

---

## Forord

Prosjektoppgaven er utført høsten 2005 med Stein-Erik Fleten ved institutt for Industriell økonomi og teknologiledelse, NTNU som faglærer.

SINTEF Energiforskning, da spesielt veileder Bjørn Bakken, har vært til stor hjelp og en viktig samarbeidspartner ved utførelsen av oppgaven.

Prosjektoppgaven er først og fremst et forstudium til en senere diplomoppgave, og målet med oppgaven har derfor vært å sette seg inn i utforming, lønnsomhet og barrierer ved enøk-tiltak i bygninger samt alternative finansierings og kontraktsformer som kan benyttes for å overkomme de ulike barrierene. Utfordringen ved oppgaven har vært å sette seg inn i og knytte sammen tre fagmiljøer, nemlig bygg, energi og økonomi. Oppgaven har vært svært lærerik og gitt god innsikt i de ulike problemstillinger og løsninger knyttet til enøk-tiltak i den Norske byggemassen.

Takk til min faglærer Stein-Erik Fleten, Rolf Ulseth ved institutt for klima og kuldeteknikk NTNU, Frank Sagvik ved Siemens Building Technologies og nøkkelpersoner ved Entro Energi for veiledning, informasjon og interessante diskusjoner. En takk rettes også til alle andre som har bidratt til oppgaven.

Rapporten er skrevet av Monika Inde Zsak, student ved institutt for Industriell økonomi og teknologiledelse ved NTNU.

Trondheim 11. desember 2005

---

Monika Inde Zsak.

---

---

## Sammendrag

Oppgaven tar for seg muligheter, barrierer og lønnsomhet ved å bygge energieffektive bygninger i Norge. Den presenterer også alternative finansierings- og kontraktsformer som kan redusere gapet mellom uttrykt mål om energiomlegging fra Olje og energidepartementets side og gjennomføringer av enøk-tiltak i byggebransjen.

Rapporten viser at den reelle handlefriheten i en byggeprosess begrenses etter hvert som beslutninger gjøres og kostnader akkumuleres. Det er derfor viktig å påvirke byggets utforming allerede på tegnebrettet for slik å unngå ekstra investeringskostnader samt redusere energikostnader under byggets levetid. Byggebransjen er en kompleks bransje med mange ulike aktører som hver har sine preferanser og motivasjoner. Dette fører til store utfordringer da en energiomlegging krever kunnskapsdeling og samarbeid i bransjen.

Sparepotensialet for energi i den norske bygningsmassen er stort nok til å gi lønnsomhet over tid ved bygging av energieffektive bygninger, samt ved rehabilitering av eksisterende byggemasser. For nybygg kan det ved en merinvestering på 0-10 % oppnås et sparepotensial for energibruk på 40- 50 %. Motstridende incentiver, lav elektrisitetspris, investeringsvegring, mangel på økonomisk støtte, kunnskap og informasjon samt byggeprosessens struktur med budrunder, er kun noen av barrierene som diskuteres i oppgaven og som fører til at en energiøkonomisering av den norske byggemassen ikke realiseres.

Det er ofte slik at når et energisystem vurderes gis investeringskostnaden stor oppmerksomhet mens besparelser i driftskostnader og energikostnader på sikt undervurderes. På grunn av investeringsvegring fører dette ofte til at mindre energieffektive løsninger for et varmesystem i en bygning velges. For å overkomme barrierer med høye investeringskostnader viser rapporten at det er mulig å benytte energiytelseskontrakter med og uten tredjepartsfinansiering. Det som kjennetegner slike kontrakter er at gevinsten for en prosjektselger, i oppgaven definert som en energiinvestor, er avhengig av resultatene for energisparing hos kunden. Energiytelseskontrakter med tredjepartsfinansiering vil si at det er en ekstern aktør, og ikke kunden selv, som foretar investeringene og får tilbakebetalt på sikt gjennom besparelser i energiutgifter. Når den eksterne aktøren har fått tilbakebetalt sine investeringskostnader, utgifter og renter ved det aktuelle prosjektet er det sluttbruker som overtar investeringen og kan selv dra nytte av energibesparelsene. Det finnes ulike måter å strukturere energiytelseskontrakter på, avhengig av transaksjonsforløpet og lengde på avtaleforholdet. Hvilken kontraktsform som benyttes må vurderes ut fra hvor stor risiko de ulike parter i kontrakten ønsker å påta seg i hvert enkelt tilfelle. For at energiytelseskontrakter skal være lønnsomme må imidlertid energibehovet til kunden være opp mot 1,5 GWh. Energiytelseskontrakter er i Norge fortsatt på pilotstadiet med få reelle prosjekter. For at energiytelseskontrakter skal fullt ut realiseres i Norge kreves det markedsføring av konseptet og initiativ fra myndighetenes side.

---

# Innhold

<b>FORORD</b> .....	<b>1</b>
<b>SAMMENDRAG</b> .....	<b>2</b>
<b>INNHold</b> .....	<b>3</b>
<b>INNLEDNING</b> .....	<b>5</b>
<b>1 AKTØRER PÅ MARKEDET</b> .....	<b>6</b>
1.1 BESLUTNINGSPROSESSER I BYGGEBRANSJEN.....	6
1.1.1 Byggeprosessen.....	6
1.1.2 Ulike aktører i byggebransjen.....	7
1.1.3 Motivasjon hos de ulike aktørene.....	8
1.2 BARRIERER FOR ENERGIEFFEKTIVE LØSNINGER.....	8
1.2.1 Tidsaspektet.....	8
1.2.2 Investeringskostnader kontra driftskostnader.....	8
1.2.3 Manglende informasjon/kunnskap.....	9
1.2.4 Budrunde.....	9
1.2.5 Skjulte kostnader.....	9
1.2.6 Usikkerhet og sluttbrukers risikoaversjon.....	9
1.2.7 Lav strømpris.....	9
1.2.8 Nettselskaper.....	9
1.2.9 Støtte.....	9
<b>2 ENØK-TILTAK I BYGNINGER</b> .....	<b>11</b>
2.1 BESLUTNINGSPROSESSEN FOR ENØK-TILTAK.....	11
2.1.1 Redusere behov.....	12
2.1.2 Behovsstyring.....	15
2.1.3 Varmegjenvinning.....	16
2.2 LAVENERGIBOLIGER OG PASSIVHUS.....	16
2.2.1 Eksempler på lavenergiboliger og passivhus.....	18
<b>3 AKTUELLE ENERGIBÆRERE</b> .....	<b>21</b>
3.1 FAKTORER SOM PÅVIRKER VALG AV ENERGIBÆRER I EN BYGNING.....	21
3.1.1 Type bygning.....	22
3.2 DE ULIKE ENERGIBÆRERNE SOM KAN VELGES.....	24
3.2.1 Biomasse.....	24
3.2.2 Omgivelsesvarme.....	25
3.2.3 Fjernvarme.....	27
3.3 ENERGIFLEKSIBILITET.....	28
3.4 MULIGE ULEMPER MED DE FORNYBARE ENERGIKILDENE.....	28
<b>4 FINANSIERINGSMODELLER</b> .....	<b>29</b>
4.1 ENERGIYTTELSESKONTRAKTER.....	29
4.1.1 Tredjepartsfinansiering (TPF).....	29
4.2 ENERGIINVESTORENS OPPGAVER.....	29
4.3 HVEM SOM KAN VÆRE ENERGIINVESTOR.....	30
4.3.1 Energiselskaper.....	30
4.3.2 Utstyrsleverandører.....	30
4.3.3 Tjeneste- og serviceleverandører.....	31
4.3.4 Energirådgivere.....	31
4.4 TYPE AKTØR OG AVKASTNINGSKRAV.....	31
4.5 ULIKE KONTRAKTSFORMER.....	33
4.5.1 Risikofordeling i ytelseskontrakter.....	33

4.5.2 Ulike ytelseskontrakter.....	35
4.5.3 Fordeler og ulemper med de ulike kontraktsformene.....	36
4.6 TPF-MARKEDSPOTENSIALET I NORGE .....	39
4.6.1 Type bygg som passer for TPF.....	39
4.6.2 Segmenter i markedet med størst verdi .....	40
4.7 RAMMEBETINGELSER FOR EYK.....	42
4.7.1 Barrierer for Norge.....	43
4.8 REELLE PROSJEKTER OG ERFARINGER VED EYK I NORGE .....	45
4.8.1 Norsk Teknisk Porselensfabrikk.....	45
4.8.2 Sør-Odal Kommune .....	46
4.8.3 Alnafossen næringspark.....	46
4.8.4 Rainbow Arena Hotell.....	46
<b>DISKUSJON .....</b>	<b>48</b>
<b>REFERANSER .....</b>	<b>49</b>
<b>VEDLEGG .....</b>	<b>53</b>
VEDLEGG 1 - INVESTERINGSKOSTNADER FOR HUSBY AMFI .....	53
VEDLEGG 2 - INVESTERINGSKOSTNADER FOR LAVENERGIBOLIG – KONGSBERG .....	54
VEDLEGG 3 - ÅRSKOSTNADER (KR).....	56
VEDLEGG 4 - TYPE AKTØR OG AVKASTNINGSKRAV .....	57
VEDLEGG 5 - STØRRELSE PÅ BYGG FOR LØNNSOMHET AV EYK .....	59
VEDLEGG 6 – NÅVERDI SOM AVHENGER AV HVEM SOM FINANSIERER DE ULIKE TILTAK. ....	60
VEDLEGG 7 - NYDALEN .....	61

---

## Innledning

Olje og energidepartementet anslår sparepotensialet for energibruk i norske bygninger til å være 1,4 TWh innen 2010. Den norske byggenæringen bruker årlig ca 130 milliarder kr (eks. mva) på nye bygg eller rehabilitering av eksisterende byggemasse (Enova, 2005a). Hvordan disse investeringene benyttes påvirker direkte hvordan fremtidens energiløsninger utformes og er en medvirkning til hvor stort energiforbruket blir i de aktuelle bygningsmassene. Dersom en kan benytte investeringene til å bygge mer energieffektive bygninger vil innsparinger på sikt bidra til lønnsomhet samt å lette kapasitetsbelastningen i det norske elektrisitetsnettet.

Når et bygg bygges, velges samtidig et energisystem for 20-30 år fram i tid. En energiomlegging i den norske byggebransjen tar derfor tid og det er viktig å tenke langsiktig og begynne en omlegging allerede i dag. Olje og energidepartementet ønsker blant annet å redusere Norges avhengighet av elektrisitet til oppvarming av bygninger. Det eksisterer imidlertid et gap mellom uttrykt mål fra statens side og tilgjengelige virkemidler. En del byggherrer har per i dag verken kompetanse eller finansielle midler til å ta en stor investering med høy risiko. Mange byggherrer tenker i dag kortsiktig og søker å minimere investeringskostnaden og risikoen istedenfor å maksimere nåverdien av et byggeprosjekt.

Målet med oppgaven er å rette fokus mot lønnsomheten ved å bygge energieffektive bygninger samt å gi en presentasjon av alternative finansierings – og kontraktsformer, som kan redusere barrieren mellom uttrykte mål fra statens side og gjennomføring av enøk-tiltak, både i den framtidige og eksisterende bygningsmassen i Norge. Oppgaven er et forstudium til en masteroppgave og går derfor i bredden i stedet for i dybden av de aktuelle tema.

Oppgaven viser at sparepotensialet for energi i den norske bygningsmassen er stort nok til å gi lønnsomhet over tid ved bygging av energieffektive bygninger. Dersom finansiering og risiko overlates til en ekstern part og ikke byggherren selv vil dette øke incentiver for enøk-tiltak i bygninger. I kapittel 1 kartlegges beslutningsprosessen i byggebransjen samt hvilke barrierer som eksisterer for gjennomføring av enøk-tiltak i bygninger. Videre tar kapittel 2 for seg hvordan framgangsmåten bør være for å oppnå størst lønnsomhet og fleksibilitet ved bygging av energieffektive bygninger. Kapittelet gir også en oversikt over eksempler på lavenergiboliger i Norge samt en drøfting av økonomien i prosjektene. Valg av energibærer for varmforsyning i et bygg kan være et komplekst problem og avgjørelsen kan ha stor betydning for framtidige driftskostnader og energiutgifter. Kapittel 3 presenterer de ulike faktorene som påvirker valget av varmforsyning i en bygning og gir en oversikt over aktuelle energibærere for energiomlegging. Kapittel 4 presenterer ulike finansieringsmodeller med og uten tredjepartsfinansiering, som kan benyttes for å realisere enøk-tiltak i bygninger. I kapittelet gjøres det også en drøfting av fordeler og ulemper ved å benytte de ulike kontraktstypene, samt ulike aktører som kan tilby tjenestene. Tilslutt tar kapittelet for seg barrierer og utfordringer som ligger i å benytte de ulike finansieringsmodellene samt eksempler på bruk energiutleieskontrakter med og uten tredjepartsfinansiering i Norge.

# 1 Aktører på markedet.

For å vise kompleksiteten i et byggeprosjekt, er det i dette kapittelet gjort rede for beslutningsprosessen i byggebransjen, samt de ulike aktørenes roller, motiver og preferanser. Kompleksiteten i et byggeprosjekt kan ofte føre til barrierer for realisering av enøk-tiltak. Kapittelet avslutter derfor med å se på en del av disse, sammen med andre barrierer som må overvinnes for å stimulere til en byggebransje hvor enøk-tiltak prioriteres.

## 1.1 Beslutningsprosesser i byggebransjen

For å kunne utvikle riktige verktøy samt påvirke de ulike aktørene i en byggeprosess er det viktig å ha kjennskap til de ulike beslutningsprosessene. På denne måten kan det skaffes kunnskap om hvilke virkemidler som bør utvikles samt hvem disse bør rettes mot for å få en mer energiøkonomisk helhetsløsning i byggeprosessen. I dette delkapittelet diskuteres vesentlige resultater fra undersøkelser om beslutningsprosesser i byggesektoren.

### 1.1.1 Byggeprosessen.

Figur 1 viser hvordan Enova har valgt å dele byggeprosessen inn i ulike faser. Figuren viser at den reelle handlefriheten i løpet av en byggeprosess begrenses etter hvert som beslutninger gjøres og kostnader akkumuleres. Dette betyr i praksis at de største mulighetene for påvirkning av hvor energieffektiv en bygning skal være er i byggeprosjektets tidlige fase. Det er derfor viktig at ulike energieffektive tiltak vurderes allerede mens prosjektet er på tegnebrettet.

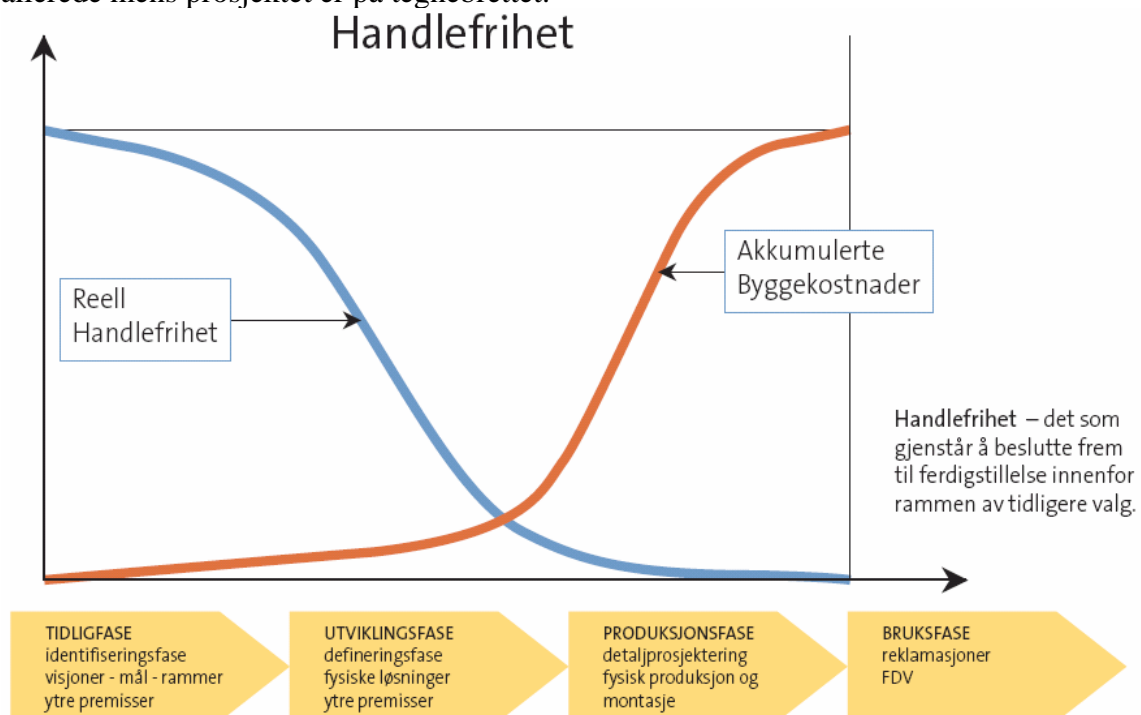


FIG 1: Handlefrihet som funksjon av akkumulerte byggekostnader. Handlefrihet begrenses etter hvert som kostnadene akkumuleres (Enova, 2005a).

---

Byggeprosessens beslutningskarakter avhenger også av type bygg som bygges. Det kan skilles mellom næringsbygg og boligbygg. Når det gjelder næringsbygg er beslutningene ofte mer oversiktlige enn for boligbygg. Det benyttes generelt mer tid i planleggingsfasen ved bygging av et næringsbygg i forhold til resten av byggeprosessen enn hva det gjøres ved boligbygging. Ved bygging av næringsbygg er det også mer kompetanse inne på et tidlig tidspunkt i byggefasen. Videre er store byggeprosjekter, som oppføring av næringsbygg, regulert av andre lover og forskrifter enn mindre boligbyggeprosjekter. Det er blant annet et krav om tilknytning til fjernvarme for alle bygninger innenfor et konsesjonsområde (Ulseth, 2005a). (Hostick, Slavich, Larson, Skumanich, Crawford og Weber, 2003)

### 1.1.2 Ulike aktører i byggebransjen

Byggebransjen er preget av mange ulike aktører som hver har sine preferanser og motivasjoner (Hostick et al, 2003). De ulike hovedaktørene kan kategoriseres i følgende grupper:

- Leietakere
- Eier/Utvikler
- Arkitekter
- Entreprenører
- Myndigheter

Hovedaktørene vil hver ha sine bygningsdeler og ulike faser i byggeprosessen hvor de har mest innflytelse. I et byggeprosjekts tidlige fase er det arkitekter og eiere som vil ha mest påvirkning på byggeprosessen. Det er i stor grad arkitektene som bestemmer byggets utseende og dermed også hvordan bygget utnytter stedets klima til å skaffe varme og kjøling. Arkitekter foreslår valg av materialer samt isolasjon og kan derfor legge til rette for energieffektive bygninger. Arkitekter må imidlertid overholde visse krav til isolasjon og vinduer samt andre minimumskrav som pålegges av myndighetene i byggeforskriftene. Myndighetene er derfor en viktig aktør når rammer til krav for hvor energieffektive bygg skal være settes. Det er først og fremst eier som skal finansiere det aktuelle bygget og det er derfor ofte denne aktøren som sitter med investeringsvegringen. Ulike entreprenører gir tilbud og pris om mulige løsninger for isolasjon, varmt tappevann samt elektrisk utstyr og belysning. Etersom det foregår en budrunde<sup>1</sup> har entreprenører et kostnadspress som ofte gjør at det er de billigste løsningene som markedsføres hardest. Leietakere er imidlertid i liten eller ingen grad involvert i byggeprosessen, noe som kan være uheldig da det er leietakerne som betaler driftskostnadene for bygget (Rognlien, 2005), barrieren diskuteres nærmere i kapittel 1.2. Mange ulike aktører i byggeprosessen gjør at den kan være tidkrevende. Dersom det også er mangel på kommunikasjon mellom aktørene i de ulike fasene kan dette føre til at utredning om alternative og energieffektive tiltak i bygninger blir en ekstra kostbar affære og at mindre tidkrevende og energieffektive tiltak prioriteres.

---

<sup>1</sup> Vedlagt et anbud fra en byggherre følger alltid en kravspesifikasjon, dette kan være krav om funksjonalitet og detaljer. Ut i fra kravspesifikasjonen kommer entreprenører med pris og en liste over forbehold. Tilslutt velger byggherren entreprenører ut fra de ulike tilbudene (Sagvik, 2005).



