand i f. t. total varmeforbr.	%	-	-	-	-	6,2	-	6,4	-	-	20,5
Varmeforbrug til varmt vand i f. t. etageareal	kW/m ² år	8,13	4,19	2,18	4,42	14,1	26,6	5,35	3,07	32,2	12,2
Varmtvandsforbrug i f. t. etageareal	l/m ² år	78,3	30,4	19,6	31,6	54,0	64,0	23,5	29,1	307	84,4
Elforbrug til cirkulations-pumpe i f. t. rørlængde	kW/m	1,28	2,21	3,36	10,1	2,47	5,10	6,26	0,19	17,5	0,11
Varmtvandets gennemsnitlige opholdstid i beholder	Døgn	1,40	1,56	1,94	Veksler	0,72	3,6	2,7	1,22	1,07	1,32

* Målingerne gælder 6 måneder, der skal multipliceres med 2 for sammenligning med øvrige systemer.

Tabell B.16. Resultater fra målingene i 2005-2008

Tabell 5.4.2. Samleskema for Østsjællandske ejendomme; 12 boligejendomme og 2 kontorbygninger.

		Boligejendomme												Kontorbyggn.		
		011	201	202	203	206	207	208	209	210	211	212	213A	213B	204	205
Antal lejligheder	antal	33	196	71	185	234	5	105	81	171	214	39	18	18	1	1
Netto energiforbrug	kWh/md pr. lejl.	106	137	125	144	69	117	118	123	115	190	118	57	89	457	212
Ledningslængde pr. lejlighed *	m	12,4	5,1	12,2	14,4	7,7	9,6	8,7	14,1	9,6	6,9	4,1	8,9	7,9	289	132
Varmetab fra cirkulationsledn.	W/m	21,4	11	6	7	21	7,4	11,9	13,2	7,9	7,9	8,4	20,2	17,6	9,5	13,5
Nyttevirkning		0,35	0,77	0,69	0,67	0,37	**0,42	0,61	0,48	0,46	**0,66	**0,65	0,30	0,47	0,32	0,11
Primær effekt	kW pr. lejl.	-	0,6	1,4	0,7	0,5	-	0,8	0,9	0,4	0,9		0,5	1,4	12	4
Sekundær effekt	kW pr. lejl.	-	1,0	1,7	1,1	0,6	12	1,2	1,2	0,8	1,1		2,8	3,9	85	38
Middelfølelse	K	-	36,1	-	40,1	42,2	-	44,9	26,5	***10,9	24,1		20,9	19,0	11,3	23,6
Vandforbrug	m ³ /md pr. lejl.	2,16	2,76	2,42	3,21	1,44	2,15	2,43	2,56	2,18	4,34	2,45	1,28	1,68	11,2	5,0
Opholdstid i VVB	timer	10,2	4,3	****	7,9	13,9	27,4	13,2	7,7	9,8	3,5	7,7	48	21,9	19,6	218

* Ledningslængde pr. lejlighed indbefatter de opvarmede rør, dvs. varmt vand frem og cirkulation, ekskl. "blinde" ender. Anlæg med eltracing har ingen cirkulationsledning

** Eltracing; elforbrug vægtes med faktor 2,5

*** Shunt

**** Ingen VVB

Målingene viser at varmetapet fra sirkulasjonssystemer vanligvis utgjør den største delen av energiforbruket ved varmtvannsoppvarming. I boliger ligger varmetapet på ca. 50 %. I skoler og kontorbygg utgjør varmtvann en mye mindre del av det totale energibehovet (10%), men varmetap fra sirkulasjonssystemet svarer for 75 % av dette energiforbruket. Det store tapet beror vanligvis på en overdimensjonert bereder og store avstander mellom tappested og varmtvannsbereder. Oppholdstiden i berederen kan være mellom 3,5-48 timer i boliger og 17-218 timer i kontorbygg og skoler. Nyttevirkningen er forholdet mellom energibruk kun til oppvarming av det kalde vannet og den reelle, samlede energibruken til oppvarming av vann samt varmetap fra bereder, rør etc. I de foretatte målingene ligger nyttevirkningen mellom 30-77 % for boliger, 8-46 % på skoler samt 11-32 % på kontorbyggene.

I en renovert boligblokk med rør-i-rør- system hvor en 1500 L varmtvannsbereder ble byttet ut med tre beredere á 300 L ble oppholdstiden i berederen redusert med mer enn 50 % og varmetapet fra sirkulasjonssystemet med 13 %. Nyttevirkningen ble dermed forbedret fra 30 til 47 %.

Rapporten anbefaler å installere tilstrekkelige antall bimålere på større bygg for å kunne skille energiforbruket til varmtvann, romoppvarming og ventilasjon. Ved nybygg og renovering bør en optimalisere plassering av varmtvannsbereder og tapesteder i forhold til hverandre. Ved kontorbygg bør en desentralisert oppvarming med direktevirkende elektrisitet vurderes.

APPENDIX C: MÅLING AV ENERGIBRUK

C.1 OPPDELING NETTO ENERGIBUDSJETT

Tabell C.1 Eksempel på netto energibudsjett ytterligere oppdelt på underposter.

ENERGIBUDSJETT						
NIVÅ 1	NIVÅ 2	NIVÅ 3		NIVÅ 4	NIVÅ 5	
TOTALT	ELEKTRISK/ TERMISK	HOVEDFUNKSJON		DEL-FUNKSJON	FORMÅL/KOMPONENT	
SAMLET	TERMISK	1	Oppvarming	a	Romoppvarming	1. Komfortvarme 2. Gulvarme bad
				b	Ventilasjonsvarme	1. Varmebatteri
				c	...	1. ...
		2	Varmt vann	a	Varmt forbruksvann	1. Generelt 2. Hettvann kjøkken
				b	...	1. ...
	ELEKTRISK	3	Driftsteknisk utstyr	a	Vifter	1. Balansert ventilasjonsaggregat 2. Spesialavtrekk
				b	Pumper	1. Oppvarming 2. Isvann romkjøling 3. Isvann ventilasjonskjøling
				c	...	1. ...
				a	Belysning	1. Generelt
				b	...	1. ...
		5	Brukerteknisk utstyr	a	Teknisk utstyr	1. PC, skrivere, AV-utstyr 2. Kantineutstyr 3. Serverrom 4. Heiser, rulletrapper, ...
				b	...	1. ...
	TERMISK	6	Kjøling	a	Romkjøling	1. Kjøletak 2. Kjølebaffel
				b	Ventilasjonskjøling	1. Kjølebatteri 2. ...
				c	...	1. ...
				d	...	1. ...
ELEKTRISK	7	Utomhus	a		1. Utebelysning	
TERMISK			b	...	1. Varmesløyfer i inngangsparti	

C.2 OPPDELING AV LEVERT ENERGI

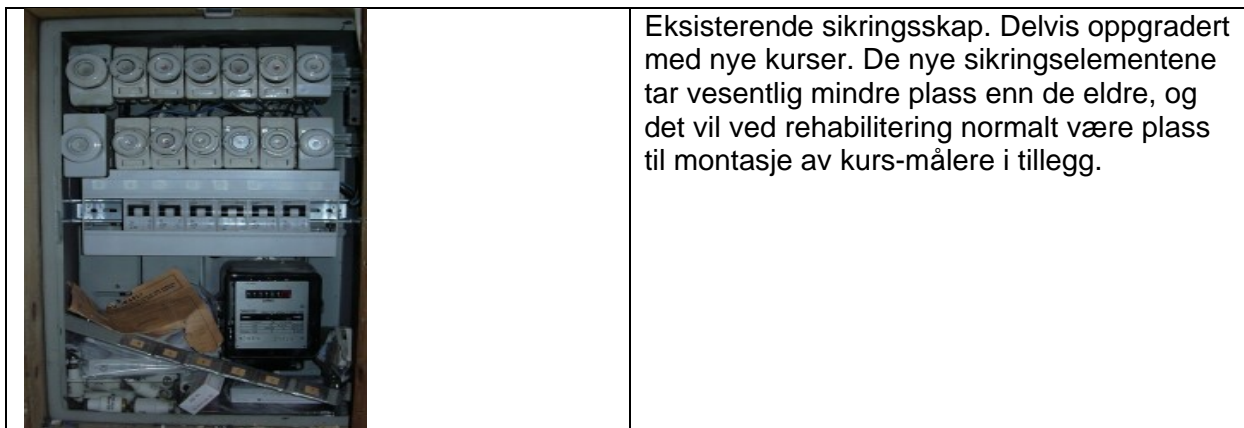
Tabell C.2 Forslag til komplettering av nivåoppdeling for energivare på hoved- og undernivå.

ENERGIVARE			ENERGIVARE (Undernivå)
1	ELEKTRISITET	A	Direkte
		B	Varmepumpe
		C	Solenergisystem
		D	Kjølemaskin
		E	
2	OLJE/PARAFIN	A	Fyringsolje
		B	Parafin
		C
3	GASS	A	LNG
		B	Propangass
4	FJERNVARME	A	
		B	
		B	
5	BIOBRENSEL	A	Fast (Biopellets, flis)
		B	Flytende (Bioolje, Bioetanol)
		C	Biogass
6	ANNE ENBERGIVARE	A	Fjernkjøling
		B
		C
		D	...

