

Analyse av mulig utvikling av fremtidig energiforbruk og varmesystemer i bygninger

Thomas Sand Hareide

Master i energi og miljø

Oppgaven levert: Juni 2009

Hovedveileder: Rolf Ulseth, EPT

Biveileder(e): Viggo B. Søderblom, Multiconsult AS, Narvik

Oppgavetekst

Mål

Hovedmålet for denne oppgaven er å klarlegge den sannsynlige utviklingen mht energiforsyning for bygninger i tiden frem mot 2020 og hvordan lov- og regelverk vil påvirke utviklingen.

Oppgaven bearbeides ut fra følgende punkter:

1. Klarlegg hvilke faktorer som påvirker utviklingen av de aktuelle former for energiforsyning for bygninger og hvordan de enkelte faktorer påvirker utviklingen
2. Klarlegg utviklingen mht teoretisk og faktisk energibehov for bygnigner i den senere tid. Estimer også utviklingen mht faktisk energibehov for bygninger i tiden fremover mot 2020.
3. Klarlegg de faktiske forhold mht forbruk av primærenergi og CO₂-utslipp ved de mest aktuelle former for varmforsyning for en gitt bygning.
4. Beskriv de karakteristiske egenskapene til de mest aktuelle systemer for vannbåren varme i dagens bygninger og redegjør for hvordan både økt og redusert varmebehov på konkurranseforholdene mellom de aktuelle systemer ut fra en privatøkonomisk vurdering.
5. Klarlegg de privatøkonomiske konsekvensene ved ulike typer varmeanlegg for en gitt bygning med dagens behov for levert varme i forhold til en antatt, virkelig situasjon for samme bygning i 2020 ved beregninger for et gitt eksempel.

Oppgaven gitt: 16. januar 2009

Hovedveileder: Rolf Ulseth, EPT



Oppgavens tittel: Analyse av mulig utvikling av fremtidig energiforbruk og varmesystemer i bygninger.	Dato: 12.06.2009		
	Antall sider (inkl. bilag): 111		
	Masteroppgave	X	Prosjektoppgave
Navn: Stud.techn. Thomas Sand Hareide			
Faglærer/veileder: Rolf Ulseth			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: Viggo B. Søderblom, Multiconsult AS, Narvik			

Ekstrakt:

Den sannsynlige utviklingen med hensyn til bygningers energiforsyning frem mot 2020 viser at bruken av elektrisitet til oppvarming vil se en utflatende tendens etter hvert som alternative oppvarmingsssystemer får tildelt mer og mer plass i lovverket. Myndighetenes ønske om økt bruk av alternative energibærere til oppvarming vil utvikle seg fra stimulans til regulering.

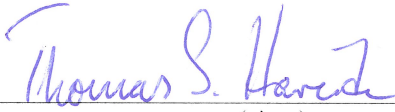
Bygningers oppvarmingsbehov vil i tiden frem mot 2020 reduseres. Nye bygninger vil bli bygd etter strengere forskrifter, og lavenergi- og passivhus vil bli mer og mer brukt. Samtidig vil forbruket av teknisk utstyr øke, noe som vil gi et økt behov for elektrisitet. Dermed vil bygningers faktiske energibehov kun ha en utflatende tendens. Energiforbruket til oppvarming vil reduseres men energiforbruket til tekniske utstyr vil øke slik at det totale bildet vil kun ha en utflatende tendens.

Myndighetenes intensjon for de tekniske forskriftene må få bedre oppfølging. Samtidig som det er krav fra bygningsenergidirektivet om oftere revisjon, må utviklingen av kompetanse for bygningens alle berørte parter bli bedre. En strengere kontrollordning, hvor virkelig energiforbruk blir målt og sammenlignet med beregnet, vil føre til at energiforbruket i nye bygninger med tiden reduseres.

Implementering av bygningsenergidirektivet og det kommende fornybardirektivet gir et økende fokus på bruk av primærenergi og CO₂-utslipp fra bygninger. Innføringen av energimerkeordningen vil gi økt fokus på bygningers energiytelse og forhåpentligvis føre med seg positive resultater.

Stikkord:

1. Fremtidig energiforbruk i bygninger
2. Varmesystemer i bygninger
3. Bygningers klimabelastning
4. Vannbåren varme


(sign.)

EPT-M-2009-30



MASTEROPPGAVE

for

Stud.techn. Thomas Hareide

Våren 2009

Analyse av mulig utvikling av fremtidig energiforbruk og varmesystemer i bygninger

Analyses of possible development of future energy use and heating systems in buildings

Bakgrunn

Både i Norge og internasjonalt er nå primærenergiforbruk og utslipp av CO₂ blitt de viktigste indikatorene for å måle energiytelsen for bygninger. Samtidig er det betydelig økt innsats for å redusere behovet for levert energi til bygningene. Dette betyr at innsatsen for å redusere netto energibehov i bygningene også er økt. Kravet om redusert primærenergiforbruk og redusert CO₂-utslipp favoriserer noen former for energiforsyning mens reduksjon av netto energibehov og levert energi er økonomisk fordelaktig for andre former for energiforsyning.

Mål

Hovedmålet for denne oppgaven er å klarlegge den sannsynlige utviklingen mht energiforsyning for bygninger i tiden frem mot 2020 og hvordan lov- og regelverk vil påvirke utviklingen.

Oppgaven bearbeides ut fra følgende punkter

1. Klarlegg hvilke faktorer som påvirker utviklingen av de aktuelle former for energiforsyning for bygninger og hvordan de enkelte faktorer påvirker utviklingen.
2. Klarlegg utviklingen mht teoretisk og faktisk energibehov for bygninger i den senere tid. Estimer også utviklingen mht faktisk energibehov for bygninger i tiden fremover mot 2020.
3. Klarlegg de faktiske forhold mht forbruk av primærenergi og CO₂-utslipp ved de mest aktuelle former for varmforsyning for en gitt bygning.
4. Beskriv de karakteristiske egenskapene til de mest aktuelle systemer for vannbåren varme i dagens bygninger og redegjør for hvordan både økt og redusert varmebehov påvirker de konkurranseforholdene mellom de aktuelle systemer ut fra en privatøkonomisk vurdering.
5. Klarlegg de privatøkonomiske konsekvensene ved ulike typer varmeanlegg for en gitt bygning med dagens behov for levert varme i forhold en antatt, virkelig situasjon for samme bygning i 2020 ved beregninger for et gitt eksempel.

-- ” --

Senest 14 dager etter utlevering av oppgaven skal kandidaten levere/sende instituttet en detaljert fremdrift- og evt. forsøksplan for oppgaven til evaluering og evt. diskusjon med faglig ansvarlig/veiledere. Detaljer ved evt. utførelse av dataprogrammer skal avtales nærmere i samråd med faglig ansvarlig.

Besvarelsen redigeres mest mulig som en forskningsrapport med et sammendrag både på norsk og engelsk, konklusjon, litteraturliste, innholdsfortegnelse etc. Ved utarbeidelsen av teksten skal kandidaten legge vekt på å gjøre teksten oversiktlig og velskrevet. Med henblikk på lesning av besvarelsen er det viktig at de nødvendige henvisninger for korresponderende steder i tekst, tabeller og figurer anføres på begge steder. Ved bedømmelsen legges det stor vekt på at resultatene er grundig bearbeidet, at de oppstilles tabellarisk og/eller grafisk på en oversiktlig måte, og at de er diskutert utførlig.

Alle benyttede kilder, også muntlige opplysninger, skal oppgis på fullstendig måte. (For tidsskrifter og bøker oppgis forfatter, tittel, årgang, sidetall og evt. figurnummer.)

Det forutsettes at kandidaten tar initiativ til og holder nødvendig kontakt med faglærer og veileder(e). Kandidaten skal rette seg etter de reglementer og retningslinjer som gjelder ved alle (andre) fagmiljøer som kandidaten har kontakt med gjennom sin utførelse av oppgaven, samt etter eventuelle pålegg fra Institutt for energi- og prosesssteknikk.

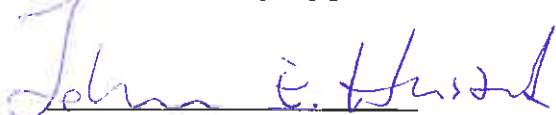
I henhold til "Utfyllende regler til studieforskriften for teknologistudiet/sivilingeniørstudiet" ved NTNU § 20, forbeholder instituttet seg retten til å benytte alle resultater i undervisnings- og forskningsformål, samt til publikasjoner.

Ett -1 komplett eksemplar av originalbesvarelsen av oppgaven skal innleveres til samme adressat som den ble utlevert fra. (Det skal medfølge et konsentrert sammendrag på maks. en maskinskrevet side med dobbel linjeavstand med forfatternavn og oppgavetittel for evt. referering i tidsskrifter).

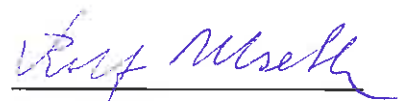
Til Instituttet innleveres to - 2 komplette, kopier av besvarelsen. Ytterligere kopier til evt. medveiledere/oppgavegivere skal avtales med, og evt. leveres direkte til, de respektive.

Til instituttet innleveres også en komplett kopi (inkl. konsentrerte sammendrag) på CD-ROM i Word-format eller tilsvarende.

Institutt for energi og prosesssteknikk, 12. januar 2009



Johan Hustad
Instituttleder



Rolf Ulseth
Faglig ansvarlig/veileder

Medveileder(e)

Viggo B. Søderblom, Multiconsult AS, Narvik

FORORD

Denne masteroppgaven er utarbeidet som en del av sivilingeniørutdanningen i energi og miljø ved institutt for energi- og prosessteknikk ved Norges teknisk- naturvitenskapelige universitet, NTNU i perioden 15.januar – 12.juni 2009.

Bakgrunnen for masteroppgaven er prosjektoppgaven ”Konsekvenser for oppvarming av bygninger i Norge ved implementering av EUs Direktiv om bygningers energiytelse og andre krav om redusert energibruk og CO₂-utslipp”, skrevet høsten 2008. I prosjektoppgaven var hovedmålet å kartlegge konsekvensene av de foreliggende krav om redusert energiforbruk, mens det i masteroppgaven er ønskelig å danne en troverdig prognose for fremtidig utvikling av bygningers energiforbruk.

Jeg vil rette en takk til faglig ansvarlig, Professor Rolf Ulseth, ved Institutt for energi- og prosessteknikk som har vært min veileder og som har tatt seg tid til å besvare mine spørsmål. Oppgaven er utført ved Multiconsults kontorer i Narvik og i den anledning ønsker jeg å rette en stor takk til mine kollegaer ved Multiconsult for hyggelige samtaler om løst og fast. En spesiell takk til min medveileder Viggo B. Søderblom for mange interessante innspill og synspunkter underveis i arbeidet. Jeg ønsker også å rette en takk til Magnus N. Killingland ved Multiconsult, tekniske avdeling – energi og miljø, avd. Oslo for innholdsrike og oppklarende samtaler og innspill.

Arbeidet med denne masteroppgaven har gitt meg en grundig forståelse omkring oppgavens tema. Temaet har gitt meg lyst til å undersøke enda mer, og gitt meg forståelse for dets grad av kompleksitet.

Til slutt ønsker jeg å takke min familie som har støttet og oppmuntret meg gjennom hele denne arbeidsprosessen.

Narvik, 12.06.2009



Thomas S. Hareide

SAMMENDRAG

Oppgaven har hatt hovedfokus på mulig utvikling av fremtidig energiforbruk og varmesystemer i bygninger, og hvordan lov- og regelverk vil påvirke utviklingen av bygningers energiforsyning og –forbruk frem mot 2020.

Den sannsynlige utviklingen viser at bruken av elektrisitet til oppvarming vil se en utflatende tendens etter hvert som alternative oppvarmingssystemer får tildelt mer og mer plass i lovverket, og energiforskriftene blir strengere. Myndighetenes ønske om økt bruk av fjernvarme til oppvarming må endre seg fra stimulans til regulering, men først og fremst må det tilrettelegges for bruk av fjernvarme før det kan innføres et krav om det.

Bygningers oppvarmingsbehov vil i tiden frem mot 2020 reduseres. Nye bygninger vil bli bygd etter strengere forskrifter, og lavenergi- og passivhus vil bli mer og mer brukt. Økt bruk av varmepumper og andre oppvarmingssystemer med forbedret virkningsgrad bidrar til lavere energiforbruk i bygninger. Samtidig vil forbruket relatert til teknisk utstyr øke, noe som vil gi et økt behov for elektrisitet. Energiforbruket til oppvarming vil reduseres, men energiforbruket til tekniske utstyr vil øke slik at det totale bildet vil kun ha en utflatende tendens frem mot 2020.

Implementering av bygningsenergidirektivet og det kommende fornybardirektivet gir et økende fokus på bruk av primærenergi og CO₂-utslipp fra bygninger. Innføringen av energimerkeordningen vil gi økt fokus på bygningers energiytelse og forhåpentligvis føre med seg positive resultater. Det er fortsatt ikke utarbeidet nasjonale faktorer for verken primærenergi eller politiske vekting, men ettersom energimerkeordningen allerede er i gang, er disse antatt å bli publisert i løpet av 2009. Dersom det eksisterende energieffektiviseringspotensialet i bygninger skal utløses, må ny teknologi for styring, regulering og overvåking av bygningens totale energiforbruk tas i bruk.

Myndighetenes intensjon for de tekniske forskriftene må få bedre oppfølging. Samtidig som det er krav fra bygningsenergidirektivet om oftere revisjon, må utviklingen av kompetanse for bygningens berørte parter bli bedre. Det er uheldig at den kommende

energimerkeordningen er basert på levert energi, som vanskelig lar seg sammenligne med virkelig forbruk. Den teoretiske beregningen vil aldri stemme i virkeligheten. Det er behov for en strengere kontrollordning, hvor virkelig energiforbruk blir målt og sammenlignet med en detaljert beregning. Dette vil føre til større oppmerksomhet rundt bygningers virkelig energiforbruk, som vil føre til at energiforbruket i bygninger med tiden reduseres.

Prisen på elektrisitet i Norge er for lav. Alternative energisystemer har vanskeligheter for å konkurrere med elektrisitet grunnet den lave investeringskostnaden og den lave energikostnaden.

De privatøkonomiske konsekvensene ved investering i ulike typer varmeanlegg er avhengig av størrelse og valg av energivare. Alternative oppvarmingsløsninger krever investeringer som, sammenlignet med helelektrisk oppvarming, kan bli sett på som en barriere av forbrukerne, da merkostnadene er relativt stor. Enovas tilskuddsordning vil for enkelte former for energiforsyning bidra til å gjøre investeringen lønnsom, men maksimalbeløpet anses å være for lavt.

ABSTRACT

The report have had its main focus on probable development on future energy use and heating systems in buildings, and how the laws- and regulations will affect the development onwards to 2020.

The possible development regarding energy supplies in buildings onwards to 2020 shows that the consumption of electricity for heating would have a flattening trend as alternative heating systems gets more room in the legal framework, and as the energy regulations gets more strict. The government's desire on more use of district heating will in time develop from excitant to regulation, but first of all district heating must be prepared for use before it can becomes a claim.

The heating demand in buildings in the future will probably decline. New buildings will be built according to more strict codes, and low-energy buildings will be more and more common. The use of heat pumps and other heating systems with improved efficiency will contribute to lower energy use in buildings. At the same time the use of energy related technical equipment will increase, resulting in an increase in electricity demand. The energy demand related to heating will decrease, balancing the increase from technical equipment, giving only a flattening curve on the overall energy use onwards to 2020.

Implementation of the Directive of energy performance in buildings (EPBD) and the upcoming Directive on the promotion of the use of energy from renewable sources will ensure a growing focus on the use of primary energy and CO₂ emission from buildings. Implementation of energy certificates will result in increased focus on the energy performance in buildings and hopefully provide positive results. For Norway it is still not prepared any national factors for primary energy or weighted delivered energy, but since the energy certificate system already is set in motion, this is expected to come during 2009. If the existing energy efficiency potential is to be utilized, new technology for operation, regulation and monitoring has to be addressed.

The government's intention for the technical regulations must get better follow-up. The EPBD's requirements shall be reviewed and revised at regular intervals which should not be longer than five years and therefore the parties involved in the building sector should develop their competence and qualifications. It is unfortunate that the energy certificate system is based on delivered energy, which cannot be compared with actual consumption. A theoretical calculation will never correspond in reality. A more strict control, where actual energy use is measured and compared with a detailed calculation will result in more attention around actual energy use in buildings. This will lead to a reduction of energy use in buildings.

The consumer price on electricity in Norway is too low. Alternative energy systems have difficulties competing with heating system based on electricity because of the low investment cost and the low consumer price.

The personal economics regarding an investment in different types of alternative heating systems depends on the required capacity and choice of energy fuel. Alternative heating systems require investments that, compared with heating based entirely on electricity, could be known as a barrier for the consumers, because the extra cost is relatively big. Enova's subsidy will contribute so that for some energy systems, the investment will pay off, but the maximal amount is still considered too low.

INNHALDSFORTEGNELSE

Forord	i
Sammendrag	iii
Abstract	v
Innholdsfortegnelse	vii
Figurliste	x
Tabelliste	xi
1 Innledning	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Problemstilling	2
1.3 Rapportens oppbygning.....	2
1.4 Avgrensninger	3
2 Påvirkningsfaktorer	5
2.1 Innledning.....	5
2.1.1 Kategorisering av påvirkningsfaktorer	6
2.2 Faktorer	7
2.2.1 Politisk stimulans og -regulering.....	7
2.2.2 Ny teknologi.....	8
2.2.3 Tilgjengelighet.....	9
2.2.4 Pris.....	9
2.2.5 Brukeradferd.....	11
2.2.6 Annet	11
2.3 Bygningsenergidirektivet (EPBD).....	12
2.3.1 Energimerkeordningen	12
2.3.2 Omskrivning av EPBD	13
2.4 Fornybardirektivet	14
2.4.1 Klimaforliket	14
2.4.2 Grønne sertifikater.....	15
2.5 Soria Moria-erklæringen.....	16
2.6 Teknisk forskrift til plan- og bygningsloven	16
2.6.1 Rammekravsmetoden	17
2.6.2 Energiltaksmetoden.....	17
2.7 ENKL-planen	18
2.8 Utviklingen av bygningers energiforsyning	19
2.9 Drøfting	20
2.9.1 Justering av påvirkningsfaktorer	20
2.9.2 TEK revideres for sjelden.....	20
2.9.3 Andre relevante virkemidler	21

3	Bygningers energibehov	23
3.1	Innledning.....	23
3.2	Teoretisk energibehov	23
3.2.1	Historisk utvikling av netto energibehov.....	24
3.3	Faktisk energibehov.....	25
3.3.1	Historisk utvikling av faktisk energibehov.....	26
3.4	Teoretisk vs. faktisk energibehov	27
3.5	Drøfting	28
3.5.1	Fremtidig netto energibehov.....	28
3.5.2	Fremtidig faktisk energibehov.....	29
3.5.3	Avvik mellom teoretisk og faktisk energibehov	29
4	Bygningers klimabelastning.....	31
4.1	Innledning.....	31
4.2	Primærenergi	31
4.3	Klimabelastning.....	32
4.4	Forbruk av primærenergi.....	33
4.5	Aktuelle former for varmforsyning.....	34
4.5.1	Elektrisitet	35
4.5.2	Biobrensel.....	36
4.5.3	Fjernvarme.....	36
4.5.4	Olje.....	38
4.5.5	Gass	38
4.6	Drøfting	39
4.6.1	Vekting av Norges elektrisitetsforbruk.....	39
4.6.2	Bygningers klimabelastning.....	42
4.6.3	Primærenergifaktorer vs. energipolitiske vektingfaktorer	43
5	Vannbåren varme	45
5.1	Innledning.....	45
5.2	Systemer	46
5.3	Egenskaper	46
5.3.1	Fordeler	47
5.3.2	Ulemper.....	47
5.3.3	Energivarer.....	47
5.3.4	Vannbårent radiatorsystem.....	48
5.3.5	Vannbåren gulvvarmesystem	49
5.4	Drøfting	49
5.4.1	Privatøkonomiske konsekvenser	49
5.4.2	Endring i bygningens varmebehov	50
6	Sammenligning 2009 – 2020.....	53
6.1	Innledning.....	53
6.2	Husholdningens varmebehov	53
6.3	Visualisering av privatøkonomiske konsekvenser.....	55
6.3.1	Dagens situasjon.....	56
6.3.2	Økt strømpris.....	57
6.3.3	Investeringsstøtte.....	58
6.3.4	Redusert varmebehov	59
6.3.5	Årlige energikostnader	60
7	Diskusjon.....	63
7.1	Utviklingen av energiforbruket i bygninger	63
7.1.1	Forandringer krever en adferdsendring	64
7.1.2	Forbedringsmuligheter	64
7.1.3	“Passiv energidesign”.....	65
7.2	Fremtidige varmesystemer for bygninger.....	66
7.2.1	Utfasing av olje har liten effekt	66
7.2.2	Fremtidig forbruk av fjernvarme	66
7.2.3	Fremtidig forbruk av elektrisitet.....	67
7.2.4	Usikkerhetsfaktorer	68

7.3	Konsekvenser av politiske beslutninger	69
7.3.1	Økt strømpris	70
7.4	Rapportens robusthet	71
7.5	Videre arbeid	71
8	Konklusjon	73
9	Referanser	75

Vedlegg:

A.	Brukerundersøkelse fra SSB	a
B.	Primærenergiforbruk.....	c
C.	Data i beregningseksempel.....	e
D.	Effektive energipriser	g
E.	Simuleringer fra SIMIEN	i

FIGURLISTE

Figur 1.1 Energiforbruk i bygningssektoren.[6].....	1
Figur 2.1 Fordeling av husholdningenes energiforbruk til ulike formål i prosent. [6].....	9
Figur 2.2 Effektiv pris for ulike varmebærere. Forutsatt forbruk 25 000 kWh pr. år.[22].....	10
Figur 2.3 Utviklingen av kraftprisen i Norge, 2000-2004, ekskl. avgifter og nettleie.[24].....	10
Figur 2.4 Salg av varmepumper i Norge, 1999 - 2006. [6].....	11
Figur 2.5 Energimerke og sannsynlig utforming av oppvarmingsmerke.[30].....	13
Figur 2.6 Energiforbruk og –ramme pr. oppvarmet areal for bolighus.[19].....	18
Figur 2.7 Energiforbruk i tjenesteytende sektor fordelt på energiforsyningskilder. [6].....	19
Figur 3.1 Netto energibehov for kontorbygg simulert etter 3 ulike byggeforskrifter.[45].....	24
Figur 3.2 Utvikling av faktisk energibehov for tjenesteytende sektor.[5, 6].....	27
Figur 4.1 Primærenergi og CO ₂ -utslipp for en kontorbygning med ulike former for varmforsyning. [5, 19, 54].....	34
Figur 4.2 Marginal endring i etterspørselen endrer produksjon i gass-, olje- og kullkraft.[39, 61].....	36
Figur 4.3 Norges produksjon, utveksling og forbruk av el-kraft for tirsdag 10.03.09.[76].....	40
Figur 4.4 Norges produksjon, utveksling og forbruk av el-kraft for søndag 08.03.09.[76].....	40
Figur 4.5 Import (+) og eksport (-) av elektrisitet (MWh/h) for Norge i uke 12, 2009.[76].....	41
Figur 5.1 Andelen av nye boliger med vannbåren varme installert. [6].....	46
Figur 5.2 Prinsipiell skisse av vannbåren varmeanlegg med radiatorer.[86].....	48
Figur 5.3 Prinsipiell skisse av et vannbårent varmeanlegg med gulvvarme. [86].....	49
Figur 5.4 Oppvarmet boareal for tre ulike bygningstyper som funksjon av teoretisk varmebehov.[20].....	51
Figur 6.1 Simulert energibehov for småhus med ulike byggeforskrifter.[45].....	54
Figur 6.2 Utviklingen av gjennomsnittlig strømpris til husholdninger fra 1993-2007.[24].....	57
Figur 6.3 Nåverdi som funksjon av strømpris.[6].....	57
Figur 6.4 Inntjeningstid som funksjon av strømpris.[6].....	58
Figur 6.5 Betydning av Enova-tilskudd iht. dagens situasjon.	58
Figur 6.6 Inntjeningstid som funksjon av økonomisk investeringsstøtte.	59
Figur 6.7 Redusert oppvarmingsbehov som funksjon av inntjeningstid.	60
Figur 6.8 Oversikt over årlige oppvarmingskostnader for enebolig på 200m ²	61
Figur 7.1 Sluttbruk av energi for husholdnings- og tjenesteytende sektor.[6].....	63
Figur 7.2 Sannsynlig utviklingen av fjernvarmeforbruket i Norge.[6].....	67
Figur 7.3 Sannsynlig utvikling av elektrisitetsforbruket i bygninger i Norge.[6].....	68
Figur 7.4 Politiske konsekvenser for redusert kraftforbruk i Norge.[39].....	69
Figur 7.5 Strømpris i for ulike land, omregnet til NOK i 2006.[88].....	70

TABELLISTE

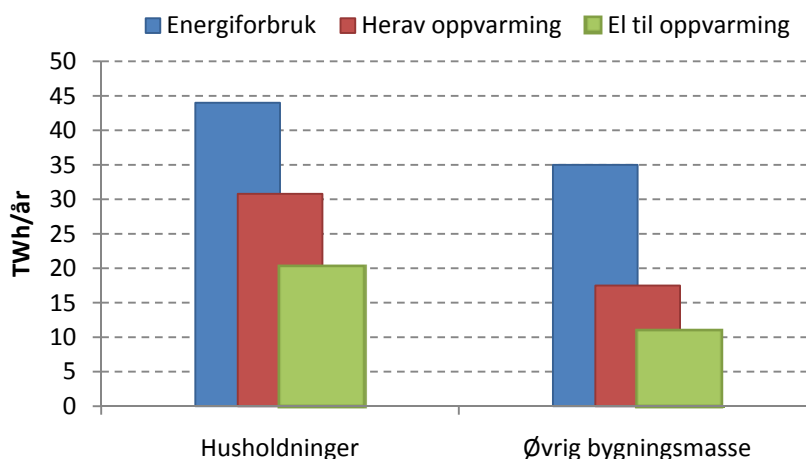
Tabell 2.1 Oversikt over påvirkningsfaktorer for bygningers energiforsyning	6
Tabell 3.1 Virkningsgrader for et utvalg aktuelle oppvarmingsløsninger.[5]	26
Tabell 4.1 Utslippsmengder for ulike primærenergivarer. [54, 56, 57].....	32
Tabell 4.2 Veiledende primærenergifaktorer for ulike energivarer. [54]	33
Tabell 5.1 Krav til høyeste netto energibehov til oppvarming for lavenergi- og passivhus. [50]	51
Tabell 6.1 Investeringskostnader for ulike typer varmedistribusjonsanlegg[7]	54
Tabell 6.2 Oversikt over investeringskostnader for de ulike varmeanleggene.....	56
Tabell 6.3 Oversikt over privatøkonomiske konsekvenser rundt investering av varmeanlegg	56
Tabell 7.1 Fremgangsmåte for passiv energidesign i et bygningsmessig- og nasjonalt perspektiv[63].....	65

1 INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

I Norge står bygninger for omtrent 40 % av det samlede energiforbruket, og det er dermed store rom for forbedringer og effektivisering[1]. Oppvarming i form av elektriske ovner er den dominerende løsningen, og siden midten av 80-tallet har omtrent 90 % hatt elektrisitet som oppvarmingsløsning, størsteparten i kombinasjon med ved- eller parafinovn[2].

Det fokuseres stadig mer på bygningers energibehov, levert energi, energiforbruk og tilhørende klimagassutslipp. I den kommende energimerkeordningen for bygninger vil klimagassutslipp og primærenergiforbruk være blant de viktigste indikatorene for vurdering av energiytelse. Et økende fokus på sparemulighetene i bygningers netto energibehov vil føre til at enkelte former for energiforsyning blir mer aktuelle enn andre. Samtidig vil kravet om redusert klimagassutslipp favorisere andre former for energiforsyning[3-5].



Figur 1.1 Energiforbruk i bygningssektoren.[6]

Figur 1.1 viser det totale energiforbruket i husholdninger og øvrig bygningsmasse, samt fordelingen til oppvarming og andelen elektrisitet til oppvarming. I figuren er det tatt

utgangspunkt i en andel til oppvarming og tappevann på 70 % for husholdninger og 50 % for øvrig bygningsmasse.

Det er et ønske fra myndighetene å redusere energiforbruket i bygninger og frigjøre elektrisitet benyttet til oppvarming. Samtidig vil myndighetene elektrifisere deler av transportsektoren og styrke kraftforsyningen i Norge[7]. Satt på spissen, Norge vil redusere energiforbruket, samtidig som det skal bygges ut og produseres mer kraft.

1.2 Problemstilling

Hovedmålet for denne rapporten er å klarlegge den sannsynlige utviklingen med hensyn til energiforsyning for bygninger i tiden frem mot 2020. Rapporten belyser hvordan lov- og regelverket påvirker, og i fremtiden vil påvirke, utviklingen av bygningers energibehov og -forbruk.

Det er ønskelig å etablere en plausibel referansebane for fremskrivning av energiforbruk i bygninger og for utviklingen av de ulike energiforsyningene. En slik studie krever ulike modeller og anses derfor å være av slik tyngde at det ikke er gjennomførbart på den tiden som er til rådighet. Det vil derimot bli satt opp en forenklet prognose for fremtidig energiforbruk i bygninger.

Det er tidligere gjort flere studier og analyser av fremtidig energibehov og -forbruk, samlet byggeareal etc. Disse er gjort av ulike selskaper med hver sine fagfelt, og rapportene vil bli brukt til å danne grunnlag for egen vurdering av fremtidig energiforbruk i bygninger[3, 7-13].

1.3 Rapportens oppbygning

Ved vurdering av bygningers energiytelse er det nødvendig å fastslå påvirkningen av bygningers energiforsyning på klimaet. Det er derfor viktig å få klarlagt hvilke faktorer som er med å påvirker bygningers energibehov og -forbruk.

Kapittel 2 klarlegger hvilke faktorer, i tillegg til lover og forskrifter, som er med på å påvirke, samt hvordan de påvirker bygningers energiforsyning, -behov og -forbruk. Bygningen sees på som en helhet, og foruten oppvarming skiller det ikke mellom fordelingen av energibehov og -forbruk til ulike formål. Det gis også et kort innblikk i hvordan den historiske utviklingen av de aktuelle energiforsyningskildene ser ut.

Ved vurdering av bygningers energiytelse er det viktig å få oversikt over bygningens energibehov, og hvilke energiformål som utgjør energibehovet. I kapittel 3 klarlegges det teoretiske og faktiske energibehovet for bygninger og hvordan utviklingen i energibehovet har utviklet seg den senere tid. I kapitlet estimeres bygningers faktiske energibehov og utviklingen frem mot 2020.

De ulike formene for energiforsyning har alle ulike klimabelastninger. Dette vil gi utslag på det kommende oppvarmingsmerket, som vil indikere bygningers klimabelasting i

forbindelse med energimerkeordningen. Kapittel 4 belyser hvilken klimabelastning bygninger har, og tar for seg forholdene omkring forbruket av primærenergi og CO₂-utslipp ved de mest aktuelle former for varmforsyning for en gitt bygning.

I den større sammenheng er det behov for å eliminere forbruk av elektrisitet som kan erstattes av vannbåren varme. Kapittel 5 klarlegger problematikken og barrierene rundt investering av vannbåren varme. Videre tar kapitlet for seg hvordan endring i en bygnings varmebehov vil påvirke en investering av vannbåren varme med ulike varmekilder. Oppgaveteksten krever en redegjørelse for hvordan endringer påvirker den privatøkonomiske situasjonen. Det ansees derfor naturlig å fokusere på boliger, og bruken av vannbåren varme i disse. Endringer i varmebehovet og dets påvirkning er illustrert og beskrevet i kapittel 6.

Kapittel 6 sammenligner dagens situasjon for en gitt bygning med hensyn til behov for levert varme med en antatt situasjon i 2020 for samme bygningen. Kapitlet inneholder et beregningseksempel som illustrerer de privatøkonomiske konsekvensene ved investering av alternative oppvarmingsystemer, sammenlignet med helelektrisk oppvarming i form av panelovner og varmekabler.

Hvert kapittel inneholder en drøftedel, mens hoveddiskusjonen er lagt til kapittel 7.

1.4 Avgrensninger

Rapporten belyser at det omkring bygningers energiforbruk er store rom for forbedring, og muligheten for reduksjon og effektivisering er til stede. Vedrørende bygninger vil kun kontorbygg bli omhandlet i denne rapporten, foruten kapittel 5 og 6 som fokuserer på boliger da kapitlene omhandler oppgavens forespørsler om de privatøkonomiske konsekvensene.

Varer som blir brukt til å produsere energi er etter definisjon fra NS 3031:2007[5] i oppgaven kalt *energivarer*. Publiserte rapporter og artikler bruker uttrykk som *energibærere*, *energikilde* og *energiforsyningskilde*, men for enkelhetens skyld vil rapporten kun bruke uttrykket *energivarer*.

Med *tjenesteytende sektor* menes bygninger som brukes til kontordrift. Tjenesteytende er et vidt begrep som omhandler alt fra helse- og sosialtjenester til transport og varehandel. Fellesbetegnelsen er at alle sektorene hovedsaklig holder til i bygninger som driftes som kontorbygg.

Det eksisterer naturligvis bygninger i Norge som ikke har elektrisitet tilkoblet, men dette er som regel fritidsboliger som er fritatt fra kravene eller underlagt særskilte krav, og vil ikke bli omhandlet i denne rapporten. Oppgavetekstens uttrykk ”den senere tid” beskriver de 10-15 siste årene.