### **1.1.3 Motivasjon hos de ulike aktørene**

Det er viktig at virkemidler for å øke energieffektiviteten i nye bygg er designet på riktig måte. Det er derfor vesentlig å vite hva de ulike aktørene vektlegger når de gjør valg i byggeprosessen. I følge Enova (Enova, 2005a) har de ulike aktørene forskjellige synspunkter om hvilke forhold som er viktig når det gjelder å velge energieffektive løsninger i en byggeprosess. Eierne/utviklere er opptatt av hvor attraktivt et prosjekt er og verdien av prosjektet i markedet. Eierne er også opptatt av varighet av bygget og gjenkjennelse av produkter og merker, vedlikehold og garantier (Hostick et al, 2003). Eierne blir påvirket av entreprenører og leverandører som igjen er påvirket av industrielle organisasjoner, markedsmesser og publikasjoner. Entreprenører er også opptatt av forhold som byggeplan, tilgjengelighet (eksempelvis leveringstider), installasjonsvurderinger, kjennskap til produktet samt arbeidsstokkens opplæring. Når det gjelder arkitekter viser byggstudien at disse motiveres av kostnader, estetikk og byggeforskrifter (Enova, 2005a). Det er også rettet fokus mot vedlikehold og byggets bruksområde. Informasjon som arkitekter og designere baserer sin beslutning på, kommer i stor grad fra industriseminarer, markedsjournaler, leverandører og personlige nettverk. Som nevnt over bør virkemidler som velges i stor grad rettes mot de ulike faktorene aktørene i byggeprosessen vektlegger, men det er også viktig at virkemidlene rettes mot den delen av byggeprosessen der beslutningene omkring den aktuelle teknologien taes. (Lånke, 2004)

## **1.2 Barrierer for energieffektive løsninger**

Enova viser at sparepotensialet i byggsektoren kan estimeres til ca 1,4 TWh innen 2010, der fordelingen på næringsbygg og boliger er på henholdsvis ca. 800 GWh og ca. 600 GWh (Enova, 2005a)<sup>2</sup>. Det finnes imidlertid flere barrierer til realiseringen av sparepotensialet.

### **1.2.1 Tidsaspektet**

I byggebransjen representerer tidsbruk store kostnader. Knapphet på tid kan derfor gi seg utslag på at ikke alle energieffektive alternativer vurderes, men at kjente og ”enkle” løsninger prioriteres som den ”lette utveien”. Det er også knyttet usikkerhet til valg av teknologi som kan føre til forsinkelser i byggeprosessen. Resultatet er ofte at byggeledere vegrer seg mot å velge ukjente løsninger og leverandører (Rognlien, 2005).

### **1.2.2 Investeringskostnader kontra driftskostnader**

Når det gjøres enøk-tiltak i en bygning er det først og fremst leietaker som på sikt vil merke kostnadsreduksjoner og som i størst grad kan dra nytte av mindre energiutgifter. Dette kan i noen tilfeller utgjøre en barriere dersom det er eier av bygget som finansierer tiltakene, eller tar på seg en del av risikoen. Finansiering fra leietaker kan imidlertid bli vanskelig ettersom leietaker vil være lite villig til å ta på seg en investering med lang tilbakebetaling.

---

<sup>2</sup> Dette kommer i tillegg til de estimerer en har for forventet sparepotensial på 1,4 TWh innenfor energioppfølging og bevisstgjøring av energibruk.



---

### **1.2.3 Manglende informasjon/kunnskap**

Når det gjelder å vurdere de ulike alternativene for energisystemer peker Enova på at manglende informasjon samt kunnskap er en vesentlig barriere for enøk-tiltak (Enova, 2005a). Når informasjon og kunnskap om et energisystem mangler, er det også vanskelig å vurdere ytelsen til systemet.

### **1.2.4 Budrunde**

Byggeprosessens struktur med anbudsrunde fører til at kostnadene for en utbygging ønskes lavest mulig, dette reduserer fokus på energiøkonomiske løsninger og fører ofte til at det energisystemet med lavest investeringskostnad velges.

### **1.2.5 Skjulte kostnader**

Det alternative energisystemet kan oppfattes som vanskelig å bruke. Skifte av et energisystem kan dermed for mange oppfattes som ”bryderi”.

### **1.2.6 Usikkerhet og sluttbrukers risikoaversjon**

Når en skal vurdere lønnsomhet til prosjekter benyttes ofte tilbakebetalingstid som et kriterium. Dette kan gi et galt bilde på enøk-investeringer da det ikke taes hensyn til de inntjener som gjøres etter at investeringen er tilbakebetalt. Derfor vil andre analysemetoder som for eksempel nåverdimetoden gi et mer riktig bilde på gevinsten ved slike prosjekter.

### **1.2.7 Lav strømpris**

Det at Norge i mange år har hatt tilgang på billig strøm har gjort at nordmenn har blitt bortskjemt og har redusert incentiver til å satse på alternativ energi.

### **1.2.8 Nettselskaper**

Når det bygges ut elektrisitetsforsyning til en kunde investerer et nettselskap i effektkapasitet (kr/kW) men får betalt i energikostnader (kr/kWh) fra bruker. Dette vil føre til at nettselskapene ikke ønsker at bruker skal redusere energikostnadene sine. Nettselskapene ønsker derimot å begrense effekttoppene i nettet på grunn av begrenset kapasitet og uønskede investeringskostnader.

### **1.2.9 Støtte**

Regelverk og offentlige subsidier bør være til stede i et marked som søker å fremme enøktiltak. Lover og forskrifter legger føringer på beslutninger som gjøres i byggeprosesser, samt er opphav til de økonomiske virkemidler som kan benyttes for å øke lønnsomheten ved de aktuelle enøk-tiltak. I tabell A gis det en oppsummering av de ulike lover og regler som er relevante for energibruk og enøk-tiltak i bygninger i Norge, for nærmere beskrivelse og forklaring henvises det til de aktuelle kildene.

Tabell A: Oversikt over hvilke lover og regler som er gjeldende for energibruk og enøktiltak i bygninger.

<b>Lover og regler for energibruk og enøktiltak i bygninger</b>
Plan og bygningsloven (Lovdata, 2005a)
Energiloven (Lovdata, 2005b)
Forurensningsloven og forurensningsforskriften (Lovdata, 2005c)
Lov om offentlige anskaffelser (Lovdata, 2005d)

Et konkret eksempel på hvordan motstridende incentiver kan hindre samfunnsøkonomiske løsninger er at byggeprosjekter med fokus på miljø, som ofte inneholder alternative løsninger i forhold til dagens standarder, tar mye lenger tid for å få godkjent i kommunen (NBBL,2005). Dette fører til usikkerhet for både byggherren og entreprenører ved for eksempel at prisoverslag fra entreprenører kan være utdaterte når prosjektet endelig godkjennes for bygging. For at prosjektet skal godkjennes "raskt og smertefritt" velges ofte standard løsninger som ikke nødvendigvis er de beste på markedet.

## 2 Enøk-tiltak i bygninger

Oppgaven har til nå tatt for seg hvordan beslutningsprosessen i byggbransjen er bygget opp. Ettersom oppgaven diskuterer lønnsomhet ved enøk-tiltak vil det være vesentlig å gjøre rede for hvilke type enøk-tiltak som kan utføres i en byggemasse, enten bygget er et nybygg eller det gjelder rehabilitering av eldre bygninger, samt sparepotensialet ved de ulike tiltakene.

### 2.1 Beslutningsprosessen for enøk-tiltak

Som vist i figur 1 (kapittel 1), har en mest beslutningsfrihet dersom en klarer å påvirke hvordan energisystemet til en bygning utformes allerede på tegnebrettet. Denne beslutningsfriheten vil begrenses senere ut i byggefasen, også når det gjelder rehabilitering av eksisterende bygningsmasse. Ettersom årlig nybygg kun utgjør 2 % av vår samlede bygningsmasse i Norge, er det viktig å også ha innsikt i de forskjellige enøk-tiltak som kan gjøres ved rehabilitering (Hanssen, Thue, Skarstein, Gjerstad og Novakovic, 1996). Figur 2 viser en oversikt over hvilke enøk-tiltak som kan gjøres i et bygg og illustrerer begrensning i handlefrihet etter hvert som ulike typer enøk-tiltak gjennomføres.

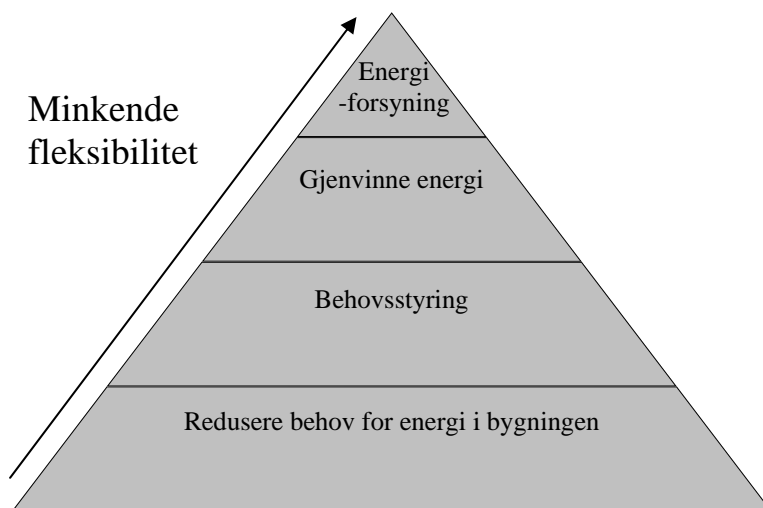


FIG 2: Figuren illustrerer begrensning av handlefrihet etter hvert som ulike Enøk-tiltak gjøres i en bygning.

Beslutninger som blir tatt tidlig i prosessen (nederst i trekanten) påvirker og vil ha betydning for enøk-mulighetene og investeringskostnadene for de neste nivåene i pyramiden. Dersom en gjør beslutningene i den rekkefølgen som er vist i trekanten vil dette øke antall muligheter samt kunne minke investeringskostnadene i byggeprosessen. Som figur 2 viser, vil det først være vesentlig å rette fokus mot hvordan man kan redusere bygningens behov. Dersom behovet for energi minkes fører dette til mindre energikostnader men også til at et rimeligere energiforsyningssystem kan velges. For å redusere energikostnadene og investeringskostnadene ytterligere kan det installeres

systemer for gjenvinning og behovsstyring av energi der dette er mulig. Tilslutt kan det nevnes at for å oppnå mest mulig effektive og robuste løsninger som minimerer driftskostnadene, er det viktig med samspill mellom alle ledd i pyramiden..

Resten av kapittelet gir en oversikt over teknologiene som kan benyttes i de ulike enøk-tiltakene som ble vist i figur 2.

### 2.1.1 Redusere behov

Å redusere behov for energi og dermed energikostnader i en bygning, kan gjøres gjennom reduksjon av

- oppvarmingsbehov
- kjølebehov
- behov for kunstig belysning
- redusert behov for varmt tappevann

Figur 3 viser en oversikt over de ulike tiltakene som kan gjøres. De ulike tiltak vil bli drøftet i etterfølgende avsnitt.

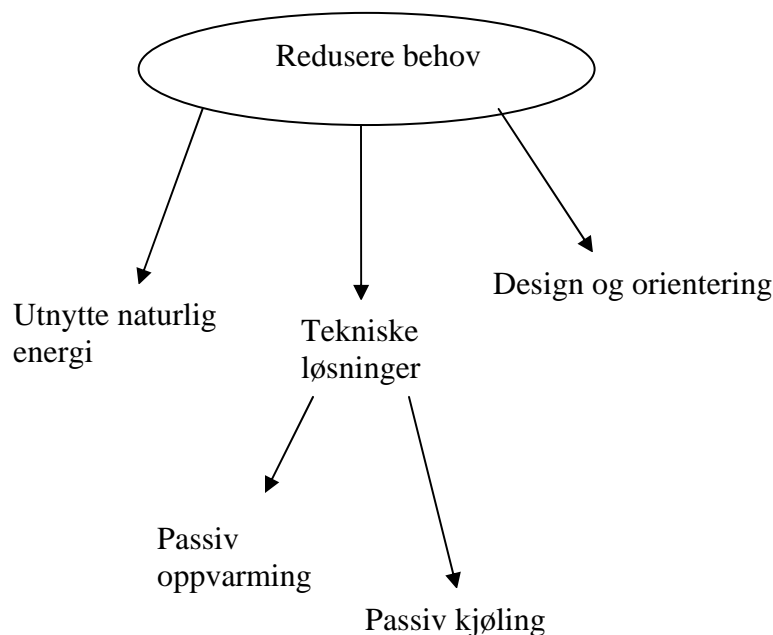


FIG 3: Tiltak som kan benyttes for å redusere energibehovet for en bygning.

#### 2.1.1.1 Design og orientering

##### Klimatilpasset arkitektur

Klimatilpasset arkitektur vil si at arkitekten tilpasser bygget når det gjelder bygningens dybde, orientering og vindusløsninger, slik at bygget utnytter det stedlige klima til å fremskaffe solvarme, dagslys og ventilasjon. På denne måten vil behovet for oppvarming av bygget minke, noe som igjen kan føre til reduserte kostnader til energibruk.

## **Kompakt bygningsform og termisk soning.**

Ved å konstruere en kompakt bygningsform, med minst mulig areal på yttervegger, kan transmisjonstapet<sup>3</sup> gjennom byggets ytterflater reduseres. Ettersom de forskjellige rommene i en bygning har ulike funksjoner vil innetemperaturrekrevet variere fra rom til rom. Ved en fornuftig innbyrdes lokalisering av de forskjellige rom, ofte kalt termisk soning, kan internvarmen utnyttes bedre samt varmetapet reduseres. Termisk soning kan redusere energiutgiftene med opptil 10 % som tilsvarer 12-17 kr/m<sup>2</sup> år<sup>4</sup> alt etter hvilken type bygning det dreier seg om (Dokka, 2005). Rom hvor det genereres mye varme samt rom som har stort varmebehov bør plasseres sentralt i byggets kjerne. Uoppvarmede rom og rom som bare krever delvis oppvarming bør plasseres mot ytterflatene av bygget (Hanssen et al, 1996).

### **2.1.1.2 Tekniske løsninger**

#### **Passiv oppvarming**

Passiv oppvarming er definert som passive teknikker for å redusere/eliminere behovet for (aktiv) oppvarming (Andresen, 2005). En bygning som er designet med god passiv klimatisering kan gi en varmebesparelse (både energi og effekt) på opptil 75 % i forhold til bygninger bygget etter dagens forskrifter (Hanssen et al, 1996).

#### **Varmeisolering**

Ettersom varmeisolering er upåvirket av brukervaner og gir størst energibesparelse på tider hvor varmebehovet er størst, er det en av de mest lønnsomme måtene å redusere energiforbruket på (Enova, 2005c). For et varmeisolasjonssjikt gir en dobling av tykkelsen 50 % reduksjon i varmegjennomgangen, mens en firedobling gir 75 % reduksjon, i praksis må en derfor finne best avveining mellom økonomiske og byggetekniske forhold (Hanssen et al, 1996). Byggeforskriftens krav med hensyn til energibruk i bygninger, NS-3031, skal ivareta samfunnshensyn når det gjelder belastninger på ressurser og miljø. Fra en privatøkonomisk synsvinkel kan det ofte være lønnsomt å investere i enøk-tiltak ut over det som følger av Byggningsforskriftens krav.

#### *Varmeisolering av bygningskropp*

Økt isolasjonsnivå i vegger, tak og gulv, fører til lavere U-verdier<sup>5</sup> og mindre varmetap. Dersom et begrenset parti av en bygningsdel eller en bygning har dårligere varmeisoleringsevne, det vil si vesentlig høyere U-verdi, enn konstruksjonen omkring, kalles dette en kuldebro (Teknologisk institutt, 2005). Gjennom en slik kuldebro vil det gå en relativt stor varmestrøm som resulterer i store varmetap for bygningen. I uheldige tilfeller kan kuldebroer føre til at gjennomsnittlig U-verdi for en yttervegg mer enn fordobles. Kuldebroer kan også føre til økte vedlikeholdskostnader på grunn av kondens

---

<sup>3</sup> Transmisjonstap er varmetap gjennom konstruksjonens ytterflater. Bedre isolasjon gir mindre transmisjonstap.

<sup>4</sup> Verdi i kroner er regnet med utgangspunkt i en elektrisitetspris på 0,7kr/kWh og energibehov for enebolig på 241kWh/m<sup>2</sup>år og for bolighus 174 kWh/m<sup>2</sup> år (SSB, 2005).

<sup>5</sup> U-verdi, også kalt varmegjennomgangskoeffisient (W/m<sup>2</sup>K) er stasjonær varmestrømstetthet gjennom en konstruksjon dividert med temperaturforskjellen mellom luft på varm og kald side (Hanssen et al, 1996) .

---

og mugg/råteskadder på isolert side. For å unngå kuldebroer kan materialer som har dårlig varmeledningsevne benyttes, eventuelt kan en prøve å bryte opp kuldebroen.

#### *Varmeisolering av vinduer*

Varmetapet gjennom vinduene i oppvarmings sesongen bør minimaliseres, det er derfor viktig å velge vinduer med god varmeisolasjon (lave U-verdier) og små vindusarealer mot nord, øst og vest. Lave U-verdier kan oppnås ved bruk av lavemmisjonsbelegg, tunge gasser mellom glass, optimal avstand mellom glass, avstandslist med lav varmeledningsevne og karm med lav U-verdi. (Hanssen et al, 1996)

Når det gjelder å optimere varmetilskudd fra solen bør vindusruter med høy transmisjon av solstråling og stort vindusareal med gunstig (sydlig) orientering velges. For å unngå kjølebehov som forårsakes av solvarme reduseres varmetilskuddet fra solen ved hjelp av avskjerming. Som et alternativ til tradisjonell solavskjerming som fasadeutspring, persiener, gardineer, kan varmeabsorberende glass benyttes.

#### **Modulere varmetilskuddet**

Å modulere varmetilskuddet vil si at varmeoverskuddet fra dagen lagres slik at den kan avgis om natten. Dette forutsetter en viss grad av eksponerte tunge konstruksjoner som betong, tegl eller andre tunge byggematerialer i bygget.

#### **Passiv/naturlig kjøling**

Passiv kjøling er teknikker som bidrar til at bygningen får et tilfredsstillende inneklime uten mekanisk kjøling.

#### **Utnytte varmebrønner**

Alle reservoarer, innen rimelig avstand fra bygget, med en lavere temperatur enn bygget kan brukes som varmebrønner og kjøle ned bygget. Aktuelle teknologier er ventilasjonskjøling når temperaturen er lavere ute enn inne og geotermisk kjøling der konstruksjoner er i kontakt med grunnen. Det mest effektive er å lede ventilasjonsluft gjennom kulverter for å underkjøle tilført luft til bygget. Da Norge er et land med relativ kjølig klima kan en oppnå store besparelser ved å utnytte uteluften i stedet for mekanisk kjøling.

#### **Ventilasjonsystemer**

Dersom en ikke benytter varmegjenvinning er ventilasjon beregnet til å utgjøre 1/3 av energibehovet til en bygning. Det er derfor et vesentlig sparepotensial dersom en nytter energieffektive tiltak i utformingen av ventilasjonsanlegg. Selv om det fra et kostnadmessig perspektiv ville vært gunstig å redusere ventilasjonsmengden mest mulig er det viktig å ikke glemme at det er krav som må tilfredstilles i forhold til helse og trivsel. I et ventilasjonssystem kan tilførsel av frisk luft og fjerning av brukt luft enten skje ved bruk av mekaniske drivkrefter (vifter) eller naturlige drivkrefter (termisk oppdrift og vind), eller ved en kombinasjon av disse som kalles hybrid ventilasjon. I naturlig- og hybridventilerte bygninger benyttes ofte bygningskroppen (trapperom, korridorer og rom) som føringsvei for luften for lavt trykktap. I følge en rapport om naturlig - og hybrid ventilasjon (Sintef Bygg og miljø, 2001), vil mekanisk ventilasjon i

---

forhold til hybrid og naturlig ventilasjon gi mindre energibruk, bedre luftkvalitet, mindre støy fra tekniske installasjoner samt lavere drifts og vedlikeholdskostnader.