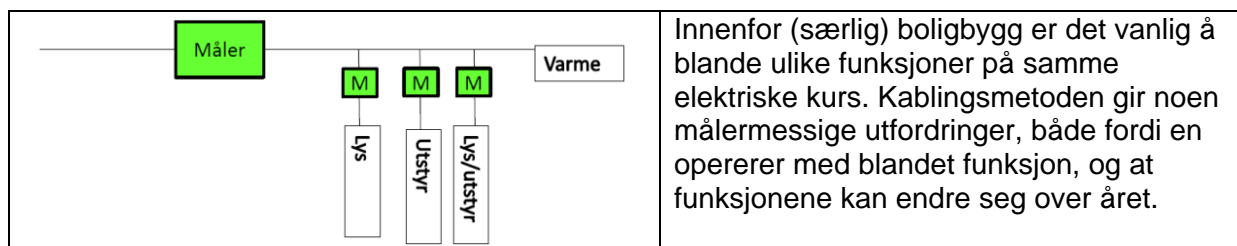
C.3 ANLEGGSKONFIGURASJON OG TILRETTELEGGING FOR MÅLING

EKSISTERENDE INSTALLASJONER

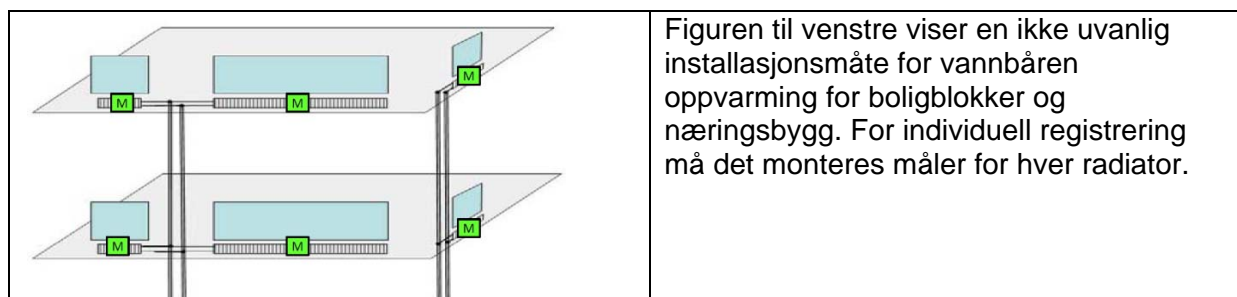
Det som skiller eksisterende installasjoner fra nye er først og fremst tilrettelegging for måling. Forskjellen kan ligge på manglende tilrettelegging på system-, eller konfigurasjonsnivå, eller installasjonsteknisk med manglende tilrettelegging for rørmontasje av målekomponenter.



Figur C.1 Delvis oppgradert el-tavle. (Forøvrig et eksempel på hvordan jobben ikke skal forlates).



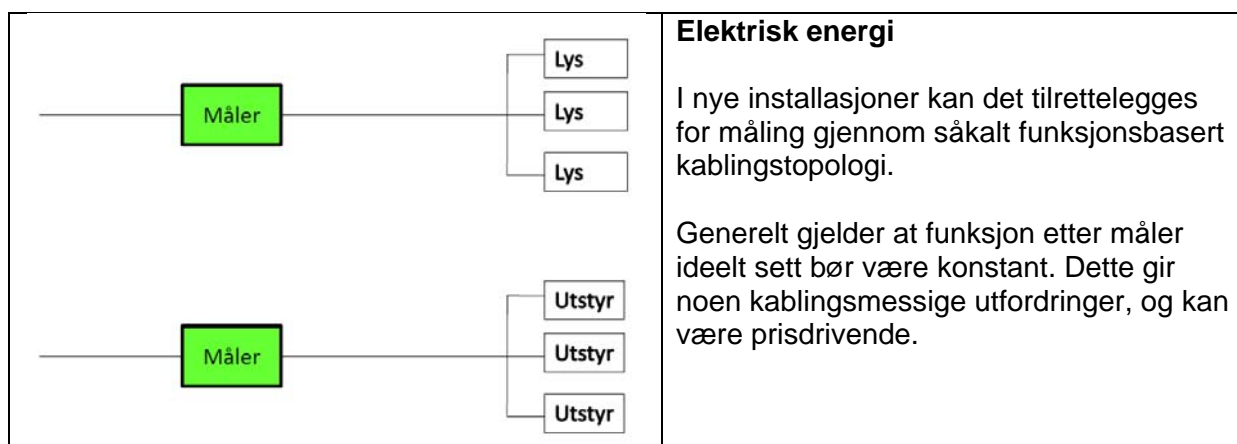
Figur C.2 Eksempel på typisk kurskonfigurasjon. Med nødvendig målerinstallasjon.



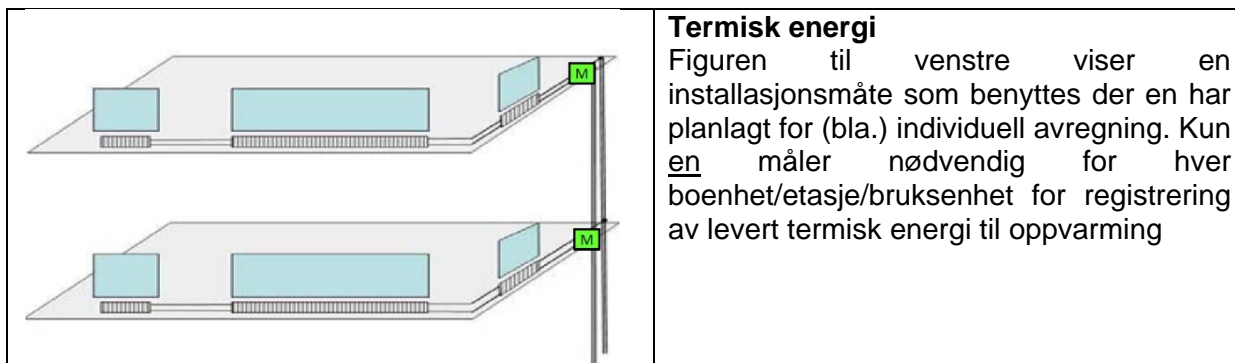
Figur C.3 Eksempel på typisk varmekurskonfigurasjon. Med nødvendig målerinstallasjon.

NYE INSTALLASJONER

I nye installasjoner er det mulig å designe kurser- og rørkonfigurasjoner slik at man kan greie seg med færre målere, og få et rimeligere og enklere måleopplegg. Figur C.4 og C.5 viser eksempler på det.



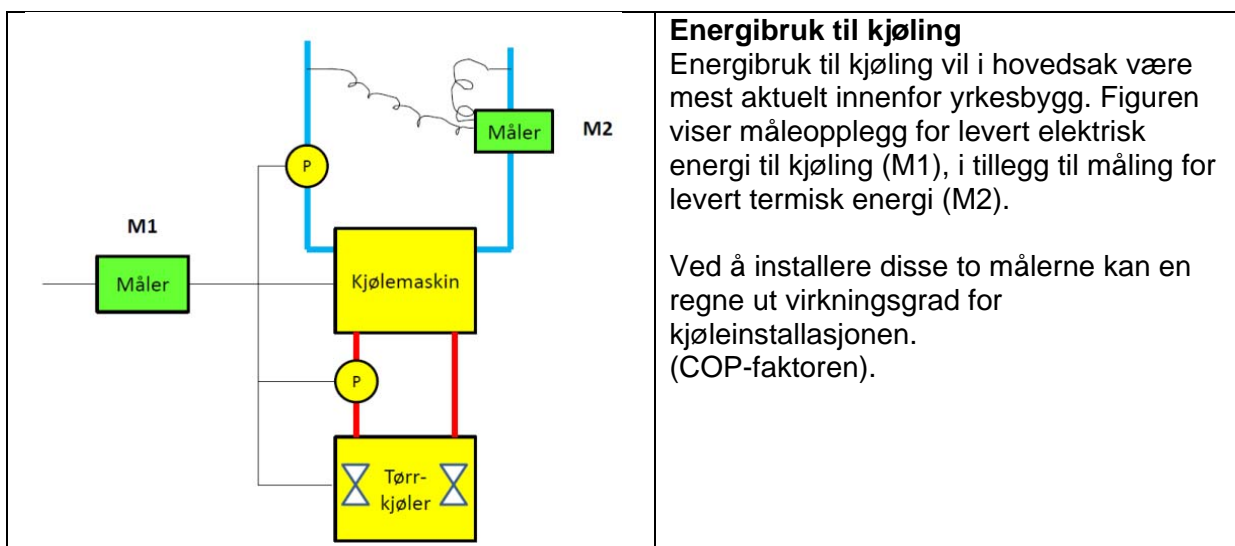
Figur C.4 Eksempel på funksjonsbasert kurskonfigurasjon. Med tilhørende målerinstallasjon.



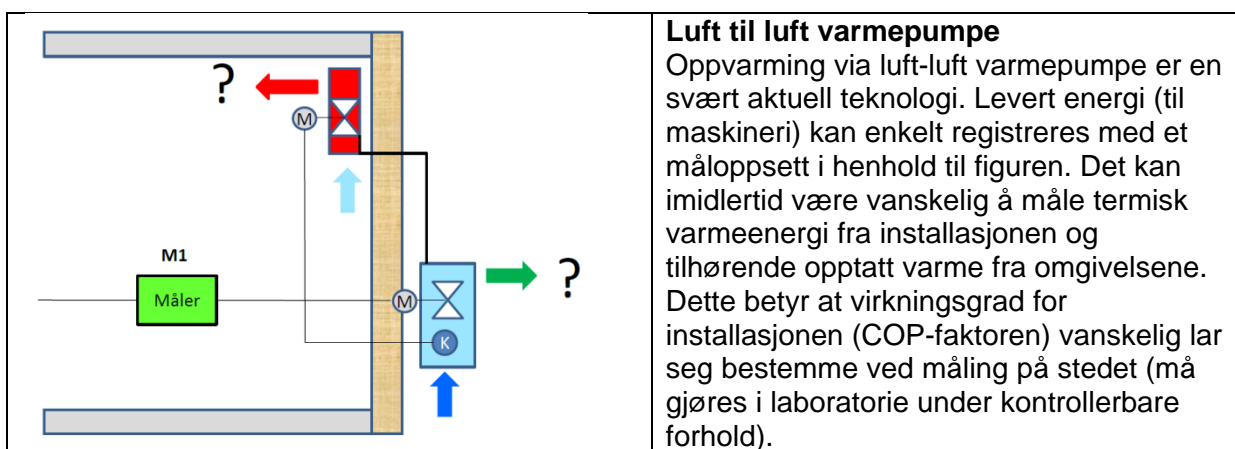
Figur C.5 Eksempel på typisk varmekurskonfigurasjon for individuell avlesning, med tilhørende målerinstallasjon.

KOMBINASJONSMÅLINGER

I kjøle- og varmepumpeinstallasjoner er det ofte ønskelig og nødvendig å måle både elektrisk og termisk energi. Figur C.6 og C.7 viser eksempler på hvordan dette kan utføres.