Ved betraktning av energiforbruk og klimagassutslipp for en bygning er det flere faser som må ivaretas. En bygning er ansett å ha en levetid på 60-70 år, hvor 5-10 år går med til prosjektering og bygging, og resten går med til drift. En livssyklus kostnadsanalyse (LCC) gjort av Multiconsult[14] viser at driftsfasen står for 70-95 % av miljøbelastningen, og det er nettopp denne fasen som rapporten legger sin hovedvekt på. En viss andel energiforbruk og klimagassutslipp er knyttet til byggefasen og rivningsfasen, men dette vil ikke bli tatt hensyn til i rapporten.

2 PÅVIRKNINGSFAKTORER

2.1 Innledning

Dersom bygningers energiforbruk skal reduseres, er det viktig at myndighetene legger til rette for, og oppfordrer til at forbrukerne og energiselskaper kan velge de løsninger som fremmer redusert forbruk, og dermed også utslipp av klimagasser. Kapitlet klarlegger de faktorene som påvirker bygningers energiforsyning, og på hvilken måte de påvirker.

Kapitlet tar også for seg de grunnleggende lover og vedtekter som setter premisser for bygningers energiforsyning og varmesystemer. Videre omtales flere energipolitiske virkemidler, som alle med på å påvirke energibehovet, -forbruket og varmesystemer i bygninger.

Hvilke faktorer, og hvordan de påvirker vil være varierende, avhengig av detaljnivået for betraktningen. Utviklingen av bygningers energiforsyning påvirkes kontinuerlig av *direkte* og *indirekte* faktorer, hvor forskjellen mellom disse er innflytelsen av dem. For eksempel vil energipris og husholdningsinntekt begge være med på å påvirke en bygningens energiforbruk. Energiprisen kan anses som en direkte faktor da en reduksjon i energiprisen vil føre til en mer avslappet holdning til energisparing som igjen vil føre til økt energiforbruk. Husholdningsinntekt kan derimot anses som en indirekte faktor som kan bidra til at brukerne "bevilger" seg flere tekniske apparater som vil bidra til økt energiforbruk. For *direkte* faktorer vil det være en klar sammenheng mellom drivkraften og resultatet, der resultatet i denne sammenheng er utviklingen av de aktuelle former for energiforsyning for bygninger.

Det er ikke et klart skille mellom direkte og indirekte faktorer, og det kan derfor diskuteres hva som påvirker hva. Det er dermed svært viktig med tidlige avgrensninger, og det vil i hovedsak bli vektlagt de påvirkningsfaktorene som direkte påvirker utviklingen med hensyn til energiforsyningen for bygninger.

2.1.1 Kategorisering av påvirkningsfaktorer

Påvirkningsfaktorene kan kategoriseres inn i tre hovedgrupper; politiske, tekniske og klimatiske. Disse gruppene beskriver hva primærpåvirkningen er. Forklart med et eksempel: Faktoren *politisk stimulan*s, er kategorisert som en politisk faktor, men også en klimatisk faktor. Det er først og fremst myndighetene som avgjør hvilken retning bygningers energiforsyning skal stimuleres mot, men dersom klimaet skulle forverre seg grunnet vårt energiforbruk, vil det legge et økende press på myndighetene til å anmode en mer klimavennlig energiforsyningskilde.

Tabell 2.1 viser en samlet oversikt over de faktorer som hovedsakelig påvirker utviklingen av bygningers energiforsyning, og samtidig kan påvirkes eller endres. Flere av faktorene er kategorisert innenfor flere av de tre nevnte hovedgruppene. Dette kommer av at de ulike faktorene virker sammen til å bestemme det totale energiforbruket. Indirekte faktorer som velstandsvekts, boligutbygging og befolkningsøkning vil også, med varierende intensitet, påvirke bygningers energiforsyning.

Tabell 2.1 Oversikt over påvirkningsfaktorer for bygningers energiforsyning

Faktorer	Politisk	Teknisk	Klimatisk
Politisk stimulan	X	-	X
Politisk regulering	X	-	X
Utviklingen av ny teknologi	X	X	-
Tilgjengelighet	X	X	-
Pris	X	X	X
Brukeradferd*	X	X	X
Annet	X	X	X

* Faktoren *brugeradferd* tar for seg kategorier som komfort, inntektsnivå, fritid, underholdning osv.

Politiske faktorer bestemmes av myndighetene. Lover, forskrifter og pålegg fra myndighetene bestemmer fremgangsmåter for beregninger, hvilke krav som skal stilles til bygninger og hvilke beregningsfaktorer som skal anvendes. Grovt sett kan alle de nevnte faktorene beskrives som politiske faktorer da samtlige påvirkningsfaktorer på en eller annen måte kan spores tilbake til myndighetene. De lover og forskrifter som hovedsakelig påvirker utviklingen av bygningers energiforsyning blir nærmere omtalt i kapittel 2.3 og utover.

Tekniske faktorer er faktorer som påvirkes av den tekniske utviklingen til bygningers energiforsyning. Den teknologiske utviklingen påvirker energiforbruket på ulike måter, da mer og mer teknisk utstyr installeres i bygninger. Samtidig vil den teknologiske utviklingen føre til mer effektiv bruk av energi da virkningsgrader forbedres og tap i større grad elimineres.

Klimatiske faktorer påvirkes av klimaet, samfunnet og utviklingstrenden for klimaet. Tydelige klimaeffekter, vannforurensing og skogsdød kan for eksempel virke negativt på økonomien og samfunnet, og dermed bidra til en endring i politikken og myndighetenes virkemiddelbruk. Dersom klimaet endrer seg slik at varmebehovet i bygninger øker eller minker kan det påvirke enkelte former for energiforsyning.

Resultater fra en undersøkelse gjort av SSB[15] viser at et gjennomsnittlig avvik fra normalen på en grad (kaldere) i en måned, medfører en økning i elektrisitetsforbruket med i underkant av 200 GWh og månedlig forbruk av fyringsoljer øker med i underkant av 3 000 000 liter[15]. Dette betyr nødvendigvis ikke at en endring i utetemperatur vil påvirke utviklingen av bygningers energiforsyning, men temperaturen kan betraktes som en indirekte påvirkningsfaktor for valg av energiforsyning.

2.2 Faktorer

Det er mange faktorer som vil være med på å påvirke bygningers energiforsyning. Det er valgt å fokusere på faktorer som påvirker etterspørselen etter energi i bygninger, samt å forsøke å finne sammenhengen mellom de ulike faktorene.

2.2.1 Politisk stimulans og -regulering

Politisk stimulans må sees i sammenheng med politiske reguleringer, da disse ofte er samkjørt og vanskelig å skille. Politisk stimulans kan sees på som myndighetenes holdning til bygningers energiforsyning, og deres incentiv for et mer energieffektivt samfunn. Eksempler her er tilskudd til fornybar energi, avgifter og restriksjoner på klimagassutslipp, sertifisering av grønn energi, reguleringer av investeringer, konsesjonstildeling osv. Politisk regulering er lovpålagte regler og instruksjoner som ikke bare har til hensikt å oppfordre til bedring av energieffektivisering, men som setter krav til det.

I Norge har kraftselskaper fått direkte støtte gjennom flere år i form av fritak for investeringsavgift, støtte til investeringer og drift[16]. Dette er støtte som blant kraftselskapene er ansett som høyst nødvendig dersom det skal investeres og bygges ut fornybar kraft. Innføringen av et grønt sertifikatmarked, som omtalt i Soria Moria-erklæringen[17], klimaforliket[18] og kapittel 2.4.2 kan sees på som en form for politisk stimulans.

Avgifter, restriksjoner og pålegg er politisk stimulans og –regulering som vil gagne miljøet og klimaet ved at for eksempel CO₂-utslippene reduseres på grunn av høy CO₂-avgift, eller at ikke-fossilt brensel erstatter olje og gass.

Fra TEK 07 §8-22 *Energiforsyning*:

«Bygninger skal prosjekteres og utføres slik at en vesentlig del av varmebehovet kan dekkes med annen energiforsyning enn elektrisitet og/eller fossile brensler hos sluttbruker.»[19]

Denne paragrafen i TEK 07 kan anses å inneholde både politisk regulering og politisk stimulans. Ved å pålegge nye bygninger å utføres slik at deler av varmebehovet kan dekkes av annen energiforsyning enn elektrisitet legger myndighetene til rette for at forbrukere kan velge alternative oppvarmingsystemer. I henhold til veiledning til teknisk forskrift (VTEK)[20] er «*en vesentlig del*» cirka halvparten, men minimum 40 % av varmebehovet. Det er altså lovpålagt at nye bygninger skal bygges slik at cirka halvparten av varmebehovet kan dekkes av annen energiforsyning enn elektrisitet. Paragrafen sier imidlertid ingenting om at bygningen skal benytte seg av annen energiforsyning enn elektrisitet. Dessuten eksisterer det unntakskrav som ved oppfyllelse tillater å bygge etter eget ønske. Det henvises til kapittel 2.6 for nærmere beskrivelse av krav og unntakskrav i TEK.

Fra TEK 07 § 8-23 *Fjernvarme*:

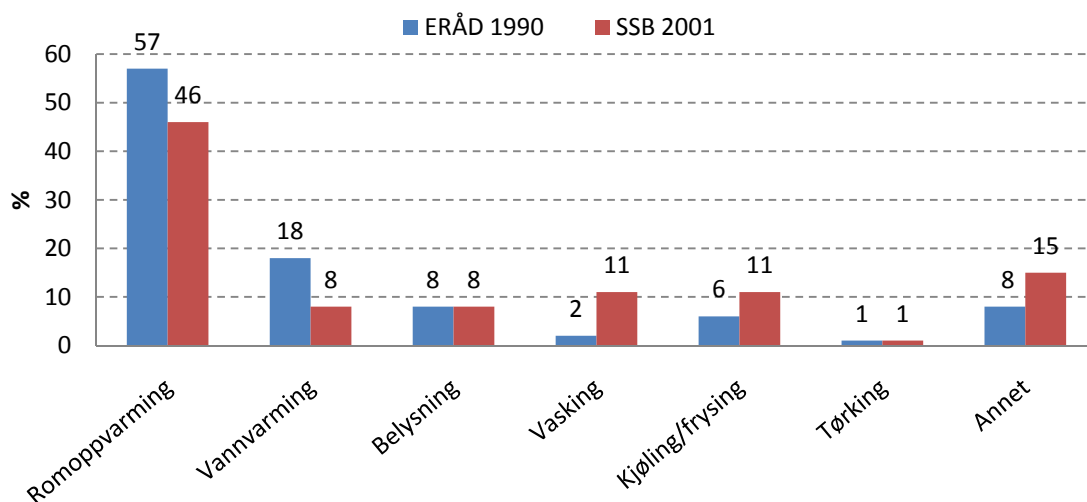
Der hvor det ved kommunal vedtekt til plan- og bygningsloven § 66a er fastsatt tilknytningsplikt til fjernvarmeanlegg, skal bygninger utstyres med varmeanlegg slik at fjernvarme kan nyttes.[19]

Dette viser at det fra myndighetenes side legges opp til økt energifleksibilitet i bygningsmassen ved økt bruk av fjernvarme, også i nybygg. Denne paragrafen gjelder uavhengig av § 8-22.

2.2.2 Ny teknologi

For at utviklingen av ny teknologi skal gå fremover er det nødvendig med politisk stimulans i form av øremerkede midler til forskning og utvikling. Det eksisterer en rekke interessante nye teknologier under utvikling, men problemet er at mange av dem har i dag høye produksjonskostnader[21]. Til sammenligning ligger dagens strømpris på rundt 80 øre pr. kWh[22]. Dette viser at det er vanskelig å konkurrere med elektrisitet som energiforsyning. Dermed er det avgjørende at den politiske virkemiddelbruken og andelen økonomiske midler, er basert på oppdatert informasjon om potensialet for teknologiutviklingen, barrierer og flaskehalsen i markedene etc.

Grunnet en prisreduksjon på elektriske artikler og husholdningsapparater, kombinert med velstandsvekst og økte inntekter har bruken av husholdningenes energiforbruk til ulike formål endret seg. Figur 2.1 viser at forbruk av energi til oppvarming har minnet, mens energi til husholdningsartikler og andre tekniske apparater har økt. Varmeanleggene har blitt mer energieffektive[5], og forbrukerne har anskaffet seg flere ”komfortapparater”. Riktig nok har også elektriske artikler blitt mer energieffektive, men så lenge bruken av dem drastisk har økt vil ikke dette gi redusert energiforbruk.



Figur 2.1 Fordeling av husholdningenes energiforbruk til ulike formål i prosent. [6]

2.2.3 Tilgjengelighet

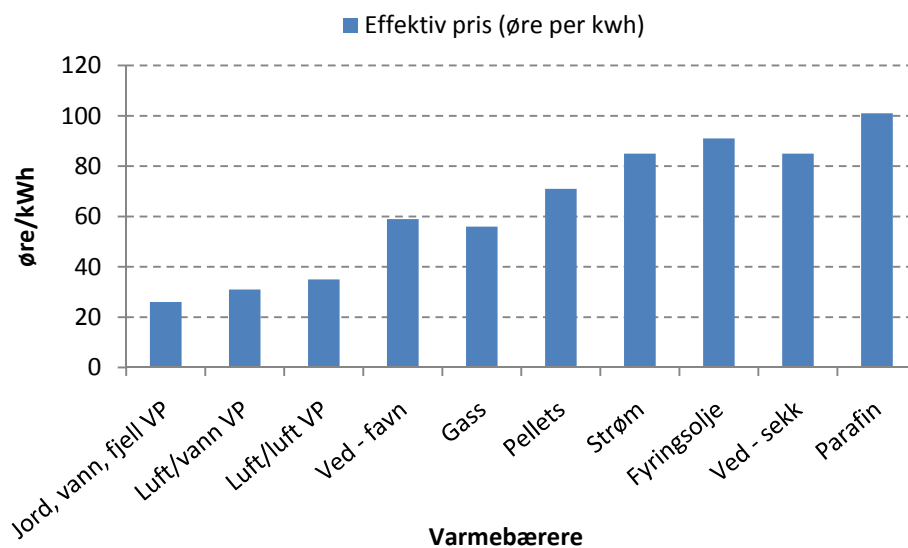
De enkelte energiforsyningenes tilgjengelighet vil påvirke energiforbruket i bygningssektoren. En av de største hindringene for bruken av fjernvarme er dens mangel på tilgjengelighet[23]. Investering og utbygging av fjernvarme er forbundet med høye kostnader, særlig vedrørende distribusjon. Produksjons- og distribusjonskostnadene blir for store hvis ikke befolkningstettheten i område er tilstrekkelig[23].

2.2.4 Pris

Utviklingen og forbedringen av allerede eksisterende energiforsyningsformer vil føre til at prisen på komponenter og energiforsyningsystemer vil reduseres. De siste årene har for eksempel pris og tilgjengelighet på varmepumper, sammen med tilgang på økonomisk støtte fra Enova, ført til at salget av disse har økt eksepsjonelt. Dette kan imidlertid sees i sammenheng med faktoren *brukeradferd* omhandlet i kapittel 2.2.5.

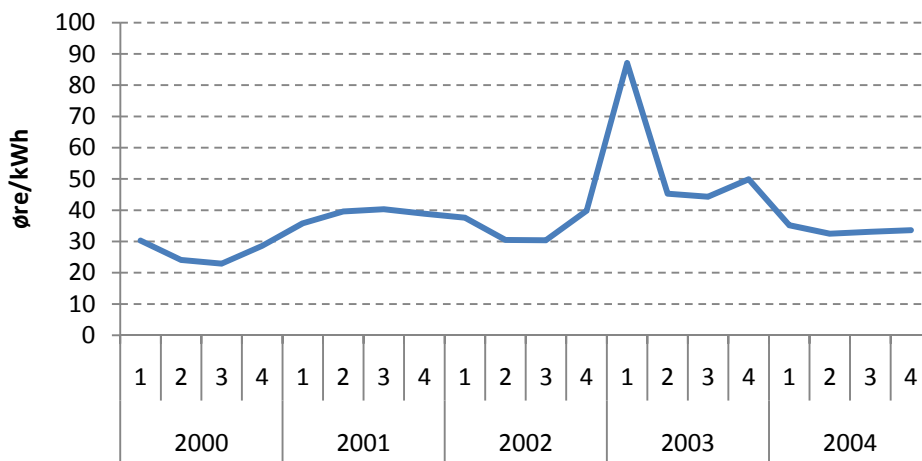
En analyse gjort av Statistisk sentralbyrå[15] viser at den mest betydningsfulle faktoren for utviklingen i energiforbruk på lang sikt er økonomiske forhold som prisen på energivarer. Så lenge prisen på elektrisitet er så lav som den er pr. i dag er det vanskelig for andre energiforsyningsformer å konkurrere med elektrisitet.

Figur 2.2 viser hvordan Enovas svartjeneste[22] rangerer de effektive energiprisene for ulike oppvarmingsalternativer, forutsatt et forbruk på 25 000 kWh pr. år. Prisen er fra uke 9, 2009 og det henvises til vedlegg D for en detaljert oversikt.



Figur 2.2 Effektiv pris for ulike varmekarere. Forutsatt forbruk 25 000 kWh pr. år.[22]

Nivået på elektrisitetsprisen i dag kan sees i sammenheng med produksjonen av elektrisitet i Norge, da denne er avhengig av nedbør og tilsig til magasinene[15]. Året 2002 var preget av lite nedbør og dermed lite tilsig til vannmagasinene. Dette førte til at prisen på elektrisitet i Norge nådde et rekordhøyt nivå i årsskifte 2002-2003. Figur 2.3 viser at gjennomsnittlig pris på elektrisitet til husholdninger i Norge i 3. kvartal var rundt 30 øre pr. kWh, eksklusivt avgifter og nettleie. Ved årsskiftet var prisen kommet opp i nærmere 70 øre pr. kWh, og gjennom 1. kvartal i 2003 var den gjennomsnittlige prisen steget til over 87 øre/kWh. For 2. kvartal i 2003 var prisen redusert til 45 øre/kWh[24].



Figur 2.3 Utviklingen av kraftprisen i Norge, 2000-2004, ekskl. avgifter og nettleie.[24]

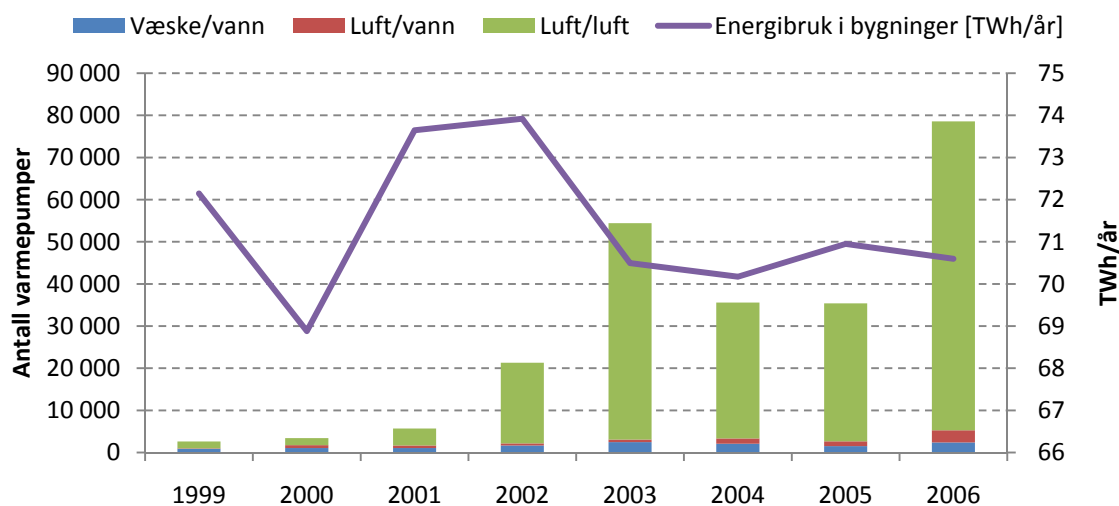
Som en direkte relasjon til den høye elektrisitetsprisen viser verdier fra SSB[6] at elektrisitetsforbruket i denne perioden minket fra 110 TWh i 2001 til 103 TWh i 2003. Denne nedgangen i elektrisitetsforbruket skyldes at andelen elektrisitet til oppvarming ble drastisk redusert, da verdier for samme periode viser at forbruket av olje økte fra 12 TWh i 2001 til 16 TWh i 2003[6]. Dette viser at det er mulig å redusere

elektrisitetsforbruket i bygningssektoren uten større tiltak enn en holdningsendring blant forbrukerne.

2.2.5 Brukeradferd

Elektrisitet spiller en nøkkelrolle i det norske energisystemet, og dette har ført til at forbrukerne er blitt vant til lave elpriser[25]. Forbrukerne tar for gitt at det er tilstrekkelig tilgang på energi i Norge, og en reduksjon av forbruket av blant annet elektrisitet møter større og større motstand[25].

Figur 2.4 viser utviklingen av salget av varmepumper i Norge fra 1999 til 2006 og utviklingen av energiforbruk i bygninger for samme periode. De siste årene har salget av varmepumper steget drastisk, og spesielt stor økning var det i perioden 2001 til 2003. I denne perioden steg salget av luft/luft varmepumper fra 4000 i 2001 til over 51 000 i 2003. Dette tilsvarer en omtrentlig økning på nesten 1200 % fra 2001 til 2003. En ser også at salget av luft/vann varmepumper har hatt en liten økning. Figuren viser også energiforbruk i bygninger, som har redusert noe i samme periode. Om dette skyldes økningen i bruk av varmepumper er uvisst.



Figur 2.4 Salg av varmepumper i Norge, 1999 - 2006. [6]

2.2.6 Annet

Byggeskikk, kultur, tradisjon etc. vil være med på å påvirke eller avgrense ulike løsningsvalg vedrørende rehabilitering og oppføring av nye bygninger. Dette er påvirkningsfaktorer som ikke samsvarer innenfor de nevnte kategoriene, men som heller ikke kan kategoriseres som *indirekte* faktorer.

2.3 Bygningsenergidirektivet (EPBD)

EUs Direktiv¹ om bygningers energiytelse[26] ble gjennom EØS-avtalen vedtatt i Norge i 2003[1]. EPBD er EUs formulering av hvordan forpliktelsene fra den internasjonale klimaavtalen fra Kyoto (Kyotoavtalen) skal oppfylles. Implementeringen av direktivet innebærer at Norge forplikter seg til å sette i kraft de lover og forskrifter som er nødvendige for å etterkomme direktivets krav.

Bakgrunnen for innføringen av direktivet er at det finnes et betydelig potensial for energieffektivisering i bygningssektoren som kan bidra til redusert utslipp av klimagasser og økt forsyningssikkerhet[27]. Med et stadig fokus på utslipp av klimagasser, er det behov for tiltak som krever oppfølging og som dokumenterer bygningers energiytelse. Direktivets formål er å bidra til bedre energiytelse i bygninger, mens det samtidig tas hensyn til inneklimate og kostnadseffektivitet[1]. EPBD består av fire hovedelementer[1], hvor de to første punktene ble innarbeidet i revisjon til tekniske forskrifter til plan- og bygningsloven(TEK 07).

- En felles beregningsmetode av energiforbruk i bygninger.
- Definere nasjonale energikrav for nye bygg og bygninger som skal renoveres.
- Innføring av energisertifikat for nye bygg og bygg som skal selges eller leies ut. Dette gjelder for både næring og bolig.
- Periodisk inspeksjon av klimaanlegg over 12 kW og fyringsanlegg over 20 kW.

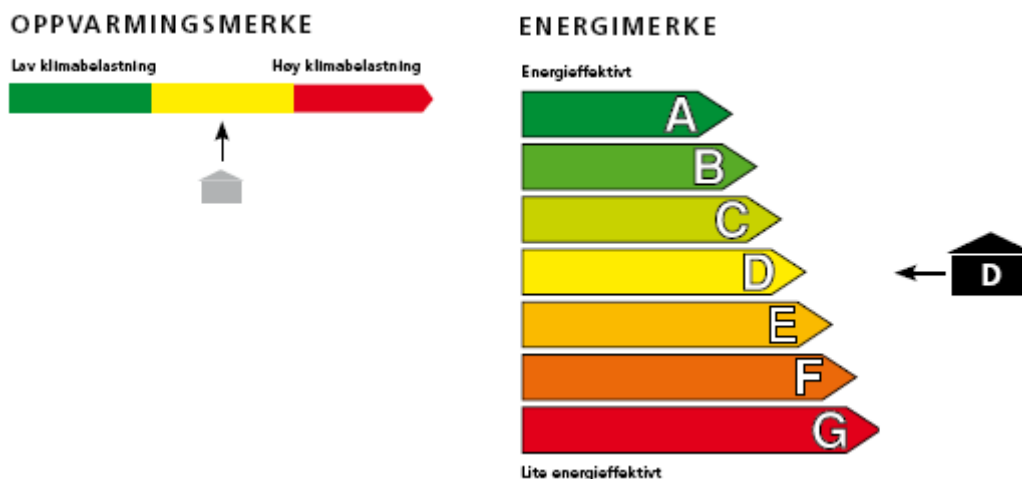
2.3.1 Energimerkeordningen

Som følge av implementeringen av EPBD skal det innføres en energimerkeordning som tar for seg energimerking av bygninger, energivurdering av kjelanlegg og energivurdering av klimaanlegg. Det er utarbeidet et webbasert beregningsverktøy hvor bruker kan legge inn data for klima, bygningsstruktur, oppvarmingssystem etc[28]. Ut i fra dette utarbeides det en energiattest som viser bygningens energiytelse, data for bygningen og tiltak til forbedring. Attesten inneholder et energimerke som angir den samlede vurderingen av boligen, et oppvarmingsmerke som viser klimabelastningen fra oppvarmingskilden og en tiltaksliste som skal gi brukeren råd om forbedringer.

Oppvarmingsmerket er foreløpig (juni 2009) under utvikling, men det er ventet at både energimerket og oppvarmingsmerket vil se ut som i figur 2.5. For Norge vil oppvarmingsmerket på energiattesten mest sannsynlig bli basert på energipolitiske vektingsfaktorer[29]. Det er pr. juni 2009 ikke publisert offisielle faktorer verken for primærenergi eller energipolitisk vekting.

¹ Energy Performance of Buildings Directive (EPBD)

Hensikten med oppvarmingsmerket er å illustrere og oppmuntre brukeren til en omlegging av energisystemet. Bygninger og boliger med oppvarming hovedsakelig basert på fossil energi og/eller elektrisitet vil få en høy klimabelastning på oppvarmingsmerket, og lavenergiboliger med lavt energiforbruk vil belønnes med en god karakter på energimerket[29].



Figur 2.5 Energimerke og sannsynlig utforming av oppvarmingsmerke.[30]

Energiattesten skal gi eiere og andre aktører i markedet informasjon om den energimessige tilstanden for bygningen eller anlegget, og skal bevisstgjøre eierne og brukerne av bygningene om bygningens energiytelse og klimabelastning. Attesten skal fremlegges ved salg og utleie, og være synlig for allmennheten for offentlige.

2.3.2 Omskrivning av EPBD

Europaparlamentet kom 13. november 2008 med et forslag til en omskrivning² av EPBD. Forslaget er en strengere utgave av direktivet, og sier at medlemslandene blant annet pålegges til å anvende *primærenergiindikator* som beregningsgrunnlag for bygningers energiytelse sammen med en indikator for CO₂-utslipp. I forslaget til omskrivningen står det:

«It is important that an estimation of the 'real' impact of the building's operation on the total energy consumption and on the environment is made and therefore a primary energy indicator and CO₂ emissions indicator shall be used.»[4]

Dette kravet gjelder kun for Annex I-land³, og om Norge vil vedta denne omskrivningen er fortsatt uvisst da den fortsatt(juni 2009) er inne for høring i Stortinget. Dersom omskrivningen blir vedtatt kan det bety ytterligere forsinkelser i implementeringsarbeidet.

² Europaparlamentet bruker ordet *recast* i sin publiserte originaltekst. Det er valgt å oversette dette til *omskrivning*.

³ Annex I-land er alle industrilandene som var medlem av OECD i 1992, og er de land med flest forpliktelser mht EUs direktivet. Norge er et Annex I-land.

Vedrørende bygningers klimabelastning skal dette vurderes ut i fra en *politisk vektning* av oppvarmingsystemer som angis på oppvarmingsmerket[29]. Dette vil fungere som en parallell til primærenergifaktorer, da beregningsmetoden er lik, dog med andre faktorer. En primærenergibetraktning omhandler altså energien i et livsløpsperspektiv fra den forlater naturen i sin opprinnelige form til den levers ferdig omdannet til bygningen, mens en politisk vektning er basert på faktorer valgt av myndighetene.

I forbindelse med implementeringen av EPBD ble det i januar 2009 publisert et lovforslag fra regjeringen om endringer i energiloven[31]. Det foreslås å innføre et nytt kapittel i energiloven som vil omhandle bygningers energitilstand med hensyn til gjennomføring av EPBD[31]. I mars 2009 ble den nye energiloven godkjent av Stortinget.

2.4 Fornybardirektivet

EUs direktiv 2001/77/EC om fremme av elektrisitet produsert fra fornybar energi i det indre elektrisitetsmarkedet[32] er en viktig del av EUs klimapakke som ble lansert i 2001. Direktivets formål er at andelen fornybar elektrisitet av EU-landenes totale elektrisitetsforbruk skal øke og utgjøre 22,1 % i 2010, mot 13,9 % i referanseåret 1997. På samme måte som for bygningsenergidirektivet vil fornybardirektivet være relevant for Norge gjennom EØS-avtalen.

I starten av 2008 ble det lansert et forslag til utvidelse av fornybardirektivet som omfattet både oppvarming/avkjøling og transport i tillegg til elektrisitet[33]. Det nye forslaget strammer inn direktivets bestemmelser og forpliktelser fra 2001, og gir et felles rammeverk for å stimulere til ny utbygging og oppgradering av anlegg som skal gi mer fornybar energi[33].

2.4.1 Klimaforliket

Regjeringens klimaforlik, offentliggjort i starten av 2008, la grunnlaget for en mer ambisiøs, og langsiktig klimapolitikk[18]. Klimaforliket er en politisk enighet til å redusere utslipp av klimagasser. Målsettingene i klimaforliket gjør at Norge i dag står frem som et godt eksempel på god klimapolitikk, men dersom målene ikke blir innfridd vil ingen stå juridisk ansvarlig. Derfor anses regjeringens klimaforlik hos enkelte som mindre forpliktende, og lite innholdsrikt med tanke på virkemidler[34].

I de kommende år er det i klimaforliket satt av store beløp øremerket til forskning på fornybar energi og CO₂-håndtering[18]. Med klimaforliket viser regjeringen at Norge ønsker å fremstå som en seriøs pådriver som er villig til å gjøre en innsats for å redusere utslippet av klimagasser.

Norge skal fram til 2020 påta seg en forpliktelse om å kutte de globale utslippene av klimagasser tilsvarende 30 % av Norges utslipp i 1990. Sammenlignet med tall fra 2007 var Norges utslipp av klimagasser på 55 millioner tonn CO₂-ekvivalenter[35]. Det

tilsvarende 11 % over nivået i 1990. Tallene i klimaforliket tilsier at Norge skal redusere sine utslipp med 15 til 17 millioner tonn CO₂-ekvivalenter i forhold til referansebanen.

Klimaforliket sier også at det skal satses mer på utviklingen av energieffektive bygninger[18]. Målsettingen er å få til en overgang fra fossile til fornybare energivarer til oppvarming av bygninger, samt å bedre vilkårene for utbygging av fjernvarme. I løpet av 2009 skal det forberedes et forbud mot oljefyring i offentlige bygg og næringsbygg over 500 m²[18]. I sektorene for transport og industri er det fastsatt at tiltak for utslippsreduksjon skal styrkes. Det er også her bevilget øremerkede økonomiske midler de neste 5-10 årene. For større byer som satser på kollektivtransport og som inngår bindende avtaler om tiltak for reduksjon av biltrafikk, vil belønningsordningen for dette bli fordoblet.

Det er også bestemt i klimaforliket at det skal brukes inntil tre milliarder kroner årlig til å redusere CO₂-utslipp fra avskoging i u-land. I tillegg er det satt av øremerkede økonomiske midler til utvikling av ”umodne” energiteknologier[18]. Med umodne energiteknologier menes de teknologier som fortsatt er på utvikling- eller prototypstadiet. Eksempel på slike energiteknologier er havvindmøller, bølgekraft, saltvannskraft osv.

2.4.2 Grønne sertifikater

I klimaforliket kommer det frem at det er et ønske fra regjeringen å gjenoppta forhandlingene med svenske myndigheter om et felles grønt sertifikatmarked. Et slikt sertifikatmarked er et virkemiddel for å fremme fornybar produksjon av elektrisitet fra vind, biobrensel, bølgekraft, vannkraft osv. Med grønne sertifikater blir ansvaret for å fremme fornybar produksjon av elektrisitet fordelt på både forbrukerne, leverandørene og produsentene av elektrisitet[36].

Forbrukerne vil bli pålagt til å kjøpe en viss andel fornybar elektrisitet. Leverandørene av elektrisitet kjøper sertifikater fra produsenter av fornybar elektrisitet på vegne av forbrukerne og tar betalt for dette gjennom strømprisen. Produsentene av fornybar energi får utdelt sertifikater etter hvor mye fornybar, godkjent kraft de produserer[36].

Dersom EUs fornybardirektiv blir vedtatt i Norge i løpet 2009 er målsettingen i følge regjeringen at sentrale prinsipper for hvordan sertifikatmarkedet skal utformes skal være klar inne 1.oktober 2009[33]. Dersom svenske myndigheter ikke blir enige med norske myndigheter om en avtale om et felles sertifikatmarked vil regjeringen, i henhold til klimaforliket, komme tilbake med et forslag til en ordning som vil legge til rette for utbygging av like mye fornybar kraft som en ordning med grønne sertifikater ville gitt.

2.5 Soria Moria-erklæringen

Soria Moria-erklæringen ligger til grunn for den regjeringen som sitter i dag (juni 2009). Erklæringen omhandler flere temaer, men i denne rapporten vil det i hovedsak kun fokuseres på erklæringens kapittel 13: Energipolitikk[17]. Energipolitikk er et svært vanskelig tema da målene ofte er til dels motstridende. En må veie hensyn til forsyningssikkerhet, miljø og økonomi mot hverandre, og vektlegging av enkeltmål gjør det vanskelig å nå andre mål.