### 2.1.1.3 Utnytte naturlig energi

#### Dagslys

Forskning viser at dersom en utnytter naturlig lys i et bygg kan det årlige energibehovet til kunstig belysning reduseres med 50- 80 % (SFT, 2005), noe som tilsvarer omlag 20-30kr/m<sup>2</sup>år<sup>6</sup>. I tillegg til dette vil behovet for mekanisk kjøling reduseres da varmeavgivelse fra kunstig lys minimeres. For å kunne utnytte dagslystilskuddet som belysning, er ruter med høy lystransmisjon samt gunstig plassering i forhold til aktuelle arealer ønskelig. En jevn dagslysfordeling kan oppnås ved å nytte vertikale vinduer, fra flere sider av rommet dersom dette er mulig. I rom med stor takhøyde vil klerestorievinduer<sup>7</sup> kunne gi en dypere og jevnere dagsbelysning. Ved å nytte systemer for refleksjon og redigering av lys kan en utnytte den diffuse strålingen bedre. Aktuelle teknologier kan være lyshyller som reflekterer lyset opp i himlingen (Hansen, 2005). Når aktuelle vindusløsninger i et bygg skal velges er rikelig dagslys kun en av faktorene en ønsker å optimere med hensyn på. Varmeisolasjon er en annen. Disse to faktorene kan ofte komme i konflikt med hverandre da store vindusflater med høy lystransmisjon ofte fører til økt varmetap gjennom en bygningskropp.

#### Solvarme

Solenergi i form av stråling fra sol og himmel kan omformes og utnyttes til å dekke varmebehov i bygninger, enten det gjelder romoppvarming eller oppvarming av tappevann, dette gjøres ved å installere et solvarmeanlegg. Et solvarmeanlegg består av en omvandlerenhet, kalt solfanger, distribusjonssystem samt et energilager. Solstrålingen mot bygget absorberes i solfangeren og omdannes til varme som kan transporteres til varmelageret via et varmebærende medium, som regel væske eller luft. Behovet for et varmelager kommer av at solinnstrålingen varierer gjennom døgnet og over året. Varmelageret fungerer da som buffer for disse variasjonene.

I følge Norsk solforening gir solen et energitilskudd til romoppvarming i den norske bygningsmassen på 3 - 4 TWh/år. Dette svarer til 2 - 3 % av den stasjonære energibruken i landet og har en verdi på nesten 2 milliarder kroner (Norsk solenergiforening, 2005). Ettersom solenergi er en fornybar energikilde er det et miljøvennlig alternativ men utfordringen ligger i å benytte solenergien på en rasjonell måte, samt at teknologien skal være økonomisk lønnsom.

### 2.1.2 Behovsstyring

Ved å benytte behovsstyring kan energibruken i en bygning reduseres betraktelig. Ettersom bruksmønsteret for et bygg varierer gjennom døgnet vil det også være varierende behov for varme, ventilasjon og belysning. Å redusere belysning, ventilasjon og varme når bygget ikke er i bruk vil være både energisparende og økonomisk. Man slipper å betale for energi som ikke brukes. Ved hjelp av en sentral styringsenhet kan de

---

<sup>6</sup> Beregningen er gjort med antagelse at kostnadene for belysning er 40kr/m<sup>2</sup>år (Mesterhus, 2005).

<sup>7</sup> Klerestorie vindu er vindu plassert oppunder himling



---

tekniske installasjonene i bygget styres. Forskning gjort av Enova viser at dersom man har en helelektrisk løsning i et bygg vil behovsstyring kunne minke strømforbruken med inntil 20 %. Større oppvarmingsbehov for et bygg vil føre til et større sparepotensial ved lys og varmestyring. Når det gjelder behovsstyring er det viktig å velge et system som er brukervennlig men komplisert nok til å gi et nøyaktig som mulig bilde over energiforbruket og bruksmønster (Hansen, 2005) (Dokka, 2005).

### **2.1.3 Varmegjenvinning**

Energiøkonomisering handler om å utnytte energien på en mest mulig effektiv måte. Varm avtrekksluft og varmt avløpsvann inneholder mye energi som går tapt når dette føres ut av bygningen. Tapet kan reduseres ved varmegjenvinning. Inntil nylig har gjenvinning vært mest vanlig i yrkesbygg, skoler og i sykehus. I boliger har slike løsninger vært mindre vanlige. Det er først nå at varmegjenvinning brukes mer og mer i boliger. Grunnen til økt bruk av gjenvinning av energi i bolighus kan skyldes den økende automatiseringen som fører til minkende behov for ettersyn og vedlikehold, samt at investeringskostnader er redusert betraktelig de siste årene da konsept med varmegjenvinning i større grad er blitt kommersialisert.

## **2.2 Lavenergiboliger og passivhus.**

Det finnes i dag boliger på markedet som nytter de overnevnte teknologier og som derfor har betydelig lavere energibruk og energikostnader enn ordinære boliger. Boliger med vesentlig mindre energiforbruk enn nye forskriftskrav betegnes ofte som lavenergiboliger eller passivhus alt etter hvor lite energiforbruket er. Vanligvis defineres lavenergiboliger som boliger med totalt energiforbruk under 100kWh/m<sup>2</sup>år, og/eller boliger med ca 50 % reduksjon i totalenergibruk (Dokka, 2005). I tillegg til en rekke andre definisjoner og kriterier har passivhus en klar definisjon på at rom oppvarmingsbehovet ikke skal overstige 15kWh/m<sup>2</sup>år, for nærmere informasjon om kriterier henvises det til kilde (Passivehouse, 2005). Figur 4 viser en oversikt over Energiforbruk til ulike typer boliger (Dokka, 2005).

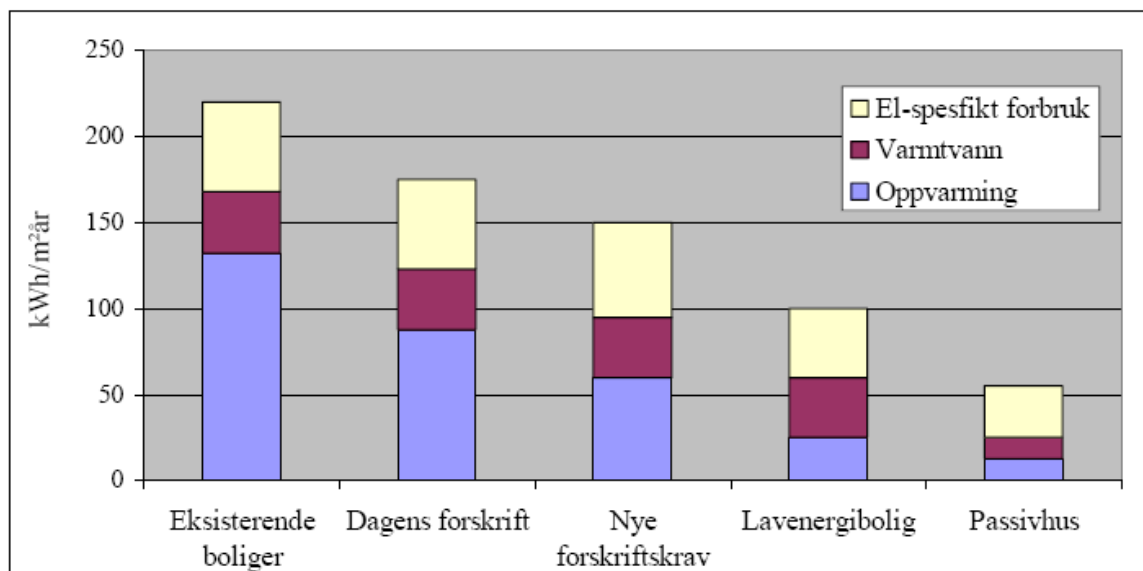


FIG 4: Viser typisk formålsdelt energibruk for eksisterende boliger, boliger etter dagens forskrifter og forslag til nye forskrifter, samt lavenergiboliger og passivhus (Dokka, 2005).

Lavenergiboliger og passivhus krever en viss merinvestering. Forskning viser at økte byggekostnader ligger i området 0-10 %<sup>8</sup> (Dokka, 2005). Tabell B illustrerer merinvesteringen for lavenergiboliger og passivhus. Tabellen bygger på informasjon om lavenergiboliger og passivhus bygget i Europa. Som en ser ut fra tabellen vil kostnadene variere en del. Tallene må derfor benyttes med forsiktighet men gir et bilde på størrelsesorden en merinvestering eller besparelse vil ha.

Tabell B: Viser merinvesteringen (og besparelse) ved bygging av passivhus (Dokka, 2005)

Komponent	Ekstrakostnader	Estimert ekstrakost pr. kvadratmeter gulvareal
Superisolerte vinduer & dører	250 – 700 kr pr. m <sup>2</sup> vindusflate	65 – 150 kr/m <sup>2</sup>
Ekstrasolerte konstruksjoner	Fra 20 – 180 kr pr. m <sup>2</sup> konstruksjon (gulv, tak, vegg)	75 – 240 kr/m <sup>2</sup>
Tetthetstiltak	3-10 kr pr. m <sup>2</sup> konstruksjon (gulv, tak, vegg)	5 – 15 kr/m <sup>2</sup>
Energieffektiv balansert ventilasjon	2 000 – 50 000 pr. bolig	20 – 500 kr/m <sup>2</sup>
Oppvarming	0 til -50 000 kr pr. bolig (spart)	-260 – 0 kr/m <sup>2</sup> (besparelse)
Behovsstyring & visualisering (smarthusløsning)	0 til 25 000 pr. bolig.	0 – 300 kr/m <sup>2</sup>
Fornybar energiforsyning	0 til 25 000 kr pr. bolig	0 – 300 r/m <sup>2</sup>

<sup>8</sup> Ekstra investeringskostnader for leilighetskompleks vil ligge lavere enn ekstra investeringskostnad ved bygging av et bolighus. Komponenter hver for seg vil som regel føre til økte investeringer men dersom en ser hele konseptet under ett kan en bedret bygnings kropp føre til reduserte kostnader på oppvarmingsanlegget, noe som kan føre til at den totale investeringsutgiften ikke økes.

## 2.2.1 Eksempler på lavenergiboliger og passivhus

I Norge er ca. 3000 lavenergiboliger planlagt, under bygging eller bygget. Av disse er 400 passivhus. Avsnittet tar for seg et par eksempler på lavenergiboliger i Norge. Det er her både eksempel på et stort prosjekt som Husby Amfi samt et mindre prosjekt for en enebolig i Kongsberg. Når det gjelder de byggtekniske tiltakene som er blitt gjort i prosjektene, er det hovedsakelig benyttet metoder som ble diskutert i det foregående kapittel, for mer informasjon henvises det til kilden (Dokka, 2005).

### 2.2.1.1 Husby Amfi, Stjørdal



FIG5: Perspektivskisse av Husby Amfi (Skisse: Arkideco AS)

Tabell C: Tabellen viser en del nøkkeltall og fakta om Husby Amfi prosjektet. (Andresen, 2005)

Fakta	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ 56 leiligheter</li><li>➤ Boligareal: 3980m<sup>2</sup>, 71m<sup>2</sup> pr. Leil.</li><li>➤ Ferdigstillelse: Oktober 2005</li><li>➤ Utbygger: Husby Boretslag AS</li><li>➤ Arkitekt: Arkideco AS</li><li>➤ Entreprenør: PrimaHus AS/ Frost Entreprenør AS</li><li>➤ Rådgivere: SINTEF avd. Arkitektur og byggteknikk</li><li>➤ Delfinansiering og samarbeidspartner: Husbanken</li></ul>
Energibruk	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ 75kWh/m<sup>2</sup>år</li><li>➤ Oppvarmingsbehov, snitt pr. leil: 20Kwh/m<sup>2</sup>år</li></ul>

## Investeringskostnader

Som vist i figur 4 og i tabell B, krever bygging av Lavenergiboliger og passivhus en viss merinvestering. Når det gjelder Husby Amfi var merinvesteringen på ca 4,5 millioner som tilsvarer 6.33 %, for nærmere oversikt over investeringskostnadene se vedlegg 1. Tilbakebetalingstid er regnet til å være 12-25 år. I forbindelse med investeringen kan det nevnes at prosjektet fikk støtte fra Enova.

### 2.2.1.2 Lavenergibolig - Kongsberg



Figur 6: Viser bildet av eneboligens vest -og nordfasade.

Tabell D: Tabellen viser nøkkeltall og fakta om lavenergibolig-Kongsberg (Andresen, 2005).

Fakta	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Hovedbolig: 223m<sup>2</sup>, Utleieleil: ca 55m<sup>2</sup></li><li>➤ Boligareal: totalt 300m<sup>2</sup></li><li>➤ Ferdigstilt 2004</li><li>➤ Byggherre: Hanne og Tor Helge Dokka</li><li>➤ Arkitekt Ellen Nettet M.N.I.L</li><li>➤ Byggmester: Tor Helge Dokka (selvbygger)</li></ul>
Energibruk	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Totalt energiforbruk for hovedbolig: 85kWh/m<sup>2</sup><sup>9</sup></li><li>➤ Oppvarmingsbehov er beregnet til 18-20kWh/m<sup>2</sup>år<sup>10</sup></li></ul>

## Investeringskostnader

For denne lavenergiboligen er utbygger og eier samme person. Prosjektet er finansiert av utbygger selv. Ekstra kostnader ved å bygge boligen som en lavenergibolig ble beregnet til å være 49 587 kr, som tilsvarer ca 2,1 % av byggekostnadene. For en nærmere oversikt over de aktuelle kostnader byggherren hadde henvises det til vedlegg 2. Byggherren har gjort beregninger med at totalt sparte energiutgifter per år er 17 800 kWh som tilsvarer en økonomisk verdi på 12 460kr/år<sup>11</sup>.

<sup>9</sup> Med dagens forskriftskrav ville energibruket vært ca 175 kWh/m<sup>2</sup>år

<sup>10</sup> Dette tilsvarer ca ¼ av forbruket til en bolig bygget etter dagens forskrifter (SSB, 2004)

<sup>11</sup> Forutsetter elektrisitetspris på 0,7kr/kWh.

### 2.2.1.3 Lavenergiboliger-Øvre Eiker kommune



Fig 7: Viser en perspektivskisse av boligene i Øvre Eiker kommune, nærmere bestemt Hokksfeltet, boligene er hovedsakelig tiltenkt førstegangsetablere

Tabell E: Tabellen viser nøkkeltall og fakta om lavenergiboliger på Øvre Eiker (Andresen, 2005).

Fakta	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ 16 boliger/rekkehus</li><li>➤ Byggestart 2006</li><li>➤ Utbygger: Øvre Eiker kommune og Eiker Eiendomsutvikling AS</li><li>➤ Arkitekt: Narud Stokke Wiig Arkitekter og Planleggere AS</li><li>➤ Rådgivere: SINTEF avd. Arkitektur og byggtknikk</li><li>➤ Entreprenør: TB Entreprenør AS/ Kjell Finsrud AS</li></ul>
Energibruk	➤ Energibehov: 87kWh/m

#### Investeringskostnader

Merinvesteringen for å bygge rekkehusene i Øvre Eiker kommune som lavenergiboliger er på ca. 6-8 %<sup>12</sup>. Rekkehusene vil ha besparelser i energiutgifter da elektrisitetsbehovet er redusert fra 150 til 40 kWh/m<sup>2</sup>år, dette tilsvarer om lag 770kr/m<sup>2</sup> år.<sup>13</sup> Selv om boligene i tillegg vil ha energiutgifter på 3 – 7 kr/m<sup>2</sup>år<sup>14</sup> for oppvarming med biobrensel vil det likevel totalt sett føre til en besparelse i energiutgiftene.

<sup>12</sup> Det har dessverre ikke vært mulig å få en oversikt over spesifikke kostnader for prosjektet.

<sup>13</sup> Forutsetter elektrisitetspris på 0,7kr/kWh.

<sup>14</sup> Forutsetter 15 kWh/m<sup>2</sup>år med oppvarming med biobrensel til 0,2 – 0,45 kr/kWh. Prisen er svært avhengig av leveringsmåte og kvantum (Ulseth, 2005).



### 3 Aktuelle energibærere

Det ble i forrige kapittel diskutert ulike teknologier som kan benyttes for å minimere varmebehovet i en bygning. Dette kapittelet vil ta for seg kompleksiteten, mulighetene og kostnadene ved valg av type energibærer som benyttes for å dekke det resterende varmebehovet. Hvilken energibærer som velges vil ha vesentlig betydning for kostnader både i investeringsfasen og gjennom byggets levetid.

#### 3.1 Faktorer som påvirker valg av energibærer i en bygning.

Kundens varmebehov er ikke direkte knyttet til energiform og kunden er ofte mer opptatt av tjenestene energien leverer enn akkurat hvilken energikilde som benyttes.

Å velge et energisystem for en bygning er, som vist i figur 8, et komplekst valg og det er mange faktorer som påvirker valget. Det som gjør valget spesielt vanskelig er at det eksisterer en sammenheng mellom de ulike faktorene. For eksempel vil lover og forskrifter være knyttet til bygningstype, da det er ulike lover som gjelder for ulike bygningstyper. På samme måte vil tilgjengelighet og dermed også priser for energi og teknologi være avhengig av beliggenhet av bygget.

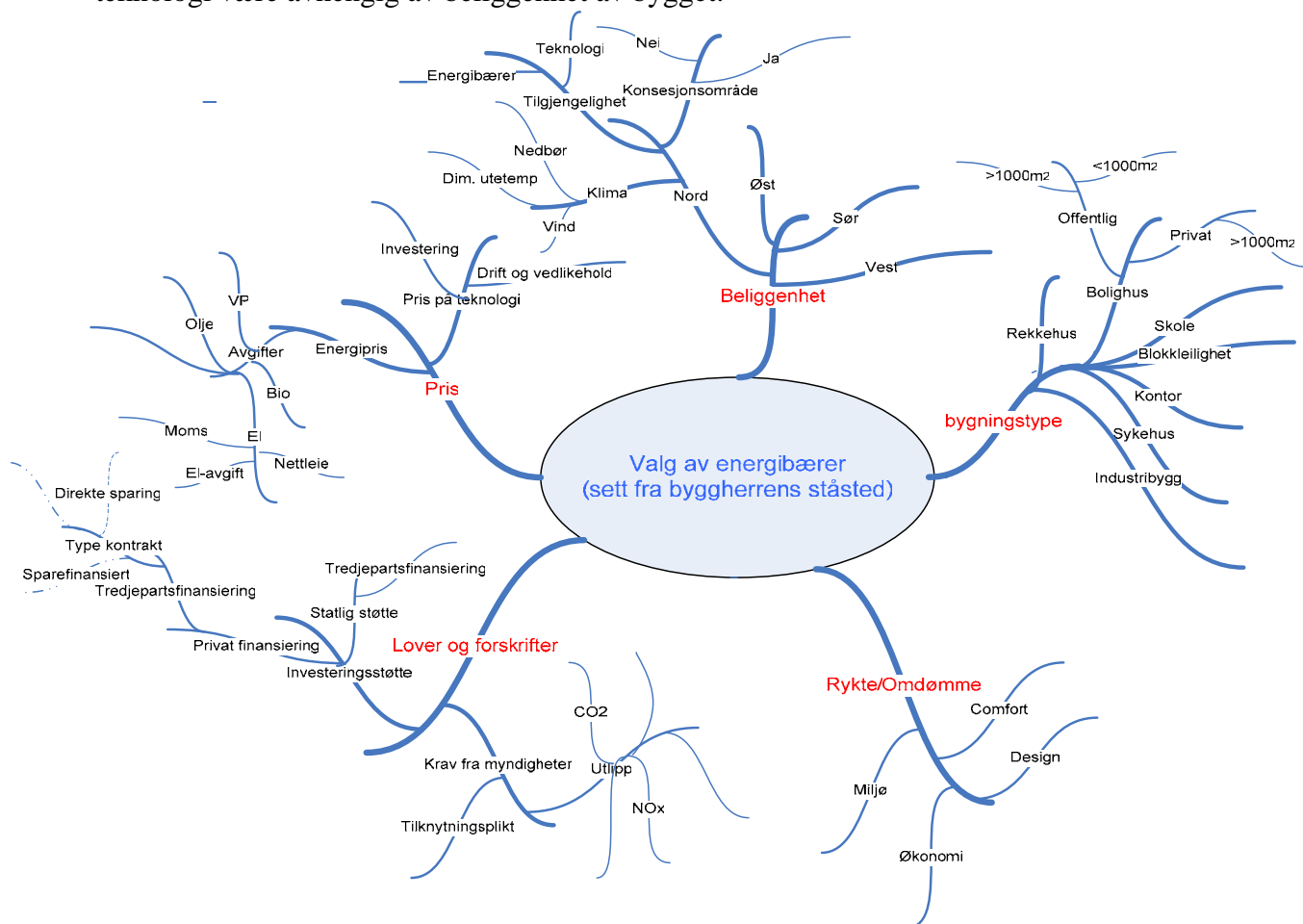


FIG 8: Figuren illustrerer kompleksiteten ved valg av et energisystem. Hvilke faktorer i figuren en byggherre vektlegger mest avhenger av byggherrens preferanser.