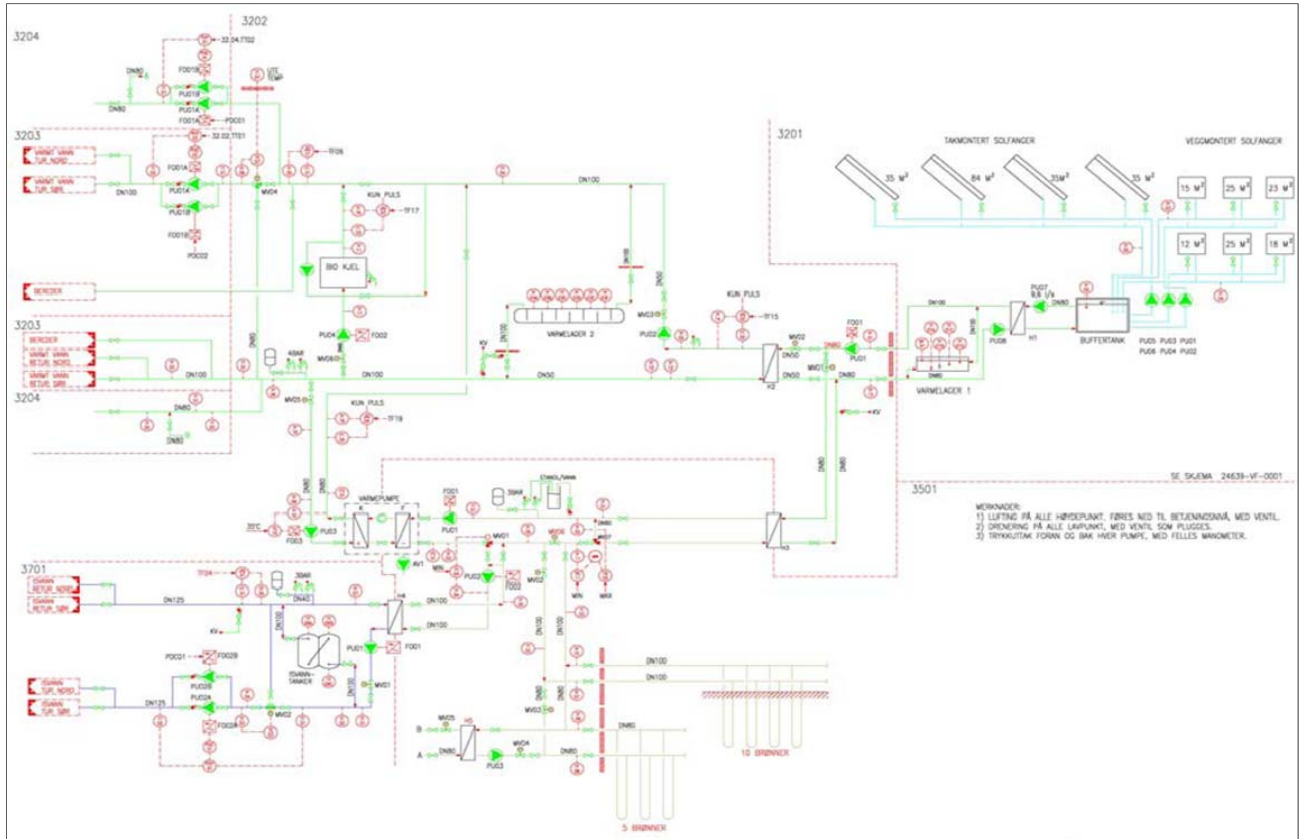
Figur C.6 Eksempel på måling av kjøleinstallasjon.



Figur C.7 Eksempel på måling av luft til luft varmepumpeinstallasjon.

STORE OG KOMPLEKSE BYGG

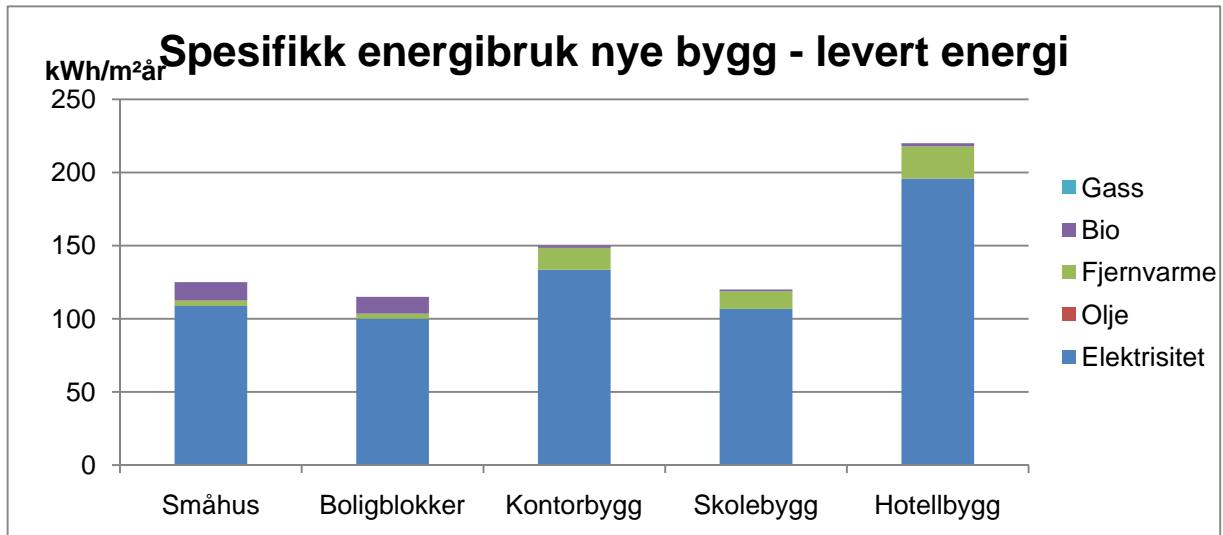
Figur C.8 viser et systemskjema for et større kontorbygg, som viser kompleksiteten når man skal etterprøve energibruken i et slikt bygg. Typiske mangler er at undersystemer ikke er tilrettelagt for måling. En annen er manglende avstengningsmuligheter i rørnettet for ettermontering av måleutstyr.



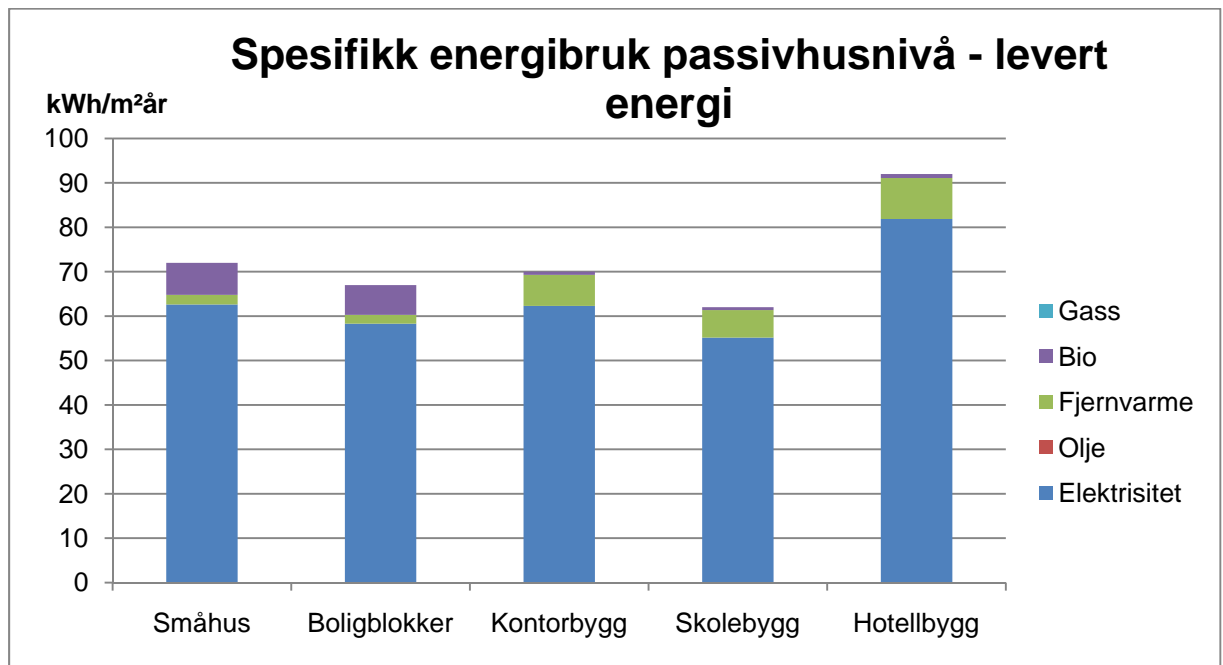
Figur C.8 Systemskjema for et større kontorbygg.i

APPENDIX D: ANBEFALINGER FOR NASJONAL DATABASE

D.1 SPESIFIKK LEVERT ENERGI

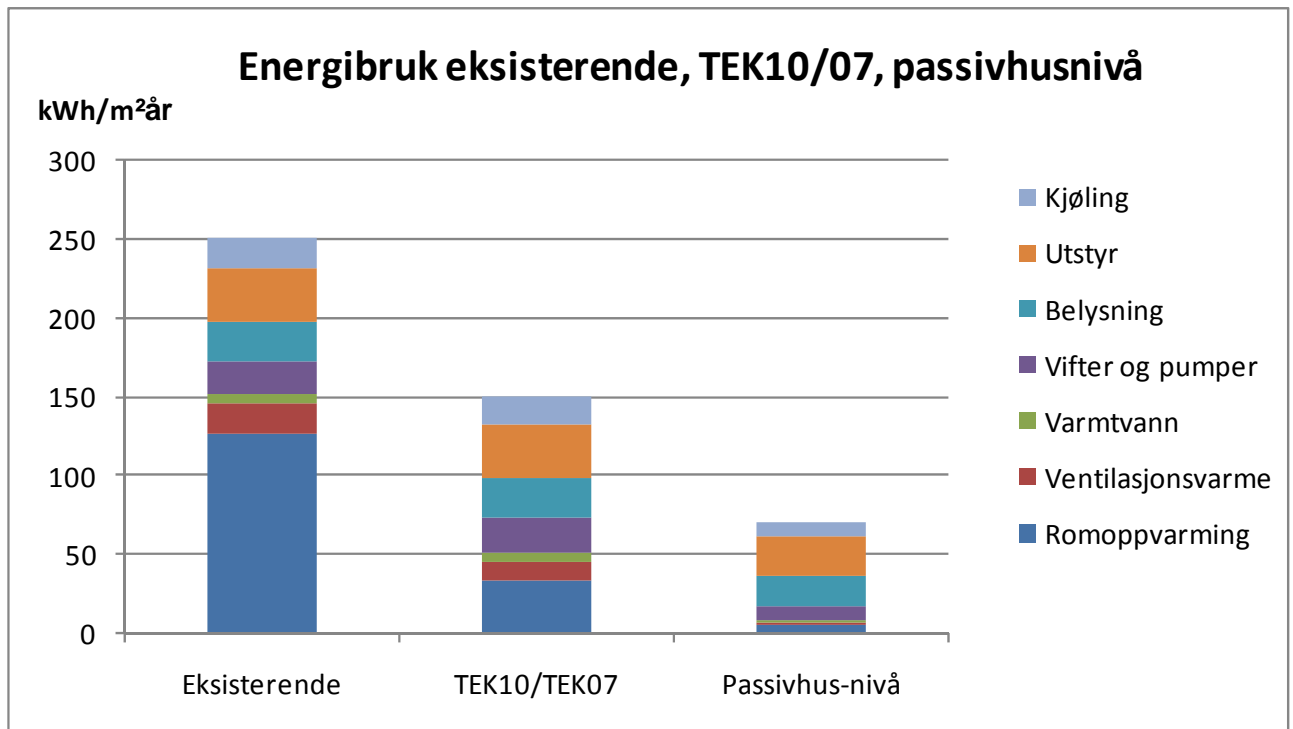


Figur D.1 Tenkt (fiktiv) statistikk over spesifikk levert energi – nye bygg. **OBS! Tallene i diagrammet er ikke relle.**