Det er regjeringens ønske å styrke kraftbalansen og forsyningen av strøm. Det skal arbeide for et effektivt og sikkert overføringssystem med tilstrekkelig kapasitet i hele landet, slik at risikoen for strømtap reduseres. Nettleien for strøm skal utjevnes over hele landet. Enten ved hjelp av en utjavningsordning eller ved at de statlige tilskudd som i dag finnes, trappes opp.[17]

Det er et sterkt ønske fra regjeringen å redusere forbruksveksten av energi gjennom ulike sparetiltak. Det skal satses på energieffektivisering og nye fornybare energivarer, og selv om tiden for de nye store vannkraftutbygginger er over skal potensialet som ligger i opprusting av eksisterende vannkraftverk og i bygging av små- mini- og mikrokraftverk i større grad utnyttes[17].

Regjeringen vil innføre vrakpant på gamle oljekjeler som byttes inn i kjeler basert på fornybar varme[17]. Dette er et tiltak som skal forhindre at fornybar energi ikke konkurreres ut av markedet på grunn av forbedringer innenfor bruken av fossilt brensel. En økende satsning på miljøvennlig vindkraft og en kommersialisering av hydrogen som energivare er også med på å styrke fornybar energi[17].

Regjeringen oppfordrer til å øke bruken av vannbåren varme, slik at man ikke blir ensidig avhengig av elektrisitet til oppvarming. Dermed er det ønskelig å etablere gode finansieringsordninger for fjernvarme og bioenergi[17]. Ved å innføre en langsiktig tilskuddsordning til husholdninger, vil det være med på å stimulere til en omlegging til oppvarming basert på ikke-fossilt brensel. I tillegg ønsker regjeringen å implementere bygningsenergidirektivet og gjøre lavenergibygninger til standard[17].

2.6 Teknisk forskrift til plan- og bygningsloven

Ved tilknytning til blant annet implementeringen av EPBD var det behov for endringer i det norske regelverket. Tekniske forskrifter til plan- og bygningsloven (TEK) har samme rettsgyldighet som loven, men kan ikke fravikes ved vedtekter[37]. Forskriften inneholder generelle funksjons- og ytelseskrav til bygninger og bygningsdeler, men med liten detaljbestemmelse[27]. TEK setter krav til maksimalt netto energibehov for nye bygninger og søknadspliktige rehabiliteringer[19]. En revidert utgave av TEK trådte i kraft 1.februar 2007, med en overgangsperiode til 1.august 2009, hvor både den forrige versjonen (TEK 97) og den reviderte versjonen (TEK 07) er godkjent for bruk[37].

De største endringene som ble presentert i TEK 07 er beregningsmetodikken og nivået for bygningers netto energibehov. Den metoden som var kjent fra TEK 97, der det kun ble satt krav til oppvarmingsbehov, er nå endret til å ta hensyn til samtlige poster som har et forbruk av energi i bygningen. Kravene i TEK 07 kan tilfredstilles ved to ulike metoder; *rammekravsmetoden* eller *energitiltaksmetoden*.

2.6.1 Rammekravsmetoden

Rammekravsmetoden tar utgangspunkt i en fastsatt verdi for maksimalt tillatt energibehov innenfor en aktuell bygningskategori. Så lenge alle energiposter er inkludert i beregningen og maksimalt energibehov for bygningen er innenfor rammekravet, er det opp til hver enkelt bygningseier med tanke på valg av hvilke løsninger med hensyn på bygningsstruktur og materialer som anvendes. Rammekravsmodellen beskriver bygningens årlige maksimale tillatte netto energibehov pr. oppvarmet boligareal (BRA) innenfor aktuelle bygningskategorier.

2.6.2 Energitiltaksmetoden

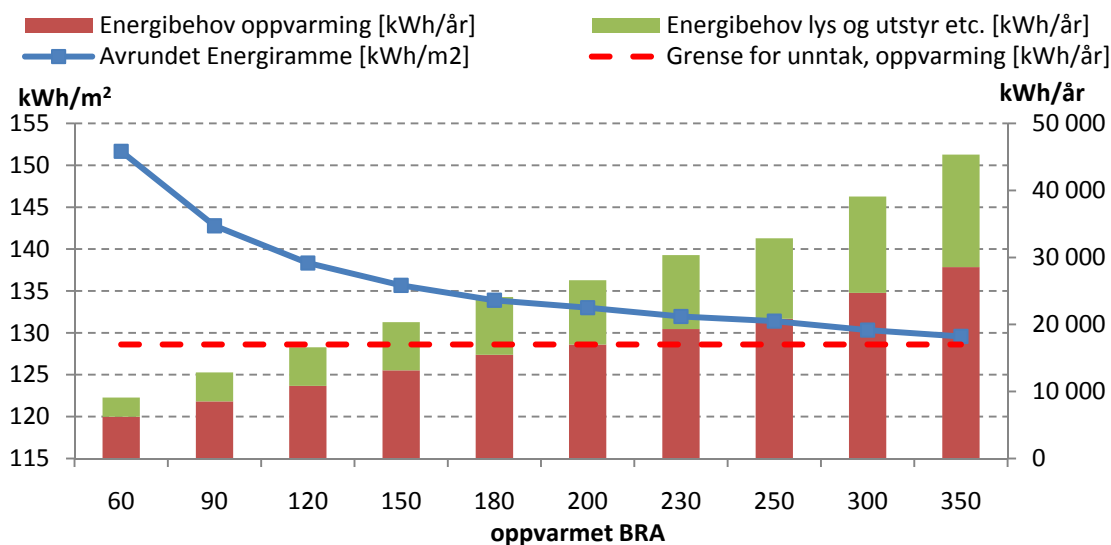
Energitiltaksmetoden kan sees som ei sjekklister som ved å følges oppfyller energikravene i TEK 07. Metoden krever ingen energiberegninger, men det må kunne dokumenteres at samtlige energitiltak er gjennomført. Det er tillatt å redusere energieffektiviteten i ett eller flere av tiltakene i energitiltaksmetoden, men kun dersom det kan dokumenteres at det totale varmebehovet for bygningen ikke øker. En slik reduksjon av energieffektiviteten kompenseres ofte med strengere krav i andre tiltak, for eksempel installasjon av vinduer med lavere U-verdi enn forskriften krever.

For begge metodene eksisterer det unntak. Fritidsboliger under 50 m² BRA er fritatt fra kravene, mens fritidsboliger i størrelsen 50-150 m² reguleres kun gjennom minstekrav til isolasjonsstandard. Bygninger med laftede yttervegger er underlagt særskilte krav for U-verdier. § 8-22 i TEK 07 setter krav om at bygningen skal tilrettelegges for at cirka halvparten, minimum 40 %, av oppvarmingsbehovet skal dekkes av annen energiforsyning enn elektrisitet eller fossile brensler[20]. Dersom bygningens netto varmebehov er lavere enn 17 000 kWh pr. år, eller at det alternative varmesystemet gir en merkostnad over bygningens levetid vil kravet om alternativ varmforsyning falle bort.[20]

Som det fremkommer av ligning 2.1 og figur 2.6 vil det si at jo mindre oppvarmet bruksareal bygningen har, jo høyere varmebehov pr. kvadratmeter tillates for bygningen. Arealledet er lagt til for å ta høyde for at småhus har relativt større ytterflate og tilhørende større varmetap pr. oppvarmet gulvareal enn større bygninger[20].

$$\text{Avrundet energiramme [kWh/m}^2\text{]} = 125 + \frac{1600}{\text{oppvarmet BRA}} \quad (2.1)$$

Figur 2.6 viser at jo større oppvarmet boligareal en bygning har, jo lavere varmebehov pr. kvadratmeter tillates for bygningen før avviksgrensen overskrides. På denne måten belønnes mindre småhus som har mindre areal som skal varmes opp.



Figur 2.6 Energibehov og -ramme pr. oppvarmet areal for bolighus.[19]

2.7 ENKL-planen

ENKL-planen er en energi- og klimaplan for Norge mot 2020, og ble publisert i mars 2009 som et samarbeid mellom SINTEF Energiforskning, Energibedriftenes Landsforening (EBL) og Handelshøyskolen BI. Planen er ikke en forskrift som må følges, men er ansett å veie tyngst blant de mange publiserte rapporter. Planen presenterer fem klimatiltak og fire energitiltak som oppfyller eksisterende mål i Stortingets klimaforlik, og fremtidige krav Norge kan forvente å få når EUs energi- og klimapakke⁴ blir implementert i norsk lov[3]. Kort oppsummert sier planen at det er mulig å nå målene i klimaforliket ved å[3]:

- Fase ut all oljefyring.
- Elektrifisere 20 % av personbilparken.
- Elektrifisere 25 % av olje og gassvirksomheten offshore.
- Installere karbonfangst og lagring på seks industrielle punktutslipp.
- Intensivere arbeidet med energieffektivisering i bygg og industri.
- Øke produksjonen av fornybar strøm.
- Øke produksjonen av fornybar varme.
- Produsere 250 000 tonn biodrivstoff pr. år i Norge, og importere like mye.
- Bygge ut elkraftproduksjons som hovedsakelig skal gå til eksport.

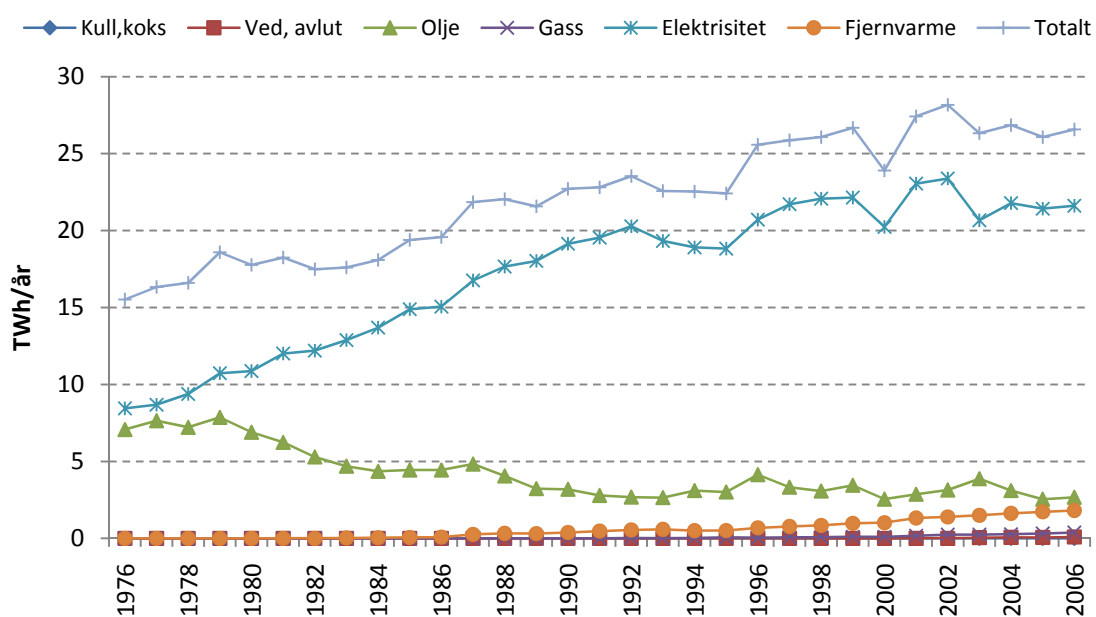
⁴ EU 20-20-20. Innebærer at 20 % av EUs produserte energi skal være fornybar, klimagassutslipp skal kuttes med 20 %, og energiforbruket skal kuttes med 20 % innen 2020.

2.8 Utviklingen av bygningers energiforsyning

For å estimere fremtidig utvikling av bygningers energiforsyning, er det nødvendig å få en oversikt over den historiske utviklingen frem til i dag. Det er vanlig at bygninger i dag har flere typer oppvarmingsutstyr, slik at oppvarmingsbehovet dekkes av en kombinasjon av disse. Om lag 70 % av alle norske boliger har mer enn ett system for oppvarming, der den vanligste kombinasjonen er elektriske ovner sammen med vedovn[2].

Figur 2.7 viser utviklingen av energiforbruket i tjenesteytende sektor fordelt på energivarer. På midten av 70-tallet var elektrisitet og olje de mest utbredte energivarerne, men fra midten av 1980-tallet ble fjernvarme mer og mer utbygd. Elektrisitet har hatt en stigende trend gjennom hele denne perioden, men kan virkes å ha fått en utjevningstendens de siste årene. Pr. 2006 utgjorde fjernvarme kun 7 % av bygningers totale energiforbruk, mens elektrisitet utgjorde i overkant av 80 % [38]. Fjernvarme viser en stigende trend, men utgjør fortsatt svært liten del av det totale energiforbruk.

Det fremkommer også av figuren at forbruket av elektrisitet har knekkpunkter. Det mest markante knekkpunktet inntreffer i 2002-2003, og er en reaksjon på den høye strømprisen som oppsto etter tørråret i 2002-2003. Kraftprisen steg med over 100 %, og forbruket i alminnelig forsyning sank med omtrent 1.5 TWh i perioden januar – april[39]. En ser også at bruken av olje har en liten økning i samme periode[6].



Figur 2.7 Energiforbruk i tjenesteytende sektor fordelt på energiforsyningskilder. [6]

2.9 Drøfting

Det er et ønske fra regjeringen å gjøre det enklere for folk å være miljøvennlig i hverdagen. Mye av teknologien finnes og er allerede tilgjengelig i dag. Problemet er at det ikke er krav om den skal brukes. Energikravene er rett og slett for snill. Dersom Norge skal klare å oppfylle sine forpliktelser ovenfor klimaforliket og fornybardirektivet må det strengere tiltak til.

2.9.1 Justering av påvirkningsfaktorer

Dersom bygningers energiforbruk skal reduseres, er det et stort behov for strengere krav og oppfølging fra myndighetene. De påvirkningsfaktorene som er nevnt foran er alle med på styre utviklingen av bygninger energiforbruk, og ved å stimulere og justere disse på riktig måte kan energiforbruket reduseres.

Dersom bruken av fjernvarme skal økes, må en infrastruktur for dette først og fremst være på plass. På samme måte må forskriftene sette strengere krav dersom bruk av elektrisitet til oppvarming skal frigjøres. I TEK 07 oppfordres brukeren til å benytte seg av alternative energiforsyninger dersom dette ikke blir for kostbart. Forskriftene må sette krav om at en viss andel av oppvarmingsbehovet skal baseres på alternative energiforsyninger. En oppmuntring vil kun få meg seg et fåtall av brukere, mens et krav pålegger alle til å bidra.

2.9.2 TEK revideres for sjelden

I tilknytning til implementering av EPBD og regjeringens mål om energieffektivisering[17] var det behov for krav i det norske regelverket som kunne imøtekomme regjeringens målsettinger. Energikravene i TEK ble derfor revidert og strammet inn[40]. Det er viktig å presisere at EPBD ikke fastsetter nivået på energikravene, men kun setter krav til hvordan energikravene skal utformes. Nivået for energikravene har bakgrunn i Kyotoavtalen og Soria Moria-erklæringen og bestemmes av myndighetene[40].

I EPBD er det krav om at utarbeidede energikrav skal revideres minimum hvert femte år[26]. Dermed tvinges BE til å revidere TEK minimum hvert femte år. TEK 07 ble innført i 2007 med en overgangsperiode til august 2009. Dersom en antar 1-2 års ”etterslep” før bygninger blir bygget etter de reviderte forskriftene, vil fem år allerede være gått før energikravene blir tatt i bruk.

Det er antatt at de nye energikravene i TEK 07 vil bidra til en årlig utslippsreduksjon på 1,6 millioner tonn CO₂ ekvivalenter etter at kravene har fått virke i 10 år[40]. Dersom disse tallene sees i sammenheng med Norges forpliktelser ovenfor Kyotoavtalen vil ikke energikravene i TEK 07 alene bidra til at forpliktelsene nås, men innstramningen av kravene være en betydelig bidragsyter.

2.9.3 Andre relevante virkemidler

Europaparlaments- og rådsdirektiv 2006/32/EF av 5. april om effektiv sluttbruk av energi og energitjenester[41], også kjent som *energitjenestedirektivet*, eller *ESD-direktivet* ble vedtatt til gjennomføring i 2008. Direktivet er en del av EUs *forsynings sikkerhetspakke* som skal bidra til økt forsyningssikkerhet av energi og redusert klimagassutslipp[41]. Hensikten med direktivet er å gjennomføre virkemidler slik at barrierer i henhold til energieffektivisering fjernes, tilgangen på informasjon forbedre. I tillegg skal direktivet skape incentiver for selskaper til å tilby energitjenester og lage programmer som har til formål å øke energieffektiviteten hos sluttbruker[41]. Direktivet er pr. juni 2009 ikke implementert i Norge, men anses å være EØS-relevant.

Direktivet har utløst et behov for en rekke ulike standarder og målemetoder, og en svært relevant standard som det arbeides med er standarden *NS-EN 16001, Energiledelsessystemer - Krav med brukerveiledning*[42] som er ventet å bli publisert i løpet av høsten 2009. Standarden vil bli et viktig verktøy for å forbedre energiytelsen i bygninger gjennom forbedringer vedrørende energistyring og energiledelse.

Klimakur 2020[43] er en etatsgruppe dannet av miljøvernedepartementet som har som hovedmål å danne en rapport som skal danne grunnlag for regjeringen vurdering av fremtidig klimapolitikk. Rapporten skal legges frem i november 2009, og skal inneholde ulike tiltak og virkemidler som kan bidra til å oppfylle Norges klimamål[43].

3 BYGNINGERS ENERGIBEHOV

3.1 Innledning

Energibehovet er individuelt for hver bygning og det skilles mellom teoretisk og faktisk energibehov. Både bygningens energiforbruk og -ytelse er i utgangspunktet avhengig av energibehovet, og svært ofte er det et betydelig skille mellom disse. I henhold til NS 3031:2007[5] bestemmes bygningens energibehov ut i fra følgende:

- Oppvarming: innebærer oppvarming av rom, vann og ventilasjonsluft
- Vifter og pumper
- Belysning
- Teknisk utstyr
- Romkjøling
- Kjølebatterier
- Varmetap
- Varmetilskudd: innbærer soltilskudd og interne tilskudd

Oppvarmingsbehovet kan dekkes av forskjellige typer varmekilder, med ulike virkningsgrader, mens bygningens resterende energibehov er komponenter som er krever elektrisitet. Varmetilskuddet må multipliseres med en utnyttingsfaktor for det aktuelle tilskuddet, for eksempel dersom all form for sol stenges ute av persiener og gardiner vil dette presentere en lav utnyttingsfaktor. Solttilskudd er imidlertid et tvetydig aspekt da for mye soltilskudd kan føre til økt energibehov i form av økt kjølebehov. Punktene nevnt over utgjør bygningens netto energibehov, hvorav noen adderes og noen subtraheres.

3.2 Teoretisk energibehov

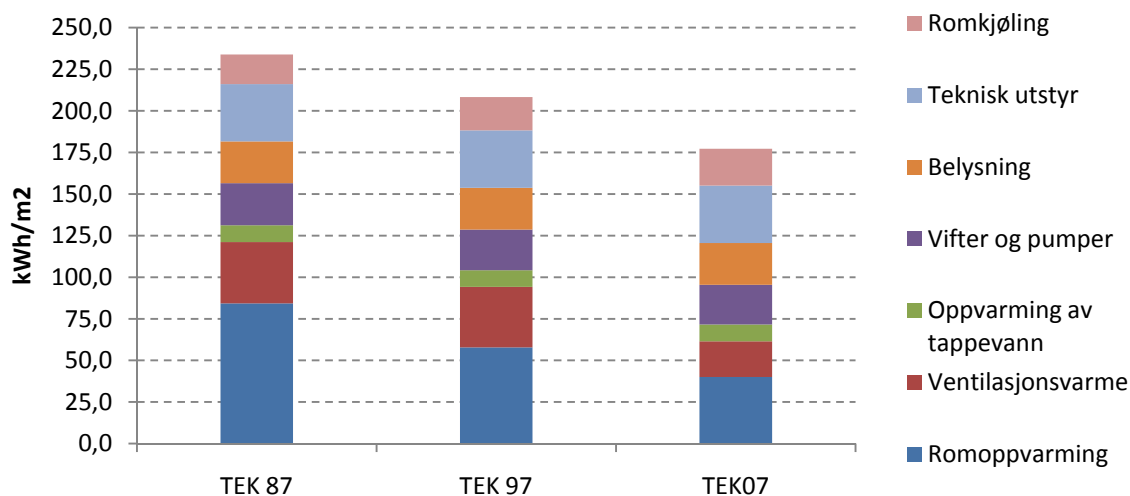
Med teoretisk energibehov menes *netto energibehov*. Begrepet beskriver først og fremst egenskapene til bygningskroppen og hvor godt bygget utnytter passiv tilskudd. Netto energibehov kan beregnes, men kan aldri måles, og er dermed på mange måter et abstrakt begrep[44]. Netto energibehov kan betraktes som minimum mengde energi som kreves av byggets samlede energiposter når systemvirkningsgraden for energisystemet i bygningen er lik 100 %.

Byggets egenskaper er avhenging av hvordan kvalitet bygget er oppført med, andel vindusareal i forhold til fasadeareal, og med hvilke materialer og tilhørende tekniske verdier bygget er oppført med. Byggets kvalitet påvirkes av mengde og omfang av for eksempel byggefeil. Byggefeil vil påvirke bygningens varmetap, som er direkte relatert til bygningens energiforbruk[20]. Standarden NS 3031:2007[5] viser fremgangsmåten for beregning av totalt netto energibehov basert på en månedlig beregning, og TEK 07[20] viser en oversikt over rammekrav for beregnet årlig netto energibehov for de mest vanlige bygningskategoriene.

3.2.1 Historisk utvikling av netto energibehov

Figur 3.1 viser utviklingen av årlig energiforbruk for et kontorbygg simulert i dataverktøyet *SIMIEN*[45]. Bygningen er simulert etter energitiltaksmetoden og har et oppvarmet BRA lik 8400 m². Simuleringen har til hensikt å illustrere netto energibehov for bygninger, da dette antas å være lik det simulerte energiforbruket. Antakelsen gjøres på bakgrunn av at simuleringen er basert på normerte verdier, og det simulerte energiforbruket vil videre i kapittelet bli benevnt som netto energibehov. Det påpekes imidlertid at netto energibehov i virkeligheten ikke kan sammenlignes med forbruk.

Med de nye energikravene i TEK 07 har blant annet netto oppvarmingsbehov blitt redusert mellom 20-25 % sammenlignet med TEK 97[37]. Det påpekes at verdiene ikke er identisk med energirammeverdier gitt i VTEK, da disse kun er veiledende.



Figur 3.1 Netto energibehov for kontorbygg simulert etter 3 ulike byggeforskrifter.[45]

Det henvises til vedlegg E for resultater fra simuleringene gjort i *SIMIEN*.

Netto energibehov har den senere tid blitt redusert gjennom forbedringer av bygningskonstruksjonen. Utviklingen av stadig bedre vinduer, større isolasjonstykkelse, og eliminering av kuldebroer har redusert bygningens varmetap og dermed også oppvarmingsbehovet. Fra figuren kommer det frem at oppvarmingsbehovet har minket, mens den resterende delen av energibehovet er relativt uendret.

3.3 Faktisk energibehov

Faktisk energibehov kan sees på som bygningens virkelige energibehov da det tar utgangspunkt i virkelig energiforbruk. Faktisk energibehov beregnes ved å multiplisere statistiske eller målte verdier for bygningers energiforbruk med systemvirkningsgrader for oppvarmings- og energisystemet i bygningen. Det er i rapporten brukt statistikk fra SSB[46] og Enova[10], samt systemvirkningsgrader fra NS 3031:2007[5] for å beregne faktiske energibehov. Ligning 3.1 viser fremgangsmåten for beregning av faktisk energibehov. For reelt forbruk kan det som nevnt brukes målt energiforbruk over en tidsperiode, eller statistiske verdier. η_{system} er systemvirkningsgraden for oppvarmings- og energisystemet.

$$\text{Faktisk energibehov [kWh]} = \text{reelt forbruk} * \eta_{\text{system}} \quad (3.1)$$

De ulike oppvarmingsløsningene har ulike virkningsgrader, og dette medfører at energien som går med til å dekke samme oppvarmingsbehov vil være ulik avhengig av oppvarming- og energisystem.

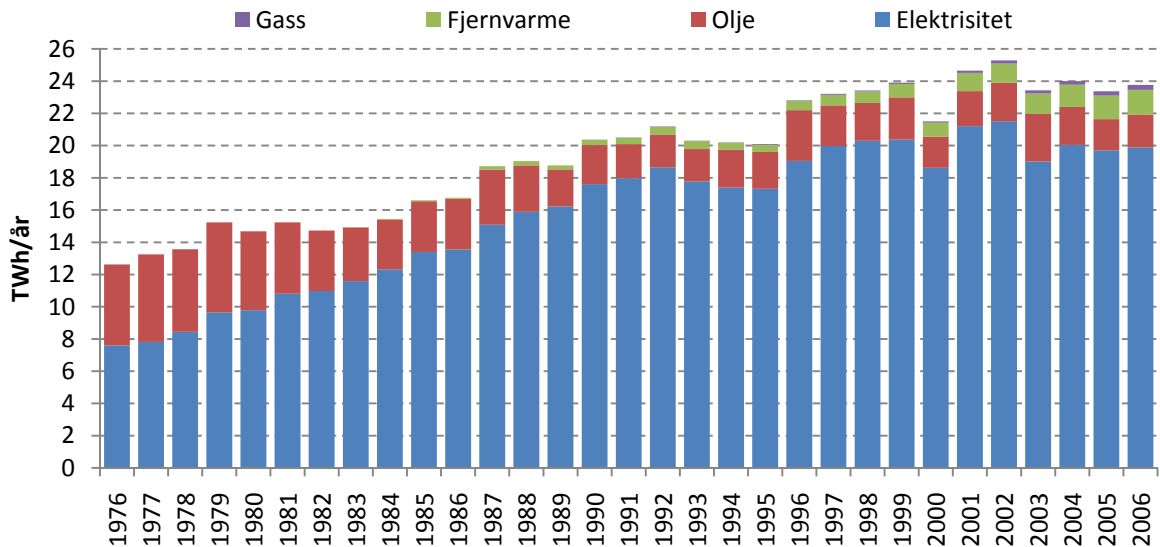
Tabell 3.1 viser veiledende virkningsgrader for et utvalg aktuelle oppvarmingssystemer, der verdiene er hentet fra tabell B.9 og B.10 i NS 3031:2007[5]. Ved å sammenligne systemverdiene for de ulike oppvarmingssystemene i tabellen kommer det frem at systemvirkningsgradene har forbedret seg. Dette kan sees i sammenheng med den teknologiske utviklingen den senere tid. For å estimere den virkelige systemvirkningsgraden for energisystemene i bygninger må disse beregnes i samsvar med standarden NS-EN 15316-1:2007[47].

Tabell 3.1 Virkningsgrader for et utvalg aktuelle oppvarmingsløsninger.[5]

	Oppvarmingssystem	Virkningsgrader				
		Eldre (før 1990)		Nyere (etter 1990)		
		System	Prod.	Distr.	Reg.	System
Bio	Helautomatisk biokamin	0,68	0,85	0,95	0,90	0,73
	Biokjel, vannbåren gulvvarme	0,68	0,85	0,95	0,90	0,73
	Sentral biokjel, radiator	0,72	0,85	0,95	0,95	0,77
Varmepumpe	Luft/luft	1,98	2,40	1,00	0,90	2,16
	Luft/vann, gulvvarme	1,88	2,40	0,95	0,90	2,05
	Luft/vann, radiator	1,90	2,30	0,95	0,95	2,08
	Grunn/luft	2,16	2,60	1,00	0,90	2,34
	Gunn/vann, gulvvarme	2,05	2,60	0,95	0,90	2,22
	Grunn/vann, radiator	2,08	2,50	0,95	0,95	2,26
FV	Vannbåren gulvvarme	0,81	0,98	0,95	0,90	0,84
	Vannbåren radiator	0,86	0,98	0,95	0,95	0,88
Elektrisk	Panelovner etc.	0,98	1,00	0,98	1,00	0,98
	Varmekabler	0,88	1,00	0,98	0,90	0,88
	Elkjel, vannbåren gulvvarme	0,81	0,98	0,95	0,90	0,84
	Elkjel, radiator	0,86	0,98	0,95	0,95	0,88
Gass	Kamin/peis, direkte romoppv.	0,77	0,90	1,00	0,90	0,81
	Vannbåren gulvvarme	0,73	0,90	0,95	0,90	0,77
	Vannbåren radiator	0,77	0,90	0,95	0,95	0,81
Olje	Kamin, direkte romoppv.	0,72	0,85	1,00	0,90	0,77
	Vannbåren gulvvarme	0,68	0,85	0,95	0,90	0,73
	Vannbåren radiator	0,72	0,85	0,95	0,95	0,77

3.3.1 Historisk utvikling av faktisk energibehov

Figur 2.7 på side 19 viser energiforbruk i tjenesteytende sektor, og dersom tall for energiforbruk og virkningsgrader settes inn i ligning 3.1 kan utviklingen av faktisk energibehov for tjenesteytende sektor beregnes. Resultatet er fremstilt i figur 3.2. Statistikken bak tall for energiforbruk forteller ikke hvilke oppvarmingssystem som er installert i de respektive bygningene. Derfor er gjennomsnittlige systemvirkningsgrader for henholdsvis gass, fjernvarme, olje og elektrisitet beregnet ut i fra tabell 3.1. For verdier for energiforbruk før 1990 er det forutsatt oppvarmingssystemer med "eldre" virkningsgrader.



Figur 3.2 Utvikling av faktisk energibehov for tjenesteytende sektor.[5, 6]

Figur 3.2 viser at faktisk energibehov for bygninger tilhørende tjenesteytende sektor har økt den senere tid. Det påpekes at figuren kun gir en indikasjon for hvordan utviklingen for faktisk energibehov har utartet seg.

3.4 Teoretisk vs. faktisk energibehov

Det som skiller teoretisk og faktisk energibehov er at teoretisk energibehov kun er et rammekrav fra myndighetene som forteller hvor mye energi bygningen vil bruke dersom kravene gitt i TEK er oppfylt, og energisystemet er 100 % tapsfritt. Netto energibehov tar dermed ikke hensyn til virkningsgrader eller tap i oppvarmings- og energiforsyningssystemene, og er basert på normerte data for personbelastning, utstyr, driftstider, klimadata osv. Dermed er for eksempel årlig netto energibehov og årlig energiforbruk ikke sammenlignbart, selv om mange gjør den feilen. Verdiene for netto energibehov er kun ment å gjenspeile et energibehov for bygget ved normert bruk, normert klima og uten tap i energisystemene.

Faktisk energibehov tar hensyn til byggets kvalitet, andel vindusareal etc. og gir et mer riktig bilde av bygningens behov for energi da det er beregnet ut i fra virkelig energiforbruk. Et stadig økende problem er at det normerte kjølebehovet i TEK i de aller fleste tilfeller ligger betydelig lavere enn det som bygget virkelig vil ha behov for. Spesielt blir utslagene store i bygg med mye glass i fasadene. I henhold til et notat utarbeidet av RIF påpekes det at mange kontorbygg har et faktisk energibehov på rundt 300 kWh/m², og at kjølebehovet utgjør en vesentlig del av dette[48]. Dette tilsier omtrent 50 % større faktisk energibehov enn teoretisk energibehov.

3.5 Drøfting

Energiforbruket i bygg utgjør i dag 40 % av det samlede energiforbruket og 50 % av strømforbruket i Norge. Ved å redusere energibehovet i bygg frigjøres det energi som både bidrar til mindre miljøbelastning gjennom produksjon av energi og til å redusere Norges klimagassutslipp.

Den velstandsveksten som Norge, og resten av verden, har opplevd de siste 20 årene bringer med seg stadig nye elektriske apparater. Det er antatt at økt husholdningsinntekt vil føre med seg økt krav til komfort, slik at inntektsnivået vil være med på å påvirke energiforbruket i bygninger. Krav til inneklime og komfort, samt mer data- og kommunikasjonsutstyr er alle indirekte faktorer som er avhengig av energi, og vil bidra til økt energiforbruk. Bygningers energiforbruk er sterkt avhengig av brukeradferd og brukstid, og for husholdningssektoren kan konsekvensene av velstandsveksten sees i sammenheng med brukeradferd.

Selv om energi til oppvarmingsformål har blitt redusert ved mer energieffektive bygninger har det totale energiforbruket økt. En lignende tendens kan sees i industrisektoren hvor det i den senere tid har vært en betydelig energieffektivisering. Dette har imidlertid blitt tatt ut i form av økt produksjon, slik at følgene av effektiviseringen ikke merkes så godt som først antatt.

3.5.1 Fremtidig netto energibehov

I henhold til EPBD skal det utføres revisjoner av utarbeidede energikrav minimum hvert femte år[26]. I henhold til Kapittel 13: *Energipolitikk* i Soria Moria-erklæringen er det et ønske fra regjeringen å utarbeide nye byggforskrifter som gjør lavenergiboliger til standard[17]. På bakgrunn av dette er det sannsynlig å tro at de kommende revisjoner av TEK vil gi strengere energikrav, og gjøre lavenergi- og passivhus mer og mer til standard. Endringene fra TEK 97 til TEK 07 førte til at netto energibehov ble i gjennomsnitt 25 % lavere, og innskjerpelse av kravsnivå i forskriften var omtrent 40 % [40]. Det er imidlertid lite trolig at kravene vil strammes i like stor grad for kommende utgaver av TEK. Likevel er potensialet for ytterligere reduksjon av energibehov i bygninger fortsatt relativt stort. Bygninger av typen passivhus er forventet å ha et varmebehov i størrelsesorden 15-20 kWh pr. m² pr. år, som sammenlignet med dagens standard, tilsvarer omtrent 70 % reduksjon av varmebehovet[49].