---

Tankekartet vist i figur 8 kan i realiteten gjøres mye større, dvs. grener forlenges, dersom en ønsker å gå dypere inn på hver enkelt faktor lenger ute i treet. Diskusjonen i de etterfølgende avsnitt vil begrenses til de fem hovedfaktorene merket med rød skrift i figur 8.

### 3.1.1 Type bygning

Hvilket formål som er tiltenkt bygget som skal bygges, er en viktig parameter når valg av energibærer skal gjøres. Selv om det er en del overordnede krav en bygning må oppfylle<sup>15</sup>, vil likevel en sluttbruker for bygningstypen kontorbygg ha et annet behov som skal tilfredstilles enn hva sluttbruker for et bolighus vil ha. I Bygningers energi - og effektbudsjett, NS 3032, er det gjort en segmentering av ulike bygninger ut fra lastprofiler samt hvilke behov sluttbruker har for bygget.

Under faktoren type bygning er også eierforholdet av bygget en viktig parameter. Om bygget er offentlig eller privat gir retningslinjer for hvilke lover og regler som gjelder fra myndighetenes side. En bygning innenfor et konsesjonsområde vil for eksempel ha tilknytningsplikt til det aktuelle fjernvarmenettet. Dersom en offentlig bygning er større enn 1000m<sup>2</sup> vil bygget være pliktig å benytte et vannbårent oppvarmingssystem (Ulseth, 2005). Dersom type bygning er bestemt vil det også være retningslinjer i byggeforskriftene i forhold til isolasjon, ventilasjonssystem og belysning.

### 3.1.2 Pris og tilgjengelighet

Det er stor forskjell på hvordan de ulike energibærerne prises da det for noen energibærere finnes en markeds plass hvor tilbud og etterspørsel bestemmer markedsprisen, dette gjelder for eksempel energibæreren elektrisitet som prises av Nordpool, mens det for andre energibærere finnes få aktører på markedet og priser bestemmes derfor av langsiktige avtaler mellom kjøper og selger (Wangensteen, 2005). I tillegg til energipris består kostnadene for et energisystem av en investeringsutgift samt driftskostnader. Investeringsutgiften skyldes eventuelt utbygging av distribusjonsnett samt innkjøp av teknologi for energikilden. Dersom for eksempel fjernvarme skal benyttes som varmekilde må det bygges ut et distribusjonsnett for fjernvarme i form av rør til og inne i huset. Det må også investeres i en abonnentsentral. Spørsmålet som ofte stilles i denne sammenhengen er om utbygging av en parallell infrastruktur til elektrisitet er lønnsomt og spørsmålet kan ofte være en barriere for at alternative energiløsninger velges. I slike sammenhenger er det nyttig å se på den totale kostnaden (kapitalkostnader + driftskostnader) for en energiløsning. Konseptet er vist på fig 9. Vedlegg 3 viser beregninger og forutsetninger for konstruksjon av figuren. Dersom en slik metode med inkludering av energi - og driftskostnader benyttes, kan fornybare energisystemer, på tross av høye investeringskostnader, vise seg å være lønnsomme. I figuren og beregningene er tallene samlet inn fra ulike aktører på markedet og er kun veiledende, da det er vanskelig å samle inn nøyaktige data som kreves for en fullstendig analyse og sammenlikning.

---

<sup>15</sup> Bygget skal beskytte mot væt, vind, innsyn og forstyrrelse samt vise god funksjon for de aktiviteter som skal foregå innendørs. Bygget skal også representere en verdi dvs. nedlagte resurser skal forrente seg, samt beskytte eiendeler (Hansen et.al., 1996)



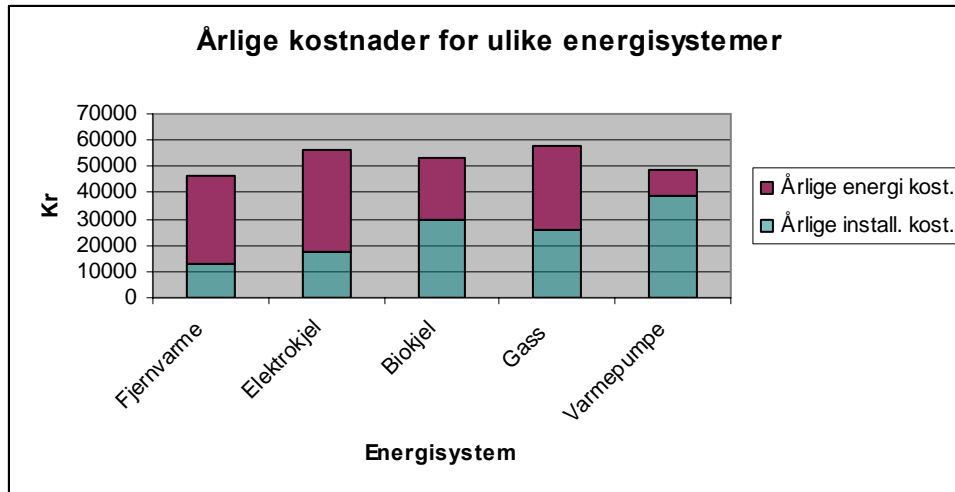


FIG 9: Viser kapitalkostnader (installasjonskostnader + energikostnader) pr. år for ulike energisystemer. Forutsetninger og kilder for de ulike prisene og beregningene er vist i vedlegg 2.

Virkningsgraden<sup>16</sup> for den aktuelle energibærer påvirker kostnader i den forstand at en større mengde av energibæreren må nyttes per kWh produsert varme jo lavere virkningsgraden er. Lavere virkningsgrad kan dermed gi utslag i økte energikostnader for sluttbruker.

Ettersom tilgang til distribusjonsnett påvirker priser, vil befolkningstette områder i Europa, hvor de fleste husholdninger har tilgang til distribusjonsnett for både elektrisitet, gass og fjernvarme, reelt sett ha mer fleksibilitet i valg av energisystem. I Norge er situasjonen annerledes, her er største delen av befolkningen kun tilkoblet et elektrisitetsnett. Fjernvarme er bygget ut/bygges ut i de største byene mens infrastruktur for gass kun finnes i Stavanger- og Haugesunddistriktet. Ettersom en del av energibærerne kan fraktes i bulk eller tanker er disse ikke avhengig av et distribusjonsnett, men i slike tilfeller kan fraktkostnader være så høye at man er avhengig av nærhet mellom kunde og leverandør.

### 3.1.3 Beliggenhet

Beliggenhet av bygget bestemmer tilgjengelighet av distribusjonsnett, temaet ble diskutert i forrige avsnitt om priser og tilgjengelighet. Når det gjelder klima, påvirker denne faktoren *mengde* energibruk i større grad enn akkurat *hvilken* energibærer som bør brukes til å dekke det aktuelle behovet. Det er imidlertid klart at en luft til luft varmpumpe vil ha begrensninger av energileveranse i forhold til utetemperatur. Dette kan også være tilfelle med en varmpumpe som benytter grunnvarme, da temperaturen i grunnen ofte er lik årsmiddeltemperaturen på stedet (Pedersen, 2005)

<sup>16</sup> Det er stor forskjell på hvor mye av energien i brenselet som faktisk går til oppvarming. Denne andelen oppgis gjerne som "virkningsgrad". Ved bruk av elektrisitet går nesten alt energiinnholdet til oppvarming og følgelig vil bruk av elektrisitet ha større virkningsgrad enn bruk av oljekjel og vedovn, hvor en viss varmemengde for eksempel vil forsvinne ut gjennom pipen.

---

### **3.1.4 Lover og forskrifter**

For at bygninger skal tilfredsstillende krav til for eksempel komfort og miljø, er det utviklet bygningsforskrifter som pålegger visse krav til blant annet isolering og valg av energisystem. For at bygninger skal være godkjent for bygging må disse kravene oppfylles. Per i dag arbeides det med utvikling av en ny felles europeisk standard, EPBD. I løpet av januar 2006 skal denne også innføres i Norge, noe som vil føre til strengere krav for noen områder av byggeprosessen. En annen faktor som påvirker valg av energisystem kan være investeringsstøtte. Enova, etablert av Olje- og Energidepartementet for å fremme energivennlige løsninger, gir i noen tilfeller støtte til enøk-prosjekter. Gunstigere lån, fra for eksempel Husbanken, tredjepartsfinansiering (diskuteres i kapittel 4), kan også bidra til å påvirke valget av energisystem for en bygning.

### **3.1.5 Omdømme og Tidspres**

Tid kan ofte være synonymt med penger i en byggeprosess (Lånke, 2004). Byggherren må da veie fordeler, ved å utrede alternative løsninger, mot tidsbruken. Noen byggherrer vil føle at nytten er større enn kostnaden og velger et godt omdømme som en markedsføringsstrategi for sitt prosjekt. I kapittel 2 ble det nevnt eksempler på lavenergiboliger og passivhus samt motivasjon og lønnsomhet for disse.

## **3.2 De ulike energibærerne som kan velges**

Det finnes i dag et bredt spekter av ulike energibærere som kan benyttes som et alternativ til elektrisitet, det er imidlertid ikke alle energibærerne som egner seg til varmforsyning i bygninger. For å begrense de ulike energibærerne, som diskuteres i denne oppgaven, er det i dette delkapittelet kun tatt utgangspunkt i de teknologier som i følge Enova er miljøvennlige samt, per i dag, kommersialiserbare for varmforsyning av bygninger. Som aktuelle energikilder for omlegging i varmemarkedet har Enova identifisert biomasse, avfall, spillvarme og varmepumper. Dersom fokuset er fra byggherrens side vil dette i praksis være teknologier som fjernvarme, varmepumpe eller biokjel.

### **3.2.1 Biomasse**

Det teoretiske potensialet for biomasse til energiformål beregnet til å være 35 TWh. Potensialet består av skogbrensel, restprodukter fra treindustrien, bioavfall, halm samt deponigass og gjødsel (Enova 2005d). Av dette utgjør skogbrensel og restprodukter hoveddelen. Ettersom biobrensel binder CO<sub>2</sub> fra atmosfæren, regnes energikilden som fornybar da tilveksten i Norge er større enn uttaket. Dersom en erstatter en oljekjel med en biokjel vil dette altså gi reduksjon i utslippet av CO<sub>2</sub>. Fyring med biomasse avgir imidlertid en del mengder støv og partikler og krever derfor et rensesystem. Det er også gitt restriksjoner til bruk av biobrensel som energikilde i en del tettbebygde strøk

Store deler av biobrenselpotensialet må utnyttes gjennom fjernvarme. Dersom en snakker om mindre energisentraler, som for eksempel i bolighus, bør brenselet være av høy kvalitet tilsvarende pellets (Ulseth, 2005). Dette for at sentralene skal være kostnadseffektive.

### 3.2.1.1 Energipris- biomasse

Figur 10 viser hvordan pris på biobrensel har variert over tid. Kurven angir pris på biomasse som råvare og ikke ferdig pellets som benyttes for mindre anlegg i boliger og yrkesbygg. Prisen på pellets vil reelt sett være noe høyere da dette er behandlet biomasse som krever energi. Pelletsprisen ligger i dag på rundt 0,2-0,45 kr/kWh avhengig av leveringsmåte og kvantum som kjøpes inn (Ulseth, 2005)(Bionordic, 2005).

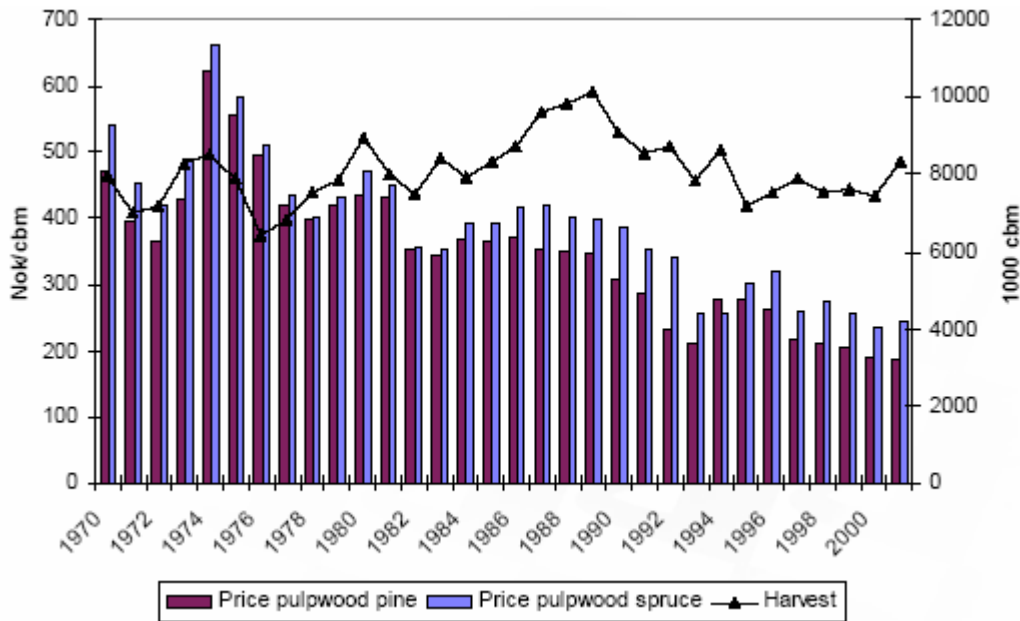


FIG10: Figuren viser utviklingen av pris på furu og gran fra 1970-2003 (Bolkesjø, Trømborg og Solberg, 2004)

Pellets priser gjennom etterspørsel og tilbud lokalt og prisene kan derfor variere grafisk.

### 3.2.2 Omgivelsesvarme

For å utnytte omgivelsesvarme til energiforsyning benyttes varmepumper. Ved hjelp av høyverdig energi, elektrisitet, henter varmepumper ut solvarme som ligger lagret i fjell, jord, sjø eller luft. Deretter forsterkes denne varmen, ved tilførsel av høyverdig elektrisk energi, før den ved hjelp av et vannbåret eller luftbårent varmeanlegg føres inn i boligen. Varmepumpen betegnes ut i fra hvor den henter varme fra (Enova, 2005e).

Forholdet mellom energi som hentes og energi som forbrukes vil være avhengig av temperaturforskjellen mellom hvor varmen hentes fra (kilden) og til hvor varmen leveres (turvann i distribusjonssystemet eller inneluft). Fortjenesten ligger i at varmepumpen kan hente ut og levere mer energi enn hva som forbrukes av høyverdig energi. Generelt regnes det at for hver kWh elektrisitet som brukes, henter varmepumpen om lag tre til fire ekstra kWh varme fra omgivelsene<sup>17</sup>. På denne måten kan en si at en utnytter "gratis" varme fra naturen. Enkelte luftvarmepumper renser også den varme luften før den blåses inn i boligen.

<sup>17</sup> For store anlegg kan effekt faktoren være så stor som 6 (Hanssen et al, 1996).

I følge Enova (2005e) begrenses ikke utbredelsen av varmepumper av mangel på varmekilde, de gir derfor heller ikke noe tall på varmepumpepotensialet i Norge. Det må imidlertid påpekes at økonomisk lønnsomhet for utbygging av varmepumpe vil variere med nærhet til varmekilden og potensialet for utbygging vil derfor begrenses av kostnadseffektiviteten av utbyggingen.

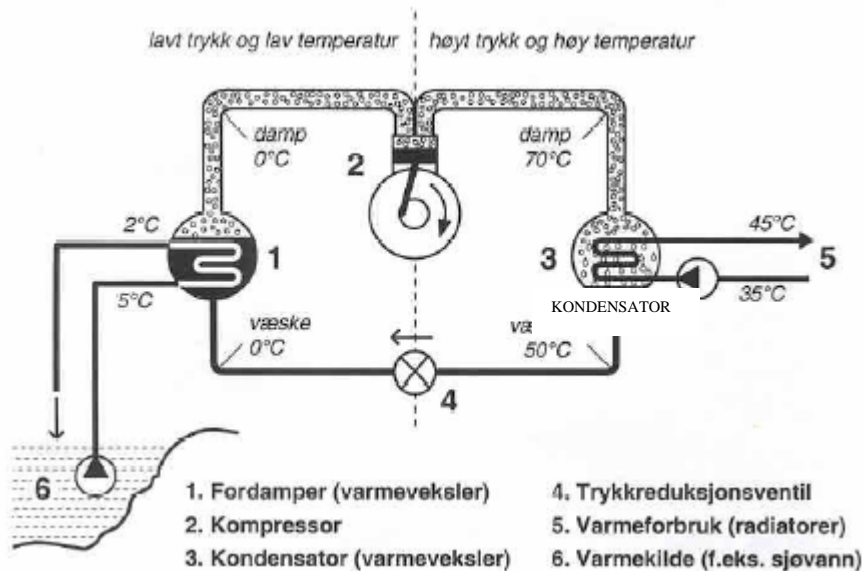


FIG 11 Prinsippkisse av en varmepumpe (Stene, 2000).

### 3.2.2.1 Energipris- elektrisitet

Pris på elektrisitet kan grovt sett deles inn i tre deler

- Kraftpris/spotpris: På bakgrunn av tilbud og etterspørsel, bestemmes prisen på den nordiske kraftbørsen Nordpool ASA. På dette kraftmarkedet handles både kraft for levering neste dag (spot) og kraft levert på lengre sikt.
- Nettleie: Dette er betaling for transporten av elektrisitet fra produsent til bruker. Drift og vedlikehold regnes som monopolvirksomhet hvor inntektene til nettselskapene reguleres av NVE.
- Avgifter til staten: Avgiftene består av en forbruksavgift samt en merverdiavgift. Det er per i dag slik at det betales merverdiavgift på både nettleie, kraftpris og forbruksavgiften. (Hanssen et al, 1996)(NVE, 2005)

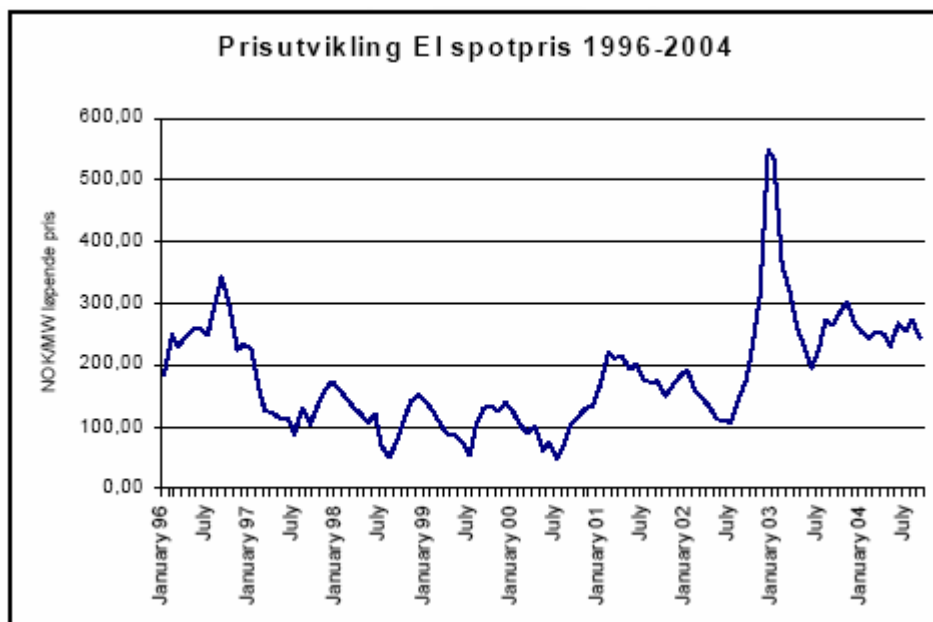


FIG 12: Figuren viser utviklingen av spotprisen (reelle priser) for elektrisitet fra 1996-2004 (Bolkesjø, Trømborg og Solberg, 2004)

### 3.2.3 Fjernvarme

Fjernvarme er ikke en energikilde men et distribusjonssystem for varme. Energikilden kan være avfall, bioenergi, olje, eller spillvarme, der avfallsforbrenning er mest vanlig i Norge. Felles for alle fjernvarmesystemer er at varmen produseres sentralt og fraktes til kunden ved hjelp av vann eller damp gjennom rør, primærnett, over lengre avstander. Kunden vil ha et eget rørsystem, sekundærnett, i sin bolig og varmen tas ut fra primærnettet ved hjelp av en varmeveksler.