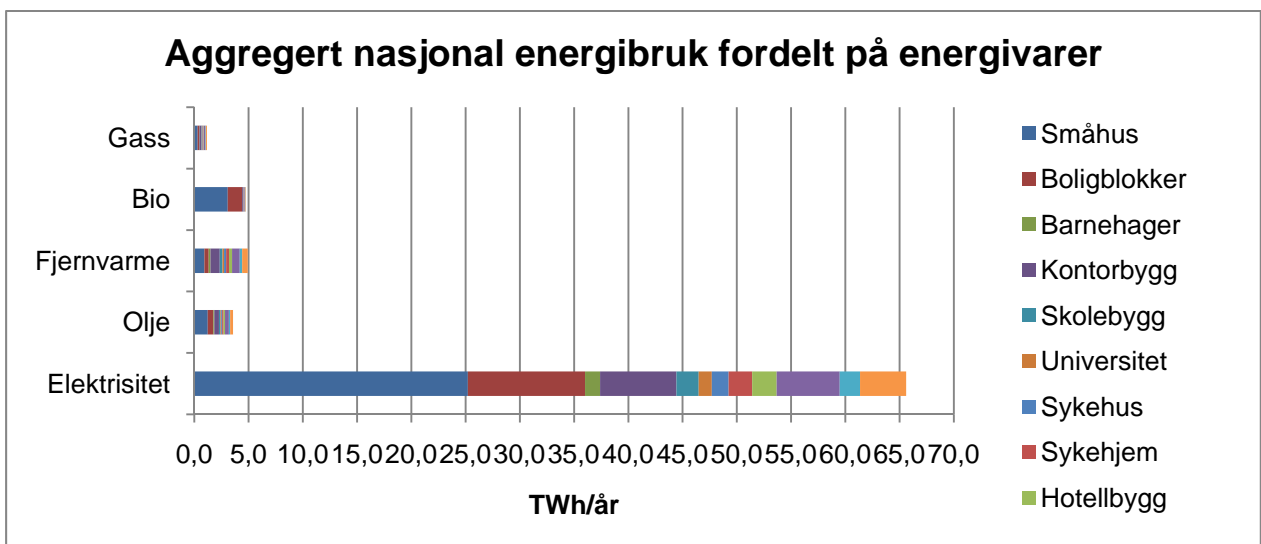
Figur D.2 Tenkt (fiktiv) statistikk over spesifikk levert energi – passivhusnivå. **OBS! Tallene i diagrammet er ikke relle.**

D.2 SPESIFIKK FORMÅLSDELT ENERGIBRUK



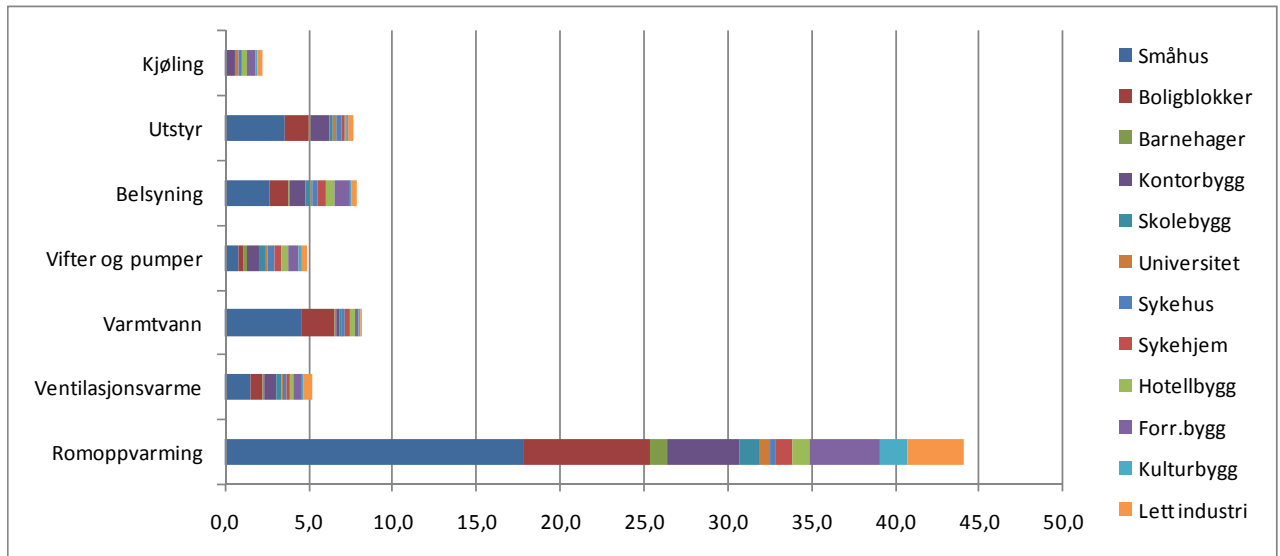
Figur D.3 Tenkt (fiktiv) statistikk over målt formålsdelt energibruk, for eksisterende bygg, bygg med dagens forskriftskrav og bygg med passivhus-nivå. **OBS! Tallene i diagrammet er ikke relle.**

D.3 AGGREGERT NASJONAL ENERGIBRUK - LEVERT ENERGI



Figur D.4 Tenkt (fiktiv) statistikk over aggregert nasjonal energibruk for levert energi, fordelt på ulike energivarer. **OBS! Tallene i diagrammet er ikke relle.**

D.4 AGGREGERT NASJONAL ENERGIBRUK - FORMÅLSDELT ENERGIBRUK



Figur D.5 Tenkt (fiktiv) statistikk over aggregert nasjonal formålsdelt energibruk, fordelt på ulike energiposter (etter NS3031). **OBS! Tallene i diagrammet er ikke relle.**

APPENDIX E: STATISTISK SIGNIFIKANT UTVALG

Spørsmålet man ønsker svar på kan formuleres: *Hvor mange bygg av en gitt standard (eks. TEK10) må man måle/etterprøve for å si noe sikkert om energibruken ned på energipostnivå?* F.eks. hvor mange bygg må vi måle på for å finne hvor mye et gjennomsnittlig TEK10 kontorbygg bruker til belysning? På den ene siden ønsker vi mange for å være sikker på at dette gir et riktig bilde av virkeligheten, på den andre siden er en slik etterprøving/måling meget kostbar, anslått til 1 million for et bygg/prosjekt i kapittel 5, så man ønsker begrense antallet så mye som mulig.

I statistikk sammenheng bruker man i slike tilfeller det man kaller Student-*t*-fordelingen²⁸ når man ønsker å estimere gjennomsnittsverdien for en normalfordelt populasjon, der man kun har et lite utvalg (antall bygg). Populasjonen vår kan f.eks. være energibruken til belysning i kontorbygg bygget etter TEK10.

Student-*t* fordelingen har den samme symmetriske klokkeformen som normalfordelingen, se figur E.1, men har tyngre "haler" som betyr at den lettere produserer verdier som ligger langt fra gjennomsnittsverdien. Ved hjelp av Student-*t*-fordelingen kan vi ved et begrenset utvalg (målinger) si noe om det beregnede gjennomsnittet for utvalget er representativt for hele populasjonen. Mer spesifikt kan vi si at gjennomsnittsverdien ligger innenfor et gitt intervall med en gitt sikkerhet (konfidensintervall). Det såkalte konfidensintervallet kan regnes ut fra følgende ligning:

$$\bar{X}_n \pm A \frac{S_n}{\sqrt{n}} \quad (\text{E.1})$$

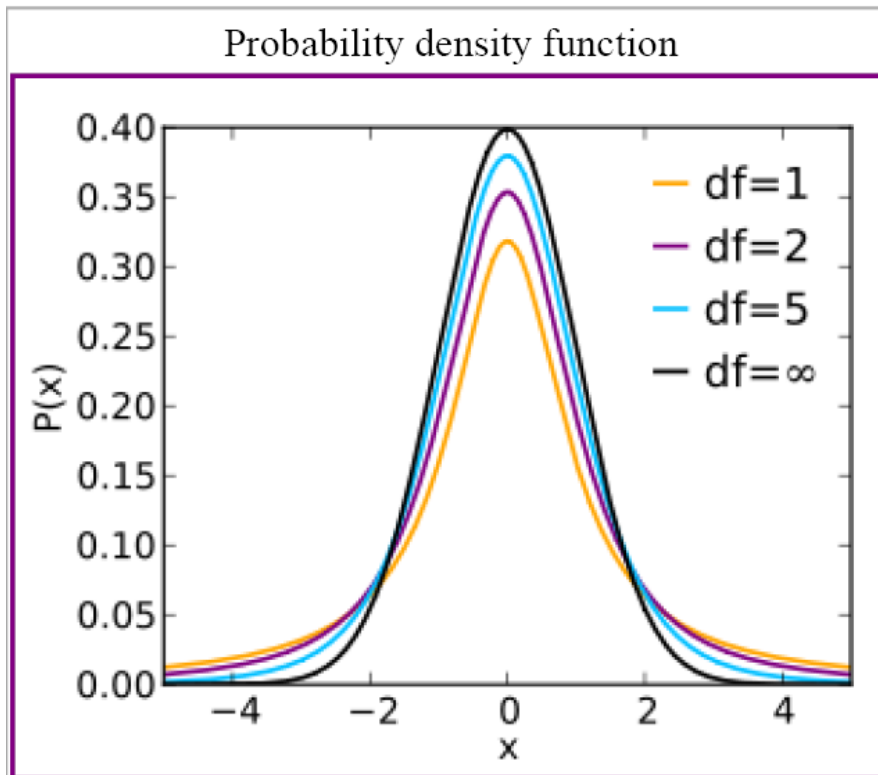
Der \bar{X}_n er gjennomsnittet for utvalget, S_n er standard avvik for utvalget og n er antall prøvetakinger/målinger. Ser av ligning E.1 at stort standard avvik (S_n) og et lite utvalg (liten n) gir et stort konfidensintervall. A er en faktor spesifikk for Student-*t*-fordelingen og konfidensnivået, tabulerte verdier for A for noen konfidensnivåer og antall prøvetakinger/målinger (n) er gitt i tabell E.1.