Den kommende standarden prNS 3700:2009 *Kriterier for lavenergi- og passivhus – Boligbygninger*[50] vil i første omgang fungere som en standard for de som ønsker å benytte seg av disse kravene. Standarden tar hensyn til klimaet for boligens plassering ved å benytte lokale klimadata ved beregning av oppvarmingsbehovet. Dersom noe lignende blir innført i kommende utgaver av TEK kan avviket mellom teoretisk og faktisk energibehov mest sannsynlig reduseres. Bygningers oppvarmingsbehov er ventet å reduseres, mens energiposter som teknisk utstyr, belysning, vifter og pumper etc. vil ha en svak stigning.

3.5.2 Fremtidig faktisk energibehov

Brukerens adferd er sterkt knyttet til energiforbruket, og dermed også til faktisk energibehov for bygningen. Blant annet har komfort en voksende betydning, og er en faktor som er svært vanskelig å påvirke. Komfort defineres som sluttbrukerens egen subjektive følelse av velvære, og det er kun sluttbrukeren som kan avgjøre om det er for varmt om sommeren eller for kaldt om vinteren, og dermed også avgjøre om det er behov for ytterligere kjøling eller oppvarming. I TEK 07[19] er brukstid og innetemperatur for bygninger basert på standardverdier i NS 3031:2007[5]. Alle avvik fra disse gjennomsnittlige komfortkravene vil dermed påvirke energiforbruket. I tillegg vil økt bruk av teknisk utstyr og underholdningsartikler være med på å påvirke energiforbruket.

Dersom det foreligger bygningsfeil eller avvik i kvaliteten i bygningsstrukturen vil dette medføre økt faktisk energibehov. Statistikk viser at energiforbruket i nye kontorbygg har økt den senere tid[51], og en viktig årsak til det, er trolig byggeskikken, med utstrakt bruk av fasader i glass. Slike fasader fører til et større behov for både oppvarming og kjøling i form av økt varmetap[27].

3.5.3 Avvik mellom teoretisk og faktisk energibehov

Avviket mellom teoretisk energibehov og faktisk energibehov for en bygning er først og fremst avhengig av bruksmønsteret og byggekvalitet. For næringsbygg, hvor driftstidene ofte er høyere enn de standardiserte verdiene gitt i NS 3031:2007 kan avvik forekomme. Det er grunn til å tro at økt inntektsnivå og velstandsøkning vil være med på å øke energiforbruket i bygninger. Et annet aspekt er varmetapet som oppstår på grunn av material- og byggefeil. Slike faktorer tas ikke med i noen form for beregning, og vil være med på å øke avviket mellom teoretisk og faktisk energibehov.

En sannsynlig utvikling for bygningers energibehov er at oppvarmingsbehovet vil synke, mens energibehov til formål som kjøling, teknisk utstyr, vifter og pumper etc. vil stige, slik at utviklingen av det totale energibehovet ha en utflatende kurve. Denne påstanden styrkes dersom en ser på trenden av å redusere energibehovet gjennom forbedringer av bygningskonstruksjonen, fremfor å forbedre systemvirkningsgradene til oppvarmingssystemene, eller innføre strengere krav enn 70 % på varmegjenvinning.

Etter 1.august vil TEK 07 alene gjelde som forskrifter for bygninger. Dette betyr imidlertid ikke at nye bygninger oppført etter denne dato vil være prosjektert etter TEK 07. Det er ventet å se et viss "etterslep" på flere år før utførelsen av bygg skjer i henhold til de reviderte forskriftene[52], på grunn av at bygninger som bygges i løpet av 2009-2010 mest sannsynlig vil være prosjektert etter TEK 97. Dersom byggesøknaden blir levert før 1.august 2009, kan byggherre i teorien vente til medio 2012⁵ før bygging settes i gang, og fortsatt legge TEK 97 som grunnlag[52]. Tas byggetid også med i beregningen vil etterslepet bli ytterligere forlenget.

⁵ I henhold til Plan og bygningsloven kap. XVI § 96 faller tillatelsen bort dersom tiltaket ikke er satt i gang etter 3 år.

4 BYGNINGERS KLIMABELASTNING

4.1 Innledning

Et stadig strengere krav til CO₂-utslipp kan føre til at enkelte former for energiforsyning favoriseres foran andre. På grunn av de eksisterende forbedringsmulighetene i bygninger, fokuseres det ekstra nøye på hvilke tiltak som kan gjøres. Det følgende kapittelet tar for seg de faktiske forhold med hensyn på forbruk av primærenergi og CO₂-utslipp ved de mest aktuelle former for varmforsyning.

I arbeidet med implementering av energimerkeordningen er det nødvendig å definere CO₂-faktorer som vil angi skalaen for oppvarmingsmerket. Merket skal angi den totale CO₂-belastningen for bygningen, og skal ta høyde for indirekte utslipp ved produksjon og distribusjon av energivaren. For Norges del er det dermed svært viktig at blant annet elektrisitet får en faktor som gjenspeiler den reelle situasjonen med hensyn på forbruk av elektrisitet og tilhørende CO₂-utslipp.

4.2 Primærenergi

Primærenergi er den energimengden som er nødvendig for å fremskaffe én mengdeenhet levert energi[5]. Primærenergi er i henhold til NS 3031:2007 definert som:

«energi i sin opprinnelige form som ikke er blitt omdannet eller gått over i andre energiformer»[5].

Eksempler på primærenergivarer er olje, gass, kull, sol, bio etc., og disse kan omdannes til elektrisitet og/eller varme. Ved en primærenergibetraktning betraktes energiens livsløp fra den hentes ut av naturen til den leveres til bygningen, og virkningsgrader og tap i systemet tas også med i betraktningen[23]. Ved vurdering av bygningers energi- og varmforsyning vil en slik betraktning være den mest riktige å benytte, da den tar hensyn til samtlige forhold som påvirker prosessen med å omvandle energien fra sin opprinnelige form i naturen, til brensel til oppvarming, kjøling eller kraftproduksjon, og til slutt distribuert til sin sluttbruker. Som nevnt tidligere oppfordrer omskrivningen av EPBD at det skal benyttes en primærenergiindikator ved betraktning av bygningers energiytelse[4].

4.3 Klimabelastning

De ulike klimagassene har ulik oppvarmingseffekt og levetid i atmosfæren, og for å kunne sammenligne betydningen av de ulike klimagassene har forskere utarbeidet en målestokk for klimagassenes oppvarmingseffekt kalt globalt oppvarmingspotensial (GWP). GWP-verdien til et stoff angir akkumulert påvirkning på drivhuseffekten for en gitt mengde av stoffet i forhold til samme mengde utslipp av CO₂ over et valgt tidsrom[53]. De ulike stoffene har ulike GWP-verdi, og størrelsen angir klimabelastningen[53]. For å kunne finne den totale drivhuseffekten av et utslipp bestående av flere stoffer er disse omregnet til CO₂-ekvivalenter. En enhet CO₂-ekvivalenter er en mengde klimagasser som har samme evne til å bidra til drivhuseffekten som et utslipp av CO₂[53].

I henhold til NS 3031:2007 beregnes årlig CO₂-utslipp fra bygninger ved å multiplisere årlig levert energi for energivarer med sine respektive CO₂-faktorer[5]. Standarden henviser til den NS-EN 15603:2008 for veiledende CO₂-faktorer[54]. Tabell 4.1 viser utslippsmengder for et utvalg primærenergivarer, og det fremkommer av tabellen at biobrensel har svært lite utslipp av CO₂ sammenlignet med gass og olje. Gass og olje har relativt høyt utslipp av CO₂, mens elektrisitet fra kullkraft har de høyeste CO₂-utslippet.

For fjernvarme vil klimabelastningen være avhengig av energivaren som benyttes i de enkelte fjernvarmeanlegg. I henhold til rapporten *Energimerking av næringsbygg*[55] er det kommet frem at CO₂-faktoren for samlet energiproduksjon fra alle fjernvarmeanlegg i Norge bør settes til 163 g/kWh for innfyrt energi. Denne verdien inkluderer imidlertid ikke tap i produksjon og distribusjon. Ved å forutsette kondenserende olje- og gasskjeler med fyrteknisk virkningsgrad lik 100 %, samt gjennomsnittlig varmetap fra fjernvarmerør på 8 % kan CO₂-utslippet regnes om til $163 * 1.08 = 176$ g/kWh. Denne verdien er muligens fortsatt for lav på grunn av forutsetningene gjort over. CO₂-faktoren for elektrisitet fra vindkraft er hentet fra en rapport basert på ulike LCA-analyser gjort av NTNU og SINTEF[56].

Tabell 4.1 Utslippsmengder for ulike primærenergivarer. [54, 56, 57]

	Olje	Gass	Bio	Fjernvarme	El fra kullkraft	El fra vannkraft	El fra vindkraft	El fra UCPTE ⁶
CO ₂ [g/kWh]	330	277	20	176	1340	7	50	617

Klimabelastningen for de ulike former for varmforsyning gjenspeiles blant annet av energivarens primærenergifaktor. I standarden NS EN 15603:2008[54] er det i et såkalt "informativt vedlegg" gitt forslag til primærenergifaktorer med tilhørende CO₂-koeffisienter for en rekke energivarer. Tabell 4.2 gjengir et utvalg av primærenergifaktorer, og ved å multiplisere faktoren for den anvendte energivaren med

⁶ UCPTE er en union for koordinering av produksjon og transport av elektrisk kraft i EU.

levert energi til bygget, vil resultatet bli bygningens primærenergiforbruk. Lave primærenergifaktorer tilsier god utnyttelse av primærenergien og i utgangspunktet også lave CO₂-utslipp, mens høye faktorer uttrykker det motsatte[29].

Primærenergifaktoren er utarbeidet med utgangspunkt i energivarens totale ”virkningsgrad”. Med dette menes at tap i utvinning, prosessering, omdanning, distribusjon etc. er lagt som grunnlag ved fastsettelse[5]. Faktoren består av en total del og en ikke-fornybar del. Den totale verdien angir klimabelastningen fra energivaren, mens den ikke-fornybare delen angir hvor stor del som ikke kan gjenvinnes. Faktorene er basert på et livssyklusperspektiv, som tar hensyn til bygging, vedlikehold og tilslutt fjerning. Derfor vil ingen av energivarene være 100 % fornybar.

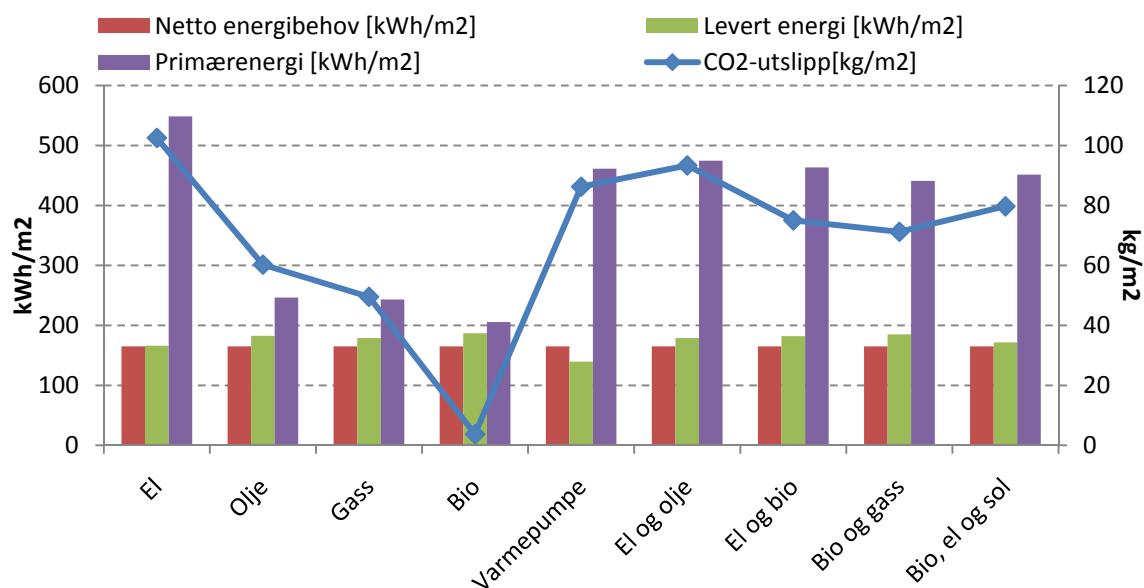
Tabell 4.2 Veiledende primærenergifaktorer for ulike energivarer. [54]

	<i>Primærenergifaktorer</i>	
	Ikke fornybar	Total
Olje	1,35	1,35
Gass	1,36	1,36
Brunkull	1,4	1,4
Biobrensel	0,1	1,1
El fra vannkraftverk	0,5	1,5
El fra kullkraftverk	4,05	4,05
El miks UCPTE	3,14	3,31

4.4 Forbruk av primærenergi

Figur 4.1 viser beregnet levert energi, primærenergiforbruk og CO₂-utslipp for en kontorbygning. Beregningene er basert på energigrammer fra TEK 07[19], virkningsgrader fra NS 3031:2007[5] og primær- og CO₂-faktorer fra NS-EN 15603:2008[54]. For en detaljert oversikt over beregningene henvises det til vedlegg B.

Figuren viser at samtlige oppvarmingssystemer som har elektrisitet involvert vil få et høyt forbruk av primærenergi og et høyt CO₂-utslipp. I beregningen er det forutsatt en kontorbygning med vannbårent varmeanlegg, og figuren viser konsekvensen for ulike former for varmforsyning. For elektrisitet er det benyttet primærenergifaktor for el fra UCPTE.



Figur 4.1 Primærenergi og CO₂-utslipp for en kontorbygning med ulike former for varmforsyning. [5, 19, 54]

4.5 Aktuelle former for varmforsyning

Det finnes en rekke ulike former for varmforsyning for bygninger. Den mest utbredte, uansett bygningskategori er imidlertid elektrisitet. Tall fra SSB viser at 69 % av husholdninger og næringsbygg i 2001 hadde elektrisitet som sin hovedoppvarmingskilde[58]. Innenfor hver form for varmforsyning finnes det ulike systemer for oppvarming, med hver sin virkningsgrad, se tabell 3.1 på side 26.

Varmebehovet for en bygning kan deles opp i tre deler, romoppvarming, vannoppvarming og oppvarming av ventilasjonsluft. Det vil som nevnt tidligere kun fokuseres på næringsbygninger/kontorbygninger, da bruken av andre varmforsyninger enn elektrisitet er mer utbredt i denne sektoren. De mest aktuelle former for varmforsyning i denne bygningskategorien er[6]:

- Elektrisitet
- Bio/pellets
- Fjernvarme
- Olje/parafin
- Gass
- Annet

Kategorien *annet* omhandler fornybare energivarer som brukes til oppvarming av rom ved hjelp av passiv og aktiv soltilskudd, foroppvarming av varmt tappevann ved hjelp av solfangere osv. Dette er former for varmforsyninger som sjelden dekker bygningens varmebehov alene, og fungerer i de fleste tilfeller som et ekstra tilskudd til en annen, mer pålitelig varmforsyning[27].

Kategorien *elektrisitet* omhandler elektriske ovner, ulike typer varmpumper og elektrokjeler som varmer opp vann som distribueres i vannbårne systemer.

4.5.1 Elektrisitet

I Norge diskuteres det hvorvidt endringer i forbruket av elektrisitet skal regnes som fossilbasert, vannkraftbasert eller som en del av en europeisk blanding[59]. Tabell 4.2 viser at forskjellen mellom primærenergifaktorene for de respektive energivarene er betydelige, og sett i sammenheng med implementering av den kommende energimerkeordningen vil utfallet av diskusjonen få store konsekvenser ved bedømmelsen av en bygnings energiytelse.

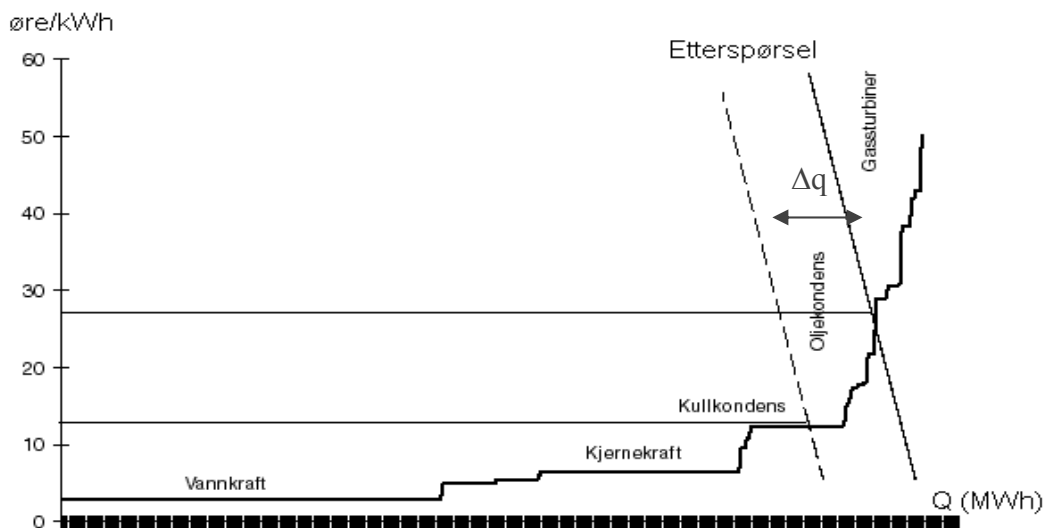
Hvilke elproduserende anlegg som til enhver tid er i drift i Norden bestemmes av flere faktorer. Kravet om å opprettholde frekvensen i overføringsnettet kan i mange tilfeller være avgjørende[60], men ofte er det kraftverkets grensekostnader som er avgjørende[39].

Grensekostnadene består hovedsakelig av brenselkostnader og CO₂-kvotepris, og ved å sortere ulike typer kraftproduksjon i stigende rekkefølge etter grensekostnad fås følgende oversikt[39, 60]:

- Vindkraft
- Vannkraft
- Kjernekraft
- Varmekraft (fjernvarme)
- Kullkondens
- Oljekondens
- Gasskondens

Vind- og vannkraft har tilnærmet null i grensekostnad[61], og vil derfor utnyttes maksimalt. Kjernekraft har noe høyere grensekostnader, men start- stopp- og reguleringskostnadene er høyere slik at disse kraftverkene ofte går som grunnlast[39]. En tommelfingerregel er at jo lavere grensekostnad kraftverket har, jo mer er det i drift[62].

Dersom oversikten over settes inn i en tilbud/etterspørselskurve, som vist i figur 4.1, kommer det frem hvilken betydning en endring i kraftforbruket vil ha. Δq illustrerer endringen av kraftforbruket.



Figur 4.2 Marginal endring i etterspørselen endrer produksjon i gass-, olje- og kullkraft.[39, 61]

Figur 4.2 viser at ved å endre etterspørselen vil det i prinsippet si at et kraftverk basert på fossilt brensel skrur av eller på.

For å opprettholde frekvensen i overføringsnettets må mengden brensel til turbinen økes[62]. Generatorene som produserer elektrisitet er konstruert og reguleres slik at de søker å holde en gitt frekvens[62]. Norge er i et område som har en frekvens på 50 Hz, men de ulike generatorene tilkoblet turbinene har ikke felles regulering av frekvensen da generatorer ofte har ulik størrelse og rotasjonshastighet[62]. Dette vil si at turbinene krever ulik pådrag, altså ulik mengde av energivaren for at generatorene skal levere lik frekvens. Frekvensen i systemet er stabil så lenge det er ballanse mellom produksjon og last inklusive tap i systemet. Dersom lasten i nettet øker, vil frekvensen synke, og for å drive frekvensen tilbake til sin normale verdi økes andelen brensel til turbinen[62].

4.5.2 Biobrensel

Med biobrensel menes avfall og rest fra treproduksjon som benyttes som brensel i biokjeler. Eksempler her er flis, pellets, briketter osv. Biobrensel kan anvendes i lokale kaminer/ovner/kjeler i husholdninger og mindre boligblokker, eller som brensel i et sentralt biobrenselanlegg som distribuerer vannbåren varme til abonnenter[63]. Det siste er nærmere omhandlet i kapittel 4.5.3.

Avhengig av størrelse på bygningen og biokjelen kan bygningens rom- og vannoppvarmingsbehov helt eller delvis dekkes. I større bygninger vil det være aktuelt med en helautomatisk biokjel som distribuerer varme via vannbåren varmeanlegg.

4.5.3 Fjernvarme

Med fjernvarme menes her all produksjon og distribusjon av oppvarmet vann som leveres til bygningen og som kan dekke bygningens oppvarmingsbehov helt eller delvis. Vannet varmes ved hjelp av ulike energivarer, og distribueres i rør i distribusjonsnett hvor abonnenter er tilkoblet. Abonnentene er bygninger hvor det varme vannet sirkulerer i vannbåren varmesystemer. Sammenlignet med våre naboland har fjernvarme i dag liten

utbredelse, og på grunn av at Norge har hatt tilgang på rimelig elektrisk kraft har bruken og utviklingen av fjernvarme som varmforsyning fått relativt lite oppmerksomhet[23]. De senere år har derimot myndighetene ved flere anledninger varslet at bruken av fjernvarme skal økes og vilkårene for utbygging skal styrkes[17-19].

Produksjon av fjernvarme har ulik miljøpåvirkning avhengig av hvilket brensel som brukes, og avhengig av løsning og sammensetning av råstoff gir dette en miljøbelastning lokalt ved forbrenning. Transport av råstoff vil gi en viss miljøbelastning, men denne er relativ liten sett i forhold til den leverte varmeenergien som erstatter bruken av elektrisitet.[64]. I Norge er omtrent halvparten av varmeproduksjonen i fjernvarmeanleggene basert på avfall, men også biobrensel, fossilt brensel og spillvarme er i bruk[65]. Dersom fossilt brensel anvendes i produksjon av fjernvarme vil miljøbelastningen være større enn for ikke-fossilt brensel. Det foreligger også ulemper ved bruk av ikke-fossil brensel. Bruk av for eksempel biobrensel vil ha høyere utslipp av støvpartikler i forhold til olje og gass, men utslippsmengden vil naturligvis være avhengig av type biobrensel, og anlegges forbrenningsteknologi[66].

De miljøkonsekvenser som forårsakes av etablering og drift av fjernvarme er avhengig av hvilket varmeproduksjonssystem som benyttes, men generelt foreligger det både positive og negative miljøkonsekvenser ved et fjernvarmesystem[23, 27, 67, 68].

Positive miljøkonsekvenser:

- Et fjernvarmenett kan avvikle utdaterte oljefyringsanlegg med lav virkningsgrad, samt gamle nedgravde oljetanker, og dermed avvikle fare for forurensing i grunnen.
- Fjernvarme gir mer effektiv utnyttelse av energiressurser ved for eksempel bruk av avfall som brenselkilde. Dette fører til redusert mengde avfall til deponi og redusert mengde sortert avfall som skal transporteres over større avstander for materialgjenvinning.
- Bruk av biobrensel kan erstatte forbruk av fossilt brensel og følgelig redusere utslippet av CO₂.

Negative miljøkonsekvenser:

- Alle former for forbrenning medfører utslipp til atmosfæren i varierende grad.
- Forbrenning av avfall med varierende sammensetning vil få en forbrenningsrest som må behandles som spesialavfall.
- Transport av brensel av type fast form vil få en del lokal trafikkbelastning med tungtrafikk, som vil føre til utslipp.
- En varmesentral basert på forbrenning krever en skorstein som vil ha synlige utslipp. Dette gir en negativ effekt i samfunnet. Spesielt på kalde dager vil skorsteinen ha synlige utslipp av damp.

Norge har gjennom internasjonale avtaler forpliktet seg til betydelige reduksjoner i de nasjonale CO₂-utslippene, og gjennom en massiv satsing på fjernvarme basert på ikke-fossilt brensel og fornybare energiresurser kan deler av dette oppnås[69]. Det er stor politisk vilje, og enighet om å satse på fornybare energiresurser, men det er imidlertid ikke samme politiske enighet om hvilke virkemidler som skal tas i bruk for å stimulere til en slik utvikling.[70]

I våre naboland er fjernvarme omtrent den største energivaren for oppvarming, mens i Norge betegnet som den minste[7]. Sett fra en annen vinkel, fjernvarme er det mest fleksible oppvarmingssystemet med hensyn til valg av energivare – elektrisk oppvarming er den minst fleksible. Den beskjedne etableringen av fjernvarmeanlegg i Norge har vært preget av lav lønnsomhet og usikkerhet, og i likhet med annen energiproduksjon utgjør avgiftspolitikken og markedsregulerende tiltak en stor del av fjernvarmens rammebetingelser[71]. Økonomisk støtte fra myndighetene har derfor vært ansett som nødvendig ved etablering av fjernvarmeanlegg.

4.5.4 Olje

Med olje menes her alle former for oljebaserte oppvarmingskilder. Bruken av olje til oppvarming har redusert vesentlig i den senere tid, se figur 2.7. Denne nedgangen er en direkte konsekvens av de to oljekrisene som rammet i henholdsvis 1973 og '79. Ved oljekrisen i 1973 holdt prisen på olje seg høyt i flere år, og olje brukt til oppvarming ble derfor kraftig redusert. De lave oljeprisene i siste halvdel av 1980-tallet ga en viss økning i oljeforbruket, men ikke opp til tidligere nivåer[72].

I større bygg var det tidligere svært vanlig å ha oljekjeler i kombinasjon med elkjeler som varmet vann til radiatorkretser[38]. Eldre oljekjeler karakteriseres ofte med lav virkningsgrad og krever ofte mer vedlikehold slik at flere har den senere tid valgt å kun benytte seg av elektrokjelen[27].

For husholdninger er olje benyttet som en punktoppvarmingskilde i form av oljekaminer. Disse karakteriseres ofte som mindre regulerbare, men er enkel i bruk. Eldre boliger har ofte en nedgravd oljetank installert i tilknytning til vannbåren varmesystem, men denne løsningen er lite brukt i dag.[64] Avhengig av løsning og sammensetning av råstoff gir bruken av olje til oppvarming en miljøbelastning lokalt ved forbrenning.[27]

4.5.5 Gass

Gasskraftverk produserer elektrisitet ved at en gassblanding antennes i en gassturbin som igjen genererer elektrisitet. På grunn av at denne forbrenningsprosessen medfører utslipp av klimagasser, har slike kraftverk møtt stor motstand i Norge.

Direkte gassdistribusjon til bygningsoppvarming finnes kun enkelte steder i Norge. I slike tilfeller varmes bygningen som oftest opp ved hjelp av et tradisjonelt sentralvarmesystem som varmer opp vann til radiatorkretser. Gass kan også betraktes

som en alternativ energivare i en fjernvarmesentral, da utskiftning av energivare ofte er relativt enkelt.[23]

For bygninger som har nedgravd gasstank og gassfyrte kjeler fungerer oppvarmingssystemet på samme måte som oljefyrte kjeler, foruten at gassystemet krever et mer komplisert distribusjons- og reguleringsystem på grunn av sikkerhet[73]. Gassekjelen er koblet til et vannbårent varmesystem som distribuerer varmt vann til rom- og vannoppvarmingsformål[73]. Det stilles ikke krav til minimumstemperatur på røykgassen for anlegg med kondenserende gasskjel. Dermed vil skorsteinsløsningen bli enklere enn for et oljefyrt kjelsystem, og krever for øvrig mindre vedlikehold. For boligformål vil gass- og oljefyrte kjelanlegg ha relativt like investeringskostnader[73].

Norges første gasskraftverk ble satt i kommersiell drift på Kårstø i desember 2007[74]. Siden oppstart har gasskraftverket neste ikke vært i drift. Til dels på grunn av prisnivået på elektrisitet, og til dels på grunn av mengdene CO₂ som slippes ut daglig ved normal drift. Kraftverket har installert renseanlegg for NO_x og er klargjort for senere montasje av renseanlegg for CO₂[75]. Det er forventet at et fullverdig renseanlegg vil være på plass innen 2012[75]. Inntil da vil produksjonen av elektrisitet ved gasskraftverket på Kårstø med dagens elpriser sannsynligvis være minimal, da dette forblir ulønnsomt[75].

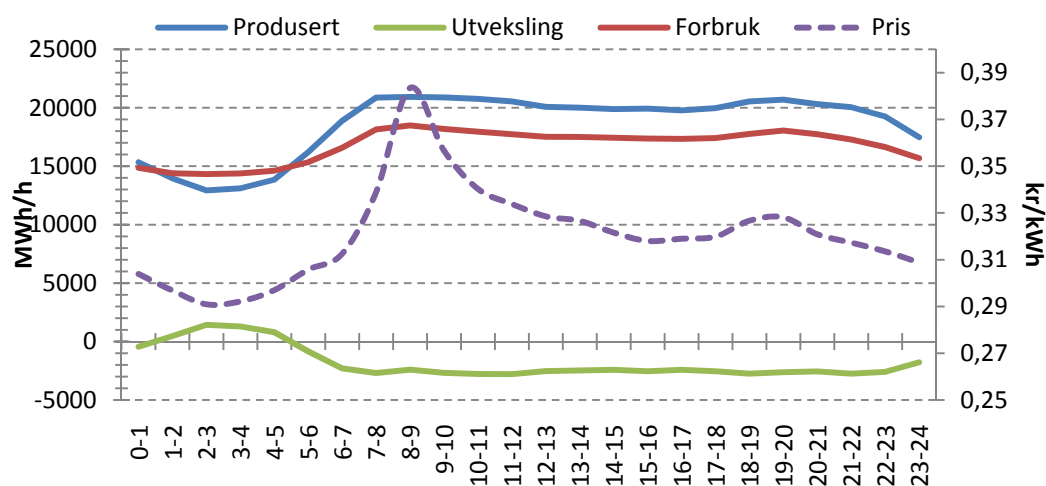
4.6 Drøfting

Bygningers CO₂-utslipp er avhengig av valg av oppvarmingsløsning. Ved betraktning av utslipp fra bygninger er det viktig å skille mellom *direkte* og *indirekte* utslipp, eller klimaeffekt. *Direkte* utslipp omhandler klimagassutslippet fra selve oppvarmingskilden i bygningen, ettersom forbrenning av olje, gass etc. i en kjel vil gi et punktutslipp fra bygningen. Med *indirekte* utslipp menes utslippet fra produksjonen og distribusjon av varmekilden. Tabell 4.1 på side 32 viser den indirekte effekten av produksjon av ulike energivarer.

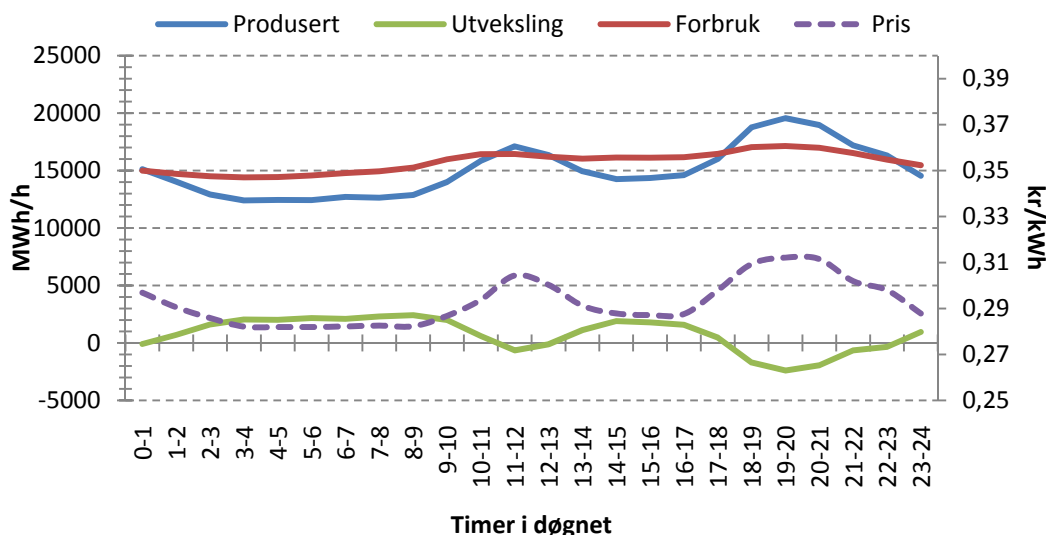
Den kommende energimerkeordningen for bygninger i Norge krever at energivarer vektet etter hvilket klimagassutslipp de forårsaker. En vektning av elektrisitetsforbruket i Norge bør signalisere at et endret elektrisitetsforbruk vil gi betydelige virkninger med tanke på klimagassutslipp. Dersom bruken av elektrisitet vektet på bakgrunn av en primær- eller marginalbetraktning vil dette utvilsomt få negative innvirkninger på bedømmelse av bygningers energiytelse og klimabelastning.

4.6.1 Vekting av Norges elektrisitetsforbruk.

Figur 4.3 og 4.4 viser en oversikt over produksjon, forbruk og utveksling av elektrisk kraft for to dager i mars 2009, søndag 08. mars og tirsdag 10. mars. Tallene brukt i figurene er hentet fra Nord Pool sine nettsider, og er ment å representere en gjennomsnittlig ukedag, og en gjennomsnittlig helgedag. Vedrørende utveksling illustrerer positivt verdi import, og negativ verdi eksport. Prisen for el-spot for Oslo er omregnet fra euro til norske kroner med valutakurser fra de oppgitte datoene, og er eksklusiv avgifter.