I følge Enovas hjemmesider er energipotensialet fra avfall som deponeres i Norge i område 3-6 TWh (Enova, 2005f). En ulempe ved å brenne avfall er at det fører til utslipp og er underlagt strenge krav til rensing.

Fjernvarme er mest utbredt i de store byene da det kreves store investeringer for utbygging av distribusjonssystemet. Det er derfor, foreløpig, kun økonomisk gunstig å legge rør i tettbebygde strøk. For mer avsidesliggende bebyggelser kan nærvarme være en alternativ løsning. Nærvarme bygger på det samme prinsippet som fjernvarme, forskjellen er at et nærvarmeanlegg knytter sammen et mindre antall boliger til et fellesanlegg i nærområdet samt at avfall ikke kan benyttes som energikilde. Temperaturen ut fra varmesentralen er avhengig av hvilken energikilde som benyttes for å varme opp vannet.

Delte meninger råder i energibransjen når det gjelder tilknytningsplikten til fjernvarme, se avsnitt 3.1.1; Type bygning. Noen ser på tilknytningsplikten som en ulempe, da steder hvor det ikke er behov for særlig varmforsyning, foreksempel på grunn av isolasjon og god solutnyttelse, likevel pålegges å knytte bygget(ne) til det eksisterende fjernvarmesystemet. Rognlien (2005) påpeker at fjernvarme medfører lite grad av frivillighet. Etter påkopling til fjernvarmenettet er fleksibiliteten for den aktuelle

---

byggherren svært begrenset. Dette fører til at energileverandøren har monopol på energileveranse noe som kan føre til at leverandøren først og fremst maksimerer sin egen nytteverdi. I følge Faanes (2005) står påkoplingstvangen sterkt i kontrast til liberaliseringen som ellers pågår i energimarkedet. En fordel som imidlertid må nevnes er at ved fjernvarme er driften av energisystemet i stor grad tillagt leverandøren da varmen produseres sentralt.

### **3.2.3.1 Energipris-Fjernvarme**

For å beskytte bygg som er tilknytningspliktig til fjernvarme er det bestemt at fjernvarmeprisen alltid skal ligge under gjeldende markedspris på elektrisk oppvarming i det aktuelle forsyningsområdet. Derfor vil prisen på fjernvarme følge svingningene i elektrisitetsmarkedet. Mange stiller seg kritisk til om dette er den riktige måten å prise fjernvarme på, da det i tørre perioder med høye elektrisitetspriser medfører at også fjernvarmeprisene vil stige selv om energien ikke er dyrere for fjernvarmeleverandøren (Faanes, 2005). Selv om det er tilknytningsplikt for nye bygninger innenfor et konsesjonsområde, er det ikke bruksplikt. Dersom fjernvarmeprisen blir for høy i forhold til andre energikilder som olje, kan dette føre til at olje brukes som reservelast. Dette vil være lite gunstig for miljøet.

### **3.3 Energifleksibilitet**

Når et hus bygges velges det samtidig et energisystem for 30-40 år framover i tid. Det kan derfor være smart å velge et oppvarmingssystem som gir muligheter for å bruke flere enn én varmekilde, for eksempel vannbåren varme. Ved å ha et energifleksibelt system vil bruker til enhver tid ha muligheten til å velge den energikilden som på det aktuelle tidspunktet er billigst. (Enøkguiden, 2005)

### **3.4 Mulige ulemper med de fornybare energikildene**

Mulige ulemper med de fornybare energikildene kan imidlertid være at eierskap og ansvar for drift og vedlikehold ofte er tillagt private eiere med "lav" teknisk kompetanse. Transport av brensel er ofte veibasert noe som fører til økte brenselkostnader og miljøkonsekvenser. Leveringssikkerhet og pålitelighet til fornybare kilder kan ofte være misvisende. Elektrisitetsnettet har i dag en leveringssikkerhet på 99,96 % dette tilsvarer uteblivelse av elektrisitet i tre timer i løpet av et år. Når det gjelder de fornybare energikildene, reklameres det ofte med en sikkerhet på 98 %. Dette tallet kan, isolert sett, tolkes som svært leveringssikkert, men det må imidlertid nevnes at tallet tilsvarer så mye som en uke uten effekt og energilevering i løpet av et år (Bakken, 2005). Det vil derfor for enkelte fornybare energikilder være lite aktuelt å operere isolert fra elektrisitetsnettet men heller at kildene nyttes som et supplement for å redusere belastningen på nettet.

---

## 4 Finansieringsmodeller

I de to forrige kappitlene ble det vist at det per i dag finnes teknologier som kan benyttes for å bygge mer energieffektive bygninger som vil redusere energikostnadene på sikt.

Noen av de viktigste barrierene for energiomlegging i bygningssektoren er imidlertid, som beskrevet i kapittel 1, kunnskapsmangel og investeringsvegving. Dette skyldes at investeringsutgiften kan være svært stor samt at usikkerheten er høy. For å overkomme denne barrieren kan ulike finansieringsmodeller hvor investeringen overlates til en ekstern part benyttes. I dette kapitlet vil derfor ulike former for energiytelseskontrakter diskuteres.

### 4.1 Energiytelseskontrakter

Det som kjennetegner en energiytelseskontrakt, heretter forkortet til EYK, er at gevinsten for en Prosjektselger<sup>18</sup> er avhengig av resultatene for energisparing hos kunden. Det finnes ulike måter å strukturere slike ytelseskontrakter på. Man kan blant annet ha ytelseskontrakter med og uten tredjepartsfinansiering.

#### 4.1.1 Tredjepartsfinansiering (TPF)

Tredjepartsfinansiering, ofte kalt sparefinansiering, består i at sluttbrukeren inngår en avtale om energi- og kostnadsbesparelser med en profesjonell aktør, i denne oppgaven kalt energiinvestor. Den profesjonelle aktøren foretar investeringskostnaden for sluttbrukeren. Sluttbrukeren, som eier bygget, betaler tilbake investeringskostnadene til aktøren over et visst antall år. Når kontraktstiden utløper og sluttbruker har tilbakebetalt investeringskostnadene og rentene, er det sluttbruker som overtar investeringen og kan fullt ut nyte godt av energibesparelsene.

Dersom en EYK uten sparefinansiering inngås, medfører dette at det er sluttbruker som tar på seg investeringskostnaden. Energiinvestoren vil fortsatt stå ansvarlig for planlegging, iverksetting, verifisering av utstyret og besparelsene. Energiinvestoren garanterer også at energibesparelsene dekker nedbetaling av renter og avdrag og betaling av tjenesten. Dersom ikke garantien oppfylles må energiinvestoren betale mellomlegget.

Dersom en EYK med sparefinansiering inngås vil investeringskostnadene enten betales av energiinvestoren eller en ekstern finansinstitusjon som for eksempel en bank. Dersom det er en finansieringsinstitusjon inne i bildet vil energiinvestoren fungere som et bindeledd hvor dens rolle blir å sende renter og avdrag videre, og kredittrisikoen for lånet ligger hos finansieringsinstitusjonen.

### 4.2 Energiinvestorens oppgaver

Energiinvestoren tilbyr ulike tjenester, hvor dypt involvert en energiinvestor skal være i sluttbrukerens energisystem, bestemmes i hver enkelt kontrakt. Oppgavene som en energiinvestor kan ha i forhold til kundens energisystem er beskrevet i Tabell F (Freund, 2000).

---

<sup>18</sup> Prosjektselgeren er i denne oppgaven definert som en energiinvestor.



Tabell F: Oversikt over mulige oppgaver en energiinvestor kan påta seg.

<b>Energiinvestorens oppgaver</b>	
Identifisere behov	Gjøre en detaljert energianalyse for å kartlegge eksisterende situasjonen og gi forslag til forbedringer. <ul style="list-style-type: none"> <li>• mulighetsstudium</li> </ul>
Planlegge/Installere	Ansvarlig for planleggingen og utførelsen av forslagene til forbedring av eksisterende tilstand og ved nybygg. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Risikoanalyse</li> <li>• Kost-nytte analyser</li> <li>• Plan for gjennomføring samt tidsplan</li> <li>• Bestille og klargjøre utstyr</li> <li>• Forhandle med underleverandører</li> </ul>
Drift og vedlikehold	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vedlikeholdstjenester, samt å reparere feil og mangler</li> </ul> Kjøre inn energi (KWh) for kunden
Opplæring	Lære kunden å bruke energisystemet.
Finansiere	Direkte finansiering eller som bindeledd mellom kunde og finansieringsaktør.

### **4.3 Hvem som kan være energiinvestor**

En energiinvestor kan enten være en eksisterende eller ny aktør på markedet. En allerede eksisterende aktør vil imidlertid ha fordeler med eksisterende egenkapital og kanskje også kunne dra nytte av stordriftsfordeler. Mindre og nyetablerte aktører, uten kjente merkenavn, vil sannsynligvis ha problemer med å få lån til flere enn et enøk-prosjekt på samme tid, dette grunnet lav egenkapital og få eiendeler som kan pantsettes for risiko.

I de etterfølgende avsnitt er det angitt fire ulike aktører som kan være aktuelle for konseptet med energiytelseskontrakter og tredjepartsfinansiering (PWC, 1999). Det vil i avsnittene diskuteres motivasjon, styrker og svakheter for de ulike aktørene. I tillegg til de nedenfor nevnte aktørene kan, som diskutert i tidligere avsnitt, banker og finansieringsinstitusjoner trekkes inn, men disse spiller da en mindre rolle som leverandør og er avhengig av et samarbeid med fagfolk innen energibransjen.

#### **4.3.1 Energiselskaper**

Økende belastning på elektrisitetsnettet vil kunne være en motivasjon for nettselskapene til å ekspandere sitt virksomhetsområde inn mot konseptet om tredjepartsfinansiering og energiytelseskontrakter. For en kraftleverandør vil det være visse begrensninger for incentiver da valg av energieffektive løsninger for oppvarming ofte innebærer en reduksjon i elektrisitetsbehovet. En for stor reduksjon kan føre til at det blir for liten etterspørsel etter elektrisitet som er kraftleverandørens kjerneområde.

#### **4.3.2 Utstysleverandører**

Aktørene under denne gruppen sitter med verdifull kunnskap innen drifts og servicekonsepter på egen produktplattform. Styrken til slike aktører vil være det at de kan også tilby outsourcing av andre tjenester i tillegg til outsourcing av energitjeneste. Som vi ser ut fra Figur 13 utgjør energiposten kun 30 % av drifts og vedlikeholdskostnader for kontor- og næringsbygg. Ved å ha et bredere tjenestetilbud kan de tiltrekke seg kunder som ønsker en reduksjon også i andre poster enn energibruk.

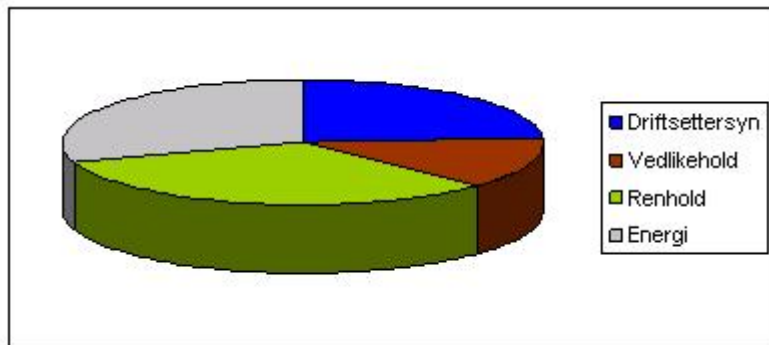


FIG 13: Drifts- og vedlikeholdskostnader for et kontor- og næringsbygg. Figuren er laget med utgangspunkt i tall fra statistisk sentralbyrå (PWC, 1999).

Et spørsmål som imidlertid kan dukke opp er om slike aktører kan tilfredsstillende kunder sett ut fra et samfunnsøkonomisk perspektiv, da de kan ha incentiver til å fremme sine egne produkter istedenfor en objektiv og optimal energiløsning.

#### 4.3.3 Tjeneste- og serviceleverandører

Styrken til denne type aktør vil som for utstyrsleverandører være muligheten for å også tilby andre outsourcing funksjoner i tillegg til tjenester innen energi. Tjeneste og service leverandører vil ha erfaring og kan utnytte synergieffekter fra andre prosjekter innen drift og vedlikehold. For å kunne tilegne seg den nødvendige kompetansen innen energi, vil denne gruppen aktører måtte alliere seg med fagpersoner.

#### 4.3.4 Energirådgivere

Aktører av denne typen vil ha fordeler i forhold til kunnskap. Ettersom de ikke har egne produkter eller tjenester knyttet til et eller flere bestemte energikilder, kan de aneeses som nøytrale i valg av energisystemer. Mulige ulemper for en slik aktør i forhold til energiselskaper og utstyrsleverandører kan være lav egenkapital, ingen eiendeler og dermed også dårlige betingelser ved banklån.

### 4.4 Type aktør og avkastningskrav

Når en energiinvestor skal gjøre en lønnsomhetsvurdering kan lønnsomheten i stor grad påvirkes av hvilken type aktør energiinvestoren er, da ulike typer aktører har ulike avkastningskrav som vil påvirke diskonteringsfaktoren. For samfunnsøkonomiske lønnsomhetsanalyser benyttes et avkastningskrav på rundt 6, 2 % (Nitterhauge, 2005) som kun justeres for relativ prisendringsfaktor. Når det gjelder bedriftsøkonomisk avkastningskrav, skilles det mellom egenkapital og fremmedfinansiering. En bedrifts eiendeler er som regel finansiert med en kombinasjon av de to overnevnte finansieringsformene. Når avkastningskravet for et enøk-prosjekt settes, sammenliknes prosjektet med andre investeringsmuligheter bedriften har. Avkastningskravet settes da lik avkastningskravet til alternative prosjekter bedriften har men justeres opp eller ned alt etter om det aktuelle enøk-prosjektet har større eller mindre risiko. Det nominelle avkastningskravet for bedriften må justeres for inflasjon og relativ prisendringsfaktor for energi. Avkastningskravet til fremmedfinansieringen må justeres for skatt. En måte å beregne diskonteringsfaktoren er ved å bruke den generelle formelen:

$$R_K = \frac{1}{G + E} * (R_G * G + R_E * E) , \text{ hvor}$$

$$R_G = \frac{1}{(1 + e)} * \left[ \frac{Rn_G * (1 - s) - i}{(1 + i)} - e \right] \text{ og}$$

$$R_E = \frac{1}{(1 + e)} * \left[ \frac{Rn_E - i}{(1 + i)} - e \right]$$

$R_K$  = avkastningskrav ved kombinasjon av egenkapital og fremmedfinansiering

$Rn_G$  = nominelt avkastningskrav for gjeld

$Rn_E$  = nominelt avkastningskrav for egenkapital

$i$  = generell inflasjon (prisindeks)

$s$  = skattefaktor

$e$  = relativ prisendringsfaktor for energi i forhold til generell inflasjon, dvs. dersom  $e = 0,01$  og dagens pris på energi er 0,7kr/kWh år gir dette en gjennomsnittlig energipris på ca 0,72 kr/kWh år i løpet av de neste fem årene.

$G$  = andel fremmedfinansiering/gjeldsfinansiering

$E$  = andel egenkapitalfinansiering

$R_E$  = avkastningskrav ved 100 % egenfinansiering

$R_G$  = avkastningskrav til ved 100 % gjeldsfinansiering

Figur 18 og 19 illustrerer hvordan lønnsomhet for en energiytelseskontrakt er avhengig av hvilken type aktør som betrakter prosjektet. Figurene viser to typer aktører. Den ene typen aktør er et nettselskap som benytter samfunnsøkonomisk avkastningskrav, den andre typen er en privat aktør som benytter alternativ plassering av økonomiske midler som mål for avkastningskrav. Eksempelet tar utgangspunkt i kontraktsformen delte besparelser, som diskuteres nærmere i kapittel 4.4.5.1. Eksempelet og beregninger er beskrevet i vedlegg 4. Figur 18 og 19 viser hvordan den kumulative nåverdien til energiinvestor samt kunden, avhenger av hvilken type aktør energiinvestoren er

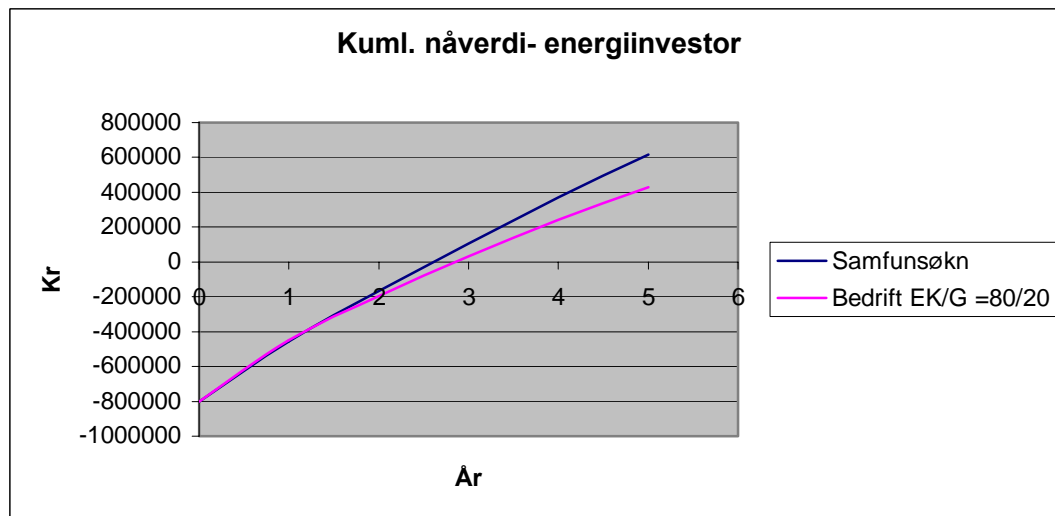


FIG 18: viser kumulativ nåverdi for energiinvestor ut fra type aktør energiinvestor er. (vedlegg 8 viser beregningene)

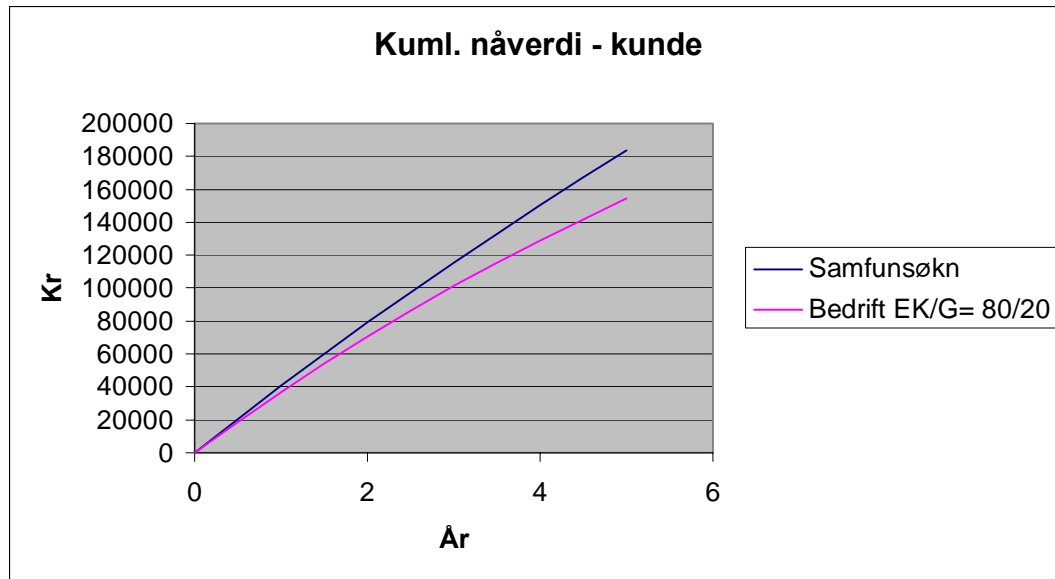


FIG 19: illustrerer kumulativ nåverdi for kunde avhengig av hvilken type aktør som er energiinvestor ( vedlegg 8 viser de aktuelle beregninger).

Figurene illustrerer hvordan de ulike aktørene, energiinvestorene, vurderer lønnsomheten til eksempelet. Jo høyere avkastningskravet settes, desto mindre vekt legges det på kostnader og inntekter som påløper i fjern framtid. For å stimulere til enøk-tiltak og senke avkastningskravet til private bedrifter kan det eksempelvis gis økonomisk kompensasjon ved investeringstidspunktet.