Tabell E.1. Faktoren A for ulike antall prøvetakinger/målinger (n) og konfidensnivå.

Antall målinger(n)	2	4	6	8	10	15	20	40	100
80 % konfidens	3,078	1,638	1,476	1,415	1,383	1,345	1,328	1,303	1,290
90 % konfidens	6,314	2,353	2,015	1,895	1,833	1,761	1,729	1,684	1,660
95 % konfidens	12,71	3,182	2,571	2,365	2,262	2,145	2,093	2,021	1,984

²⁸ http://en.wikipedia.org/wiki/Student's_t-test

Student's *t*



Figur E.1: Student-*t* sannsynlighetsfordeling.

For å gjøre dette mer forståelig har vi tatt utgangspunkt i konkrete målinger av energibruk til varmtvann fra passivhusprosjektet Värnamo der 40 boliger har blitt målt (**Jansson, 2010**), se figur E.1 Som vi ser er snittet til målingene på 25,1 kWh/m²år, men variasjonen er stor med en faktor på over 30 mellom laveste og høyeste forbruk. Standard avvik beregnes til: 14,2 kWh/m²år. Hvis vi velger et konfidensnivå på 90 %, får vi fra tabell E.1 en A-verdi på 1,684. Kan da regne ut konfidensintervallet:

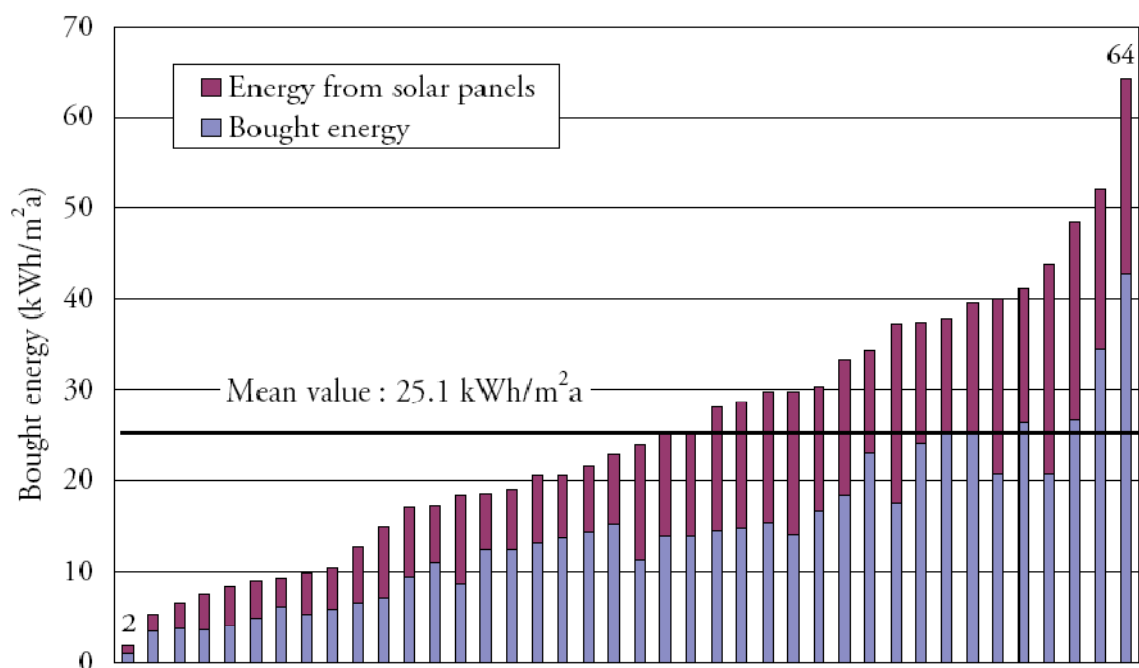
$$25,1 \pm \frac{1,684 \cdot 14,2}{\sqrt{40}} = 25,1 \pm 3,7 \text{ kWh/m}^2\text{år.}$$

Det vil si at vi med dette utvalget (40 målinger) med 90 % sikkerhet kan si at gjennomsnittlig varmtvannsbruk i denne type boliger²⁹ ligger mellom 21,4 og 28,8 kWh/m²år. Øker vi antall målinger vil konfidensintervallet bli mindre, reduserer vi antall målinger vil det bli større.

Med antagelse om samme gjennomsnitt (25,1) og med samme standard avvik (14,2), men med færre målinger vil konfidensintervallene (øvre og nedre grense) bli som vist i tabell E.2.

Som vi ser er det ikke noe definitiv grense for hvor mange målinger som bør gjøres, men vi ser at går man ned mot og under 10 målinger vil konfidensintervallet bli stort. Samtidig så blir ikke konfidensintervallet veldig mye større hvis vi dobler antall målinger fra 20 til 40. En rimelig avveining mellom statistisk signifikant antall målinger og kostnader ved å gjøre målingene kan derfor være i området 15-20 bygg/prosjekter.

²⁹ Dette er kun passivhusleiligheter, men det er liten grunn til å tro at varmtvannsforbruket skiller seg vesentlig fra andre konvensjonelle leiligheter.



Tabell B.2 Konfidensintervaller (kWh/m²år) som funksjon av antall målinger og konfidensnivå.

Antall målinger (n) :	40	20	15	10	6	4
Konfidensintervall, 90 % konfidensnivå	28,8 – 23,4	30,5 – 19,6	31,5 – 18,6	33,3 – 16,8	36,7 – 13,4	41,8 – 8,4
Konfidensintervall, 80 % konfidensnivå	28,0 – 22,1	29,3 – 20,8	30,0 – 20,1	31,3 – 18,8	33,6 – 16,5	36,7 – 13,4

APPENDIX F: BYGNINGSINFORMASJONSMODELLERING (BIM) OG ENERGIBEREGNINGER

F.1 BAKGRUNN

BIM eller bygningsinformasjonsmodellering er på vei inn som måten å prosjektere bygge- og anleggsprosjekter på. Begrunnelsene for og høstingsmulighetene ved bruk av BIM er mange og det som i første omgang gir gevinsten er kollisjonssjekk (både innenfor fag og mellom ulike fag), og etter hvert gir BIM'en grunnlag for beskrivelser, kalkyler, planer av forskjellig slag og et spekter av kontrollere. 3D-DAK med visualisering, kopling mot terreng og bilder har eksistert lenge, uten å ha blitt modellert med objekter (intelligente eller med egenskaper). Visualiseringen ligger også som en viktig funksjon i BIM.

Starter en modelleringen "riktig" i forhold til geografisk riktige krav/data, bygger opp modellen slik at typer objekter og lokalisering/plassering i bygget blir entydig, og benytter programvare som har mulighet til å tilordne egenskaper til objektene ved import økes modellens bruksområde vesentlig også for eksport av informasjon/data til andre fagmodeller/spesialmodeller.

Et krav som stadig oftere kommer er bruk av omforente standarder og format for import/eksport av data, navnkonsvensjoner og betegnelser og ikke bare interne (proprietære) format/betegnelser. Et slikt overføringsformat er IFC, eller rettere ISO/PAS 16739:2005 Industry Foundation Classes, Release 2x, Platform Specification (IFC2x Platform).³⁰

Flere programleverandører tilbyr generering av BIM som del av eller som tilleggsfunksjoner i sine program – eller at informasjon kan hentes inn eller legges ut slik at det kan gjøres forskjellige analyser/kontroller/sjekker "utenfor" modellen.

Visjonen om at alle jobber på eller i samme modell, er med tiden vesentlig modifisert. Mer vanlig er modellering innenfor ulike **fagmodeller** og at en "trekker ut" eller overfører informasjon til en **fellesmodell**, eller overfører informasjon mellom fagmodellene. Arkitektmodellen står alltid sentralt, men trenger ikke nødvendigvis være starten på modelleringen eller modellen som brukes som fellesmodell.

Starter en med modellering i konseptfasen, finnes det programmer som generer den informasjonen som videre legger grunnen for de geometriske modellene (arkitektmodellen) eller spesielle fagmodeller. Slike programmer kan f.eks. inneholde ulike krav som enten ligger på et overordnet nivå – som krav til arealer, energibehov, lys, utslipp, eller andre grunnleggende brukskrav. Videre vil en kunne konkretisere slike krav i program som behandler/optimaliserer rom og funksjoner³¹.

Når modelleringen av designet er kommet i gang (som oftest med arkitektmodellen i "lead") kople de ulike fagene seg på. En får en parallell og integrert utvikling av modell(ene), ikke en sekvensiell måte som er (var) vanlig. Dette kan by på utfordringer både til gjennomføringsformen (kontrakter) og måten å arbeide på i de ulike fagene.

I forhold til modellering og energiberegning ligger det store muligheter og gevinster ved modellering, da en på sikt vil kunne simulere energibehovet i ulike faser i programmerings- og designprosessen, korrigere og optimalisere løsninger senere i prosjekteringen og derved redusere energibehovet. Enkelte programvarehus har allerede innarbeidet slike muligheter.

³⁰ Mer om definisjon og bruk av BIM på Wikipedia:
http://en.wikipedia.org/wiki/Building_Information_Modeling (28.1.2011)

³¹ <http://www.drofus.no/index.php?page=home&set-lang=no> (31.1.2011) og
<http://www.drofus.no/index.php?page=tida> (31.1.2011)

F.2 PROGRAMVARE OG STATUS

Nedenfor er det listet opp programvareleverandører som enten har energisimulering innarbeidet i BIM-program eller som kan importere eller eksportere informasjon/data til/fra modeller. Vi har også med norsk programvare der det arbeides med format som gir mulighet for eksport til modeller.