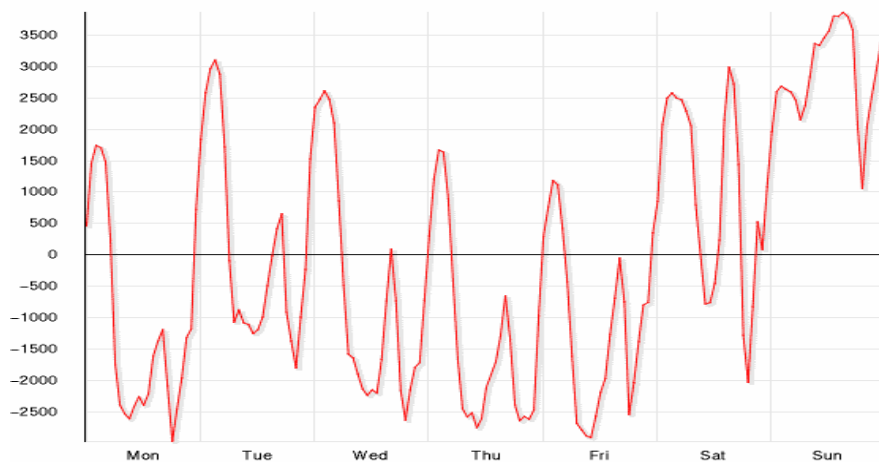
Figur 4.3 Norges produksjon, utveksling og forbruk av el-kraft for tirsdag 10.03.09.[76]



Figur 4.4 Norges produksjon, utveksling og forbruk av el-kraft for søndag 08.03.09.[76]

Hensikten med figurene er å illustrere og forklare hvordan det norske kraftmarkedet opererer. Det norske vannkraftsystemet er svært fleksibelt, og kan enkelt reguleres etter endringen i behovet og etterspørselen[62]. Figur 4.3 viser at etterspørselen av elektrisk kraft endrer seg omtrent fra time til time i løpet av et døgn, og dermed som en direkte konsekvens også prisen. Når prisen øker vil også produksjonen av elektrisitet fra vannkraft økes, slik at kraftverkene tjener mest mulig på salg av dyrere kraft til våre naboland. Dette vises ved at andelen eksport i omtalt tidsrom øker. Om natten, når forbruket og prisen er lav er også produksjonen fra vannkraft lav. Kraftverkene "sparer" da vannet i magasinene, og importerer heller billig kraft fra våre naboland[77]. Som omtalt i kapittel 4.5.1 er dette som regel kraft som produseres fra kraftverk basert på fossilt brensel[60]. I helgene er tendensen en annen. Forbruket og etterspørselen er lavere, og dermed også prisen. Kraftselskapene veksler mellom å importere og eksportere avhengig av hvilken løsning som er mest lønnsom[77]. Figur 4.5 viser en slags blanding

av effekt- og energiutveksling for Norge over en uke, og andelen import/eksport kommer klart frem. En ser at for ukedagene er utvekslingstendensen tilsvarende lik, men med fallende grad av import. Derimot mot helgen, når prisen går ned økes graden av import, og vannet i magasinene kan ”spares” til ny ukedag.



Figur 4.5 Import (+) og eksport (-) av elektrisitet (MWh/h) for Norge i uke 12, 2009.[76]

Enkelte vannkraftverk utnytter til og med den billige kraften om natten til å importere kraft til å pumpe vann tilbake, opp i kraftmagasinene. Deretter slippes vannet gjennom turbinene igjen om dagen når strømprisene er høyere[77]. Dette kan betraktes som unødvendig bruk av kraft og er med på å bevise at kraftselskapene er mer opptatt av å tjene penger enn å forsøke å begrense klimagassutslippet.

Selve produksjonen av elektrisitet fra vannkraftverk har i følge standarden NS-EN 15603:2008[54] et utslipp på 7 gram CO₂ pr. kWh, og ser en på primærenergifaktoren i tabell 4.2 kommer det frem av ikke-fornybar-andelen at etablering, vedlikehold, og tilslutt fjerning av vannkraftverk også har relativt små utslipp. Med i denne andelen er også tap i distribusjonsnettet, som for Norge er estimert til 8 - 10 %[78].

Varedeklarasjonen for fysisk energiforbruk i Norge for 2008[79] viser at 96 % kommer fra vannkraft, mens knappe 3 % er import. På grunn av at strømmen flyter fritt mellom de nordiske landene, kan ikke kun vannkraftbasert elektrisitet legges til grunn ved bedømmelse av elektrisitet. For eksempel er det i Nord-Norge større produksjon av kraft enn forbruk[77]. Overføringskablene mellom Nordland og Nord-Trøndelag betraktes som en flaskehals, og overskuddet eksporteres derfor fra Nord-Norge til Sverige, og importeres tilsvarende i Sør-Norge[80].

Fra en artikkel utarbeidet av energi- og markedsavdelingen i NVE[39] diskuteres det om lavere kraftforbruk i Norge vil gi lavere CO₂-utslipp fra europeisk kraftproduksjon. Artikkelen tar utgangspunkt i en marginalbetraktning og viser reduksjon av CO₂-utslipp ut i fra to scenarioer, henholdsvis 1 TWh og 10 TWh reduksjon av elektrisitetsforbruk. Artikkelen konkluderer med at dersom det forutsettes gass som marginal energivare vil 1 TWh reduksjon føre til 340 g/kWh CO₂-utslippsreduksjon. Dersom kull benyttes som

marginal energivare vil det føre til reduksjon av utslipp på 850 g/kWh. For alternativet med 10 TWh reduksjon er verdiene 290 g/kWh for gass som marginal energivare, og 720 g/kWh for kull[39].

Artikkelen konkluderer med at 600 gram CO₂/kWh er en rimelig størrelse på utslippsreduksjon som blir realisert dersom norsk elektrisitetsforbruk reduseres. Dette tallet stemmer godt overens med blant annet SINTEF og NTNUs forslag til CO₂-faktor for elektrisitet i Norge som er satt til 360 g/kWh for elektrisitet fra gass, og 850 g/kWh for elektrisitet fra kull.[56]

Dersom det blir avgjort at elektrisitet i Norge skal vektes ut i fra en marginalbetraktning, vil dette føre til at norske bygninger får vanskeligheter med å oppnå en god ”total” energiytelseskarakterer i den kommende energimerkeordningen. Uansett hvor lite energi bygningen bruker, vil den likevel få en høy klimabelastning på oppvarmingsmerket, dersom elektrisitet er energivaren.

På grunn av den frie flyten av kraft, ikke bare innad i Norden, men også mellom Norden og andre europeiske land, vil det dermed være mest riktig å vekte forbruk og eventuell reduksjon av elektrisitet i Norge ut i fra en marginalbetraktning, eller minimum på bakgrunn av en blanding av elektrisitet fra nordiske eller europeiske kraftverk med tilhørende nivå for primærenergi- og CO₂-faktor.

4.6.2 Bygningers klimabelastning.

Dersom CO₂-utslippet fra bygninger skal reduseres er det nødvendig å fokusere på det totale energiforbruket. Velstandsvekst og endringen i bruksmønster og adferd har ført til at en omlegging til alternativ varmforsyning alene ikke er tilstrekkelig for å redusere CO₂-utslippet. Figur 2.1 på side 9 viser at energiforbruket til oppvarmingsformål har minket fra 1990 til 2001, mens energiforbruk til teknisk utstyr har økt.

En studie gjort av NVE om formålsfordeling av energi- og elektrisitetsforbruk i husholdningssektoren konkluderer med at omtrent 70 % av gjennomsnittlig andel energi går med til oppvarming. I henhold til TEK 07[19] vil omtrent 65 % av husholdningers energibehov gå med til oppvarmingsformål dersom en tar med energibehovet til vannoppvarming. De resterende 35 % er belysning og teknisk utstyr som er avhengig av elektrisitet[20]. Dersom oppvarmingsbehovet i fremtiden reduseres kan en grovt estimert si at 50 % av bygningens energiforbruk vil være avhengig av elektrisitet, med tilhørende klimagassutslipp som det vil gi. For bygninger knyttet til tjenesteytende sektor vil omtrent 35 % av energibehovet gå med til oppvarming, mens den resterende andelen går med til belysning og annen teknisk utstyr. I henhold til Kyotoavtalen[69] skal medlemslandene samarbeide for å løse verdens klimagassutslipp, og i den sammenheng bør Norge redusere forbruket av ”komfortavhengig” elektrisitet framfor å satse på en stadig utbygging av kraft. Sett i et globalt perspektiv bidrar Norge med kun to promille av verdens klimagassutslipp, mens vi er blant de største i verden med tanke på utslipp pr. innbygger[81].

Et økt fokus på redusert CO₂-utslipp og primærenergiforbruk vil favorisere energiforsyninger med lav primær- eller vektingsfaktor[80]. Tabell 4.1 viser at biobrensel vil foreløpig favoriseres som energiforsyning da denne har minst primærenergifaktor. Figur 4.1 viser at primærenergiforbruket og spesielt CO₂-utslippet for biobrensel vil være lavere enn andre former for varmforsyning. Figuren er basert på veiledende verdier for EU, men biobrensel vil uansett komme bedre ut enn olje, gass eller elektrisitet.

4.6.3 Primærenergifaktorer vs. energipolitiske vektingsfaktorer

Forskjellen mellom primærenergifaktorer (PEF) og energipolitiske vektingsfaktorer (PVF) er at PEF tar utgangspunkt i en livsløpsanalyse basert på klimagassutslipp, mens PVF er en politisk betraktning[29]. PVF fastsettes av myndighetene, etter eget ønske og utbytte. PEF fokuserer kun på forurensning og klimagassutslippet for den tilhørende energivaren fra den hentes ut fra naturen, til den leveres der den skal brukes[5], mens PVF tar med en samfunnsøkonomisk betraktning.

Begge metodene tar utgangspunkt i årlig levert energi[5], som defineres i henhold til NS 3031:2007 som:

«Summen av energi, uttrykt pr. energivare, levert over bygningens systemgrenser for å dekke bygningens samlede energibehov inkludert systemtap som ikke kan gjenvinnes»[5]

Energipolitisk vektet levert energi beregnes, i henhold til nevnt standard, ved å multiplisere årlig levert energi for energivaren med PVF for energivaren[5]. I henhold til innføringen av energimerkeordningen vil energimerket bli basert på årlig levert energi, mens de energipolitiske vektingsfaktorene mest sannsynlig vil bli gjeldende for oppvarmingsmerket[29]. Faktorene er pr. juni 2009 ikke fastsatt, men er ventet å gi elektrisitet og andre fossile brensler høy verdi, og fornybare energivarer lavere verdi[29]. Dette vil være nødvendig dersom målet om omlegging av energiforbruk i bygninger skal nås frem.

Det er usikkert om en politisk valgt vektingsfaktor vil være ekvivalent med en faktor basert på en primærenergibetraktning. På grunn av at en politisk vektingsfaktor blir valgt av myndighetene vil faren for at samfunnsøkonomiske gevinster veier større enn klimagasskonsekvenser være tilstede. Dersom en slik situasjon oppstår vil det undergrave energimerkeordningen hensikt, og minimalisere dens virkning.

5 VANNBÅREN VARME

5.1 Innledning

Bruken av vannbåren varme er i dagens bygninger mer og mer utbredt. Statistikk fra SSB[6] viser at omtrent halvparten av alle nye eneboliger ferdigstilt i tredje kvartal 2008 var utstyrt med vannbåren varme, se figur 5.1. Vannbåren varme velges i hovedgrad på grunn av den økte energifleksibiliteten dette medfører[82], og i henhold til byggforskseriens byggdetaljblad nr 552.122 - *Vannbåret lavtemperatur golvvarmeanlegg med stor energifleksibilitet*[83] oppnås energifleksibilitet i bygninger ved å:

- velge mellom forskjellige energivarer
- sørge for mulighet til en viss energilagring i bygningen
- installere varmeanlegg som kan utnytte lave vanntemperaturer (≤ 30 °C).

I tillegg til økt energifleksibilitet gir vannbåren varme ofte bedre varmekomfort og sunnere inn klima, da den lave overflatetemperaturen bidrar til mindre støvproblemer, ved at pyrolyseprosessen⁷ nærmest forsvinner[83].

Fra regjeringens klimaforlik kommer det frem at regjeringen vil innføre krav om fleksible energisystemer i alle nye offentlige bygg med areal over 500 m²[18]. Dette gjelder også ved hovedombygging av offentlige bygg. Fra Soria Moria-erklæringen påpekes det at:

«Den vesentligste barrieren for økt bruk av vannbåren varme, er mangel på infrastruktur for distribusjon av annet en el-varme i og utenfor bygg. Det er derfor av vesentlig betydning å få etablert fjernvarmeledninger og vannbårne varmesystemer i bygg»[17]

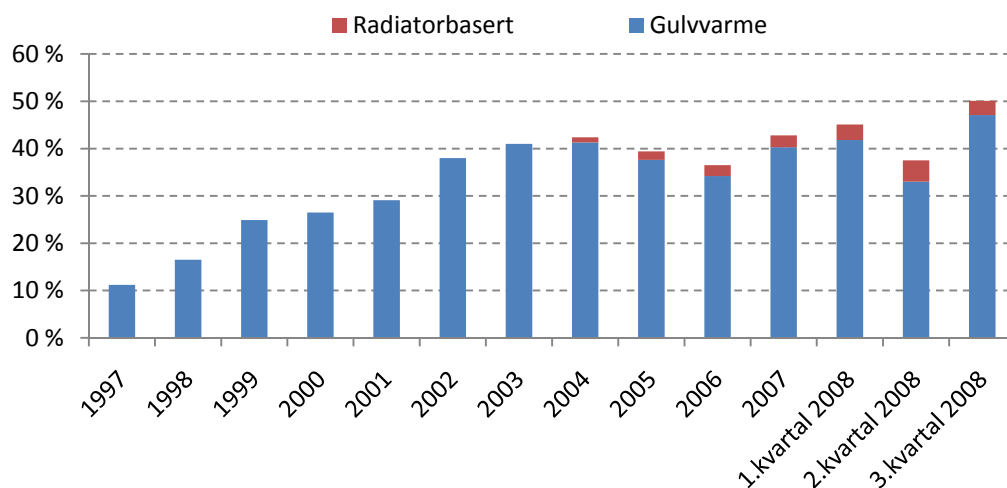
Det er et ønske fra norske myndigheter om å frigjøre elektrisitet brukt til oppvarming, og på bakgrunn av dette er det sannsynlig å anta at bruken av vannbåren varme i bygninger vil øke.

⁷ Pyrolyse: Svidd støv satt i bevegelse av elektriske panelovner. Er med på å forverre luftkvaliteten.

5.2 Systemer

De mest aktuelle systemene innenfor vannbåren varme for boliger er gulvvarme og radiatorer[6]. Enten hver for seg, eller i kombinasjon. I tillegg finnes det systemer som forvarmer bruksvann og som varmer opp luft i ventilasjonsanlegg ved hjelp av vannbåre varmebatterier. I den senere tid har det i kontorbygg og tjenesteytende sektor blitt mer og mer aktuelt med tak- og veggvarmesystemer, eller såkalte viftekonvektorer, som har samme prinsipielle funksjon som en elektrisk vifteovn[73]. Slike løsninger er relativt lite utbredt som varmeanlegg for husholdningssektoren og vil derfor bli utelatt.

Figur 5.1 fremstiller statistikk fra SSB[6] som viser en økende trend i bruk av vannbåren gulvvarme og radiatorbasert oppvarming. At bruken av radiatorer har økt kan sees i sammenheng med radiatorens tekniske, og ikke minst utseendemessige utvikling den senere tid[84].



Figur 5.1 Andelen av nye boliger med vannbåren varme installert. [6]

5.3 Egenskaper

Begge systemene beskrevet over inkluderer oppvarming av varmt tappevann. Dersom bygningen tilknyttes en fjernvarmeleverandør vil vanligvis egen varmeveksler for beredning av tappevann levert av leverandøren som en del av kundesentralen[7].

De karakteristiske egenskapene til de ulike systemene er avhengig av systemets utforming og størrelse. Felles for vannbåre varmesystemer er energifleksibilitet, lav overflatetemperatur, økt komfort osv. Med vannbåre varmesystemer har forbrukeren mulighet til å ta i bruk tilgjengelige energivarer etter eget ønske[83]. De mest aktuelle energivarene er nærmere beskrevet i kapittel 0.

Ved dimensjonering av et vannbårent varmesystem må bygningens effektbehov til oppvarming beregnes. Effektbehovet beregnes på bakgrunn av dimensjonerende utetemperatur, noe som kan føre til at oppvarmingskilden er overdimensjonert for store deler av året. Dette vil redusere systemets virkningsgrad.

Både for nybygg og rehabilitering vil installering av gulvvarme generelt sett være noe dyrere enn radiatorkretser, men begge er forbundet med større kostnader sammenlignet med elektrisk oppvarming i form av panelovner[7].

5.3.1 Fordeler

Foruten fordelene med forbedret innemiljø og varmekomfort kan vannbåren varme bidra til reduksjon i energikostnader forbundet til oppvarming. Systemets fleksibilitet gjør at bruker relativt enkelt kan endre energivare. Dersom det allerede er installert elkjel eller oljekjel i bygningen, er det relativt enkelt å bytte til en varmepumpe, som kan bidra til reduserte oppvarmingskostnader[85].

Vannbårne varmesystemer er mer styrket mot en eventuell prisstigning blant de ulike energivarene. Ved å ha tilgang til flere energivarer samtidig kan brukeren veksle mellom disse etter hvert som prisen på energivaren endrer seg i fyringssesongen[27].

En av fordelene med gulvvarme er at hele gulvet fungerer som heteflate. Dermed får ”varmekilden” en slik størrelse at det kun er nødvendig med turtemperaturer på vannet på omtrent 30-35 °C for å få en temperatur på gulvoverflaten på ca. 22-23 °C[23]. Dette reduseres faren for overopphetning som kan oppstå under møbler og tepper i gulvvarmesystemer basert på elektrisitet[83].

5.3.2 Ulemper

Selv om vannbåren varme har mange fordeler foreligger det også ulemper. Dersom gulvet har stor termisk treghet, kan systemet være vanskelig å regulere nøyaktig, noe som kan føre til overopphetning og sløsing med energi[63]. I noen tilfeller kan vannbåren varme ha stort varmetap mot gulv på grunn noe som vil føre til sløsing med energi, og unødvendig høye utgifter.[63]

For største delen av året vil oppvarmingskilden i det vannbårne varmesystemet ha en overkapasitet, siden effektbehovet er dimensjonert for de kaldeste dagene i året[63].

Andre ulemper med vannbåren varme er at det ofte er knyttet høye kostnader til etablering av anlegget sammenlignet med varmeanlegg basert på elektrisitet i form av panelovner. I eksisterende byggmasse er det bygninger over en viss størrelse det kan være økonomisk interessant med vannbåren varme. Dersom bygningseier er villig til å betale ekstra for energifleksibilitet og komfort kan det også være aktuelt.

5.3.3 Energivarer

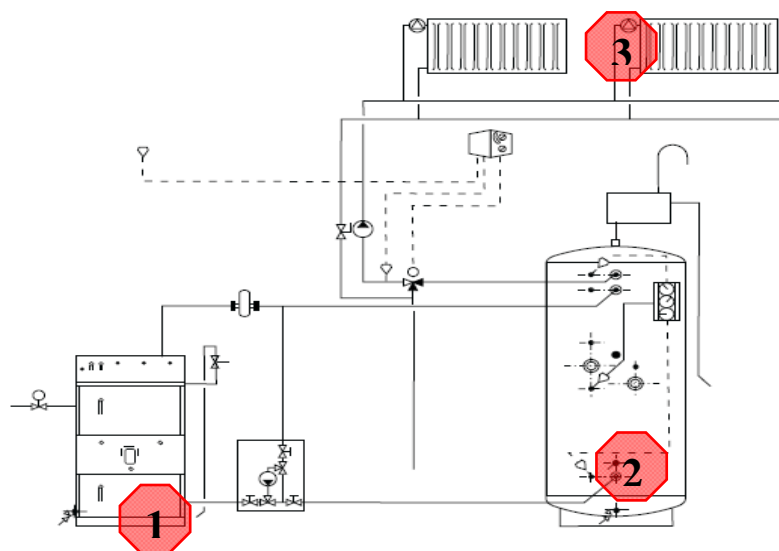
Selv om en står fritt til å velge den energivaren som er billigst, bør en også tenke på virkningsgraden til varmekjelen. Gamle kjeler har ofte dårligere virkningsgrad enn nyere kjeler[5], og krever mer brensel for samme varmemengde. Dermed kan det mange ganger være økonomisk fordelsaktig for brukeren for eksempel å anvende en elkjel istedenfor en oljekjel, selv om energiprisen tilsier noe annet.[23]

I den senere tid har varmepumper blitt mer aktuelt i tilknytning til vannbåren varmesystemer. Teknologiutviklingen den senere tid har ført til at prisene på varmepumper har sunket, og varmepumpenes effektfaktor⁸ har steget. Varmepumper basert på for eksempel grunnvarme er en god løsning dersom energiforbruket er i overkant av gjennomsnittlig forbruk for en husholdning⁹. Disse varmepumpene er forbundet med høyere investeringskostnader, men har ofte bedre driftsbetingelser og energisparepotensial.[85]

5.3.4 Vannbårent radiatorsystem

Figur 5.2 viser en prinsipiell skisse av et vannbårent varmeanlegg med pelletskjel som oppvarmingskilde og radiatorer som varmeavgiver. Et slikt varmeanlegg var svært vanlig i hus som ble bygd på 50-60 tallet, men da med oljekjel som oppvarmingskilde. Slike systemer kan fortsatt være i drift, men ofte med oljekjelen erstattet av en kjel basert på andre energivarer[7]. Utstyr som pumper, ventiler, ekspansjonskar og samlestokk er også vist i figuren, men dette vil ikke bli omtalt videre.

For bygninger med lavt varmebehov vil et radiatorsystem være best egnet for oppvarming da et fåtall radiatorer vil gi tilstrekkelig oppvarming, samt at faren for overoppvarming og sløsing med energi er minimal.[63]



Figur 5.2 Prinsipiell skisse av vannbåren varmeanlegg med radiatorer.[86]

Forklaring til figur

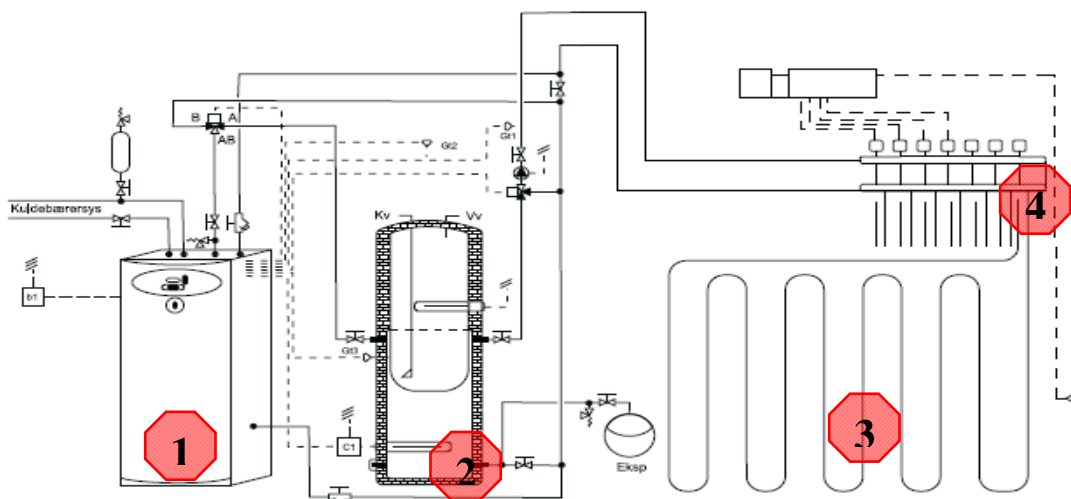
1: Pelletskjel/elkjel 2: Varmtvannstank 3: Radiatorer

⁸ Varmepumpens effektfaktor (eng: COP – Coefficient of Performance) beskriver forholdet mellom avgitt varmeeffekt og tilført elektrisk effekt.

⁹ I henhold til SSB viser beregnet konfidensintervall for energiforbruket at det totale gjennomsnittsforkbruket pr. husholdning i 2006 lå mellom 20 900 og 22 400 kWh med 95 % sannsynlighet.

5.3.5 Vannbåren gulvvarmesystem

Figur 5.3 viser en prinsipiell skisse av et varmeanlegg med varmepumpe som oppvarmingskilde og gulvvarme som varmeavgiver. Systemet er et svært vanlig varmesystem for en enebolig, og kan anvendes både ved rehabilitering og nybygg. Systemet har høy fleksibilitet på grunn av at vannberederen har elkolbe som kan benyttes om sommeren, når behovet for romoppvarming er lavt



Figur 5.3 Prinsipiell skisse av et vannbårent varmeanlegg med gulvvarme. [86]

Forklaring til figuren:

- | | |
|----------------------------|---------------------------|
| 1: Varmepumpe | 3: Vannbåren varme i gulv |
| 2: Vannbereder med elkolbe | 4: Samlestokk/fordeler |

5.4 Drøfting

Dagens priser på elektrisitet gjør det vanskelig for vannbåren varmesystemer å bli lønnsomt både i nye og eksisterende boligbygg. Det er først og fremst de høye investeringskostnadene ved installering av tradisjonell vannbåren varme som reduserer lønnsomheten i forhold til elektrisk oppvarming, og spesielt investeringene til varmesentralen.

For begge de nevnte systemene kan ulike oppvarmingskilder benyttes for å varme opp det sirkulerte vannet.

5.4.1 Privatøkonomiske konsekvenser

Valg av energivare og størrelse på det vannbårne varmesystemet vil påvirke det økonomiske aspektet ved etablering av et vannbårent varmesystem. Dette har også vært en tradisjonell innvending mot slike oppvarmingsløsninger. Tas det utgangspunkt i en enebolig, vil en typisk betraktning være at husholdningen bør ha et energiforbruk over gjennomsnittet for at investeringen skal bli lønnsomt, gjerne et årsforbruk i størrelsesorden 30-35 MWh[87]. Med et lavere årsforbruk kan inntjeningstiden bli lengre enn teknisk levetid for anlegget, slik at investeringen ikke kan betraktes som lønnsom.

Dersom det planlegges tidlig vil det ved nybygg være relativt enkle løsninger som påvirker det bygningsmessige rundt installasjon av vannbåren varmesystem[63].

Strømprisen i Norge har økt de siste årene, men ligger fremdeles lavt sammenlignet med flere andre land[88]. Prisen er blant annet avhengig av nedbørsmengde, er disse vanskelig å forutse. Et godt eksempel her er den drastiske økningen i strømprisen nevnt i kapittel 2.2.4. Investering i et vannbårent varmesystem må betraktes langsiktig. Det er derfor viktig at brukeren også har et blikk for eventuelle fremtidige varmebehov.

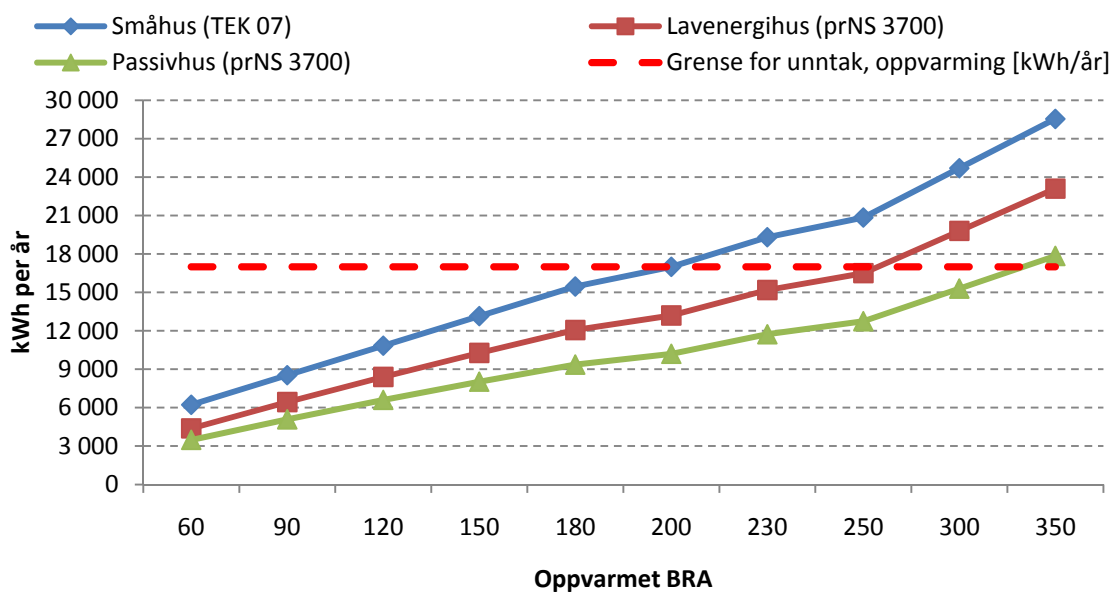
5.4.2 Endring i bygningens varmebehov

Dersom bygningens varmebehov reduseres, enten ved energibesparende tiltak, eller ved bruksendring, kan investeringens lønnsomhet påvirkes i retning av at det investerte varmeanleggets inntjeningstid økes slik at det har vanskeligheter for å bli lønnsomt[7]. Dersom det ikke etableres vannbårent varmesystem i samtlige rom vil investeringskostnadene reduseres noe, men sett fra et langsiktig perspektiv vil dette redusere varmesystemets fleksibilitet med tanke på fremtidig bruksendringer av rom.

En reduksjon av varmebehovet kan føre til at sirkulert vannmengde i anlegget reduseres. Dette kan føre til reguleringsproblemer eller luft i anlegget[89], og redusert ytelse av anlegget. Spesielt i sommermånedene, da det ofte er kun badergulvet i tillegg til varmtvannsberedning som er i drift, kan et slikt problem oppstå[89]. Et økende problem er at oppvarmingsbehovet i lavenergihus og passivhus er så lavt at en investering i vannbåren oppvarmingssystem vanskelig lar seg forsvare. I mange tilfeller vil kun elektrisitet i form av panelovner være økonomisk fordelaktig grunnet de lave investeringskostnadene og det beskjedne oppvarmingsbehovet[89].

Det er imidlertid viktig å påminne om forskjellen mellom teoretisk og faktisk energibehov nevnt i kapittel 3.4. Selv om beregnet varmebehov tilsier at det ikke vil bli lønnsomt å investere i et vannbårent varmesystem, vil det alltid eksistere avvik mellom teori og virkelighet. I lavenergibygninger er det i tillegg mindre rom for bygningsmessige feil, slik at energiforbruket til oppvarming vil garantert være større enn beregnet.

Figur 5.4 viser en sammenstilling av netto oppvarmingsbehov for en enebolig som funksjon av oppvarmet areal. Unntaksgrensen på 17 000 kWh pr. år, tidligere beskrevet i kapittel 2.6.2 er også markert i figuren. Sammenstillingen er bearbeidet av forfatter. Fra figuren ser en at dersom en gjennomsnittlig bolig i dag bygges med bedre energimessig yteevne enn kravene gitt i TEK 07, vil den ikke ha problemer med å komme under grensen for unntak. Statistikk fra SSB[9] viser at gjennomsnittlig enebolig oppført i 2008 var i størrelsesorden 190 m². Tas rekkehus og tomannsboliger med i beregningen vil gjennomsnittlig areal utgjøre 155 m².



Figur 5.4 Oppvarmet boareal for tre ulike bygningstyper som funksjon av teoretisk varmebehov.[20]

Verdiene for småhus er beregnet ut ifra § 8-21, tabell 1 gitt i VTEK[20]. Verdiene for lavenergi- og passivhus er regnet ut ifra formel gitt i den kommende standarden prNS 3700:2009 *Kriterier for lavenergi- og passivhus – Boligbygninger*[50]. Standarden ligger for tiden (juni 2009) ute til høring, men er ventet å tre i kraft i løpet av 2009-2010. Standarden skal ikke erstatte noen gjeldende standarder, men omfatter beregningskriterier og krav til energibehov som er langt strengere enn gjeldende krav gitt i TEK 07.

Tabell 5.1 viser metoden for beregning av krav til høyeste netto energibehov til oppvarming for henholdsvis lavenergi- og passivhus, hentet fra den nevnte standarden[50].

Tabell 5.1 Krav til høyeste netto energibehov til oppvarming for lavenergi- og passivhus. [50]

Lavenergihus	Høyeste netto energibehov til oppvarming [kWh/m ² *år]	
	$\theta_{ym} \geq 5 \text{ } ^\circ\text{C}$	$\theta_{ym} \leq 5 \text{ } ^\circ\text{C}$
$A_{fl} < 200 \text{ m}^2$	$30+5*\frac{(200-A_{fl})}{100}$	$30+5*\frac{(200-A_{fl})}{100}+5*(5-\theta_{ym})$
$A_{fl} \geq 200 \text{ m}^2$	30	$30+5*(5-\theta_{ym})$
Passivhus		
$A_{fl} < 200 \text{ m}^2$	$15+3*\frac{(200-A_{fl})}{100}$	$15+3*\frac{(200-A_{fl})}{100}+3*(5-\theta_{ym})$
$A_{fl} \geq 200 \text{ m}^2$	15	$15+3*(5-\theta_{ym})$

Forklaring til tabellene:

θ_{ym} = årsmiddeltemperatur

A_{fl} = oppvarmet BRA

Kravene til høyeste netto energibehov til oppvarming er avhengig av årsmiddeltemperatur, og kompenseres for dette dersom årsmiddeltemperaturen er under 5 °C. Som i TEK 07 kompenseres det i standarden også med et arealledd i beregningen.

At en gjennomsnittlig enebolig oppført etter dagens krav i energirammemetoden uten større vansker kan komme seg under unntaksgrensen, tyder på at grensen er satt for høyt. En slik ordning vil ikke alene incitere redusert bruk av elektrisitet og andre fossile brensler i boliger. Ser en på kontorbygninger vil unntakskravet være vanskeligere å komme under da dette krever et avrundet varmebehov på 60 kWh/m² eller oppvarmet BRA under 285 m², gitt at bygningen er prosjektert og utført etter energitiltaksmetoden i TEK 07[19, 20]. I denne sektoren kommer myndighetenes intensjon klarere frem da gjennomsnittlig areal for fullførte kontorbygninger i 2008 i følge SSB var nærmere 350 m²[9]. Ettersom slike bygninger ofte har større varmetap grunnet større vindusarealer, vil unntakskravet være vanskeligere å komme under, og bygningen må derfor tilrettelegges for at minimum 40 % av varmebehovet kan dekkes av alternativ energiforsyning.