## 4.5 Ulike kontraktsformer

Det som, i tillegg til finansieringsform, skiller de ulike kontraktsformene fra hverandre er risikofordeling, hvordan transaksjonen mellom partene er strukturert og lengden på avtaleforholdet.

### 4.5.1 Risikofordeling i ytelseskontrakter

Det er viktig å definere fordeling av risikoen mellom partene i kontrakten, for slik å unngå konflikter i eller etter kontraktsperioden. Hvem som påtar seg mest risiko er avhengig av hvilken kontraktstype som inngås mellom de ulike partene. Den parten som tar finansieringsansvaret vil som regel være tildelt størst risiko. Dersom det er en energiinvestor som tar på seg finansieringsansvaret kan denne aktøren stort sett styre sin egen risiko, da det også er denne aktøren som utformer, installerer og drifter enøk-systemet og dermed bestemmer prestasjonen for energisparing. En del risiko i forbindelse med de tekniske forholdene vil imidlertid være tilstede. For å minimere denne risikoen er det viktig å benytte kjent teknologi fra leverandører som tilbyr kvalitet og driftsgaranti.

Risiko knyttet til at selve konstruksjonsarbeidet er ferdig i tide, innenfor budsjettet og i tråd med spesifikasjonene er også risiko som energiinvestoren tar på seg. Når det gjelder risikoen for sluttbruker, vil denne øke om sluttbruker tar på seg finansieringsoppgaven i forhold til om ansvaret overlates til en energiinvestor. Dersom energiinvestoren finansierer investeringen vil denne aktøren ha større incentiver til å maksimere energisparing enn om det er sluttbruker som betaler investeringskostnadene, da det ikke

---

vil være like store økonomiske midler ”på spill” for energiinvestoren. Dersom det er sluttbruker som finansierer investeringen er det viktig at sluttbruker velger en energiinvestor som har kvalitetsgaranti på arbeidet sitt.

#### 4.5.1.1 Risiko ved endringer i energipris

Når en energiinvestor og eventuelt en finansieringsinstitusjon inngår en energiytelseskontrakt med en kunde, garanteres besparelser i *kroner x forventet gjennomsnittspris for energi*. Gjennomsnittspris for energi avtales mellom aktørene. Det er da to muligheter for avvik fra avtalt pris:

- 1) Den reelle prisen stiger i forhold til avtalt
- 2) Den reelle prisen synker i forhold til avtalt

De to scenariene kan påvirke lønnsomheten for de ulike aktørene. Dersom den reelle prisen er større vil den reelle summen også overstige de garanterte besparelsene og kunden, samt aktøren som finansierer, kan dra nytte av ”overskuddet”. Hvordan overskuddet skal fordeles må avtales i hver enkelt kontrakt. Den aktøren som gjør investeringene vil i slike tilfeller ikke få noen ekstra utgifter. Dersom den reelle energiprisen skulle vise seg å være lavere enn avtalt i kontrakten, vil aktøren som har garantert for besparelsene måtte betale mellomlegget til kunden.

#### 4.5.1.2 Basislinje

Den målte energisparingen er relativ og hva den måles i forhold til må avklares i kontrakten. For tredjepartsfinansiering av enøk-prosjekter i andre land er energisparing målt i forhold til ”baseline” benyttet (Harding, 1998). Baseline, eller basislinje, er energiforbruket før et enøk-tiltak. Det finnes ulike metoder for å måle denne basislinjen. En metode, som i dag er mest benyttet i Europa og USA, er tidligere fakturaer for energibruk i den aktuelle bygningen. Dersom bygningen er et nybygg kan basislinjen konstrueres ut fra normtall for energibruk i den aktuelle bygningstypen.<sup>19</sup> Det er imidlertid et problem med bruk av basislinje som referanse, nemlig at basislinjen er avhengig av ulike faktorer som bidrar til å påvirke energibruken samt energikostnadene for en bygning fra år til år. Eksempler på slike faktorer er værforhold og endring i energipriser. Dersom kunden er ulike aktører for et samlet energiområde, vil lastprofilen endre seg ved økende eller minkende produksjon. Normtall for basislinje i nybygg må benyttes med forsiktighet da disse er meget generelle og lastprofilen ved for eksempel en bolig er svært avhengig av beboernes brukervaner for energi (Pedersen, 2005).

For å beskytte Energiinvestoren mot faktorer den ikke kan påvirke, som for eksempel endring av lastprofilen, energipriser samt værforhold, er det viktig at disse faktorene defineres i kontrakten. Det kan for eksempel utarbeides en modell for framtidig bruk av energi hvor disse faktorene defineres som variable input og benyttes i beregningen av en basislinje<sup>20</sup>. Man kan da for hvert år regne ut en mer nøyaktig basislinje som tar hensyn til økning eller minkning av de ulike faktorene.

---

<sup>19</sup> Normtall for energibruk i bygninger finnes i NS-3031

<sup>20</sup> I modellen bør blant annet følgende variabler modelleres: Graddagallet for å kompensere for værforhold, prisindekser for kompensering av endringer av energipriser og en variabel som kartlegger bruksmønsteret gjennom for eksempel antall arbeidere eller beboere i en bygning.

## 4.5.2 Ulike ytelseskontrakter

Når en ytelseskontrakt inngås bør lengden på avtaleforholdet samt hvordan transaksjonene er fordelt mellom partene klart avgrenses. Som nevnt i tidligere avsnitt er hvem som tar på seg finansieringsansvaret, samt hvordan dette skal tilbakebetales viktige punkter i en slik kontrakt. Sluttbruker kan for eksempel velge å betale tilbake 100 % av inntektene fra energisparing fra dag én av kontrakten. En annen struktur er at sluttbruker får en prosentandel fra energisparingene allerede i kontraktsperioden. Dersom den sistnevnte strukturen velges vil avtaleforholdet strekke seg over flere år enn om sluttbruker velger å betale tilbake 100 % av energisparingene under kontraktsperioden.

I rapporten om TPF av enøk-tiltak, samt i en rapport om innføring av EYK kontrakter i Europa, er det utarbeidet en del forslag til ulike kontraktsformer ved EYK (PWC, 1999) (Harding, 1998). De viktigste punktene fra rapportene er framstilt i tabell G. Det er i dette kapitlet også gjort en videre utarbeidelse av de faktorer som bestemmer de ulike kontraktsformene, samt fordeler og ulemper med hver enkelt kontraktsform.

Tabell G: Oversikt over mulige kontraktsformer ved energiytelseskontrakter (PWC, 1999) (Harding, 1998).

Kontraktsform	Transaksjoner	Risiko	Lengde
<b>Delte besparelser</b>			
Investeringen nedbetales ved at energiinvestoren tar en avtalt andel av besparelsene. Kontrakten kan struktureres ved at energiinvestoren de første årene tar mesteparten av besparelsene f.eks. 80%, deretter deles besparelsene likt mellom energiinvestoren og sluttbruker i resten av kontraktsperioden.  Prestasjon er knyttet til kostnad for spart energi.	Kundene er fritatt for alle initielle utlegg. Energiinvestoren bidrar med kapital fra interne kilder eller skaffer kapital eksternt.	Energiinvestoren bærer kredittrisikoen. Hvem som bærer risikoen for besparelsene avtales mellom partene.	Vanligvis 5-10 år
<b>Sparefinansiert</b>			
Energiinvestoren tar hele besparelsen over en avtalt periode ved nedbetaling av prosjektets kostnader.  Prestasjon er knyttet til kostnad for spart energi.	Kunden fritatt for alle initielle utlegg. Energiinvestoren bidrar med kapital fra interne kilder eller skaffer kapital eksternt.	Energiinvestoren bærer kredittrisikoen. Hvem som bærer risikoen for besparelsene avtales mellom partene.	Avhengig av tilbakebetalingstiden for kostnadene, vanligvis fra 3-7 år.

<b>Garantert sparing</b>			
Energiinvestoren gir kunden en fast rabatt på kundens nåværende energikostnad. Leverandøren garanterer at besparelsene er minst like stor som kundens finansieringskostnader.  Prestasjonen er knyttet til grad av energisparing.	Kunden låner på egenhånd, og betaler tilbake kostnadene for design og utvikling av energisystemet til energiinvestoren.	Kunden sitter med kreditrisikoen, energiinvestoren sitter med risikoen for at besparelsene skal overgå investeringskostnadene.	Avhengig av størrelsen på investeringen, typisk 5-10 år.
<b>Leasing</b>			
Energiinvestoren garanterer at besparelsene overgår leasingkostnadene. Kunden leier utstyret av en utstyrsleverandør, og energiinvestoren fungerer som et mellomledd mellom kunde og utstyrsleverandøren.	Kunden må betale faste avdrag over en avtalt periode.	Energiinvestor har risiko i forhold til skade på utstyret. Aktøren som sitter som eier av utstyret tar kreditrisikoen.	Avtales i hvert enkelt prosjekt.

### 4.5.3 Fordeler og ulemper med de ulike kontraktsformene

Hvilke kontraktsformer som velges avhenger av det enkelte tilfelle. Under kartlegges noen av ulempene og fordelene ved de ulike kontraktsformene. Det er også vist en illustrerende figur for hvordan framgangsmåten og struktur av transaksjonene er i hver enkelt kontrakt

#### 4.5.3.1 Delte besparelser

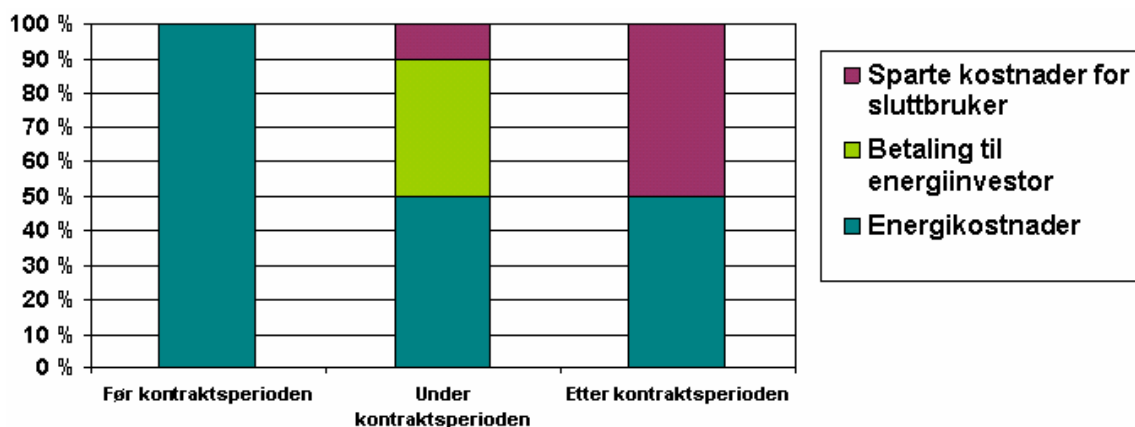


FIG 14: Transaksjonsforløpet ved kontraktsformen Delte besparelser

Vedlegg 4 viser et detaljert regneeksempel på en slik kontrakt, samt nåverdimodell i kontraktperioden.

#### Fordeler

Ettersom det er en energiinvestor som har ansvar for finansieringen er denne kontraktsformen svært nyttig dersom sluttbruker ikke har mulighet for å påta seg gjeld. Sluttbruker vil også frigjøre midler til andre nyttige prosjekter. Ved denne kontraktsformen får sluttbruker nytte av energibesparelsene tidlig i kontraktperioden.



## Ulemper

Dersom Energiinvestoren er en liten privat aktør, med lav egenkapital og lite eiendeler som kan pantsettes for risiko og fremmedkapitalforpliktelsene er store, vil aktøren muligens ha problemer med å få lån til flere enn et enøk-prosjekt på samme tid. En annen ulempe med å strukturere kontraktene på denne måten er at tiden for tilbakebetaling blir relativt lang.

### 4.5.3.2 Sparefinansiert

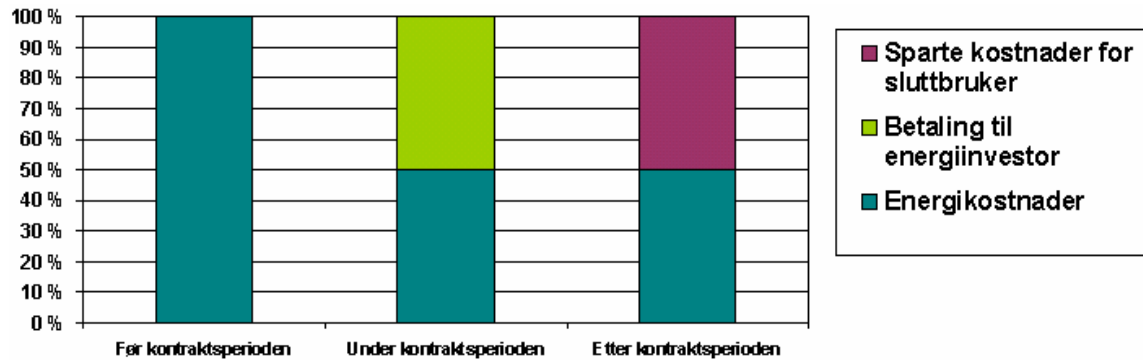


FIG 15: Transaksjonsforløpet ved kontraktsformen Sparefinansiering

## Fordeler

Denne måten å strukturere en ytelseskontrakt på er blitt svært populært innenfor offentlige sektorer. I disse sektorene er det attraktivt å få besparelser uten at offentlige budsjetter belastes.

## Ulemper

Som ved delte besparelser vil muligens en liten eller nyetablert Energiinvestor ha problemer med kredittverdighet.

### 4.5.3.3 Garantert sparing

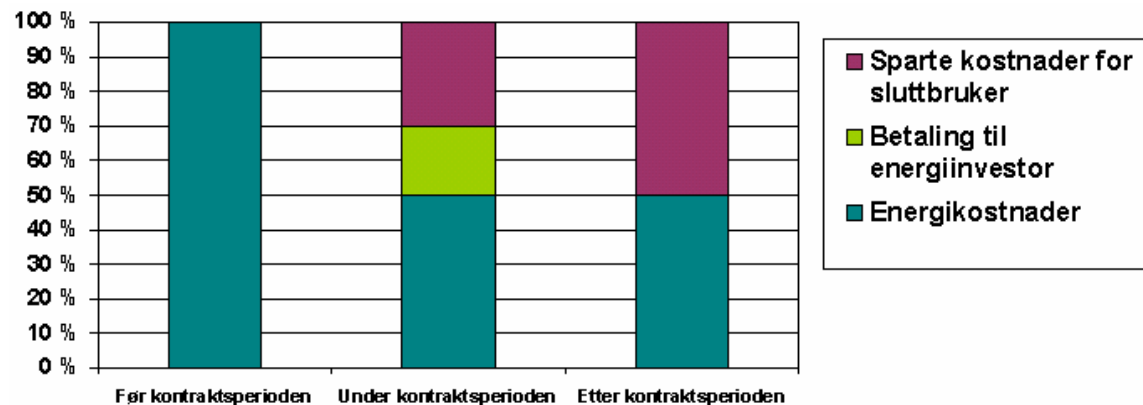


FIG 16: Transaksjonsforløpet ved kontraktsformen Garantert sparing

## Fordeler

Kontraktsformen har vist seg å være den som er mest populær blant kommunale prosjekter i USA. Kommunen har større kredittverdighet og får gunstigere lånebetingelser enn hva en privat aktør hadde fått. Dessuten vil kommunen være fritatt for skatt på utstyret som kjøpes inn<sup>21</sup>.

## Ulemper

Kontraktsformen kan kun benyttes av kunder som har finansieringsmuligheter<sup>22</sup>. Sluttbruker vil også ha større risiko i forhold til investeringen enn hva en energiinvestor ville hatt dersom det var energiinvestoren som påtok seg finansieringsansvaret. Dette fordi det knyttes ekstra usikkerhet til kontraktsformen da sluttbruker overlater innsparingsansvaret til en ekstern part, men selv sitter med kredittrisikoen.

### 4.5.3.4 Leasing

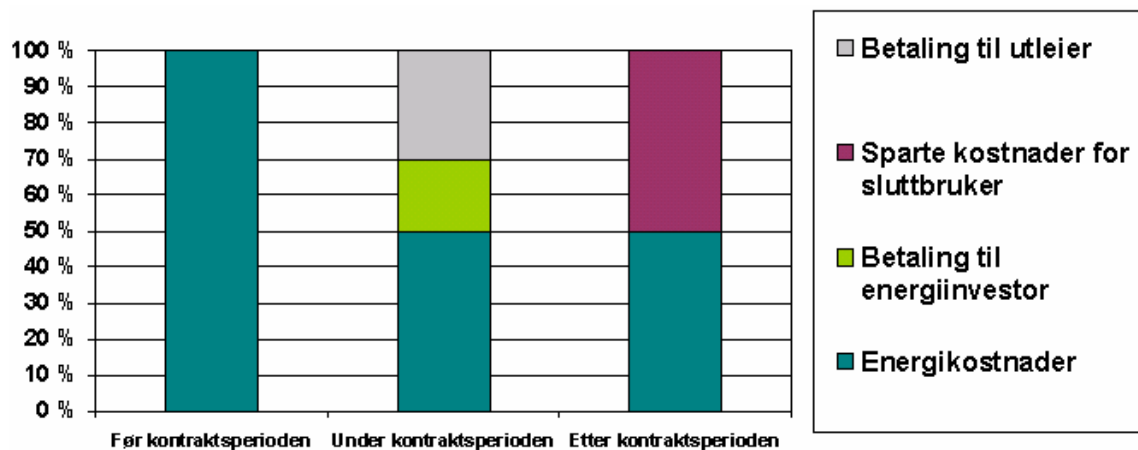


FIG 17: Transaksjonsforløpet ved kontraktsformen Leasing

## Fordeler

Det kreves ingen lån da utstyret kun leies. I tilfeller hvor leiekostnadene er mindre enn kostnadene for et lån vil en slik kontraktsform være gunstig.

## Ulemper

Ved denne kontraktsformen leies utstyret, ettersom det er energiinvestoren som har ansvar for at besparelsene skal overgå leasingkostnadene sitter også denne aktøren med risikoen for skade på utstyret. Denne kontraktsformen vil også kunne minke incentivene fra sluttbrukers side da det ikke er en fast kontraktsperiode med en investeringssum som skal tilbakebetales. Det må også klart defineres hvem som er eier for utstyret etter kontraktsperioden samt utrangeringsverdi av utstyret. Det er imidlertid ikke alle enøk-tiltak som kan leies, eksempelvis ekstra isolasjon i bygningskroppen, og følgelig vil bruk av denne kontraktstypen begrenses med type enøk-tiltak som skal utføres.

<sup>21</sup> Disse reglene gjelder også i Norge.

<sup>22</sup> Kunden vil hovedsakelig benytte energiytelseskontrakten for å skaffe seg kunnskap.

## 4.6 TPF-markedspotensialet i Norge

Bygninger kan kategoriseres i henhold til lastprofiler samt størrelse på energibehovet. Man finner en oppdeling av ulike bygningstyper i NS-3032. Eksempler på ulike kategorier kan være kontorbygg, skolebygg, sykehus, enebolig og leilighet. Markedspotensialet vil være forskjellig for ulike type bygg alt etter bruksmønster og behov for energi. I dette kapittelet vil det gis et anslag på TPF- markedet samt angi hvilke segmenter i markedet som har størst økonomisk verdi.