- Graphisoft
- Data Design System
- Programbyggerne
- Autodesk
- Bentley
- EPM
- RIUSKA

GRAPHISOFT

Graphisoft er leverandør/ansvarlig for BIM-programvaren **ArchiCAD**³². ArchiCAD er et "ekte" BIM-verktøy fra bunnen av, og var blant pionerene da de allerede i 1987 lanserte teknologien under begrepet Virtual Building. Programmet har ferdige innstillinger for veggobjekter, dekker, tak, vinduer, dører etc. Ved å ta i bruk den norske versjonen av ArchiCAD er man sikret at man fra starten av prosjekterer en 3D-modell som er BIM. ArchiCAD er sertifisert for **IFC**, og er langt fremme på eksport og import av dette åpne filformatet.

At IFC er en åpen standard gjør også at alle uansett fagdisiplin fritt kan velge det verktøyet som er best egnet til sitt yrke og behov. En IFC-modell utvider derfor bruksområdet til å omfatte FDV-systemer, energianalyser, tids- og kostnadsanalyser (4D og 5D) osv.

Graphisoft står også som leverandør av **EcoDesigner**³³ et dynamisk estimeringsverktøy for energiforbruket i ulike typer bygg. EcoDesigner bruker BIM-modellen med termiske egenskaper fra ArchiCAD til å beregne energibehovet og gir en endelig sluttrapport for vurdering av resultatene. Sluttrapporten gir det estimerte energiforbruket til bygget basert på de inndata som gis inn i modellen og i innstillingene som er satt i EcoDesigner. Rapporten gir oversikt over gjennomsnittlige U-verdier, energibalansen, CO2 utslipp, energivarefordeling og energiforbruket i kWh/år m². EcoDesigner et programtillegg til ArchiCAD, som installerer seg som en del av denne. Beregningene gjøres ut fra internasjonale standarder, og det brukes klimadata fra faktisk plassering (ikke Oslo). Beregningsmåten er derfor ikke helt etter NS3031, og det normeres heller ikke etter TEK10. Men det finnes en direktekobling mot StruSofts **VIP-energy**³⁴,



³² <http://www.graphisoft.no/page57912242.aspx> (28.1.2011)

³³ <http://www.graphisoft.no/ecodesigner.aspx> (28.1.2011)

³⁴ <http://www.graphisoft.no/vip-energy.aspx> (28.1.2011)

som beregner etter NS3031:2007 normer mot TEK10, og har kobling mot NVE's Energimerkesystem. Dette er et mere avansert program, som krever innlegging av flere variabler.

Dersom en har en IFC-fil av en BIM, kan denne åpnes i ArchiCAD/EcoDesigner. Ved å supplere med den informasjon/de data som kreves av VIP-Energy, kan den kjøre ønskede beregninger, og eventuelt kjøre dette videre til NVE sin database for energiattest.

DDS – DATA DESIGN SYSTEM

Data Design System ASA (DDS) ble etablert i 1984 og var blant de første med 3D CAD systemer på PC. Den opprinnelige forretningsideen var å utvikle og markedsføre dataassisterte prosjekteringsverktøy (DAK) for boligbyggere i inn- og utland. Selskapet klarte å ta en betydelig markedsandel i denne nisjen og utvidet etter hvert spekteret av løsninger og dekker nå flere fagområder.

I **DDS-CAD**³⁵ gjøres ikke energiberegninger direkte i BIM'en. Effektbehovsberegning kan derimot utføres, basert på U-verdiene som kommer i BIM-underlaget fra fagmodellen til arkitekten. En tar utgangspunkt i en "mager BIM" eller en 2D DWG fil, og bygger opp en modell som videreføres til et energisimuleringsverktøy.

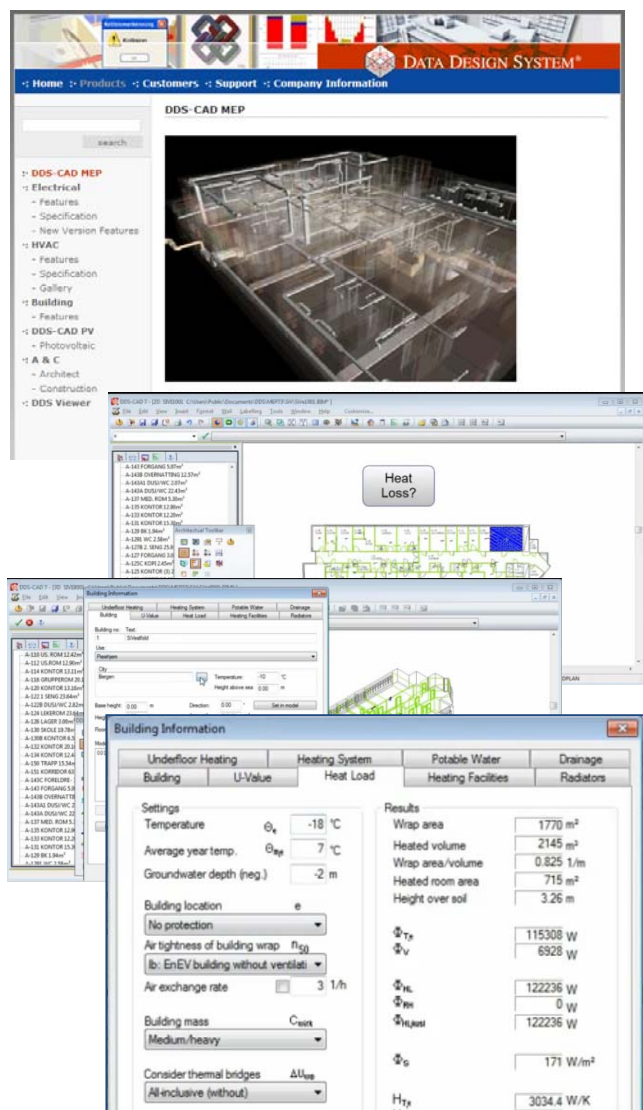
DDS har integrert varmebehovsberegning i denne modellen som har informasjon som U-verdi på bygningselementer, temperatur og personlaster i rom etc.

Utvexlingsformatet er pr. i dag IFC 2x3, og DDS jobber (januar 2011) med å støtte div XML format (gbXML³⁶, SimienXML, SimplifiedIFCXML).

Hvis energisimuleringsverktøyet lagrer beregningsresultat tilbake til modellen, så hentes dette ut og bruker videre i **DDS-CAD MEP**³⁷.

En liten filmsnutt viser hvordan DDS-CAD bygger opp en BIM for å utføre energiberegning³⁸.

Til høyre vises enkelte skjermbilder fra filmen som i eksemplet ender opp med resultatet: "grunnlaget for beregning av radiatorer".



³⁵ <http://www.dds-cad.no/> (1.2.2011)

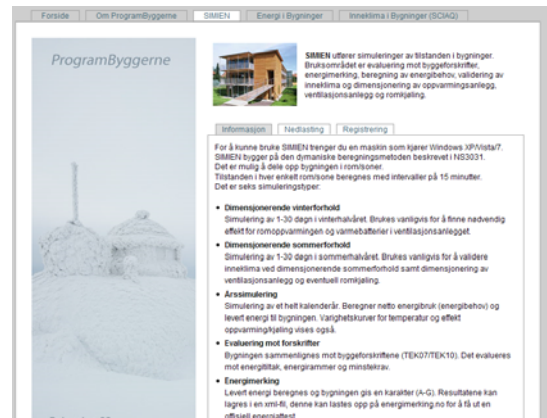
³⁶ Green Building Extensible Markup Language

³⁷ <http://www.dds-cad.net/130x2x0.xhtml> (1.2.2011)

³⁸ <http://www.youtube.com/watch?v=ThIND7erXlc> (28.1.2011)

PROGRAMBYGGERNE

ProgramByggenes SIMIEN³⁹ utfører simuleringer av tilstanden i bygninger. Bruksområdet er evaluering mot byggeforskrifter, energimerking, beregning av energibehov, validering av inneklime og dimensjonering av oppvarmingsanlegg, ventilasjonsanlegg og romkjøling. Programbyggerne er i ferd med å implementere en import fra et egendefinert xml-format i SIMIEN. Dette er foreløpig i betaversjon (31.1.2011). SIMIEN tar ikke data direkte fra modeller for å benytte dem i beregninger. ProgramByggerne står for produksjon og leveranse av programvare, og utfører ikke beregninger for kunder.

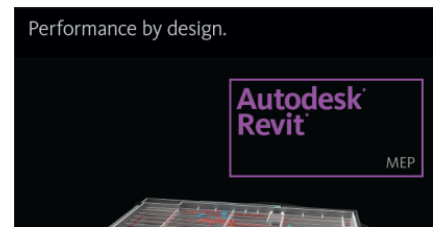


AUTODESK

BIM for Mechanical, Electrical, and Plumbing Engineers;

Autodesk[®]40

Revit[®] MEP⁴¹, er en løsning for prosjektering av ventilasjon-, elektrisk-, og rørtekniske anlegg. Det er verktøy som gjennom sin visualisering forenkler analyser og beslutninger tidlig i prosjekteringsfasen.



Revit MEP produserer en omfattende modell som gir realistiske oppdaterte design scenarior.

Revit MEP kan også eksportere data gjennom formatet gbXML for videre analyse i Autodesk[®] Ecotect[®] Analysis software and Autodesk[®] Green Building Studio[®]. Dette er webbasert servise så vel som tredjeparts applikasjon for analyser av bærekraftig design.

Autodesk[®] Revit[®] MEP software helps mechanical, electrical, and plumbing engineering firms meet the heightened demands of today's global marketplace.

This complex block contains several text-based advertisements for Autodesk Revit MEP. It includes a quote from Stanislav Smith, Senior Vice President at Stantec, praising the software's collaborative capabilities. It also features a section titled 'Building Systems Modeling and Layout' and another titled 'Sustainable Design with Building Performance Analysis'. The background of this section shows a 3D model of a building with a green roof.

BENTLEY

Bentley Energy Analysis and Simulation⁴²

er software for design av energiopplegg, analyse og simulering, og det arbeides nå (januar 2011) med å integrere det i BIM-verktøyet. Programmet dekker i tillegg CO2 emisjon og simulering av komfort for brukere. Bentley's portefølje innenfor energidesign, applikasjoner for analyse som inkluderer Hevacomp⁴³ og Tas⁴⁴, gir mulighet for et

This block features a Bentley advertisement. At the top, it says 'Optimize Building Energy'. Below that, there is a screenshot of the Bentley BIM and Energy Performance Series software interface, showing a 3D model of a building. The text below the screenshot reads 'YOU ARE HERE: Bentley BIM and Energy Performance Series for detailed analysis and design of green buildings'. It also includes a quote from Bentley Systems about their commitment to green buildings and the development of EnergyPlus based simulator built into the Bentley BIM software.