6 SAMMENLIGNING 2009 – 2020

6.1 Innledning

Norske myndigheter har den senere tid fokusert på å definere og forbedre bygningstekniske krav[19]. I fremtiden vil det være vel så viktig å følge opp kravene i praksis, samt å fokusere mer på brukeradferd og virkemidler som påvirker energiforbruket i bygninger. Oppgaven søker klarhet i de privatøkonomiske konsekvensene ved ulike typer varmeanlegg for en gitt bygning, sammenlignet dagens varmebehov med en sannsynlig, virkelig situasjon i 2020.

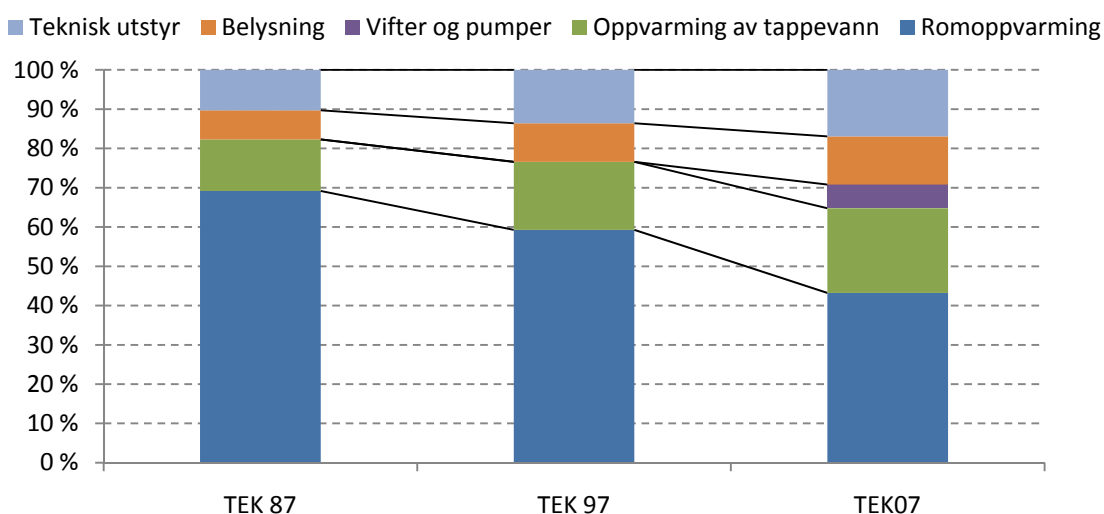
Utviklingen av bygningers energiforbruk frem mot 2020 vil være vanskelig å forutsi, men basert på publiserte rapporter[3, 7, 13] er det mulig å fremstille en prognose for sannsynlig utvikling.

Ved hjelp av et beregningseksempel blir de privatøkonomiske konsekvensene illustrert. Eksemplet tar for seg problematikken rundt investering av varmeanlegg basert på alternative energivarer, og illustrerer de privatøkonomiske konsekvensene ved å sammenligne investerings- og energikostnadene med et varmeanlegg basert i sin helhet på elektrisitet.

6.2 Husholdningens varmebehov

Den senere tid har utviklingen av krav og regelverk ført til at bygningene er blitt tettere, og som en konsekvens av dette har bygningers oppvarmingsbehov blitt redusert. Utviklingen av vinduer med lavere U-verdi, og tettere karm har for eksempel ført til at radiatorer eller panelovner ikke trenger å plasseres under vindu med tanke på kaldrassikring[63]. Dersom en bolig bygges etter dagens standard og krav, vil det ha et teoretisk oppvarmingsbehov i størrelsesorden 65 %¹⁰ av beregnet årlig netto energibehov[20].

¹⁰ Beregnet etter energirammemetoden gitt i TEK 07. Oppvarmet areal på 160 m². Inkludert vannoppvarming.



Figur 6.1 Simulert energibehov for småhus med ulike byggeforskrifter.[45]

Figur 6.1 viser utviklingsbildet av netto energibehov til en eneboligs energiposter på bakgrunn av de tre siste utgavene av TEK. Energiforbruket er på samme måte som i kapittel 3.2.1 simulert ved hjelp av dataprogrammet *SIMIEN*[45]. Figuren viser at andelen til oppvarmingsbehov har hatt en fallende tendens, mens energibehovet til vifter og pumper og teknisk utstyr har økt. Dette kommer av at den bygningstekniske utviklingen den senere tid har ført til at behovet for kjøling har økt. Økt tetthet i bygninger medfører økt bruk av ventilasjon og tilhørende utstyr. Dermed kan det hende at den spesifikke varmebesparelsen ikke får den store virkningen på det samlede energiforbruket.

Tabell 6.1 Investeringskostnader for ulike typer varmedistribusjonsanlegg[7]

Oppvarmingsystem	Kostnad kr/m ²					
	Småhus		Blokk		Næringsbygg	
	Ny	Rehab.	Ny	Rehab.	Ny	Rehab.
Panelovn m/termostat	110-150	140-190	90-130	120-160	60-80	80-100
Panelovn m/sentr.reg	160-200	190-230	140-180	170-210	90-110	120-140
Gulvvarme, elektrisitet	400-500	500-1000	500-600	800-1000	500-600	800-1000
Radiator / konvektor	200-400	250-450	160-300	210-350	120-200	170-250
Gulvvarme, vannbasert	200-370	430-550	300-420	480-600	300-420	480-600
Ventilasjonsoppvarming - el	-	-	-	-	60-80	80-100
Ventilasjonsoppv.-vannbasert	-	-	-	-	55-70	75-90
Tappevannsbereidning - el	35-45	35-45	40-55	60-75	15-20	25-30

Tabell 6.1 viser investeringskostnader for ulike typer varmeanlegg for bygninger. En ser ut fra en privatøkonomisk vurdering, at romoppvarming ved hjelp av panelover er det billigste alternativet, og vannbåren varme er opptil dobbelt så dyrt. Tallene er fra 1998, men gir en indikasjon på kostnadene for ulike bygningstyper. Det er viktig å presisere at for

vannbåren varmesystemer viser tabell 6.1 kun kostnader for varmedistribusjonsanlegg, og at dermed varmesentralen ikke er tatt med.

6.3 Visualisering av privatøkonomiske konsekvenser

Det er i beregningseksempelet tatt utgangspunkt i et gjennomsnittlig bolighus av normal 1997-standard, med verdier for oppvarmingbehov, U-verdi, formfaktor etc. hentet fra Enøk Normtall[90]. Beregningseksempelet belyser de privatøkonomiske konsekvensene ved en investering i et vannbårent varmesystem med henholdsvis grunnvarmepumpe og pelletskjel som oppvarmingskilde. Alternativene sammenlignes med en oppvarmingsløsning fullstendig basert på elektrisitet i form av panelovner og elektrisk gulvvarme. I beregningene er det brukt marginale størrelser, med andre ord de merkostnader som oppstår ved å investere i alternativ varmeanlegg sammenlignet med helelektrisk oppvarming. Investeringer som ville blitt gjort uavhengig av valg av varmesystem, som belysning, teknisk utstyr etc. anses som lik for alle alternativene og er dermed utelatt fra beregningene.

Det eksisterer naturligvis andre varmesystemer som også kan belyse de privatøkonomiske konsekvensene, men av tidsmessige begrensninger vil rapporten kun fokusere på de varmesystemene nevnt over.

Det er antatt at de alternative oppvarmingsalternativene hver for seg dekker bygningens oppvarmingsbehov 90 %. Om sommeren, når romoppvarmingsbehovet er lite, dekkes varmebehovet av elektrisitet.[49] Beregningseksempelet klarlegger også årlige energikostnader som er forbundet med oppvarmingssystemene nevnt over, og viser ved å endre energipris, varmebehov og eventuelt økonomisk tilskudd hvordan de privatøkonomiske konsekvensene omkring ulike typer varmesystemer endres.

Kostnader for investering og installering av et vannbårent varmesystem i boligen er basert på erfaringspriser fra energi- og VVS-rådgivere ved Multiconsult i Narvik. Med i investeringskostnadene er utstyr og rørdeler, varmtvannsbereder, eventuelt brønnboring etc. Bygningen er plassert i Narvik, og tilhørende data for klimasone og årsmiddeltemperatur er hentet fra Enøk Normtall[90]. Begge investeringene inkluderer vedovn for økt komfort.

For bedømmelse av investeringenes lønnsomhet benyttes formelverk for nåverdberegninger hentet fra temaveiledning til TEK, gjengitt av ligning 6.1 og 6.2.[49] Teknisk levetid for varmeanleggene er satt til 20 år, slik at inntjeningstider på mer enn 20 år er ikke akseptabelt. Virkningsgrader for oppvarmingssystemene er hentet fra tabell B.9 i NS 3031:2007[5]

$$\text{Nåverdi} = B * \frac{1 - (1+r)^{-n}}{r} - \left[\sum (I_0 + I_1 + I_2 + \dots) - \sum (I_{el/fos-0} + I_{el/fos-1} + I_{el/fos-2} + \dots) \right] \quad (6.1)$$

$$B = Q * \left(\frac{P_{el/fos}}{\eta_{el/fos}} - \frac{P_{alt}}{\eta_{alt}} \right) \quad (6.2)$$

- n = byggets levetid, 50 år
- r = kalkulasjonsrente, 5 %
- B = årlig privatøkonomisk besparelse
- I_0 = investeringskostnad for alternativ varmesystem
- $I_{el/fos-0}$ = investeringskostnad for varmesystem basert på elektrisitet
- Q = varmebehov som dekkes av alternativ varmesystem
- $P_{el/fos}$ = årsgjennomsnittlig pris på elektrisitet
- P_{alt} = årsgjennomsnittlig pris på alternativ brensel
- $\eta_{el/fos}$ = virkningsgrad for varmesystem basert på elektrisitet
- η_{alt} = virkningsgrad for alternativ varmesystem

Det henvises til vedlegg C for en fullstendig oversikt over kostnader og verdier anvendt i beregningseksempel.

Tabell 6.2 Oversikt over investeringskostnader for de ulike varmeanleggene.

	Totalt investering [kr]	Merkostnad ift elektrisk oppv. [kr]	Invest.kostn/BRA [kr]
Helelektrisk oppvarming	73 000	-	365
Pelletsjøl til vannbåren gulvvarme	128 000	55 000	640
Varmepumpe (grunnvarme)	198 000	125 000	990

6.3.1 Dagens situasjon

Tabell 6.2 viser kostnadene ved investering av to ulike typer varmeanlegg sammenlignet med helelektrisk oppvarming. I beregningseksempel er det tatt utgangspunkt i en gjennomsnittlig strømpris til husholdningsforbrukere på ca. 80 øre pr. kWh. Dette er inklusivt nettleie, avgifter, faste årsbeløp og merverdiavgift, og stemmer godt overens med Enovas estimering[22].

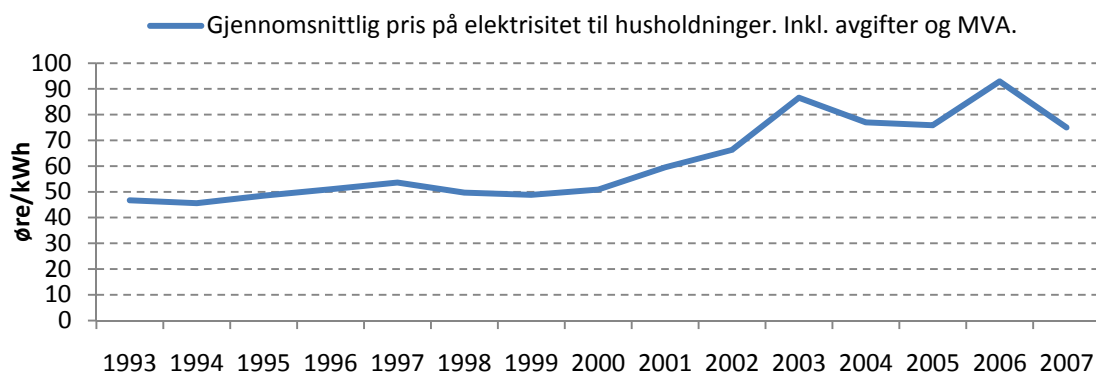
Tabell 6.3 Oversikt over privatøkonomiske konsekvenser rundt investering av varmeanlegg

Oppvarmingssystem	Merkostnad [kr]	Spesifik merkostnad [kr/m ²]	Tot. energikostn. [kr]	Årlig besparelse [kr]	Nåverdi [kr]	Inntj.tid [år]
Pelletsjøl	55 000	275	19 134	3 358	59 590	35
Varmepumpe	125 000	625	14 003	8 428	53 605	28
Helelektrisk oppvarming	-	-	22 492	-	-	-

Tabell 6.3 viser, med utgangspunkt i nåverdien, at investeringene blir lønnsom, dog med lang inntjeningstid. Det fremkommer av tabellen at med dagens pris på elektrisitet vil det være svært vanskelig for andre oppvarmingsløsninger å konkurrere med helelektrisk oppvarming. Til tross for den relativt høye nåverdien har pelletskjelen relativ lang inntjeningstid. Dette kommer av kjelens lave virkningsgrad, hentet fra tabell B.9 i NS 3031:2007[5].

6.3.2 Økt strømpris

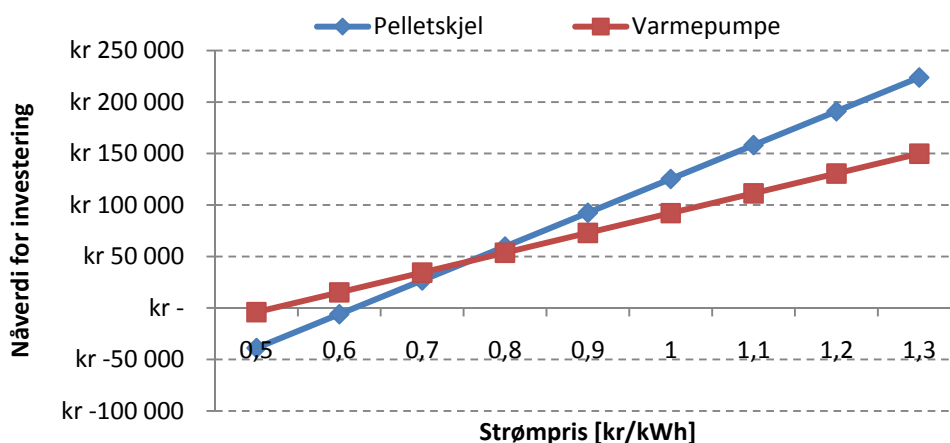
Figur 6.2 viser utviklingen av gjennomsnittlig strømpris til husholdninger i Norge basert på statistisk materiale fra SSB[24]. Som figuren viser har gjennomsnittlig strømpris steget fra omtrent 45 øre pr. kWh i 1993 til omtrent 80 øre pr. kWh i 2007. Den antatte strømprisen i beregningseksempellet anses dermed som akseptabel.



Figur 6.2 Utviklingen av gjennomsnittlig strømpris til husholdninger fra 1993-2007.[24]

En investering i varmeanlegg er avhengig av størrelsen på mulig besparelse, og inntjeningstid. Dersom strømprisen økes på grunn av innføring av ekstra avgifter, vil besparelsene øke, og dermed vil nåverdien øke og inntjeningstiden minke. Dette vil føre til at investeringen i et vannbårent varmeanlegg blir mer lønnsom, noe som beregningseksempellet senere illustrerer.

Figur 6.3 og 6.4 viser henholdsvis nåverdi og inntjeningstid som funksjon av strømprisen. Figurene viser at investeringene vil ha lettere for å bli lønnsom dersom strømprisen økes, da dette fører til at nåverdi og inntjeningstid reduseres.

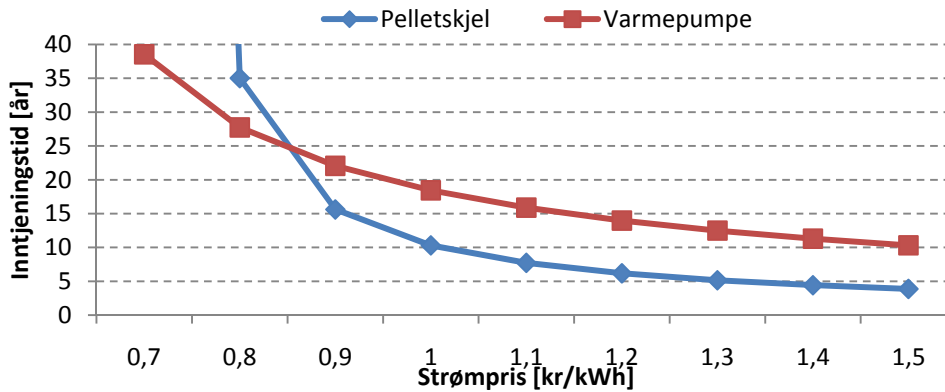


Figur 6.3 Nåverdi som funksjon av strømpris.[6]

Figur 6.4 viser at dersom inntjeningstiden for investeringene skal være mindre enn teknisk levetid for varmesystemene må strømprisen være nærmere 0,9 kr pr. kWh for pelletskjelen og nærmere 1,0 kr pr. kWh for varmpumpen. Dagens "lave" strømpris vil

gjøre det vanskelig for alternative oppvarmingssystemer med større investeringskostnad, og dermed kun favorisere helelektrisk oppvarming.

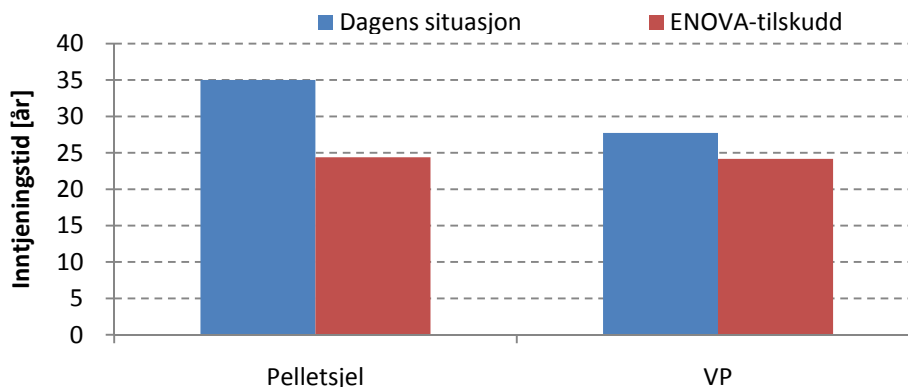
Det vil videre i kapittelet opereres med tre ulike strømpriser for hvert av alternativene for å illustrere virkningen av for eksempel fremtidig økt el-avgift.



Figur 6.4 Inntjeningstid som funksjon av strømpris.[6]

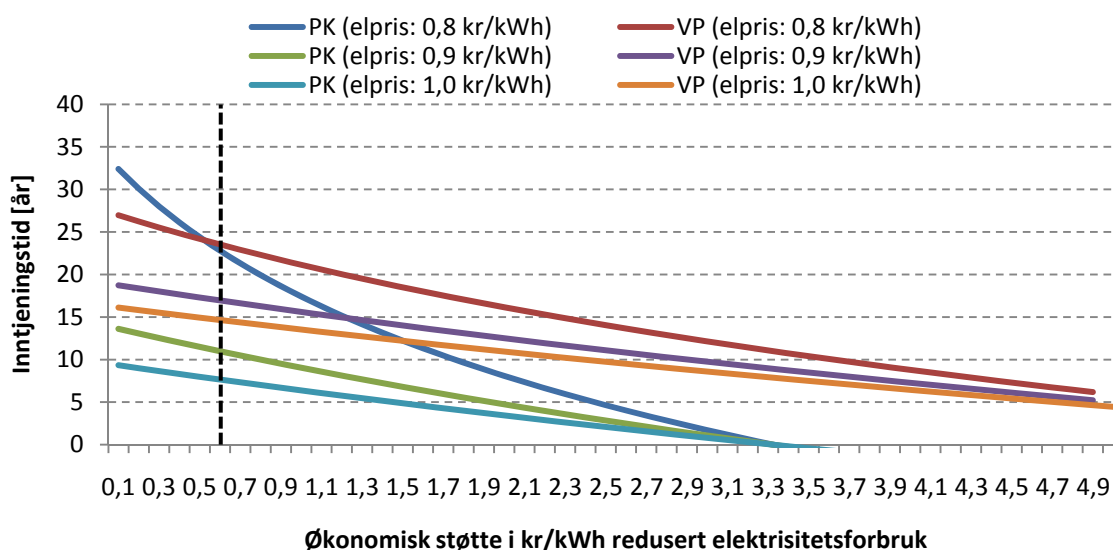
6.3.3 Investeringsstøtte

Enova praktiserer med en tilskuddsordning til privatpersoner hvor det er mulig å søke om støtte til investering av tiltak som fører til redusert energiforbruk. Pelletskjeler og varmepumper av gitt type støttes med inntil 20 % av dokumenterte kostnader, men maksimal 10 000 kr[91]. Figur 6.5 viser at maksimalt Enova-tilskudd vil redusere inntjeningstiden med ca. 11 år for pelletskjelinvesteringen og ca. 4 år med varmepumpeinvesteringen. Fortsatt har begge investeringene en inntjeningstid på nærmere 25 år.



Figur 6.5 Betydning av Enova-tilskudd iht. dagens situasjon.

Figur 6.6 viser hvilken økonomisk investeringsstøtte som vil gi en akseptabel inntjeningstid for tre ulike nivåer på elprisen. Dagens tilskuddsnivå vil mest sannsynlig ikke være et godt nok incentiv for å investere i alternative og dyrere oppvarmløsløsninger. Med Enovas tilskudd vil inntjeningstiden fortsatt være høyere enn teknisk levetid for oppvarmesystemet.



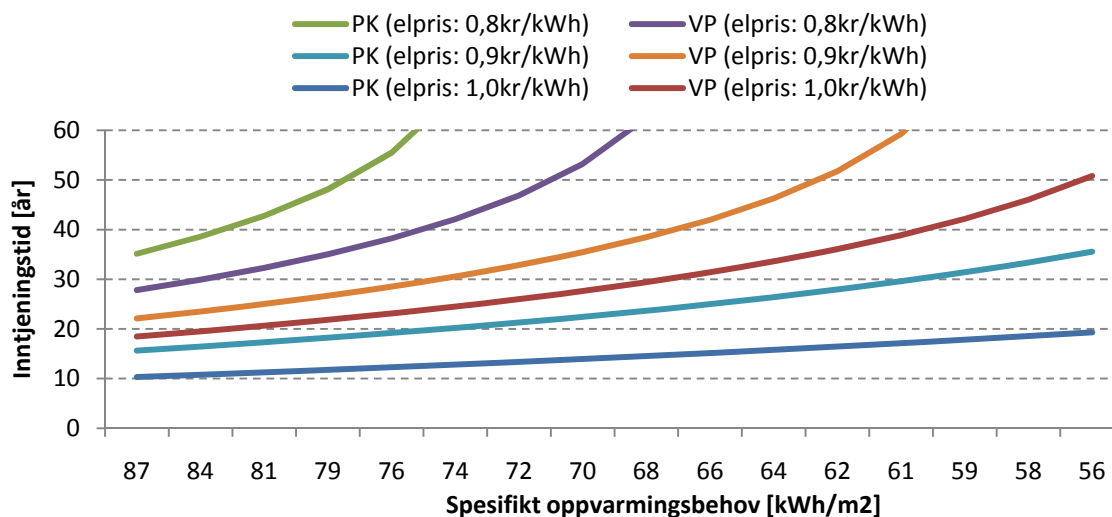
Figur 6.6 Inntjeningsstid som funksjon av økonomisk investeringsstøtte.

Det fremkommer av figuren at dersom en investering i alternative varmesystemer skal kunne konkurrere med helelektrisk oppvarming for en husholdning med gjennomsnittlig forbruk og størrelse, må Enovas tilskuddsordning økes. Dersom myndighetene legger til rette for at brukerne lettere oppnår lønnsomhet i investeringer knyttet til energiltak eller alternative varmesystemer, vil dette redusere forbruket av elektrisitet og fossilt brensel. Det er viktig å ha et langsiktig perspektiv ved investering i alternative varmesystemer, men så lenge inntjeningsstiden overskrider teknisk levetid for varmesystemet vil det være vanskelig å forsvare en slik løsning.

6.3.4 Redusert varmebehov

Redusert varmebehov vil minke størrelsen på nødvendig installert effekt for varmepumpen og pelletskjelen, og dermed også prisen på energivaren. Så lenge arealet for boligen er det samme vil kostnadene vedrørende installasjon og rørutstyr til vannbåren varmeanlegg forbli uendret, slik at den totale investeringskostnaden ikke blir redusert i særlig grad.

Figur 6.7 viser hvordan endringen i oppvarmingsbehov påvirker inntjeningsstiden for investeringene, med henholdsvis tre ulike strømpriser. Dersom boligens oppvarmingsbehov reduseres ved for eksempel ulike energieffektiviseringstiltak vil inntjeningsstiden til oppvarmingssystemet øke.



Figur 6.7 Redusert oppvarmingsbehov som funksjon av inntjeningsstid.

I følge Enova er både nevnt type varmpumpe og pelletskjel best egnet for storforbrukere¹¹ av energi[87]. Med andre ord vil det rett og slett være ulønnsomt for gjennomsnittsbrukeren å investere i denne type alternativ varmforsyning, ettersom inntjeningsstiden vil overskride teknisk levetid for systemet. Som nevnt tidligere viser statistikk fra SSB[9] at gjennomsnittlig bruksareal for en enebolig oppført i 2008 er i størrelsesorden 190 m². Dette gir et spesifikt varmebehov på ca. 87 kWh/m² dersom det tas utgangspunkt i energirammemetoden fra TEK 07. Dersom lavenergi- og passivhus blir satt som standard slik som regjeringen ønsker[17], vil oppvarmingsbehovet reduseres, og dermed forverre lønnsomheten i en slik investering, forutsatt Enovas tilskuddsnivå og prisen på elektrisitet forholder uendret.

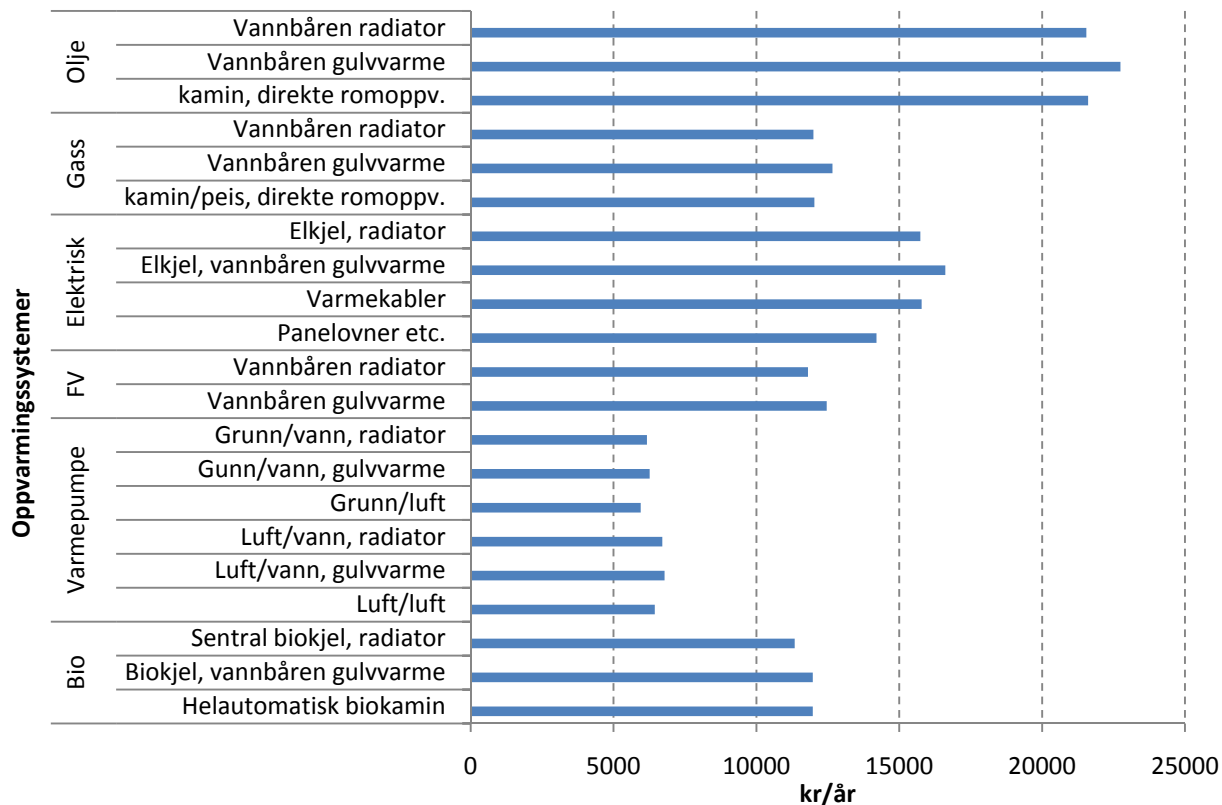
Redusering av bygningers varmebehov vil favorisere oppvarmingsløsninger basert på elektrisitet. Årsaker til dette er at inntjeningsstiden for eventuelle investeringer økes etter hvert som varmebehovet reduseres.

For oppvarmingssystemene foran vil kravet i TEK 07 om alternativ energiforsyning falle bort dersom bygningen har et varmebehov lavere enn 17 000 kWh/år, eller om investeringer i alternative oppvarmingssystemer fører til merkostnader over byggets livsløp, der negativ nåverdi benyttes som mål ”merkostnader over bygningers livsløp”[40].

6.3.5 Årlige energikostnader

Figur 6.8 viser en oversikt over årlige oppvarmingskostnader for ulike typer varmeanlegg. Oppvarmingssystemene, med tilhørende virkningsgrad er hentet fra tabell B.9 i NS 3031:2007[5]. De årlige energikostnadene er beregnet ut fra levert energi for en enebolig med oppvarmet BRA på 200 m². Energipriser er hentet fra Enovas svartjenestes pristimering for uke 9, 2009[22] og SSB[92].

¹¹ Storforbrukere har ofte et totalt energiforbruk mellom 30 – 40 000 kWh pr. år.



Figur 6.8 Oversikt over årlige oppvarmingskostnader for enebolig på 200m².

Boligens oppvarmingsbehov er beregnet ut fra TEK 07[19]. Kostnadene dekker kun oppvarming av rom og tappevann.

Som figuren viser vil et oppvarmingsystem basert på olje, med vannbåren gulvvarme være nærmest tre ganger så dyrt som en varmpumpe med vannbåren gulvvarme. Dette viser at det er store beløp som årlig kan spares ved å erstatte oljekjelen med en varmpumpe.

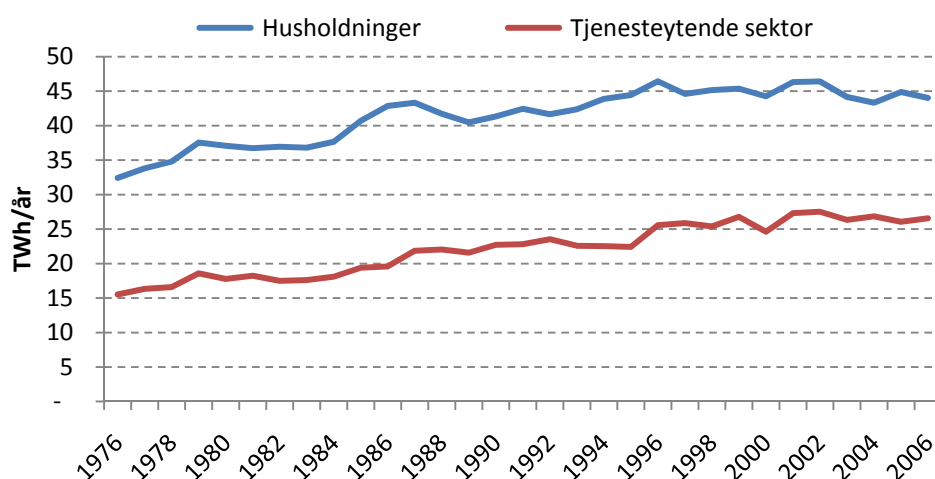
7 DISKUSJON

Det er områder i rapporten som krever en mer detaljert diskusjon og belysning, og det følgende kapittel forsøker å ta for seg disse. En sentral målsetting i denne rapporten er å etablere en fornuftig prognose for fremtidig energiforbruk og varmesystemer i bygninger i tiden frem mot 2020.

7.1 Utviklingen av energiforbruket i bygninger

Det vil være umulig å oppnå reduksjoner i bygningers energiforbruk uten at det på en eller annen måte "koster". Dermed må det stilles strengere krav til bransjen, brukerne og ikke minst den politiske ledelse og deres evne og vilje til å gjennomføre tiltak som vil være klimamessig riktig, sett i et langsiktig perspektiv.

Bygningers energiforbruk har siden midten av nittitallet hatt en utflatende kurve, se figur 7.1. Tjenesteytende sektor omfatter både offentlig og privat tjenesteyting, og totalt brukte tjenesteytende sektor 26,5 TWh i 2006, hvorav elektrisitet utgjorde 21,6 TWh[6].



Figur 7.1 Sluttbruk av energi for husholdnings- og tjenesteytende sektor.[6]

Figur 7.1 indikerer at veksten i energiforbruket til husholdninger er i ferd med å flate ut. Årsakene til dette kan være innføringen av strengere energikrav til bygninger, utskiftning av mer energieffektive varmesystemer, økt fokus på energiforbruk blant brukerne etc.[13]

7.1.1 Forandringer krever en adferdsendring

Adferd anses som en faktor som vanskelig lar seg påvirke. Dersom Norge skal få til en betydelig reduksjon i energiforbruk og klimagassutslipp må det først og fremst gjøres noe med brukeradferden og holdninger til hver enkel borger. Et redusert norsk elektrisitetsforbruk vil gi reduserte CO₂-utslipp ved at kraftverk basert på fossile brensler i Norden eller Europa reduserer sin produksjon[60]. For nærmere forklaring og diskusjon rundt dette tema henvendes det til kapittel 4.5.1 og 4.6.