### 4.6.1 Type bygg som passer for TPF

Ettersom konseptet med tredjepartsfinansiering bygger på at tilbakebetalingen skal skje gjennom besparelser i energikostnader må energibesparelsene være større enn kostnadene for tjenestene gjort av en energiinvestor. Kostnadene som en energiinvestor sitter med i forhold til et konkret prosjekt for en sluttbruker, kan være som vist på figur 20

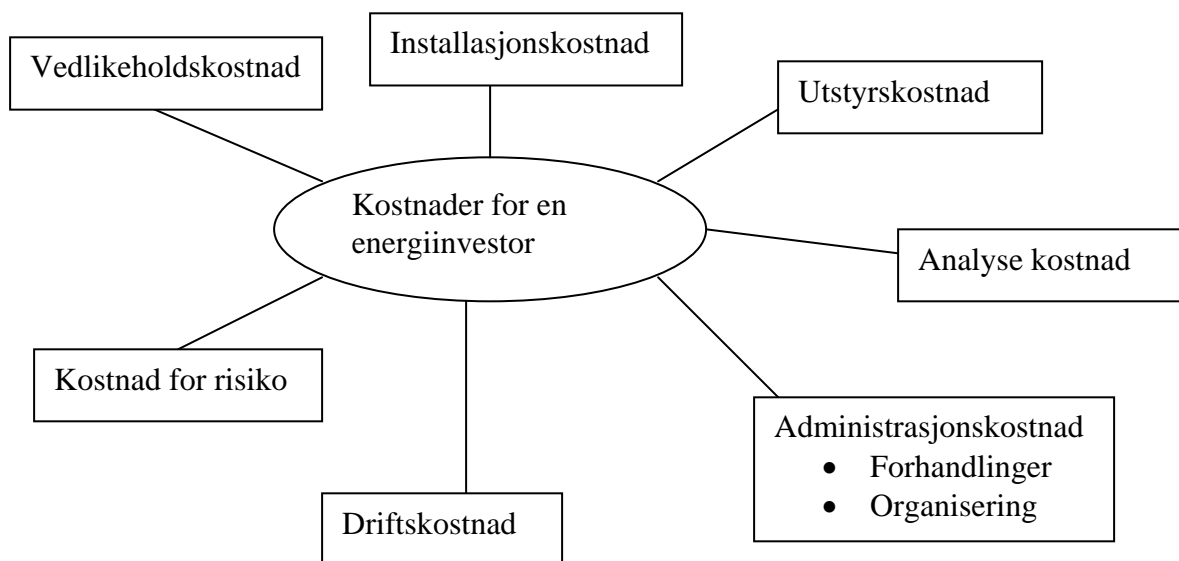
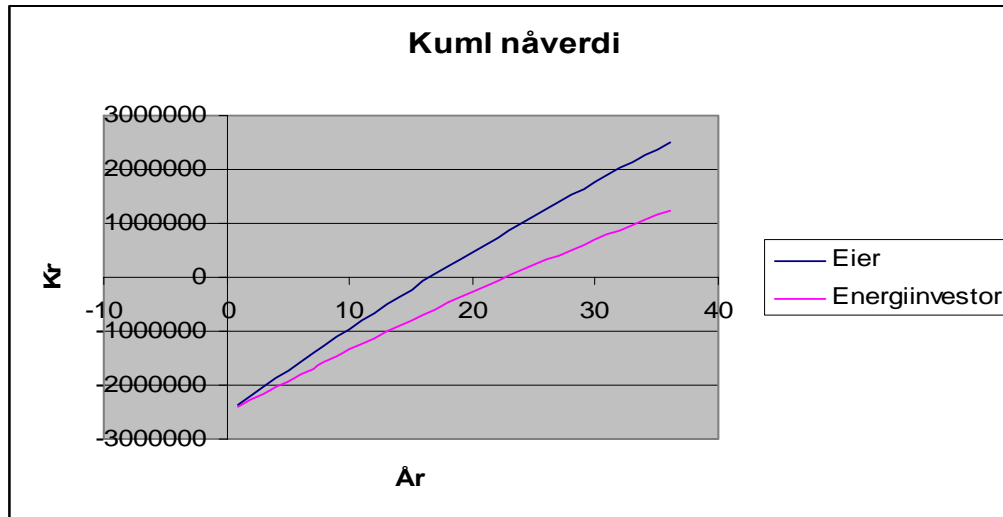


FIG20: Oversikt over hvilke kostnadsposter for en eventuell energiinvestor.

Ettersom sparepotensialet er størst for bygninger med høyt totalt energiforbruk vil det i første omgang være slike bygninger som er mest aktuelle for energiytelseskontrakter. I følge Sagvik (2005) er minimum forbruk av årlig energi for lønnsomhet med EYK-kontrakter på 1,5 GWh. Dersom en tar utgangspunkt i dette kriteriet for lønnsomhet vil areal for oppvarmingsbehov i et kontorbygg måtte minimum være  $6000\text{m}^2$ , for bolighus vil det tilsvarende være nødvendig med et oppvarmingsareal på minst  $6224\text{m}^2$ <sup>23</sup> (vedlegg 5).

<sup>23</sup> Alle byggene er eksisterende bygninger og krever derfor større energibehov en bygninger bygget etter dagens krav til isolering.

Som beskrevet i de forrige avsnittene er det ikke alle bygg som gir økonomisk lønnsomhet ved bruk energiytelseskontrakter. I slike tilfeller bør det utvikles virkemidler som kan fange opp samfunnsøkonomiske betraktninger. Et eksempel som illustrerer dette er byggeprosjektet Husby Amfi. Et slikt prosjekt vil i første omgang være for lite i størrelse, dvs. de totale energibesparelsene ikke store nok til å dekke de ekstra kostnadene som kreves ved å benytte en energiytelseskontrakt. Figur 21 viser hvordan prosjektets kumulative nåverdi minker dersom en benytter en energiytelseskontrakt, her kontraktstypen sparefinansiering, i forhold til om det er eier som finansierer investeringen selv, vedlegg 6 viser beregningene og forutsetningene for konstruksjon av grafen.



Figur21: viser forskjell i kumulativ nåverdi for et prosjekt med og uten ytelseskontrakt (vedlegg 10 viser data for konstruksjon av grafen).

Dersom prosjektet har en for stor investeringskostnad til at eier har mulighet for finansiering men for liten energibesparelse til at det er lønnsomt for en energiinvestor å inngå en kontrakt kan dette i verste fall føre til at enøk-tiltak i bygninger ikke realiseres samt at mindre heldige løsninger for samfunnet velges.

Det må imidlertid påpekes at dersom det i et samlet område er flere bygninger som viser et energisparepotensiale, men hver for seg ikke har tilstrekkelig med areal som skal oppvarmes til at et prosjekt kan være lønnsomt, kan en løsning være å ha en samlet ytelseskontrakt for alle byggene og på denne måten utnytte synergieffekter.

#### 4.6.2 Segmenter i markedet med størst verdi

Som diskutert over er det en del grunnleggende forutsetninger angående størrelse og energibruk som bør være på plass for å oppnå lønnsomhet ved en energiytelseskontrakt. I Energi og kraftbalansen mot 2020 (OED, 2005) vises det til Energidata som har anslått enøk-potensialet i den norske bygningsmassen til å totalt utgjøre 14 TWh<sup>24</sup>. For yrkesbygg<sup>25</sup> er potensialet anslått til å være 6,8 TWh hvorav 5,1 TWh av dette potensialet

<sup>24</sup> Det er her viktig å merke seg at dette tallet er basert på utregning av en elektrisitetspris på 41 øre/kwh eksklusiv mva. Med dagens niva på elektrisitetspriser vil nok dette potensialet være noe høyere.

<sup>25</sup> Yrkesbygg består av: Kontor- og forretningsbygg, skole, Idrett - og kulturbygg, hotell - og helsebygg,

er elektrisitet. Det vil i dette kapittelet, ut fra de overnevnte data, gjøres et anslag over markedspotensialet for TPF i Norge<sup>26</sup>. Med en pris for elektrisitet på 70 øre/kWh, vil enøk potensialet på 5,1 TWh tilsvare 3,57 milliarder kroner<sup>27</sup>. Dette tallet inneholder den totale bygningsmassen i Norge. Som bemerket under avsnitt 5.5.1 bør et bygg ha en størrelse på minst 6000m<sup>2</sup>-8000m<sup>2</sup> avhengig av bygningstype, for lønnsomhet. Dette tilsvarer en andel på om lag 15-30% av alle yrkesbygg i bygningsmassen i Norge<sup>28</sup>. Dersom en tar utgangspunkt i denne prosentandelen vil potensialet for TPF tilsvare ca 0,56 -1,07 milliarder kroner. Fordelingen for enøk potensialet mellom de ulike bygningskategoriene er som vist i figur 22 (OED, 2005)

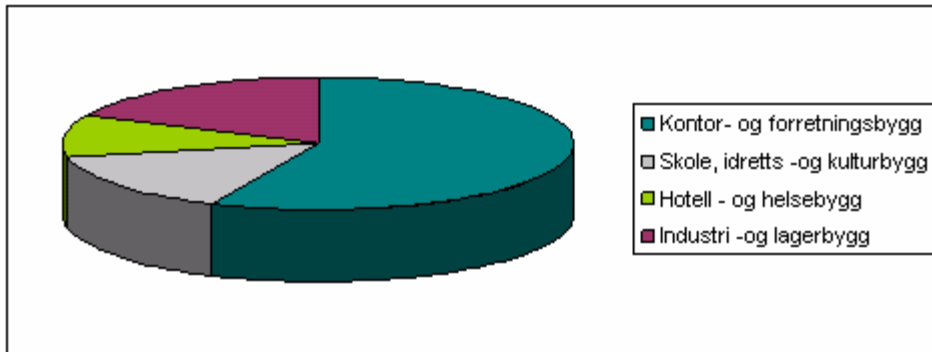


FIG 22: Viser prosentvis fordeling av enøk potensial mellom ulike bygningskategorier(OED,2005)

Ut fra dette diagrammet kan det økonomisk potensialet for enøk og TPF beregnes. Resultatet er vist i figur 23

industri - og lagerbygg

<sup>26</sup> I beregningene er det tatt utgangspunkt i framgangsmetoden i rapporten om TPF i Norge (PWC, 1999).

Det er gjort en modifisering med dagens priser etter samtale med professor Rolf Ulseth ved institutt for kulde og klimateknikk ved NTNU, samt en oppdatert statistikk som gir et bedre bilde på dagens situasjon.

<sup>27</sup> Dette potensialet tar utgangspunkt i at alle bygninger er relevante for en Energiinvestor, i realiteten vil en Energiinvestor være interessert i å konsentrere sin virksomhet i de deler av landet hvor det er store kunder og kundene ligger nær hverandre.

<sup>28</sup> Dette tallet er hentet fra PricewaterhouseCoopers rapport. Det ble der tatt utgangspunkt i et utvalg på 550 tilfeldig valgte bygninger hvor gjennomsnittsarealet var 5300m<sup>2</sup>, 10% av disse var over 10000m<sup>2</sup>, følgelig ble det anslått at 30% var over 5000m<sup>2</sup>. Ettersom det ikke finnes noe tilfredsstillende statistikk på dette området, velges denne kilden

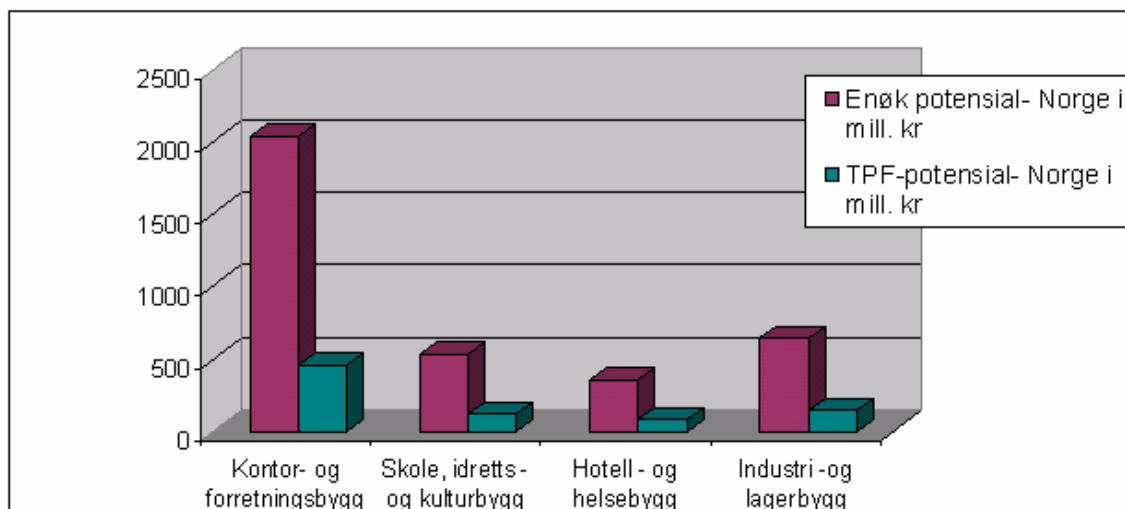


FIG 23: Potensialet for enøk og TPF i Norge fordelt på ulike bygningstyper<sup>29</sup>.

Bygningskategorien Kontor og forretningsbygg vil i følge figur 20 ha et størst potensiale for TPF.

Basert på erfaringer med bruk av energiytelseskontrakter i Europa, bør enøk-potensialet ligge på minst 30 % for at en slik kontrakt skal være lønnsom (PWC,1999). Dersom det tas utgangspunkt i at dette også gjelder for Norge, viser tabell H at det da kun er kontor- og forretningsbygg som i første omgang er attraktive bygningstyper.

Tabell H: Enøk-potensial i TWh og % for ulike bygningskategorier. Tabellen er modifisert ut fra tabell 15.5 i NOU 1998:11

Type bygning	Energiforbruk (TWh)	Enøkpotensial (TWh)	Enøk potensial (%)
Kontor- og forretningsbygg	15	3,9	26
Skole, idretts -og kulturbygg	5	1	20
Hotell - og helsebygg	4	0,7	17
Industri -og lagerbygg	6	1,2	20

Selv resultatene viser at det i Norge kun er kontor – og forretningsbygg som kommer opp mot et nivå på 30 % må det nevnes at dette ikke utelukker lønnsomhet for andre byggtypen, noe som vises i senere avsnitt som gir konkrete eksempler på bruk av energiytelseskontrakter i Norge. Dessuten vil også krav om lønnsomhet settes ut fra hvilket avkastningsnivå som i hvert enkelt tilfelle godtas. Det kan også være mulig å utnytte synergieffekter ved mindre bygg som er geografisk samlet samt at statlig støtteordninger kan være til hjelp i en etableringsfase.

#### 4.7 Rammebetingelser for EYK

Selv om EYK er et noe ukjent begrep for de fleste nordmenn er kontraktsformen veletablert i en del land i Europa samt i USA. PriceWaterhouseCoopers har ut fra samtaler med Ecotec Research and Consulting Ltd gjort en oppstilling av europeiske land etter antall energitjenesteselskaper samt hvor veletablert og utviklet markedet for

<sup>29</sup> Ved beregning av TPF potensiale er det tatt utgangspunkt i en snitt verdi mellom 15-30 %, altså 22,5 %

energitjenester og EYK er. I Tabell I skiller PriceWaterhouseCoopers mellom fire divisjoner (PWC,1999):

- 1) I denne divisjonen er markedet for energitjenester godt etablert og ulike selskaper konkurrerer om oppdrag både innen offentlig og privat sektor.
- 2) I denne divisjonen er konseptet med EYK kjent, men markedet er ikke fult utviklet. Det eksisterer fortsatt barrierer og det er kun et fåtall aktører på markedet.
- 3) EYKer fortsatt på pilotstadiet og det er svært få prosjekter som har blitt realisert.
- 4) Konseptet med energiytelseskontrakter ukjent og uutnyttet.

Tabell I: Viser hvor velutviklet markedet for energitjenester er i en del land i Europa samt USA og Canada.

Divisjon	Land
1	Belgia, Frankrike, USA, Canada, Nederland, Spania og UK
2	Danmark, Tyskland, Sverige, Finland, Irland, Ungarn og Tsjekkia
3	Østerrike, Hellas, Italia, Polen Slovakia og Portugal, <b>Norge</b>
4	Estland, Latvia, Litauen og Romania

Dersom Norge skulle fått en plass i denne tabellen ville det nok vært i divisjon tre. I Norge er konseptet fortsatt på pilotstadiet og det er svært få aktører som er etablert eller etablerer seg innen forretningsområdet.

#### 4.7.1 Barrierer for Norge

Det kan være ulike grunner til at Norge ikke er kommet lengre i utviklingen enn til divisjon tre. For at Norge skal klare å klatre til divisjon en bør det kartlegges hvilke faktorer som utgjør barrieren i utviklingen slik at rammebetingelsene for disse kan bedres og barrieren brytes. I kapittel 1.2 ble ulike barrierer for energi effektive løsninger diskutert, hvor energipriser ble nevnt som en av barrierene. Som vi kan se ut fra figur 24 har Norge vesentlig lavere elektrisitetspriser enn en del land som ligger foran ved bruk av EYK. At elektrisitetsprisene er lave fører til at potensialet for EYK samt at økonomiske incentiver for sluttbruker til å konvertere fra elektrisitet til fornybare kilder for oppvarming minkes<sup>30</sup>.

Tabell J: Tabellen viser elektrisitetspriser for Norge og andre land i Europa<sup>31</sup> (IEA, 2004)

Land	Industri (US dollar/kWh)	Husholdning (US dollar/kWh)
Danmark	0,095	0,2856
Finnland	0,0735	0,1264
Polen	0,0602	0,0971
Norge	0,0440 L	0,0685
UK	0,0608	0,1336

<sup>30</sup> Potensialet minkes pga energiutgifter minkes, jo lavere energiprisene er desto vanskeligere er det å nå kravet for lønnsomhet i EYK

<sup>31</sup> Prisene er fra 1. kvartal 2004. L indikerer siste tilgjengelige pris.



Det er imidlertid verdt å merke seg at prisene som sammenliknes i tabell J er sannsynligvis spotpriser og avgifter men ikke inkludert nettleie. Det kan derfor være noen feilkilder når en sammenlikner slike priser og det er viktig å ha klart for seg hva de forskjellige prisene inneholder.

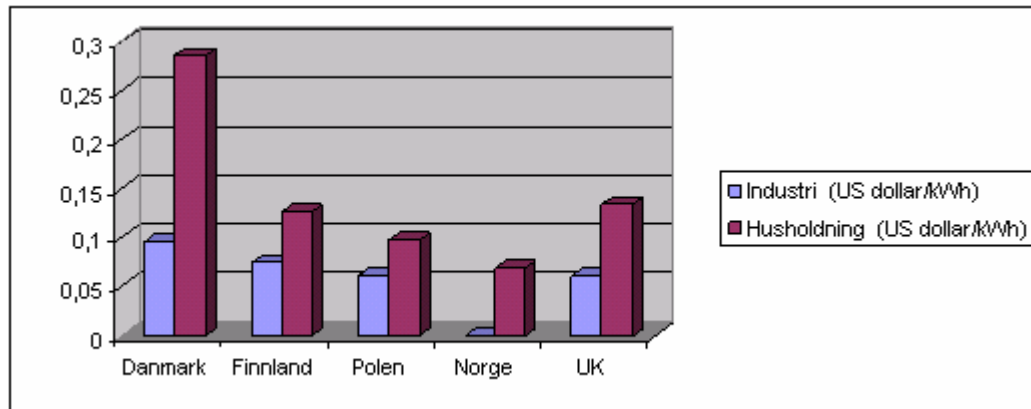


FIG 24: Figuren viser forholdet mellom energiprisene som er vist i Tabell J

Selv om alle barrierene til enøk-tiltak, som ble diskutert i kapittel 1.2 overvinnes er det også andre forutsetninger som må oppfylles for at det skal være lønnsomhet i et marked for EYK, blant disse er tilbud, etterspørsel og standardisering av kontrakter.

#### 4.7.1.1 Tilbud og etterspørsel

For å spre kunnskap samt å skape behov i markedet er det viktig å markedsføre konseptet med EYK. Det viser seg at markedet i Norge har ingen eller liten informasjon om denne kontraktsformen (Hofstad, 2005). Det jobbes derfor nå med en undersøkelse<sup>32</sup> som skal spres til de forskjellige kommunene i landet for skape etterspørsel etter slike kontrakter. Undersøkelsen er en del av den Norske versjonen av prosjektet EuroContract<sup>33</sup>. I tillegg til å skape etterspørsel må konkrete aktører være tilstede for å kunne tilby tjenesten. Det er i dag få aktører på markedet som tilbyr EYK og det viser seg at det i hovedsak er aktører av typen energirådgivere samt tjeneste og serviceleverandører som har vist mest interesse for konseptet, de ulike typene aktører ble diskutert i kapittel 4.3.

#### 4.7.1.2 Standardisering av kontrakter

Ettersom markedet i Norge ikke er utviklet og konkrete prosjekter er lite markedsført, kan det oppstå usikkerhet blant kunder som skal velge EYK. Usikkerheten oppstår fordi de aktuelle kundene ikke har flere ulike tilbud å sammenlikne, og de vet derfor ikke om de får "en god pris" på den tjenesten de kjøper. Dersom aktøren ikke har tidligere vellykkede prosjekter å referere til kan dette også, som nevnt i kapittel 4.4 gi opphav til usikkerhet.