³⁹ <http://www.programbyggerne.no/> (28.1.2011)

⁴⁰ <http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/pc/index?siteID=123112&id=6861034>

⁴¹ <http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/pc/index?siteID=123112&id=6861034> (1.2.2011)

⁴² <http://www.bentley.com/en-US/Products/Building+Analysis+and+Design/Building-Performance.htm>

(31.1.2011)

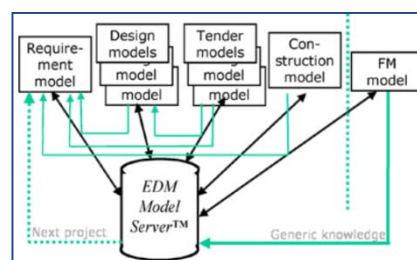
⁴³ <http://www.bentley.com/en-US/Products/Hevacomp+Dynamic+Simulation/> (31.1.2011)

bærekraftig fokus i tillegg til produktivitet og effektivitet. Applikasjonene er benyttet i mange land, og inneholder nøyaktige simuleringer og analyser for belastningen på bygg, passivt design og dynamisk termisk simulering. De støtter ISO, CIBSE⁴⁵ og ASHRAE⁴⁶ standarder.

JOTNE EPM TECHNOLOGY

Jotne EPM Technology står og har stått sentralt i Norge og internasjonalt gjennom utvikling av sin **EDM Model Server**. Dette er en **fellesmodell** eller **modellserver** som tar opp i seg ulike fag for inn- og utlegging, og "hoster" bygningsinformasjonsmodellen. Modellserveren er basert på Express og IFC-standarder, og gjennom regler, "queries" og "mappings" kan en gjøre valideringer og kontroller. En kan også kjøre sammen delmodeller for å få ut de data eller den informasjon en ønsker. Benyttes prinsippene i IFC sammen med "buildingSMART" initiativet, åpner bruken av EDM Model Server et marked for alle typer "service providers". Med en BIM med omfattende innhold kan EPM tilby tjenester som:

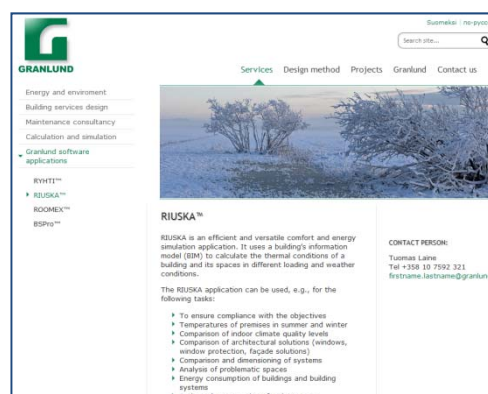
- Lager for prosjektdata eller prosjekthotell for "In-design"- og "As-built"-informasjon, som støtter bruk av ulike applikasjoner.
- Produktkatalogtjenester for enkle søk og "drag-and drop" av all informasjon til BIM'en.
- Material- and elementdatabaser for klassifisering og tilordning av egenskaper ved bruk av buildingSMART og IFD Library⁴⁷.
- Automatisk sjekk av byggeregler, energisimulering, universell utforming så vel som ønskede drifts- og prosjektkrav.



RIUSKA

RIUSKA⁴⁸ er et allsidig program for simulering energibruk og komfort. Det tar utgangspunkt i en bygningsinformasjonsmodell (BIM) og beregner arealer og rom med ulik belastning under forskjellige værforhold:

- For å sikre samsvar med mål/krav
- Temperatur i lokaler sommer og vinter
- Sammenligning av kvalitetsnivå i innklimaet
- Sammenligning av arkitektoniske løsninger (vinduer, vindusbeskyttelse, fasadeløsninger)
- Sammenligning for dimensjonering av systemer
- Analyse av problematiske arealer/områder
- Energiforbruk i bygninger og systemene i bygninger
- Forventet vedlikeholdsbehov



⁴⁴ <http://www.bentley.com/en-US/Products/Bentley+Tas/Product-Overview.htm> (31.1.2011)

⁴⁵ <http://www.cibse.org/> (1.2.2011)

⁴⁶ <http://www.ashrae.org/> (1.2.2011)

⁴⁷ http://www.ifd-library.org/index.php?title=Main_Page (1.2.2011)

⁴⁸ <http://www.granlund.fi/en/services/granlund-software-applications/riuska/> (1.2.2011)

IFC filformatet brukes til å importere 3D-modellen inn RIUSKA. 3D-modellen må opprettes i et IFC-kompatibelt modelleringsverktøy. RIUSKA støtter for tiden IFC 2x3 (CoordinationView med SpaceBoundaryAddOnView).

ANDRE PROGRAMVARELEVERANDØRER

Andre programvareleverandører som indirekte kombinerer energiberegninger eller grunnlag for slike gjennom BIM kan en få oversikt over på **Building Energy Software Tools Directory**⁴⁹, et nettsted støttet av U.S. Department of Energy (DOE). Riuska ligger inne på listen, som også er kategorisert på land. Hvordan listen bygget opp og hvordan hvert enkelt program vurderes er vist for Riuska i Appendix A.

The screenshot shows the Energy.gov website interface. The main heading is "Building Energy Software Tools Directory". Below this, there is a section titled "Tools by Country - Finland". A table lists the tools available for Finland:

Tool	Applications	Free	Security
RIUSKA	energy performance, ventilation, air flow, indoor air quality, noise level		✓
KOLCOO	life cycle inventory, assessment, LCA		
RIUSKA	Energy calculation, heat loss calculation, system comparison, dimensioning, 3D modeling		✓

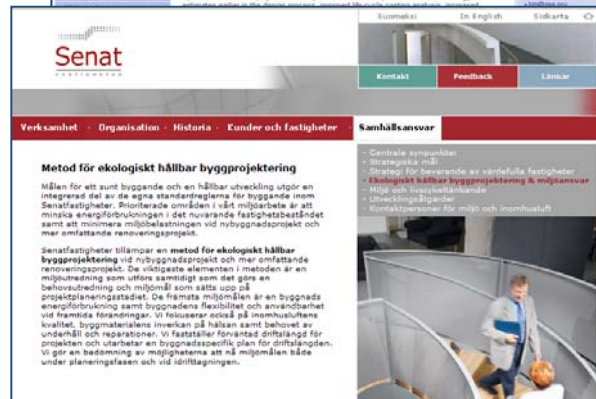
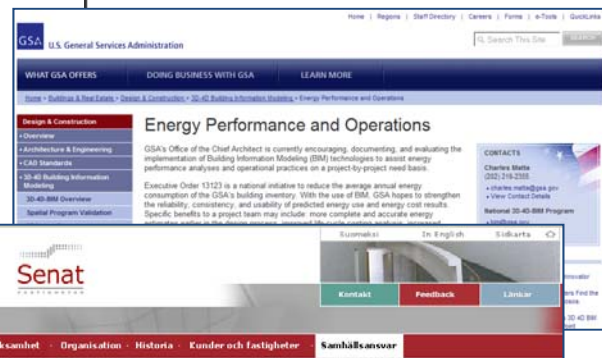
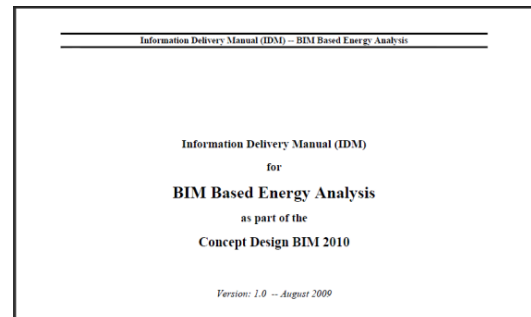
⁴⁹ http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/

F.3 AKTIVE AKTØRER

STATSBYGGERNES OMFØRENTE KRAVSPESIFIKASJON

GSA⁵⁰ i USA, Statsbygg⁵¹ i Norge og Senate Property⁵² i Finland, har alle gått foran i å stille krav til bruk av bygningsinformasjonsmodellering i sine prosjekter. De har også deltatt aktivt i utviklingen og innarbeidingen av åpne standarder ved utveksling av informasjon til og fra modeller. Energioptimalisering har stått sentralt som krav til aktører/tilbydere. De tre publiserte en IDM (Information Delivery Manual eller kravspesifikasjon for energianalyser) i konseptfase i 2010. Det at eiendomsselskapene til staten(e) stiller slike krav er med å drive utviklingen videre. De tre har også deltatt i finansiering av forskning og utviklingen på BIM-området og stiller konkrete krav til bruk av BIM i sine prosjekter.

Sammen med andre finansieringskilder for FoU har Statsbygg vært med å sikre utviklingen av det norsk buildingSMART-miljøet og at det internasjonalt har fått en sentral posisjon.