Det anses som myndighetenes ansvar å tilrettelegge og stimulere til redusert forbruk av elektrisitet til oppvarming, og redusert energiforbruk generelt. Men mye av ansvaret ligger også på byggherren. En byggherre som skal bygge til det formål å leie ut, vil ikke ha interesse i å undersøke hvilke oppvarmingssystemer som vil være samfunns- og energimessig riktig. Hovedfokuset vil ligge i å redusere bygningskostnadene mest mulig, slik at inntjeningstiden blir kortest mulig. Dette fører til at de billigste varmeløsningene blir valgt, som oftest helelektrisk.

Brukere kan også bidra til å reduseres kraftforbruket i Norge. Som nevnt tidligere har kontorbygg ofte et spesifikt energiforbruk nesten dobbelt så høy som rammekravet i TEK 07. Årsaken til dette skyldes tildels brukernes holdninger og adferd. Små ting som å slå av lys eller pc-er ved endt arbeidsdag er det svært mange som ikke gjør.

Distributører av luft/luft varmepumper, eller komfortvarmepumper som de gjerne blir kalt, reklamerer med varmepumper med COP som tilsvarer fem ganger mer varme ut enn elektrisitet inn. Dette tilsier at energiforbruket til oppvarming i teorien burde reduseres til en femtedel. En forbrukerundersøkelse gjort av SSB[93] viser at boliger med varmepumpe bruker i gjennomsnitt mer elektrisitet enn boliger uten varmepumpe. En tendens som følger flere brukere av slike varmepumper er at innetemperaturen økes 1-2 °C samt at varmepumpen benyttes gjennom hele året både til oppvarming og kjøling. Det henvises til vedlegg A for en fullstendig oversikt over verdier gitt av undersøkelsen.

7.1.2 Forbedringsmuligheter

Viktige tiltak for å redusere energiforbruket i eksisterende bygg kan være å redusere varmetapet og å ta i bruk styringssystemer som optimaliserer energiforbruket. Flere og flere kontor- og næringsbygg automatiserer belysningen, slik at lyset slås automatisk av dersom rommet ikke er i bruk. Dersom gamle og lite effektive armaturer i tillegg skiftes ut, kan investeringene gi 30-70 % lavere utgifter til belysning, avhengig av antall armatur[94].

Dersom forbudet vedrørende glødelamper blir innført vil dette føre til en betydelig reduksjon av energiposten som omhandler belysning. Tradisjonelle glødepærer utgjør kun 5 % lys[95], og sammenlignet med sparepærer er strømforbruket vesentlig høyere¹². Selv om varmetilskuddet fra glødepærer må dekkes av andre varmekilder, vil bygningens totale energiforbruk reduseres.

Tiltakene nevnt over krever ikke de største investeringene, men kan likevel bidra til å redusere bygningens energiforbruk. Særlig kontor- og næringsbygg kan spare mye ved å ta i bruk gode systemer for energiledelse og energieffektivisering, hvor 35-40 % av netto energibehov går med til belysning og teknisk utstyr[20].

Ved hjelp av Enovas tilskuddsordning har bygningseiere mulighet til å søke økonomisk støtte til investeringer i energieffektiviseringstiltak. For privatpersoner er tilskuddet begrenset opp til 10 000 kr, og som vist i kapittel 6.3 vil et slikt beløp ikke utgjøre store forskjeller for inntjeningstiden for en større investering. Dersom støtteordningen utvides til å tilby et årlig beløp pr redusert kWh, vil forbrukeren stadig bli påminnet om at det lønner seg å redusere forbruket. En slik ordning krever imidlertid beregninger som kan direkte sammenlignes med årlig forbruk.

7.1.3 “Passiv energidesign”

Dersom en ser på en metode som ofte brukes ved prosjektering og rehabilitering av lavenergibygninger kommer det frem at valg av energivare først kommer inn som siste punkt. Metoden kalles ”passiv energidesign”[63] og består av fem steg som gir miljømessige fordeler da den fokuserer på energisparing fremfor energiproduksjon. Metoden er konstruert ut i fra et bygningsmessig perspektiv, men dersom tiltakene betraktes i et nasjonalt perspektiv får vi følgende sammenheng, vist i tabell 7.1:

Tabell 7.1 Fremgangsmåte for passiv energidesign i et bygningsmessig- og nasjonalt perspektiv[63]

<i>Passiv energidesign</i>	
Bygningsmessig perspektiv	Nasjonalt perspektiv
1. Reduser varmetapet	1. Innføre strengere krav til bygninger
2. Effektiviser el-forbruket	2. Frigjør elektisitet til oppvarmingsformål
3. Utnytt solvarme (“gratis” energi)	3. Utnytt spillvarme (“gratis” energi)
4. Synliggjør og reguler forbruket	4. Innføre energimerkeordning for bygninger
5. Velg energivare	5. Utvikle ny (fornybar) energi

Tabell 7.1 viser at valg av energivare kommer inn som siste punkt ved prosjektering av lavenergibygninger. Sett i et nasjonalt perspektiv bør altså Norge forsøke å redusere forbruket før det utvikles ny kraft fra gasskraftverk eller vindparker.

¹² Sparepærer bruker i følge Enova 20 % av strømforbruket til en tradisjonell glødepære for å produsere sammen mengde lys.

7.2 Fremtidige varmesystemer for bygninger

For fremtiden vil oppvarmingsløsninger basert på olje eller andre former for fossilbasert oppvarming mest sannsynlig reduseres ettersom olje mest sannsynlig vil utfases. Derimot vil nok panelovner, uansett vurdering av elektrisitet, fortsatt være mye brukt, både som ekstra tilskudd og som helhetlig oppvarmingsløsning. Panelovner er i dag blant de enkleste oppvarmingsløsningene på markedet, og fungerer godt som en kombinasjonsløsning med andre punktvarmekilder.

7.2.1 Utfasing av olje har liten effekt

Som nevnt tidligere er det en politisk målsetting å fase ut bruken av olje til oppvarming av bygninger. Dette kommer blant annet frem i regjeringens klimaforlik[18] og Soria Moria-erklæringen[17]. Bruken av olje til oppvarming medfører store utslipp sammenlignet med bio og fjernvarme, og for eksisterende bygninger som har fjernvarme tilgjengelig kan en utfasing av olje føre til at flere vil velge å få dette tilkoblet. Dessverre er fjernvarme svært lite utbredt i Norge[65], og fordi utbyggingen kun forekommer i begrensede geografiske områder vil en slik løsning ikke kunne benyttes av alle. Dermed kan en utfasingen av oljekjeler bidra til økt forbruk av elektrisk kraft, som svekker forsyningssikkerheten og medfører store utslipp av CO₂ som nevnt i kapittel 4.6.

Forutsatt at oljefyring erstattes av gass i husholdningene, kan økt direktebruk av gass føre til at klimagassutslippene reduseres på kort sikt. Med tanke på klimaet er dette ikke den beste løsningen, ettersom det allerede i dag finnes tilnærmet utslippsfrie alternativer[96]. På lang sikt vil en satsing på gass som oppvarmingskilde i norske husholdninger være en motsetning til myndighetenes ambisjoner om å øke bruken av fornybare energikilder[18].

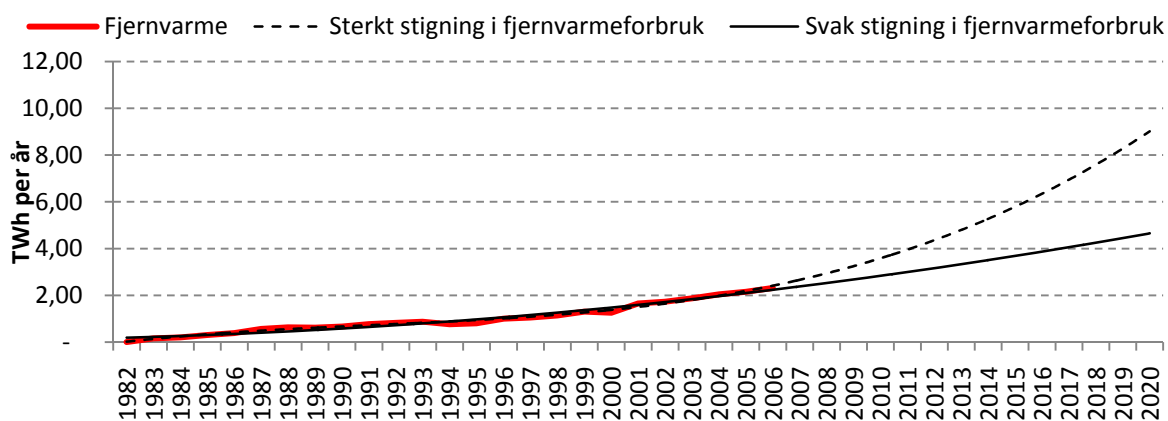
En annen mulig konsekvens av utfasing av olje til oppvarming kan være at det fører til utfasing av vannbårne anlegg i bygninger[65]. Dermed vil oppvarmingssystemets grad av energifleksibilitet undergraves da mange velger den "enkle" løsningen og heller installerer panelovner istedenfor å investere i en alternativ oppvarmingskilde tilkoblet det eksisterende vannbåren varmesystemet. Dersom bygningen har en kombinasjonsløsning med olje- og elkjel, kan utfasing av olje til oppvarming i tillegg føre til at kun elkjelen brukes til oppvarming da en slik løsning ofte er forbundet med minimale kostnader[65]. En slik løsning vil være svært lite fremtidsrettet eller privatøkonomisk fordelaktig, og dersom bygningen allerede har vannbåren varme vil brukeren være mest tjent med å gå over til en alternativ energivare som kan kobles til det eksisterende anlegget.

7.2.2 Fremtidig forbruk av fjernvarme

Når TEK 07 alene gjelder for bygninger er det antatt at bruken av vannbåren varmesystemer vil øke, og med dette som grunnlag er det sannsynlig at bruken av fjernvarme også vil øke i tiden fremover, dog med et vist etterslep som nevnt tidligere. Først og fremst vil bygninger tilknyttet tjenesteytende sektor merke overgangen til de nye byggeforskriftene på grunn av at næringsbygg oftere gjennomfører større rehabiliteringer sammenlignet med boliger[29]. Dermed vil de nye energirammene bli hurtigere innført i denne sektoren. På grunn av at primærandelen av nye næringsbygg vil etableres i

tettbygde strøk, hvor det er svært attraktivt for etablering av fjernvarme er det nettopp i denne bygningssektoren at bruken av vannbåren varmesystemer vil øke.

Figur 7.2 viser utviklingen i netto innenlands sluttforbruk av fjernvarme i Norge frem til 2006. Dersom en antar en videre svak stigning i fjernvarmeforbruket kan utviklingen fra 1983 til 2006, svært forenklet, fremskrives til 2020, som vist av heltrukket linje i figuren. Forbruket av fjernvarme vil da utgjøre ca 5 TWh pr. år. Dersom en antar at utviklingen av fjernvarmeforbruket får en sterk stigning vil det i 2020 utgjøre i omtrent 9 TWh pr. år, som vist av stiplet linje i figuren.



Figur 7.2 Sannsynlig utviklingen av fjernvarmeforbruket i Norge.[6]

NVE har den siste tiden hatt en formidabel økning i mottatte søknader om fjernvarmekonsesjon fra flere utbyggere, og Enova har signalisert at etablering av fjernvarme vil ha en sikret finansiering i form av betydelig støtte fra Energifondet[29]. I tillegg er det ventet at i de tilfeller hvor fjernvarme er tilgjengelig vil utfasing av oljekjeler føre til at fjernvarme blir mer brukt, også for eksisterende og rehabiliterte bygninger. Dermed vil nok utviklingen av fjernvarmeforbruket ligge et sted i mellom de to fremskrevne kurvene.

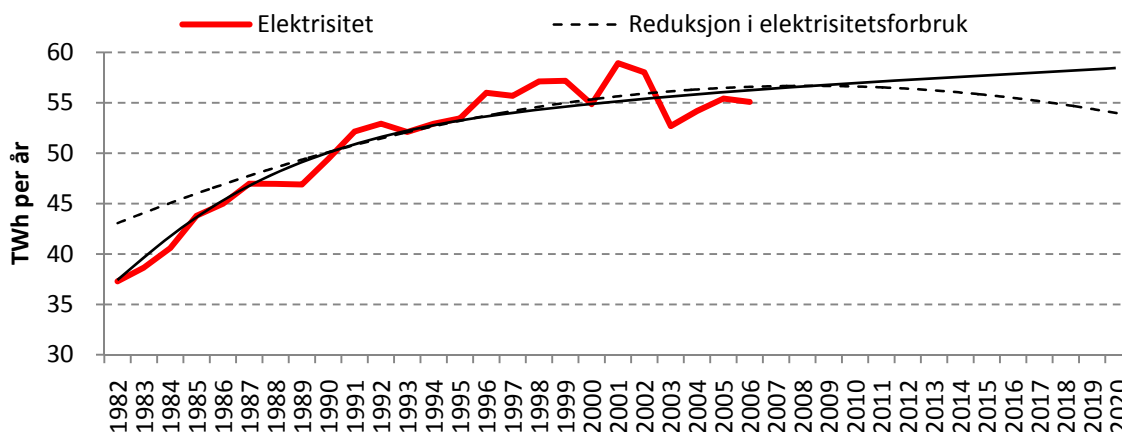
7.2.3 Fremtidig forbruk av elektrisitet

Figur 7.1 på side 63 viser at utviklingen av elektrisitetsforbruket i husholdnings- og tjenesteytende sektor, de 5-10 siste årene har hatt en utflatende tendens. Utflatingen skyldes den byggtekniske utviklingen, med økt isolasjonsstørrelse, tettere vinduer og større fokus på eliminering av varmetap, samt en reduksjon i vekst i antall bygninger og en reduksjon i elektrisitetsforbruket pr. bygning grunnet ulike sparetiltak[65]. Samtidig har den teknologiske utviklingen ført til at energiforbruket har blitt mer energieffektivt ved at belysning blir effektivisert i form av tidsinnstilte brytere[65].

En overgang fra bruk av panelovner til varmepumper kan gi reduksjon i elektrisitetsforbruket, men dette vil også kreve investeringer ved utskiftning av infrastruktur i eksisterende bygninger. I tjenesteytende sektor vil et slikt tiltak kreve betydelige investeringer da det kun er luft-luft varmepumper som direkte kan erstatte

panelovner. For husholdninger vil et slikt alternativ være mer passende ettersom overgangen krever få inngrep i bygningen.

Norges trend til å bruke elektrisitet og panelovner til oppvarming vil ikke forsvinne i tidshorisonen som rapporten omhandler. I tiden frem mot 2020 vil forholdet mellom elektrisitet og andre energivarer endres av at oppvarmingssystemer basert på alternative energivarer mer og mer vil ta over for forbruket av elektrisitet til oppvarming. Totalt sett vil utviklingen av samlet energiforbruk ha en utflatende tendens.



Figur 7.3 Sannsynlig utvikling av elektrisitetsforbruket i bygninger i Norge.[6]

Figur 7.3 viser utvikling i bygningers sluttforbruk av elektrisitet. I figuren er det, svært forenklet, fremskrevet to mulige utviklinger av bygningers elektrisitetsforbruk. Økt fokus på redusert varmebehov i bygninger kan føre til at utviklingen av elektrisitetsforbruket reduseres, som antydnet ved stiplede linje, men hvis elektrisitet i tillegg får en pris og en vektingsfaktor som indikerer en klimabelastning basert på en primærenergibetraktning kan det ytterligere redusere elektrisitetsforbruket. Den mest sannsynlige utviklingen av bygningers elektrisitetsforbruk frem mot 2020 vil nok ligge noe over den stiplede linjen.

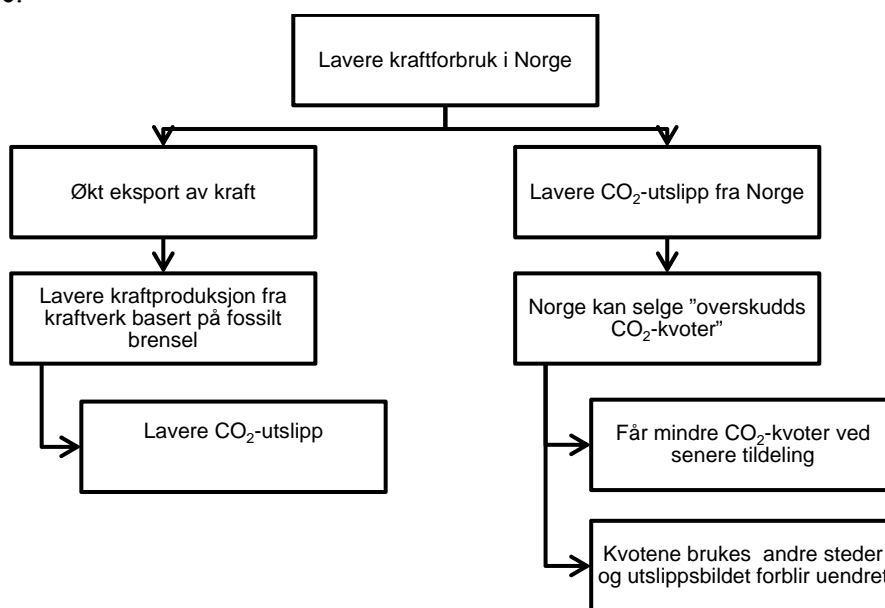
7.2.4 Usikkerhetsfaktorer

Det er knyttet stor usikkerhet til en prognostisering av bygningers fremtidige energiforsyning og -forbruk. Fremtidig energiforbruk vil være avhengig av for eksempel økonomisk vekst, kostnadsnivå for de ulike energivarene, økonomisk støtte til valg av energivare osv. En stadig økt fokus på energieffektivisering, blant annet på grunn av implementering av EPBD, iverksetting av nye tekniske forskrifter for bygg og klimatiske hensyn kan medføre at den utflatningen som har utviklet seg den senere tid vedvarer. Det vil naturligvis være knyttet ulik grad av usikkerhet for disse faktorene, men samlet kan de bidra til en reduksjon av bygningers energiforbruk. Utviklingen for energiforsyning for bygninger vil være avhengig av myndighetenes holdning og vilje til en frigjørelse av elektrisitet benyttet til oppvarming.

7.3 Konsekvenser av politiske beslutninger

Som nevnt i kapittel 0 er regjeringens hovedmål med hensyn på energipolitikk å bedre forsyningssikkerheten og kraftbalansen, redusere utslipp av klimagasser, effektivisere energimarkedene, øke bruken av fornybar energi og tilrettelegge for et klimavennlig og redusert energiforbruk. I henhold til Soria Moria-erklæringen skal det etableres gode finansieringsordninger for fjernvarme og bio[17], og i henhold til klimaforliket skal vilkårene for utbygging av fjernvarme styrkes[18]. I henhold til TEK 07 skal bygninger i område med tilknytningsplikt til fjernvarme ha varmeanlegg som kan tilknyttes fjernvarme, og minimum 40 % av varmebehovet skal kunne dekkes av alternative energivarer[19].

Dersom det er ønskelig å redusere energiforbruket i bygninger vil det være riktig å benytte marginalbetraktning ved vurdering av klimabelastning fra norske bygninger. Det ser imidlertid ut til at politikere ikke våger ta stilling til en slik betraktning, da dette vil få store konsekvenser for Norges energiforbruk. I følge den nylig publiserte ENKL-planen[3], som mest sannsynlig vil danne grunnlag for regjeringens vurdering av fremtidig klimapolitikk, er det foreslått å elektrifisere deler av personbilparken og offshorevirksomheten. En elektrifisering vil være til fordel for politikerne fordi det vil minske utslipp av CO₂ fra Norge, og gjøre det lettere å nå de politiske målsettingene gjort tidligere.



Figur 7.4 Politiske konsekvenser for redusert kraftforbruk i Norge.[39]

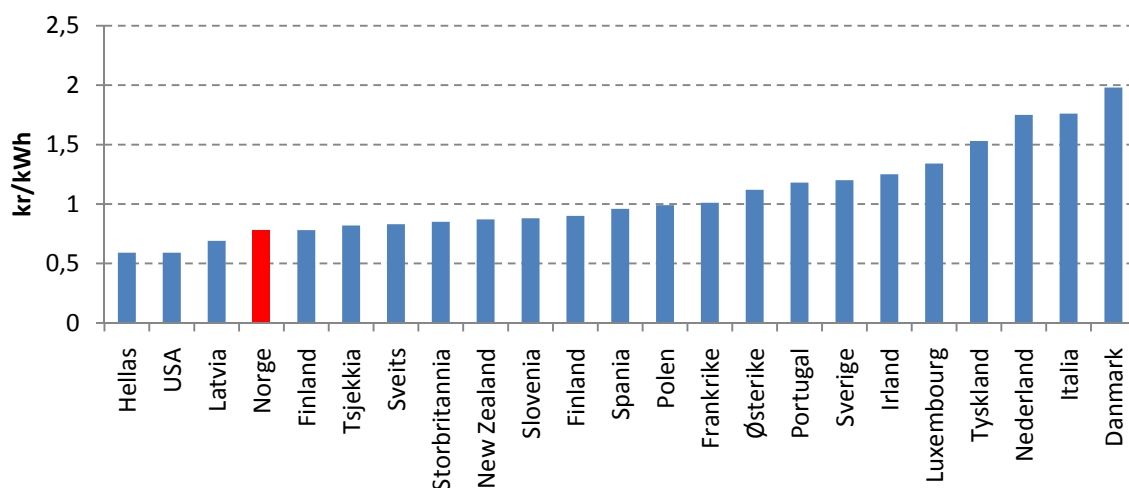
Figur 7.4 viser et slags flytskjema for hva konsekvensene kan bli for Norge dersom kraftforbruket reduseres. Figuren viser at det fra myndighetenes ståsted finnes både positive og negative sider med redusert kraftforbrukt. I figuren er det sett bort fra eventuelle priseffekter¹³ av redusert kraftforbruk i Norge. Priseffekter vil føre til økt forbruk ved reduksjon av pris, og er med på å gjøre situasjonen ytterligere komplisert.

¹³ Redusert etterspørsel vil føre til redusert pris som vil føre til økt forbruk i andre sektorer.

7.3.1 Økt strømpris

Energiprisen er direkte relatert til energiforbruket, og dagens strømpris og avgiftssystem bidrar ikke i større grad til redusert energiforbruk. Forbruksavgiften, eller el-avgiften, på elektrisitet er et eksempel på et politisk incentiv som har til formål å fremme energieffektivisering og reduksjon av strømforbruket. Avgiften var opprinnelig øremerket til utbygging av elektrisitetsforsyningen, men i dag går deler av inntektene til Enova og Energifondet, som skal tildele støttebidrag til prosjekter innen områder som elektrisitetsproduksjon fra vindkraft, varme fra fornybare energikilder og energieffektivisering. Problemet er at dagens nivå på el-avgiften er for lav. El-avgiften i Norge er i 2009 på 10,82 øre pr. kWh[97]. Til sammenligning er el-avgiften i Sverige over dobbelt så høy.

Figur 7.5 viser strømprisen for en rekke land i kr/kWh omregnet til norske kroner, inkludert variabel kraftpris og nettleie. Som figuren viser har Norge en av de laveste prisene på strøm, mens Sverige og Danmark har henholdsvis 1,2 kr/kWh og 2,0 kr/kWh[88]. Prisene er fra 2006, men anses likevel å gi et godt nok bilde av situasjonen.



Figur 7.5 Strømpris i for ulike land, omregnet til NOK i 2006.[88]

Det argumenteres med at fordi kraftproduksjon fra vannkraft er nærmest uten klimautslipp bør det derfor ikke pålegges utslippsavgift for strømforbruket[98]. Et slikt argument ser bort i fra at Norge er en del av et større kraftmarked, og er derfor i hovedsak uholdbart. Et fornuftig tiltak vil være å øke avgiften som en kompensasjon for klimagassutslipp fra våre importland. Dette vil ikke bare kompensere for utslipp forårsaket av import av kullkraftbasert elektrisitet, men også favorisere alternative og mer klimavennlige oppvarmingsløsninger.

7.4 Rapportens robusthet

Usikkerhet i innsamlet og benyttet tallmateriale vil ha innvirkning på troverdighet og robusthet i rapporten. Mesteparten av tallmaterialet er innhentet fra SSB og betraktes dermed som pålitelig, selv om dette avhenger av kvaliteten på statistikken som brukes som kilde av SSB.

En stor del av innsamlet statistikk er basert på utvalgs- og spørreundersøkelser. Dersom spørsmål misforstås eller at utfyller ikke har god nok kjennskap til det undersøkelsen spør om vil dette øke graden av usikkerhet. Denne usikkerheten vil forplante seg videre når materialet benyttes til å fremskrive alternative utviklingsbaner, og det er derfor knyttet stor usikkerhet til fremtidig energiforbruk.

Mye av det statiske materialet fra SSB kan til dels være misvisende. Undersøkelser og statistikk som viser for eksempel energiforbruk i ulike bygninger er i mange tilfeller basert på et fåtall bygninger. Dermed vil ikke materialet være representativt som en generell fremvisning av situasjonen for bygninger.

7.5 Videre arbeid

Forbedringer på punkter som allerede er nevnt som usikre vil være en god start på et videre arbeid. En dypere studie av bygningers energiforbruk med detaljerte beregningsmodeller vil gi en bedre kvalitet på resultatene, og eliminere flere usikkerhetsmomenter. En inngående tiltaksanalyse var også ønskelig i arbeidet med denne oppgaven, men tidsbegrensing for studien tillot ikke dette.

Det er som nevnt ikke utarbeidet primærenergifaktorer for Norge per juni 2009. På grunn av at verdier gitt i NS EN 15603:2008[54] kun er veiledende middelveier for EU kunne det vært interessant å beregne primærenergifaktorer spesifikt for Norge.

8 KONKLUSJON

Utviklingen av bygningers energibehov viser at andelen energi brukt til komfortformål har økt, mens energiforbruk til oppvarming har redusert. Den senere tid har utviklingen av bygningers energiforbruk hatt en utflatende tendens, og frem mot 2020 vil denne tendensen vedvare. Innføringen av strengere energikrav og energimerking av bygninger vil være med på å redusere bygningers energiforbruk, men tidshorisonten frem mot 2020 er for kort til at energiforbruket i bygninger vil reduseres i vesentlig grad.

Mer og mer energi går med til teknisk utstyr og kjøling. Energiforbruket knyttet til oppvarming vil i fremtiden reduseres, mens energiforbruk knyttet til de el-avhengige energipostene vil øke. Den teknologiske utviklingen vil føre til at effektiviteten og virkningsgraden til ulike energivarer forbedres, slik at energien anvendes mer effektivt.

Faktorene som påvirker utviklingen av de aktuelle former for energiforsyning for bygninger er som følger:

- Politisk stimulans
- Politisk regulering
- Utviklingen av ny teknologi
- Tilgjengelighet
- Pris
- Brukeradferd*
- Annet

* Faktoren *brukeradferd* tar for seg kategorier som komfort, inntektsnivå, fritid, underholdning osv.

Faktorene kan deles inn i tre kategorier, *politisk*, *teknisk* og *klimatisk*, og samtlige faktorer vil på en eller annen måte være avhengig av politisk stimulans og –regulering. Strengere og mer konsise energikrav i forskrifter og forbedret oppfølging, kombinert med en holdningskampanje vil føre til en reduksjon av bygningers energiforbruk. Økt tilgjengelighet på fjernvarme vil føre til økt forbruk av fjernvarme og redusert elforbruk.

Dersom elektrisitet får en vektingsfaktor som tilsier høyt klimagassutslipp vil innføringen av energimerkeordningen føre til at flere vil velge å basere oppvarmingssystemet på alternativer til elektrisitet og fossilt brensel. Bygninger som er utenfor områder som dekkes av eksisterende eller planlagte fjernvarmenett vil erstatte oljebaserte fyrkjeler med varmepumper, biokjeler eller lignende. Det er imidlertid uheldig at bygningers energiytelse skal bedømmes ut i fra levert energi, som er basert netto energibehov. Levert energi vil aldri stemme med virkelig forbruk, og kan gi brukere villedende informasjon. I verste fall kan dette føre til at energiattesten ikke blir tatt seriøst.

Energikravene gitt i TEK 07 er for snill, og vil ikke utnytte fullt ut det eksisterende sparepotensialet i bygningsmassen. Forskriftene må bli klarere slik at de ikke kan tøyes eller unnvikes. Det må etableres en kontrollordning som kontrollerer at bygg virkelig innfrir myndighetenes energikrav. Forsinkelsene ved implementering av ulike EØS-relevante energidirektiver gir inntrykk av at norske myndigheter forsøker å bagatellisere direktivenes innhold og mål.

Ettersom forskriftskravene for bygninger er basert på netto energibehov vil dette aldri kunne sammenlignes med virkelig forbruk. I teorien vil dette favorisere den billigste oppvarmingsløsningen, med lav inntjeningstid, mens energiforbruket i praksis, som vil være høyere, kan føre til at en investering i dyrere, alternativ oppvarmingsløsning kan bli lønnsom. Reduksjon av netto energibehov vil gi gevinst på energimerket uansett hvilken varmforsyning som benyttes. Sammensetningen av energibehovet vil frem mot 2020 endre seg ved at varmebehovet vil reduseres mens energibehovet til teknisk utstyr vil øke.

Prisen på elektrisitet i Norge er for lav. Dette fører til at investeringer i alternative oppvarmingssystemer har vanskeligheter for å bli lønnsom innenfor en rimelig tid.

9 REFERANSER

- [1] NVE. "Hvorfor direktivet?," 19.11.2008; Tilgjengelig fra: http://www.bygningsenergidirektivet.no/modules/module_109/publisher_view_product.asp?iEntityId=8504&noscript=&mids=a1355a.
- [2] SSB. "Energiforbruk per husholdning," 17.03.2009; Tilgjengelig fra: <http://www.ssb.no/husenergi/>.
- [3] J. Randers, S. Aam, S. Bysveen *et al.*, *ENKL-planen: En energi- og klimaplan for Norge til 2020*, Oslo/Trondheim, 2009.
- [4] E. Commission, "Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the energy performance of buildings," *recast*, 2008.
- [5] N. Standard, "Beregning av bygningers energiytelse: metode og data," *NS 3031:2007*, Standard Norge, 2007.
- [6] SSB. "Energiregnskap og energibalanse," 31.03.09; Tilgjengelig fra: <http://www.ssb.no/energiregn/>.
- [7] OED, *Energi- og kraftbalansen mot 2020*, NOU 1998: 11, Oslo, 1998.
- [8] K. J. Haarberg, *Enova-undersøkelsen 2008*, Prognosesenteret, Oslo, 2008.
- [9] SSB. "Byggearealstatistikk 2008. Tabellar," 31.03.09; Tilgjengelig fra: http://www.ssb.no/emner/10/09/byggeareal_tab/.
- [10] Enova, *Bygningsnettverkets energistatistikk 2006*, Enovas bygningsnettverk, Trondheim, 2007.
- [11] E. Pöyry, *Energibærere i Norge*, Oslo, 2007.
- [12] Bellona, and Siemens, *Barrierestudiet om energieffektivisering i norsk byggemasse*, Oslo, 2008.

- [13] N. Due, G. Klæboe, and G. Ringen, "Baseline - fremskriving av energiforbruket til 2020," *Enova SF*, 2005.
- [14] S. Bjørberg, *Seksjon bygg- og eiendomsforvaltning - Avdeling for spesialrådgivning. Multiconsult, Oslo*, 2009.
- [15] Ø. Døhl, "Økonomiske analyser - Temperaturenens betydning for energiforbruket," *SSB*, vol. 6, 1999.
- [16] E. Pöyry, *Simuleringer av utviklingen i det nordiske kraftmarkedet*, Rapport nr. 58/02, 2002.
- [17] Regjeringen, "Plattform for regjeringssamarbeidet mellom Arbeiderpartiet, Sosialistisk Venstreparti og Senterpartiet,," 2005.
- [18] Stortinget, "Avtale om klimameldingen - klimaforliket," 2008.
- [19] K.-o. regionaldepartementet, *Forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk*, Norsk Byggtjeneste Forlag, 2007.
- [20] S. b. etat, *Veiledning til teknisk forskrift til Plan- og bygningsloven 1997*, 978-82-7258-346-9, Norsk byggtjeneste forlag, Oslo, 2007.
- [21] KanEnergi, *Nye fornybare energikilder*, Norges forskningsråd og NVE, Rud, 2001.
- [22] Enova, "Energipriser uke 9, 2009," E. Svartjeneste, ed., 2009.
- [23] R. Ulseth, *TEPI4 Bygningers energiforsyning. Vannbåren varme - systemer og egenskaper*: NTNU, 2008.
- [24] SSB. "Høye strømpriser i 2008," *Bearbeidet av forfatter*, 30.03.09; Tilgjengelig fra: <http://www.ssb.no/vis/emner/10/08/10/elkraftpris/main.html>.
- [25] T. A. Larsen. "Bekymret for økt strømpris," *Fremskrittspartiet*, 01.06.2009; Tilgjengelig fra: <http://www.frp.no/Bekymret+for+%C3%B8kt+str%C3%B8mpris.d25-S2BHU5R.ips>.
- [26] Europaparlamentet, *EUROPAPARLAMENTS- OG RÅDS DIREKTIV 2002/91/EF av 16. desember 2002 om bygningers energiytelse*, Bygningsenergidirektivet, 2002.
- [27] V. Novakovic, S. O. Hanssen, J. V. Thue *et al.*, *ENØK i bygninger: effektiv energibruk*, Oslo: NTNU, SINTEF, 2007.
- [28] NVE. "Energimerkesystemet," 30.09.2008; Tilgjengelig fra: http://www.bygningsenergidirektivet.no/modules/module_109/publisher_view_product.asp?iEntityId=23307&mids=a1364a2862a.