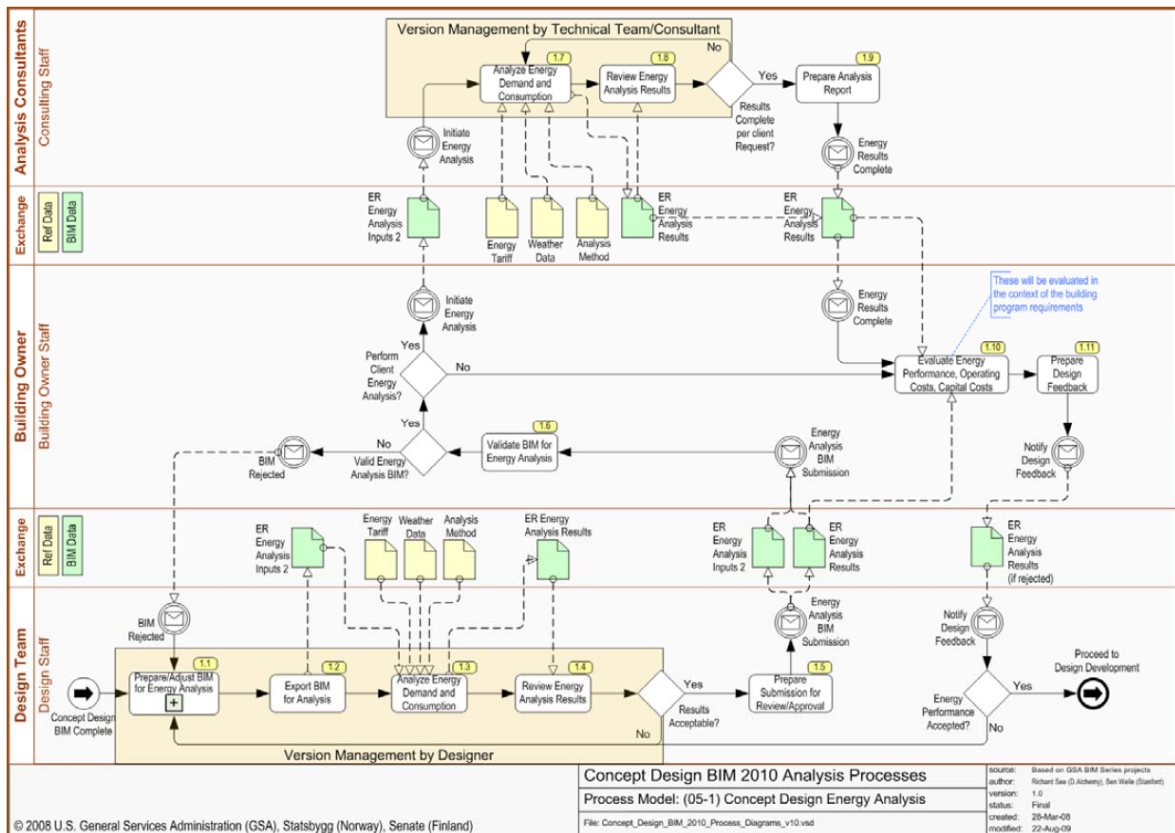


⁵⁰ U.S. General Service Administration <http://www.gsa.gov/portal/content/102283> (30.1.2011)

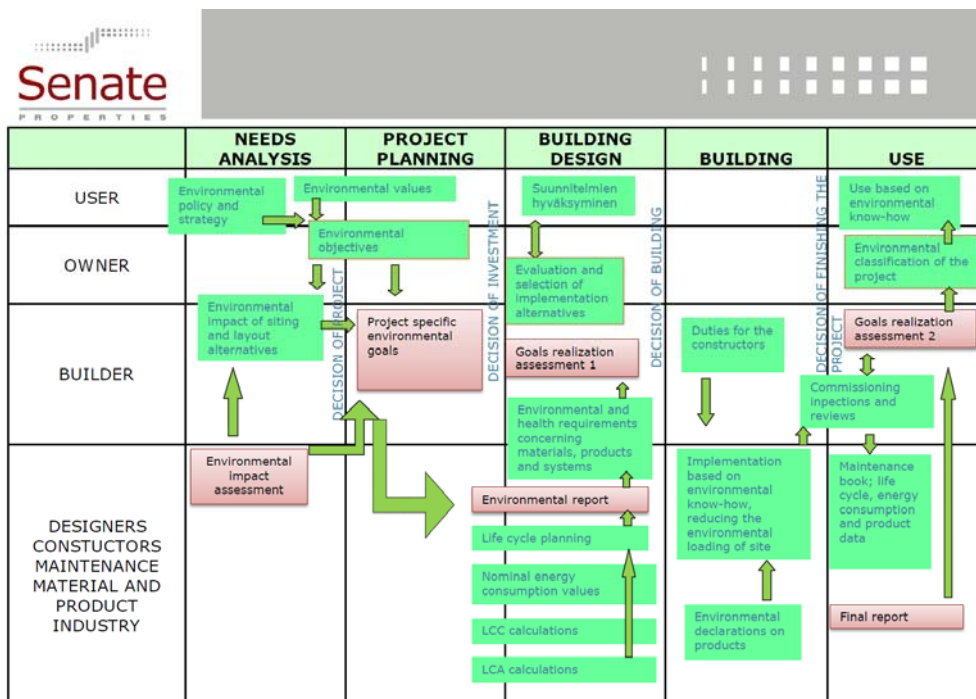
⁵¹ Statsbygg

⁵² Senate Property Finnlad <http://www.senaatti.fi/document.asp?siteID=3&docID=491> (30.1.2011)

Figuren nedenfor viser **prosessmodellen** for IDM'en som GSA, Statbygg og Senate Property har utarbeidet for å gi programvarehus og andre utviklere mulighet til å implementere BIM-løsninger og energianalyser.



Vi tar også med en modell som viser Senate Property's modell for miljøfokus i sine prosjekter



BOLIGPRODUSENTENE

Boligprodusentene forening satser aktivt på økt bruk av BIM også i småhusprosjektering, men er usikre på om det som tilbys på markedet for beregning av varme- og energibehov regner helt riktig i henhold til energiberegningsstandarden NS 3031:2007. Dette gjelder spesielt forhold knyttet til areal- og volumreferanser.

I prosjektet "boligBIM – prosjektering av energi- og miljøriktige boliger", vil Boligprodusentenes Forening fokusere på punkt 3: "Programvare som tar/får data fra BIM'en som kan benyttes direkte i energiberegninger (IFC)". Foreningen ser som overordnet at en kan trekke ut nødvendig informasjon fra BIM'en som så via IFC kan overføres til beregnings- og simuleringsprogram for energioptimalisering.

De fokuserer foreløpig ikke så mye på driftsfasen, og bruk av "smarte" systemer for styring av energibruken (såkalt smarthusteknologi, må ikke forveksles med buildingSMART). Energibehovsberegningene gjøres for å dokumentere tilfredsstillende av forskriftskrav basert på et nasjonalt referanseklime og en normalisert (standardisert) bruk av boligen. En er ikke så opptatt av at målt energibruk skal stemme med beregnet energibehov, da brukermessige forhold vil påvirke den faktiske og målte energibruken svært mye. Målt energibruk vil være forskjellig i to energiteknisk like boenheter, men som bebos av forskjellige personer/familier.

F.4 UTVIKLINGSTREKK

BRUK AV IFC SOM ÅPEN STANDARD

Som det går fram i beskrivelsen av flere av BIM-programmene og eksport/import av informasjon – er det i økende grad IFC-standard som benyttes.

Men enkelte er kritiske til formatet bl.a. ProgramByggerne. De laget allerede i 2005 en IFC-parser (leser/tolker) som var tenkt brukt i SIMIEN, men det viste seg dessverre umulig å lage en generell import basert på IFC-standard. Alternativet var å koble SIMIEN opp mot spesielle CAD-produsenter noe ProgramByggerne ikke ønsket å gjøre. Etter å ha jobbet en del med IFC-formatet finner ProgramByggerne svakheter i formatet og at det er sårbart for feil.

ProgramByggerne har innledet et samarbeid med en større rådgiver som har som mål å få praktiske løsninger innen området modellering og energiberegning, og har laget et xml-basert importformat i SIMIEN som nå er til uttesting. Dette formatet vil bli lagt åpent ut.

buildingSMART

buildingSMART⁵³ arbeider aktivt for økt bruk av åpne standarder og BIM og er del av et stort internasjonalt nettverk med samme formål. buildingSMART Norge er en ikke-kommersiell fagnøytral norsk medlemsforening som i 2010 opprettet et sekretariat med to fulltidsansatte, daglig leder Steen Sunesen og assisterende sekretariatsleder, Åste T. Liland. Disse ivaretar den daglige driften, informasjon og utvikling samt muliggjør en rekke møter og arrangementer. buildingSMART Norge sine medlemmer består av ledende aktører i norsk byggenæring.

STANDARDISERING BIM OBJEKTBIBLIOTEK

"Rådgiverbransjen har i lengre tid investert mye i kompetanseheving, organisasjonsutvikling og teknikk uten å virkelig få ut synergien av BIM. En god standard for BIM-biblioteker vil være forløsende og en sterk bidragsyter for samspill og dataflyt", uttaler John Matland fra Rambøll som er nyvalgt leder for en komité som skal utarbeide en ny Norsk Standard for BIM objektbibliotek.

⁵³ <http://buildingsmart.no/> (1.2.2011)

Norsk Teknologi representerer de tekniske fagene i komiteen, og dessuten er flere av de store leverandørene av tegneverktøy i Norge representert, som CAD-Q, Nestor, DDS, Graphisoft og Focus Software. Sistnevnte er i tillegg til Catenda, Norconsult, Bygganalyse og Holte Byggsafe alle BIM programvareleverandører og innholdsleverandører til ulike bransjebiblioteker.

F.5 KONKLUSJON

Bygningsinformasjonsmodellering er mer og mer i bruk i prosjektering, og til dels i forvaltningen av bygninger. Flere programvareleverandører tilbyr BIM med integrering av energiberegninger eller energisimuleringer. Sentrale (offentlige) byggherrer stiller krav til at BIM skal benyttes i sine prosjekter, men private byggherrer og utbyggere stiller sjelden dette kravet (enda). Større rådgiverteam ser positive effekter av å bruke BIM i prosjekter og derved legge til rette for energiberegninger i ulike faser under prosjektering, med data fra BIMen som utgangspunkt.

Innhenting av grunnlagsdata fra modeller skjer enten gjennom proprietære format eller stadig oftere i åpne standardiserte format som IFC. Slike krav stilles bl.a. fra store statlige byggherrene og benyttes mellom de prosjekterende ved eksport og import mellom fagmodeller.

Også for småhusbygging ser Boligprodusentene bruken av BIM og energiberegninger/simulering som viktig, da en også i slike prosjekter møter stadig strengere energikrav. En ser også at det må til en samordning av (energi)teknikk og bygningsteknikk i design og prosjekteringsfasen som vanskelig kan lar seg gjøre uten modellering/simulering. Dette er bl.a. motivet bak Boligprodusentenes satsing på buildingSMART og bruken av åpne standarder over flere år. Nye eksempelbygg er utarbeidet og vil legges åpent ut for videre eksperimentering/læring – særlig mht. energioptimalisering, – men også for å møte andre utfordringer.

Et sentralt spørsmål i forholdet mellom BIM og energiberegninger er om AS-BUILT modellen kan benyttes til logging/sammenligning av energibruk. Vi finner ingen slike anvendelser ved søk på nettet og via aktuell programvare/rådgivere. Det bør imidlertid være et potensial for slike kombinasjoner særlig for å verifisere beregningsmåter og grunnlagsdata.

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.