- [29] *Korrespondanse med Siv.Ing. Magnus Næss Killingland*, Teknisk avd. Energi og Miljø, Multiconsult, Oslo, 2009.
- [30] NVE. "Energiattesten," 14.05.2009; Tilgjengelig fra: http://www.bygningsenergidirektivet.no/modules/module_109/publisher_view_product.asp?iEntityId=23782&mids=a2887a.
- [31] OED, "Om lov om endringer i lov 29. juni 1990 nr. 50 om produksjon, omforming, overføring, omsetning, fordeling og bruk av energi m.m. (energiloven) ", Ot.prp.nr 24, 2009.
- [32] Europaparlamentet, *EUROPAPARLAMENTS- OG RÅDS DIREKTIV 2001/77/EF av 27.september 2001 om fremme av elektrisitet produsert fra fornybar energi i det indre elektrisitetsmarkedet*, Fornybardirektivet, 2001.
- [33] OED. "Fornybardirektiv 2," Europaortalen, 23.04.2009; Tilgjengelig fra: <http://www.regjeringen.no/nb/sub/europaortalen/eos-notatbasen/notatene/2008/apr/fornybardirektiv-2.html?id=522812>.
- [34] E. Hoff, "EUs klimapakke - det virkelige klimaforliket," *Kronikk i Nationen* 25.01.2008, 2008.
- [35] SSB. "Klima og luftforurensning," 02.12.2008; Tilgjengelig fra: http://www.ssb.no/emner/01/klima_luft/.
- [36] B. Singh, and G. Nese, *Energisertifikater og energisikkerhet i et markedsbasert kraftsystem.*, SNF-rapport nr. 47/03, 2003.
- [37] K.-o. regionaldepartementet. "Nye energikrav i teknisk forskrift," Tilgjengelig fra: <http://www.regjeringen.no/nb/dep/krd/tema/andre/miljoennlige-boliger-og-bygg/nye-energikrav-i-teknisk-forskrift.html?id=513225#>.
- [38] SSB. "Energibruk i tjenesteytende sektor," 25.02.09; Tilgjengelig fra: http://www.nve.no/modules/module_109/publisher_view_product.asp?iEntityId=10143.
- [39] Ø. Vessia, and K. B. Lindberg, "Kvartalsrapport for kraftmarkedet, 1.kvartal, 2008 - Temaartikkel," *NVE*, no. 11, 2008.
- [40] S. B. etat. "Nye energikrav i TEK - prosjektside," 10.03.2009; Tilgjengelig fra: <http://www.be.no/beweb/info/energi.html>.
- [41] Europaparlamentet, *EUROPAPARLAMENTS- OG RÅDS DIREKTIV 2006/32/EF av 5. april 2006 om effektiv sluttbruk av energi og energitjenester*, Energitjenestedirektivet, 2006.
- [42] N. Standard. "Standarder for bygningers energiytelse," 10.10.2008; Tilgjengelig fra: <http://www.standard.no/imaker.exe?id=11087&visdybde=2&aktiv=11087#1>.
- [43] SFT. "Klimakur 2020," 10.03.2009; Tilgjengelig fra: <http://www.klimakur2020.no/>.

- [44] R. Z. Høseggen, "Kompetanse for bedre eiendomsforvaltning - med fokus på offentlig sektor," *Energidirektivet: Hvordan bruke NS 3031 i forhold til TEK*, 2009.
- [45] Programbyggerne, "SIMIEN," *Simulering av forfatter*, Tilgjengelig fra: <http://www.programbyggerne.no/>, 2009.
- [46] SSB. "Energi. Tabeller og figurer," *Bearbeidet av forfatter*, 30.03.09; Tilgjengelig fra: <http://www.ssb.no/emner/01/03/10/energiregn/tab-2008-11-11-21.html>.
- [47] N. Standard, "Varmesystemer i bygninger. Metode for beregning av systemets energikrav og systemvirkningsgrad," *NS-EN 15316-1:2007*, 2007.
- [48] RIF, "Reviderte byggeforskrifter og energiforbruk i næringsbygg," *Møte med Kommunal- og regionalminister Maghild Meltveit Kleppa om TEK*, 2007.
- [49] S. b. etat, *Energi: temaveiledning*, Norsk byggtjeneste forlag, Oslo, 2007.
- [50] N. Standard, "Kriterier for lavenergi- og passivhus - Boligbygninger," *prNS 3700:2009*, 2009.
- [51] Enova. "Enova utfordrer byggebransjen," 23.01.2009; Tilgjengelig fra: <http://www.enova.no/sitepageview.aspx?articleID=1613>.
- [52] *Korrespondanse med Karen Byskov Lindberg*, Energi- og markedsavdelingen, NVE, 2009.
- [53] SFT. "Miljøstatus i Norge - drivhuseffekten," 08.05.2009; Tilgjengelig fra: <http://www.miljostatus.no/tema/Klima/Drivhuseffekten/>.
- [54] N. Standard, "Bygningers energiytelse. Bestemmelse av total energibruk og energiytelse.," *NS-EN 15603:2008*, Standard Norge, 2008.
- [55] T. Wigenstad, T. H. Dokka, T. D. Pettersen *et al.*, "Energimerking av næringsbygg," *STF50 F0117*, 2005.
- [56] Ø. Vessia, "Planning of sustainable energy distribution systems. Part III; A life cycle assessment perspective.," *SINTEF/NTNU*, 2007.
- [57] T. Wigenstad, T. H. Dokka, T. D. Pettersen *et al.*, *SINTEF Rapport - Energimerking av næringsbygg*, Trondheim, 2005.
- [58] NVE, "Energistatus 2008," *Energi til oppvarming*, 2008.
- [59] R. Ulseth, "Store vrangforestillinger i den norske energi- og klimadebatten," *Teknisk Ukeblad*, no. 07, 2009.
- [60] R. Ulseth, "Om utvekslingen av elektrisitet mellom Norge og naboland," NTNU, 2008.

- [61] OED, "Om energipolitikken," St.meld. nr. 29, Olje- og energidepartementet, 1999.
- [62] *Korrespondanse med Prof. Arne T. Holen*, Institutt for elkraftteknikk, NTNU, Trondheim, 2009.
- [63] T. H. Dokka, and K. Hermstad, *Energieffektive boliger for fremtiden*, SINTEF Byggforsk, Trondheim, 2006.
- [64] Miljøverndepartementet, "Et klimavennlig Norge," *NOU 2006:18*, 2006.
- [65] E. Pöyry, *Energibærere i Norge*, Rapport nr 2007-083, Oslo, 2008.
- [66] Enercon, *Samlede miljøkostnader. Biobrensel, avfall og naturgass.*, 2005.
- [67] Boligvarme. "Vannbåren varme/andre energikilder - Fjernvarme," 25.05.2009; Tilgjengelig fra: <http://www.boligvarme.no/vannb-ren-varme-andre-energikilder/fjernvarme.html>.
- [68] SomaMiljøkonsult. "Fjernvarme," 27.05.2009; Tilgjengelig fra: <http://www.somamiljokonsult.no/Fjernvarme.htm>.
- [69] UNFCCC, *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*, 1998.
- [70] A. Dahl. "Klimapolitikk og integrering av miljøhensyn i EUs energipolitikk " Norway - the official site, 25.05.2009; Tilgjengelig fra: <http://www.eu-norge.org/Aktuelt/Rapporter/halv%C3%A5rsRAPP+MILJ%C3%98.htm>.
- [71] D. M. Dalen, E. R. Moen, and C. Riis, *Regulering av fjernvarme*, CREAM, Oslo, 2007.
- [72] B. Halvorsen, B. M. Larsen, and R. Nesbakken, "Energiforbruket i norske bygninger fra 1960 til 2003," *SSB*, 2005.
- [73] J. Stene, *Oppvarmingssystemer for lavenergiboliger*, SINTEF Energiforskning AS, 2006.
- [74] S. Bjørnestad, "Gasskraftverket på Kårstø slås av," *Aftenposten*, 2008.
- [75] A. Rødningsby. "Nå går gasskraftverket på Kårstø," *Zero*, 10.03.2009; Tilgjengelig fra: <http://www.zero.no/fossil/co2/na-gar-gasskraftverket-pa-karsto/>.
- [76] NordPool. "Nøkkelverdier for Norge," *Bearbeidet av forfatter*, 23.03.09; Tilgjengelig fra: <http://www.nordpool.com/System/flags/power/key/norway/>.
- [77] M. Germiso, "Klimagassutslipp fra nordisk elkraft," *Fremtiden i våre hender*, 2008.

- [78] M. Thyholt, "Varmeforsyning til lavenergiboliger i områder med fjernvarmekonsesjon: analyser av CO2-utslipp og forsyningssikkerhet for elektrisitet," NTNU, Trondheim, 2006.
- [79] NVE. "Varedeklarasjon - fysisk forbruk i Noreg 2008," 06.06.2009; Tilgjengelig fra: <http://nve.no/no/Kraftmarked/Sluttbrukermarkedet/Varedeklarasjon/Fysisk-forbruk-i-Noreg/>.
- [80] *Korrespondanse med Prof. Rolf Ulseth*, Institutt for energi- og prosessteknikk, NTNU, Trondheim, 2009.
- [81] G. Tajet, "Nordmenns CO2-utslipp på verstingtoppen," *Framtiden i våre hender*, 2008.
- [82] Boligvarme. "Tenk langsiktig når du skal velge varmeløsning," 10.05.2009; Tilgjengelig fra: <http://www.boligvarme.no/hva-er-vannb-ren-varme-/index.php>.
- [83] Byggforskeren, "Vannbåret lavtemperatur golvvarmeanlegg med stor energifleksibilitet," *Byggdetaljblad 552.122*, SINTEF Byggforsk, 2001.
- [84] NBBL. "Populært med trend-radiatorer," 10.03.2009; Tilgjengelig fra: http://www.nbbl.no/46957/Side/Popul%E6rt_med_trend-radiatorer.
- [85] J. Stene, *Varmepumper - bygningsoppvarming*, Trondheim: SINTEF Energiforskning, 2001.
- [86] B. Dahl, "Brødrene Dahls Varmebok," 2005.
- [87] Enova. "Vann-vann-varmepumpe," 15.04.09; Tilgjengelig fra: <http://www.minenergi.no/sitepageview.aspx?sitePageID=1022&overrideArticleID=25>.
- [88] K. Hvitved-Jacobsen. "Norge har billig strøm," *DinSide*, 01.06.2009; Tilgjengelig fra: <http://www.dinside.no/367435/norge-har-billig-strom>.
- [89] L. Myhre, and T. H. Dokka, "Energieffektive løsninger i småhus," *Byggforsk, Anvisning 40*, 2004.
- [90] Enova, *Manual for Enøk normtall*, Enova håndbok, 2004.
- [91] Enova. "Kriterier for tildeling," 14.04.2009; Tilgjengelig fra: <http://www.minenergi.no/sitepageview.aspx?sitePageID=1062>.
- [92] SSB. "Økt bruk av fjernvarme," *Fjernvarmestatistikk*, 2007 09.06.2009; Tilgjengelig fra: <http://www.ssb.no/fjernvarme/>.
- [93] SSB, "Energibruk per husholdning, 2006," *Gjennomsnittlig energiforbruk for husholdninger med og uten varmepumpe. kWh tilført energi. 2004 og 2006.*, 2008.

- [94] *Korrespondanse med Bjørn Reidar Sørensen*, Teknisk avd. Multiconsult, Narvik, 2009.
- [95] T. B. Ottersen. "Forbud mot glødepærer - noe for Norge?," Enova SF, 29.05.2009; Tilgjengelig fra: <http://naring.enova.no/sitepageview.aspx?articleID=2335>.
- [96] A. Fidjestøl, "Grønn gass? ," *FIVH-rapport nr. 5/2002*, no. Fremtiden i våre hender, 2002.
- [97] EBL. "Avgiftssatser for 2009," Tilgjengelig fra: <http://www.ebl.no/article.php?articleID=1613&categoryID=6>.
- [98] H. Landsforbund. "Skuffet over økt elavgift," 21.05.2009; Tilgjengelig fra: <http://www.huseierne.no/Om-Huseiernes-Landsforbund/Tilpressen/Pressemeldinger/Skuffet-over-okt-elavgift/>.

A. Brukerundersøkelse fra SSB

Tabell A 1 Oversikt over husholdninger med og uten varmepumper. BRA mellom 100 og 149 m².
Energiforbruk i kWh.[93]

	<i>Boliger med boligareal mellom 100 og 149 m²</i>									
	Total energi	Elektrisitet	Olje og parafin	Ved, kull og koks	Energiforbruk pr. m ² BRA	Strømforbruk pr. m ² BRA	Gj.sn areal m ²	Antall pers. i gj.snitt	Gj.sn bygge år	Antall i utvalg
2004										
Husholdninger uten varmepumpe	23 992	18 373	1 369	4 179	199	153	121	2,5	1966	340
Husholdninger med varmepumpe	19 951	16 006	385	2 817	163	132	124	2,9	1958	21
Gjennomsnitt	23 798	18 260	1 322	4 114	197	152	121	2,5	1965	361
2006										
Husholdninger uten varmepumpe	24 590	17 755	1 211	5 583	206	149	120	2,4	1964	304
Husholdninger med varmepumpe	26 021	19 144	1 161	5 276	212	155	123	2,4	1976	36
Gjennomsnitt	24 730	17 891	1 206	5 553	207	149	120	2,4	1965	340

Tabell A 1 og A 2 viser energiforbruket for husholdninger av en viss størrelse med og uten varmepumpe. Tallene er hentet fra en undersøkelse foretatt av SSB[93], og sammenligner energiforbruket for en tidsperiode. Tallene viser at husholdninger med varmepumpe brukte i 2006 mer strøm enn husholdninger uten varmepumpe. Det presiseres at undersøkelsen ikke kan betraktes som gjeldende uansett husholdning, på grunn av det begrensede antallet i utvalget for husholdninger med varmepumpe.

Tabell A 2 Oversikt over husholdninger med og uten varmepumper. BRA over 149 m². Energiforbruk i kWh.
[93]

	<i>Boliger med boligareal over 149 m²</i>									
	Total energi	Elektrisitet	Olje og parafin	Ved, kull og koks	Energiforbruk pr. m ² BRA	Strømførbruk pr. m ² BRA	Gj.sn areal m ²	Antall pers. i gj.snitt	Gj.sn bygge år	Antall i utvalg
2004										
Husholdninger uten varmepumpe	30 771	21 658	3 020	6 052	162	114	194	3,0	1961	411
Husholdninger med varmepumpe	30 762	25 255	598	4 857	155	127	212	3,3	1970	39
Gjennomsnitt	30 770	21 979	2 831	5 959	161	115	196	3,0	1962	450
2006										
Husholdninger uten varmepumpe	32 356	23 030	2 948	6 201	166	118	199	3,2	1961	330
Husholdninger med varmepumpe	29 476	23 293	1 184	4 816	154	122	199	3,4	1960	65
Gjennomsnitt	31 896	23 072	2 666	5 980	164	119	199	3,2	1961	395

B. Primærenergiforbruk

Tabell B 1 Data for beregning av primærenergiforbruk og CO₂-utslipp[5, 19, 54].

System	CO ₂ -utslipp kg/m ²	Netto energibehov kWh/m ²	Levert energi kWh/m ²	Primær-energi kWh/m ²	El-spesifikt kWh/m ²	Vannoppvarming kWh/m ²	Romoppvarming kWh/m ²
El	103	165	166	548	106	5	54
Olje	60	165	183	247	106	5	54
Gass	50	165	179	243	106	5	54
Bio	4	165	187	206	106	5	54
Varmepumpe	86	165	140	461	106	5	54
El og olje	93	165	179	475	106	5	54
El og bio	75	165	182	463	106	5	54
Bio og gass	71	165	185	441	106	5	54
Bio, el og sol	80	165	172	451	106	5	54

	El Rom	El Vann	Olje Rom	Olje Vann	Gass Rom	Gass Vann	Bio Rom	Bio Vann	VP Rom	VP Vann	Sol Rom	Sol Vann
	100 %	100 %										
			100 %	100 %								
					100 %	100 %						
							100 %	100 %				
	20 %	50 %							80 %	50 %		
	20 %	50 %	80 %	50 %								
	20 %	50 %					80 %	50 %				
					20 %	50 %	80 %	50 %				
	20 %	50 %					60 %	40 %			20 %	10 %
Virkningsgrad	98 %	98 %	77 %	77 %	81 %	81 %	73 %	73 %	226 %	226 %	226 %	226 %

	Primærenergifaktor [-]	CO ₂ -utslipp [kg/kWh]
Olje	1,35	0,330
Gass	1,36	0,277
Bio	1,10	0,020
El	3,31	0,617

C. Data i beregningseksempel

Tabell C 1 Oversikt over generell data for bygningen og investeringen[90].

Oppvarming	Enhet		Ventilasjon	Enhet	
U-vegg	W/m ² *K	0,22	Driftstid	h/uke	168
U-vindu	W/m ² *K	0,82	Luftmengde	m ³ /h*m ²	1,3
U-tak	W/m ² *K	0,13	Design romtemp.	°C	20
U-gulv	W/m ² *K	0,15	Varmegjenvinner	%	70
Vindusareal	%	30	Automatikk	%	98
Solvarmetilskudd	%	0,5	Varmtvann	Enhet	
Infiltrasjon	h-1	0,15	Våtrom	l/m ²	280
Belysning	W/m ²	4	Kjøkken	l/m ²	260
Utstyr	W/m ²	5,5	Fordelingsnett	%	100
Personvarme	W/m ²	1,6	Automatikk	%	98
Romtemperatur	°C	21	Vifter og pumper	Enhet	
Fordelingsnett	%	100	Driftstid	h/uke	168
Automatikk	%	100	Vifter	W/m ²	0,5
Temp.senkning	%	-10	Pumper	W/m ²	0
			Pumper, kjøling	W/m ²	0
Fellesparametere	Enhet		Belysning	Enhet	
FDV/EOS	%	95	Brukstid	h/uke	85
Energiproduksjon	%	100	Samtidig effekt	W/m ²	4
Bygningens levetid	år	50	Diverse	Enhet	
			Brukstid	h/uke	75
			Samtidig effekt	W/m ²	6,5
Geometri	Enhet				
Ytterveggareal	m ²	132	Oppvarmet areal	200	m ²
Vindusareal	m ²	60	Netto romhøyde	2,4	m ²
Takareal	m ²	100	Antall etasjer	2	
Gulvareal	m ²	100	Formfaktor	0,82	
Generelt					
Enebolig med oppvarmet areal på 200 m ² . Det er forutsatt at det bor 4 personer i eneboligen. Eneboligen har skråtak til alle fire sidene, men loftrum er ikke oppvarmet					
Ved beregning av varmtvannsforbruk er det forutsatt delta_T = 30 °C.					
Utgangspunktet for varmtvannsforbruket er Byggedetaljblad A 553.153 der følgende verdier er gitt:					
	Dusjer	26	l/person per dag		
	Vannkraner	12	l/person per dag		
	Kjøkken	36	l/person per dag		

tabellen fortsetter på neste side

Oppvarmingsbehov	Enhet	
Spes. Oppvarmingsbehov	kWh/m2	87
Netto oppvarmingsbehov	kWh/år	17423
El.spesifikt energibehov	kWh/år	9177
Spes.energibehov	kWh/m2	133
Totalt netto energibehov	kWh/år	26600

Konstanter	Enhet	
Delta_T	°C	17,2
m	m3/s	0,168
cp	kJ/kg*K	1
rho	kg/m3	1,2
årsmiddeltemp, Narvik	°C	3,8

Priser	Enhet	
Elektrisitet, inkl avgifter	kr/kWh	0,8
Pellets	kr/kWh	0,55

Investeringsdata	Enhet	
Rente:	%	0,04
Levetid teknisk utstyr	år	20
Annuitetsfaktor:	-	0,0736

Effektbehov	Enhet	
Dim.effektbehov	kW	5,3
P_transmisjon	kW	1,8
P_ufrivillig vent	oms/h	0,3
P_ventilasjon	kW	3,5

Tabell C 2 Nåverdiberegning for oppvarmingssystemene. Alle tall i kroner.

Pelletskjel inkl. VBV		Elektrisitet		Varmepumpe inkl. VBV	
Rør/utstyr til gulvvarme	55 000	Panelovner (8 stk)	12 000	Varmepumpe inkl brønn og utstyr	120 000
Bereder til forbruksvann	15 000	Styringssystem	8 000	Rør/utstyr til gulvvarme	55 000
Pelletskjel inkl utstyr	50 000	Installasjon	15 000	Bereder til forbruksvann	15 000
Vedovn	8 000	Bereder til forbruksvann	15 000	Vedovn	8 000
		Elektrisk gulvvarme	15 000		
		Vedovn	8 000		
Totalt investering	128 000	Totalt investering	73 000	Totalt investering	198 000
Merkostnad ift el	55 000			Merkostnad ift el	125 000
Reinvest etter 20 år	60 000	Reinvest etter 20 år	22 000	Reinvest etter 20 år	115 000
i0	55 000	i0	73 000	i0	125 000
i1	22 613	i1	8 292	i1	43 342
i2	8 523	i2	3 125	i2	16 335
Årlig besparelse ift el	3 358			Årlig besparelse ift el	8 428
Nåverdi	59 590			Nåverdi	53 605

Tabell C 3 Årlig redusert elektrisitetsforbruk for oppvarmingssystemene

Energiforbruk Pellets			Energiforbruk helelektrisk			Energiforbruk VP		
Effekt kjel	10	kW				Effekt VP	10	kW
Virkningsgrad pelletskjel	0,75	-	Virkningsgrad el	0,92	-	COP	2,22	-
Dekker varmebehovet	95	%				Dekker varmebehovet	95	%
Leverte varme fra pellets	16 552	kWh				Leverte varme fra VP	16 552	kWh
						El-forbruk varmepumpe	7 456	kWh
El forbruk til varme	871	kWh	El forbruk til varme	17 423	kWh	El forbruk til varme	871	kWh
Kostnad varme	11 792	kr	Kostnad varme	15 150	kr	Kostnad varme	6 662	kr
Kostnad el-spesifikt	7 342	kr	Kostnad el-spesifikt	7 342	kr	Kostnad el-spesifikt	7 342	kr
Totale energikostnader	19 134	kr	Totale energikostn.	22 492	kr	Totale energikostnader	14 003	kr
Årlig redusert el-forbruk	16 552	kWh				Årlig redusert el-forbruk	16 552	kWh

Posten "El-forbruk til varme" er andelen varme som dekkes av elektrisitet på grunn av at oppvarmingssystemet kun dekker 95 % av varmebehovet.

D. Effektive energipriser

I tabellen ser du hvordan Enovas svartjeneste rangerer de effektive energiprisene for ulike varmekilder for uke 9, 2009, forutsatt en enebolig med forbruk på 25 000 kWh pr. år.

Tabell D 1 Oversikt over effektive priser i øre/kWh for ulike varmekilder i uke 9, 2009.[22]

Varmekilde	Effektiv pris (øre/kwh)	ENOVAS kommentarer
Jord, vann, fjell VP	26	Årsvarmefaktoren er satt til 3,3 (du får igjen 3 til 4 ganger så mye varme som den strømmen du tilfører). Denne typen varmepumper er ikke avhengige av utetemperatur. Kan også varme varmtvann.
Luft/vann VP	31	Årsvarmefaktoren er satt til 2,7 (du får igjen 2 til 3 ganger så mye varme som den strømmen du tilfører). Reduseres gradvis ned til 1 i forhold til utetemperatur.
Luft/luft VP	35	Årsvarmefaktoren er satt til 2,4 (du får igjen 2 til 3 ganger så mye varme som den strømmen du tilfører). Reduseres gradvis ned til 1 i forhold til utetemperatur. Ca. 10 års levetid
Ved - favn	59	Med utgangspunkt i en moderne vedovn med 75% virkningsgrad. Gjelder bjørkeved med 20% fuktighet, brennverdi pr favn 4240 kWh og 1 favn = 54 fulle 40 liter sekker. Kilde:www.norskved.no
Gass	56	Basert på 90% virkningsgrad, nedgravd tank og innkjøp en gang i året. Gassprisen varierer en del så tilgang og pris bør sjekkes lokalt.
Pellets	71	2900 kr :1000 kg = 2,9 kr/kg : 4,8 kWh/kg : 0,85% = 71 øre/kWh. Kilde: www.felleskjøpet.no.
Strøm	85	Anslaget er inkludert nettleie, forbruksavgift på strøm og mva. Det er forutsatt en kraftpris på 43 øre. Spotpris ligger i dag rundt 20 øre, mens fastprisavtalene forutsetter 43 - 48 øre pr. kwh.
Fyringsolje	91	Moderne oljekjel med 90% virkningsgrad og en brennverdi på 10 kWh/liter. Det er mulig å få rabatt ved større bestillinger og/eller ved kjøp om sommeren. Derfor har vi benyttet en parafinpris på 8,10 kr/liter som er 0,50 kr/liter lavere enn dagens listepriis via linken over. Men dette er altså en lite miljøvennlig energivare som myndighetene ønsker å minske bruken av. Kilde: www.statoilnorge.no
Ved - sekk	85	50 kr/sekk (40 liter). Kilde: Bensinstasjoner, men her varierer prisen mye.
Parafin	101	Vi har tatt utgangspunkt i en moderne oljekjel med 90% virkningsgrad og en brennverdi på 9,5 kWh/liter. Det er mulig å få rabatt ved større bestillinger og/eller ved kjøp om sommeren. Derfor har vi benyttet en parafinpris på 8,64 kr/liter som er 0,50 kr/liter lavere enn dagens listepriis via linken over. Men dette er altså en lite miljøvennlig energivare som myndighetene ønsker å minske bruken av. Kilde: www.statoilnorge.no.

E. Simuleringer fra SIMIEN

De neste 6 sidene er utskrift fra simuleringsprogrammet SIMIEN.



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:05 28/5-2009
Programversjon: 4.031
Brukernavn: Flerbruker
Firma: Multiconsult AS
Inndatafil: C:\...\2 Kontorbygg TEK87.smi
Prosjekt: Kontorbygg TEK 87
Sone: Kontorbygg TEK 87

Energibudsjett		
Energipost	Energibruk	Spesifikk energibruk
Romoppvarming	708001 kWh	84.2 kWh/m ²
Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	309688 kWh	36.8 kWh/m ²
Oppvarming av tappevann	84310 kWh	10.0 kWh/m ²
Vifter (ventilasjon)	173647 kWh	20.6 kWh/m ²
Pumper	39120 kWh	4.7 kWh/m ²
Belysning	210731 kWh	25.1 kWh/m ²
Teknisk utstyr	289810 kWh	34.5 kWh/m ²
Romkjøling	149139 kWh	17.7 kWh/m ²
Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0.0 kWh/m ²
Total	1964446 kWh	233.6 kWh/m ²

Levert energi		
Energikilde	Energibruk	Spesifikk energibruk
Elektrisitet	1997407 kWh	237.5 kWh/m ²
Totalt levert energi	1997407 kWh	237.5 kWh/m ²

Årlige utslipp av CO ₂		
Energikilde	Utslipp	Spesifikt utslipp
Elektrisitet	709080 kg	84.3 kg/m ²
Totalt utslipp	709080 kg	84.3 kg/m ²



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:10 28/5-2009
Programversjon: 4.031
Brukernavn: Flerbruker
Firma: Multiconsult AS
Inndatafil: C:\...\1 Kontorbygg TEK97.smi
Prosjekt: Kontorbygg TEK 97
Sone: Kontorbygg TEK 97

Energibudsjett		
Energipost	Energibruk	Spesifikk energibruk
Romoppvarming	486156 kWh	57.8 kWh/m ²
Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	305135 kWh	36.3 kWh/m ²
Oppvarming av tappevann	84310 kWh	10.0 kWh/m ²
Vifter (ventilasjon)	173647 kWh	20.6 kWh/m ²
Pumper	31517 kWh	3.7 kWh/m ²
Belysning	210731 kWh	25.1 kWh/m ²
Teknisk utstyr	289810 kWh	34.5 kWh/m ²
Romkjøling	168381 kWh	20.0 kWh/m ²
Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0.0 kWh/m ²
Total	1749687 kWh	208.0 kWh/m ²

Levert energi		
Energikilde	Energibruk	Spesifikk energibruk
Elektrisitet	1745947 kWh	207.6 kWh/m ²
Totalt levert energi	1745947 kWh	207.6 kWh/m ²

Årlige utslipp av CO2		
Energikilde	Utslipp	Spesifikt utslipp
Elektrisitet	619811 kg	73.7 kg/m ²
Totalt utslipp	619811 kg	73.7 kg/m ²



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:13 28/5-2009
Programversjon: 4.031
Brukernavn: Flerbruker
Firma: Multiconsult AS
Inndatafil: C:\...\0 Kontorbygg TEK07.smi
Prosjekt: Kontorbygg TEK 07
Sone: Kontorbygg TEK 07

Energibudsjett		
Energipost	Energibruk	Spesifikk energibruk
Romoppvarming	336085 kWh	40.0 kWh/m ²
Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	180658 kWh	21.5 kWh/m ²
Oppvarming av tappevann	84310 kWh	10.0 kWh/m ²
Vifter (ventilasjon)	173647 kWh	20.6 kWh/m ²
Pumper	27273 kWh	3.2 kWh/m ²
Belysning	210731 kWh	25.1 kWh/m ²
Teknisk utstyr	289810 kWh	34.5 kWh/m ²
Romkjøling	186271 kWh	22.1 kWh/m ²
Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0.0 kWh/m ²
Total	1488785 kWh	177.0 kWh/m ²

Levert energi		
Energikilde	Energibruk	Spesifikk energibruk
Elektrisitet	1443806 kWh	171.7 kWh/m ²
Totalt levert energi	1443806 kWh	171.7 kWh/m ²

Årlige utslipp av CO2		
Energikilde	Utslipp	Spesifikt utslipp
Elektrisitet	512551 kg	60.9 kg/m ²
Totalt utslipp	512551 kg	60.9 kg/m ²



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Energibehov
Tid/dato simulering: 13:05 28/5-2009
Programversjon: 4.031
Brukernavn: Flerbruker
Firma: Multiconsult AS
Inndatafil: C:\...\Småhus_TEK_87.smi
Prosjekt: Enebolig TEK 87
Sone: Enebolig TEK 87

Energibudsjett		
Energipost	Energibruk	Spesifikk energibruk
Romoppvarming	42629 kWh	157.3 kWh/m ²
Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0.0 kWh/m ²
Oppvarming av tappevann	8073 kWh	29.8 kWh/m ²
Vifter (ventilasjon)	0 kWh	0.0 kWh/m ²
Pumper	0 kWh	0.0 kWh/m ²
Belysning	4590 kWh	16.9 kWh/m ²
Teknisk utstyr	6331 kWh	23.4 kWh/m ²
Romkjøling	0 kWh	0.0 kWh/m ²
Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0.0 kWh/m ²
Total	61623 kWh	227.4 kWh/m ²

Levert energi		
Energikilde	Energibruk	Spesifikk energibruk
Elektrisitet	67256 kWh	248.2 kWh/m ²
Totalt levert energi	67256 kWh	248.2 kWh/m ²

Årlige utslipp av CO ₂		
Energikilde	Utslipp	Spesifikt utslipp
Elektrisitet	23876 kg	88.1 kg/m ²
Totalt utslipp	23876 kg	88.1 kg/m ²



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Energibehov
Tid/dato simulering: 13:09 28/5-2009
Programversjon: 4.031
Brukernavn: Flerbruker
Firma: Multiconsult AS
Inndatafil: C:\...\Småhus_TEK_97.smi
Prosjekt: Enebolig TEK 97
Sone: Enebolig TEK 97

Energibudsjett		
Energipost	Energibruk	Spesifikk energibruk
Romoppvarming	27625 kWh	101.9 kWh/m ²
Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0.0 kWh/m ²
Oppvarming av tappevann	8073 kWh	29.8 kWh/m ²
Vifter (ventilasjon)	0 kWh	0.0 kWh/m ²
Pumper	0 kWh	0.0 kWh/m ²
Belysning	4590 kWh	16.9 kWh/m ²
Teknisk utstyr	6331 kWh	23.4 kWh/m ²
Romkjøling	0 kWh	0.0 kWh/m ²
Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0.0 kWh/m ²
Total	46619 kWh	172.0 kWh/m ²

Levert energi		
Energikilde	Energibruk	Spesifikk energibruk
Elektrisitet	50586 kWh	186.7 kWh/m ²
Totalt levert energi	50586 kWh	186.7 kWh/m ²

Årlige utslipp av CO2		
Energikilde	Utslipp	Spesifikt utslipp
Elektrisitet	17958 kg	66.3 kg/m ²
Totalt utslipp	17958 kg	66.3 kg/m ²



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Energibehov
Tid/dato simulering: 13:11 28/5-2009
Programversjon: 4.031
Brukernavn: Flerbruker
Firma: Multiconsult AS
Inndatafil: C:\...\Småhus_TEK_07.smi
Prosjekt: Enebolig TEK 07
Sone: Enebolig TEK 07

Energibudsjett			
Energipost	Energibruk	Spesifikk energibruk	
Romoppvarming	16172 kWh	59.7 kWh/m ²	
Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0.0 kWh/m ²	
Oppvarming av tappevann	8073 kWh	29.8 kWh/m ²	
Vifter (ventilasjon)	2259 kWh	8.3 kWh/m ²	
Pumper	0 kWh	0.0 kWh/m ²	
Belysning	4590 kWh	16.9 kWh/m ²	
Teknisk utstyr	6331 kWh	23.4 kWh/m ²	
Romkjøling	0 kWh	0.0 kWh/m ²	
Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0.0 kWh/m ²	
Total	37425 kWh	138.1 kWh/m ²	

Levert energi			
Energikilde	Energibruk	Spesifikk energibruk	
Elektrisitet	40119 kWh	148.0 kWh/m ²	
Totalt levert energi	40119 kWh	148.0 kWh/m ²	

Årlige utslipp av CO2			
Energikilde	Utslipp	Spesifikt utslipp	
Elektrisitet	14242 kg	52.6 kg/m ²	
Totalt utslipp	14242 kg	52.6 kg/m ²	