<sup>32</sup> For mer informasjon om undersøkelsen refereres det til Unn Hofstad ved energirådgivningsselskapet Emendo Energi og miljø.

<sup>33</sup> EuroContract er et samarbeidsprosjekt i Europa som ønsker å fremme bruken av energiytelseskontrakter både nasjonalt og internasjonalt, for mer informasjon og oversikt over samarbeidspartnere se [www.eurocontract.net](http://www.eurocontract.net).

## 4.8 Reelle prosjekter og erfaringer ved EYK i Norge

Det finnes få eksempler på rene energiytelseskontrakter i Norge men det kan være vanskelig å gi en klar definisjon på når et vanlig enøk-tiltak går over til å bli et enøk-tiltak basert på en energiytelseskontrakt (Sagvik, 2005). Som et eksempel på en slik glidende overgang kan miljøatsningen i Nydalen trekkes fram. Det skal i Nydalen bygges en varmepumpebasert energisentral som produserer både varme og kjøling. I dette prosjektet er det hovedsakelig Avantor som står for finansieringen<sup>34</sup> (Avantor, 2005). Ettersom det er Avantor som er eier av varmepumpen er det også de som kan ta ut de økonomiske fordelene ved å nytte omgivelsesvarmen. Fra beregningene gjort i vedlegg 7 kan en se at dersom en tar energibehovet for kjøling hos sluttbrukerne i betraktning, vil Avantor ha en fortjeneste på 3,5 kr per kWh forbruk hos sluttbruker. Det som skiller dette prosjektet fra rene energiytelseskontrakter er at sluttbrukerne aldri fullt ut<sup>35</sup> vil dra nytte av den reduserte elektrisitetsbruken. Man kan dermed si at tilbakebetalingen fra sluttbrukernes side vil være uendelig lang. Som nevnt er energiytelseskontrakter lite utbredt i Norge, men det finnes noen få eksempler. I de etterfølgende avsnitt vil konkrete erfaringer og prosjekter i Norge presenteres. Informasjonen om de ulike prosjektene er innhentet gjennom intervjuer og telefonsamtaler.

### 4.8.1 Norsk Teknisk Porselensfabrikk

Norsk Teknisk Porselensfabrikk (NTP) ligger i Fredrikstad og er dag Norges ledende produsent innen porselensmaterialer for høyspenningsisolasjon. Fabrikken inngikk, i september 2003, en kontrakt med Cowi AS (tidligere Interconsult ASA) om investering i et varmegjenvinningssystem og kontrollsystemer for ventilasjon i fabrikken. Areal for oppvarming og ventilasjon er 32 550m<sup>2</sup>. Forbedringene som ble gjort var som følger:

- Nytt Sentralt driftskontrollsystem (SD-system)<sup>36</sup>
- Termostater på systemet for luftoppvarming
- Isolasjon på rør
- Resirkulasjon av vann fra ovner (Bruk av spillvarme)
- Tidsinnstilte vifter
- Resirkulering av varm luft fra ovner
- Nytt aircondition system
- Bytte fra olje til gass som energikilde

Det ble benyttet energiytelseskontrakt med tredjepartsfinansiering<sup>37</sup>. Prosjektet førte til minkede energikostnader og et sparepotensial på 3 GWh/år som tilsvarer 3,9 millioner kr. Besparelsene ble målt i forhold til en basislinje for energibruk fra tidligere år. Tilbakebetalingstiden var på 2,85 år. Prosjektet førte også til reduserte CO<sub>2</sub> utslipp som en følge av overgangen fra olje til naturgass som energikilde. Fabrikken hadde ingen risiko under kontraktstiden og hadde tilgang til fri energirevisjon i den aktuelle perioden.

<sup>34</sup> Prosjektet har også fått støtte fra Enova med 11 millioner kroner

<sup>35</sup> Avantor markedsfører med reduserte energipriser i forhold til elektrisitet men sluttbruker må uansett betale for omgivelsesvarmen som varmepumpen henter opp.

<sup>36</sup> Sentral driftskontroll (SD) benyttes som et samlebegrep for sentralisert bygningsautomatisering basert på digital teknikk og utstyr (Hanssen et al, 1996).

<sup>37</sup> Cowi ønsker ikke å oppgi hvem denne aktøren er men bekrefter at det er en aktør innennfor bankvirksomhet.

---

Cowis rolle var å være rådgiver samt at de påtok seg en viss risiko ved å garantere sparing<sup>38</sup> (Ringstad, 2005).

#### **4.8.2 Sør-Odal Kommune**

I Sør-Odal kommune ble sparepotensialet beregnet til 6GWh/år, hvorav 80 % ble garantert av Siemens BT. Investeringskostnadene ble tatt av Siemens BT og kommunen hadde kun risiko knyttet til energipriser i prosjektet, Siemens BT hadde risikoen ved å oppnå lovet sparebeløp. Det ble gjort enøk-tiltak på fire bygninger herav to barneskoler, en ungdomsskole og en idrettshall. Forbedringer som ble gjort i kommunen var som følger:

- Ny varmpumpe for svømmehall – ombygging av berederløsning
- Sentral driftskontrollanlegg og automatisering
- Endret styring av ventilasjon og lys i idrettshall.
- Etterisolering av ventiler og pumper i fyrrom/tekniske rom
- Energioppfølging (EOS) og opplæring av driftspersonell

Kontraktperioden mellom Sør-Odal kommune og Siemens Building Technologies er på 8 år (Sagvik, 2005).

#### **4.8.3 Alnafossen næringspark**

Alnafossen næringspark eies av Entra Eiendom som er en av Norges ledende aktører innen eiendom for kontorbygg. Næringsparken ligger nært Alnafossen i Oslo og er ca 35 000m<sup>2</sup>. Leierne av bygget er Statens vegvesen og prosjektet med energiytelseskontrakt var ferdig mai/juni 2003. For dette prosjektet var det to hovedaktører, Cowi og Birka Energi, i tillegg til kunden Entra Eiendom, som var involvert i prosjektet. Cowis rolle var å være rådgiver og se til at Entra Eiendoms risiko ikke var større enn ønskelig fra selskapets side. Birka Energis rolle i prosjektet var å bistå med profesjonell energirådgivning og nye alternative løsninger for varmforsyning som førte til reduksjoner i energiutgifter og miljøutslipp. Det ble foretatt en budrunde hvor Entra Eiendom i samarbeid med Cowi valgte ut Birka som aktør for energiplanlegging og gjennomføring. Følgende forbedringer ble gjort:

- Felles energisentral med varmpumpe for oppvarming og kjøling, energileveranse 2,5 GWh fornybar energi per år
- Grunnvann som varmekilde/varmesluk
- Reduserte drifts og vedlikeholdskostnader

Prosjektet mottok økonomisk støtte fra Enova på 500 000 kr. (COWI, 2005)(Enova, 2005)

#### **4.8.4 Rainbow Arena Hotell.**

Prosjektet omfattet enøk-tiltak på Rainbowkjedens 38 hoteller. I dette avsnittet blir enøktiltak ved Rainbow Arena Hotell diskutert. Hotellet ligger i lillestrøm og har et oppvarmet areal på 22 300m<sup>2</sup>. Bygget er tilknyttet et fjernvarmeanlegg. Prosjektet er et eksempel på en energiytelseskontrakt uten tredjepartsfinansiering. De eneste kontraktspartene var Energi & Miljøteknikk AS (EMT) og Olav Thon gruppen. Det var

---

<sup>38</sup> Cowi påtar seg som regel 50 % risiko. Dersom prosjektet går i overskudd i forhold til sparenivået avtalt på forhånd, skal de ha 50 % av fortjenesten (Ringstad, 2005).

---

Olav Thon gruppen som selv stod for finansieringen. EMT garanterte for inntekter for energisparing på minimum 15 %. Garantien var basert på EMTs mangeårige erfaring med enøkprosjekter. EMT gav en garanti for inntjeningsstid til å være maksimum tre år. Energibesparelsen ble målt til å være 92 kWh/m<sup>2</sup> (67 %) samt at inntjeningsperioden ble kortere enn forventet, nemlig 2,5 år. Kontrakten var strukturert på en slik måte at ved overskudd tilfalt 50 % EMT, ved underskudd, dvs. at energisparekravene ikke ble oppfylt, hadde EMT ansvar for betaling av mellomlegg slik at internrenten<sup>39</sup> skulle være den samme som i utgangspunktet ble lovet. Forbedringer som ble gjort var følgende:

- Alle energikrevende anlegg på hotellet styres nå av SD-anlegg
- Installasjon av lavenergiarmaturer samt bevegelsessensorer for lysstyring
- Installasjon av balanserte ventilasjonssystemer (11stk) med varmegjenvinning (vannbårne ettervarmebatterier).
- Installasjon av fjernkjøling samt utendørs snøsmelteanlegg (Solum, 2005) (Enova, 2005g).

Prosjektet fikk 1,3 millioner i støtte fra Enova

---

<sup>39</sup> Internrenten er den renten som gir nåverdi lik 0.

---

## Diskusjon

For at energiforsyningen til den norske byggemassen skal være bærekraftig og fordi en energiomlegging krever tid, er det viktig å begynne omleggingen allerede i dag. Hvert eneste valg som gjøres i et byggeprosjekt er kritisk for hvordan den framtidige kostnadsstrukturen for bygget vil utarte seg, samt muligheter for fleksibilitet ved energiforsyning i framtiden. Rapporten viser at det i dag **finnes** teknologi og energibærere som kan bidra til en vesentlig kostnadsreduksjon gjennom energibesparelser på sikt. Utfordringen ligger i å få byggebransjen til å **velge** disse løsningene. Problemet ligger ofte i at byggherren har verken kompetanse eller finansielle midler til å ta merinvesteringene som kreves for energiøkonomiske løsninger i et byggeprosjekt. Et verktøy for å overkomme barrieren kan være å benytte energiytelseskontrakter og tredjepartsfinansiering. Det er imidlertid ikke alle prosjekter som egner seg for bruk av energiytelseskontrakter. En vesentlig utfordring ligger i at energibesparelsene må være større enn de ekstra kostnader som kreves ved kontraktsformen. Eksemplene med bruk av energiytelseskontrakter i Norge viser en klar lønnsomhet både hos kunde og hos energiinvestor. Eksemplene har imidlertid noen viktige fellestrekk, nemlig at alle er store prosjekter hvor behovet for energi er over 1,5 GWh. Samtidig er alle prosjektene gjennomført på eksisterende byggemasser. Det er per i dag ikke benyttet slike kontrakter ved nybygg i Norge. Ved prosjekter som ikke har store nok besparelser til å dekke de ekstra kostnadene som kreves for å benytte en energiytelseskontrakt, må enten staten gripe inn å gi støtte eller det må utvikles andre virkemidler som kan bryte barrieren med investeringsvegring.

Det eksisterer også utfordringer knyttet til å etablere energiytelseskontrakter som ”vanlig praksis” i Norge. Det finnes i dag få tilbydere og enda færre som etterspør tjenesten. En av grunnene til dette kan være at konseptet ikke er markedsført godt nok, samt at de ikkefinansielle barrierene ved enøk-tiltak er større enn nytten utbygger føler ved å benytte energiytelseskontrakter.

---

## Referanser

- Andresen, 2005                      Personlige samtaler og epostkorrespondanse med Inger Andresen ved SINTEF Teknologi og Samfunn, avdeling Arkitektur og byggteknikk
- Avantor, 2005                      Avantor, *Miljøstatsning i Nydalen*, <http://www.avantor.no/cat.html?catid=2&subcat=49> (17.11.2005)
- Bionordic, 2005                      Bionordic AS, *Tenk økonomi og spar penger*, <http://www.bionordic.no/index.php?NyheitNr=4&cat1=1&cat2=0&artrangering=Overskrift&artrantype=ASC&la=NO> (27.11.2005)
- Bolkesjø, Trømborg og Solberg, 2005                      T. Bolkesjø, E. Trømborg, B.Solberg, Forest-based bioenergy in Norway: Economic potential, market interactions and policy means, <http://www.umb.no/ina/ansatte/tfb/konf2004-04.pdf> (10.10.2005)
- Dokka, 2005                      Tor Helge Dokka, *Fremtidens energieffektive boliger*, SINTEF Teknologi og Samfunn, avdeling Arkitektur og byggteknikk, Skipnes trykkeri desember 2005
- Freund, 2000                      Robert Freund ved Energieverwertungsagentur, *Energy Performance Contracting for Small and Medium Sized Municipalities: Guidelines for Success*, april 2000 **Wien**
- Enova, 2005a                      Enova, *Byggstudien 2003; Grunnlag for utvikling og tilpassning av programmer for å fremme energireduksjon og bruk av fornybar energi innenfor byggenæringen*, <http://www.enova.no/dialog.aspx?action=file&fileid=85> (01.10.2005)
- Enova, 2005b                      Enova, *Hus og hjem*, <http://www.enova.no/?itemid=282> (10.12.2005)
- Enova, 2005c                      Enova, *Du kan spare mye på å tenke nytt*, Brosjyre ved bedriftsstand på boligmessen i Trondheim 22-24 september 2005
- Enova, 2005d                      Enova, *Biomasse*, <http://www.enova.no/?itemid=100> (12.09.2005)

- 
- Enova, 2005e Enova, *Varmepumper*, Brosjyre ved bedriftsstand på boligmessen i Trondheim 22-24 september 2005
- Enova, 2005f Enova, *Utnyttelse av avfall til varme*, <http://www.enova.no/?itemid=114> (12.09.2005)
- Enova, 2005g Enova, *Olav Thon-gruppens energigevinst; energiomlegging ga milliongevinst*, <http://www.enova.no/dialog.aspx?action=file&fileid=632> (01.11.2005)
- Enøkguiden, 2005 Enøkguiden, Valg av varmekilder, [http://www.enok.no/enokguiden/02\\_2.phtml](http://www.enok.no/enokguiden/02_2.phtml) (11.09.2005)
- Faaner, 2005 Personlige samtaler med professor Hans H. Faanes ved Sintef Energiforskning
- Hansen, 2005 Hugo Hansen, *Belysning*; forelesning i faget TEP 4235 Energibruk i bygninger ved NTNU, (03.11.2005)
- Hanssen et al, 1996 S.O. Hanssen, J.V. Thue, Ø.S. Skarstein, F.O. Gjerstad, V. Novakovic, *Enøk i bygninger- effektiv energibruk*, 2.utgave 1996, Universitetsforlaget.
- Harding, 1998 Stephen Harding, , *Guide To Energy Performance Contracting*, Department of Business, Economic Development and Tourism, juli 1998
- Hofstad, 2005 Telefonsamtaler med Unn Hofstad ved energirådgivningsselskapet Emendo Energi og miljø samt at hun er leder for EuroContract i Norge
- Hostick et al, 2003 U.S. Department of Energy, *Characterising Building Construction Decision Process to Enhance DOE Program Design*, DJ Hostick, M. Skumanich, A.L. Slavich, M.A. Crawford, L.E. Larson, T.M. Weber, C.J. Hostick, October 2003
- Nitterhauge, 2005 Telefonsamtale med Johan Nitterhauge i Finansdepartementet
- Norsk solenergiforening, 2005 Norsk solenergiforening, *Energi fra sola*, [www.solenergi.no](http://www.solenergi.no) (11.11.2005)
- Lovdata, 2005a Lovdata, *Plan og bygningslov; LOV.1985-06-14-77*, <http://www.lovdata.no/all/nl-19850614-077.html>
-



- 
- Lovdata, 2005 Lovdata, Energiloven; Lov om produksjon, omforming, overføring, omsetning, fordeling, og bruk av energim.m., LOV-1990-06-29-50, <http://lovdata.no/all/nl-19900629-050.html>
- Lovdata, 2005c Lovdata, Forskrift om begrensning av forurensning; FOR-2004-06-01-931, <http://www.lovdata.no/for/sf/md/md-20021216-1607.html>
- Lovdata, 2005d Lovdata, *Lov om offentlige anskaffelser*; LOV-1999-07-16-69, <http://www.lovdata.no/all/nl-19990716-069.html>
- Lånke, 2004 Arne Fredrik Lånke, *Energiomlegging i byggebransjen*, Prosjektoppgave gjennomført for Grønn innovasjon og sivilingeniørstudiet Energi og miljø ved NTNU, (25.11.2004)
- NBBL, 2005 Norske Boligbyggelags Landsforbund, Byggherren i fokus, <http://www.byggherrenifokus.no/index.htm> (12.12.2005)
- NVE, 2005 Norges vassdrag -og energidirektorat, *Hva bestemmer prisen på elektrisitet?* [http://www.nve.no/modules/module\\_111/news\\_item\\_view.asp?iNewsId=6419&iCategoryId=883](http://www.nve.no/modules/module_111/news_item_view.asp?iNewsId=6419&iCategoryId=883) (15.11.2005)
- OED, 2005 Olje og energidirektoratet, *Norges offentlige utredninger 1998:11; Energi og kraftbalansen mot 2020*, [http://odin.dep.no/oed/norsk/dok/andre\\_dok/nou/026005-020001/inn-bn.html](http://odin.dep.no/oed/norsk/dok/andre_dok/nou/026005-020001/inn-bn.html) (12.10.2005)
- OED, 2005 Olje -og energidepartementet, *Stortingsmelding nr.29; Om energipolitikken* <http://www.odin.dep.no/oed/norsk/dok/regpubl/stmeld/026005-040003/hov002-bn.html> (10.09.2005)
- Ringstad, 2005 Telefonsamtaler med energikonsulent Ringstad ved COWI AS
- Solum, 2005 Telefonsamtale med Atle Solum, administrerende direktør i Energi & Miljøteknikk AS
- SSB, 2005 Statistisk sentralbyrå, *Strøm viktigste energikilde i husholdninger*, <http://www.ssb.no/emner/01/03/10/husenergi/main.html> (10.09.2005)

- 
- Stene, 2000 Jørn Stene *Varmepumper for oppvarmin og kjøling av bygninger*,  
[http://www.ept.ntnu.no/fag/tep4115/innhold/Laboppgaver/Varmepumper\\_intro.pdf](http://www.ept.ntnu.no/fag/tep4115/innhold/Laboppgaver/Varmepumper_intro.pdf) , SINTEF Energiforskning AS  
avd. Energiprosesser, (12.10.2005)
- Passivehouse, 2005 Passivhusinstituttet i Darmstadt, *What is a Passive House?*,  
[www.passivehouse.com](http://www.passivehouse.com) (15.10.2005)
- Pedersen, 2005 Personlige samtaler med stipendiat Linda Pedersen ved  
institutt for klima og kuldeteknikk
- PWC, 1999 PriceWaterhouseCoopers, *Tredjepartsfinansiering av enøktiltak; ytredning utført på oppdrag fra NVE, Enfo og Storebrand Eiendom*, 18. november1999 Oslo
- Rognlien, 2005 Epostkorrespondanse med Stein Rognlien, FoU - direktør i  
Statsbygg, høsten 2005
- Sagvik, 2005 Telefonsamtaler og epostkorrespondanse med Frank Sagvik  
i Siemens Building Technologies
- Sintef Bygg og miljø, 2001 Tor Helge Dokka, Tor Arvid Vik, *Hybrid ventilasjon; Muligheter og barrierer – Eksempler – Kontrollstrategier – Prosjekteringsverktøy*, Sintef Bygg og miljø, rapport nr. STF  
A01015, 05.09.2001
- SFT, 2005 Statens forurensningstilsyn, *Nytt belysningsanlegg i Postgirobygget*  
<http://www.sft.no/arbeidsomr/prosjekt/klima/tiltakskatalog/enok/belysning/> (10.10.2005)
- SSB, 2004 Statistisk sentralbyrå, *Strøm viktigste energikilde i husholdninger*,  
<http://www.ssb.no/emner/01/03/10/husenergi/main.html>  
(22.09.2005)
- Teknologisk institutt, 2005 Teknologisk institutt, *Træk, kuldebroer og termografi*,  
<http://www.teknologisk.dk/byggeri/13750,2> (05.11.2005)
- Ulseth, 2005 Personlig samtale og epostkorrespondanse med Rolf  
Ulseth, professor ved institutt for klima og kuldeteknikk  
ved NTNU, 27.10.2005
- Wangensteen, 2005 Personlige samtaler med Ivar Wangensteen ved Sintef  
Energiforskning

## Vedlegg

### Vedlegg 1 - Investeringskostnader for Husby Amfi

Merkostnad er markert med gult.

post	tekst	Sum	Merkostn	Merkostnad
1	Rigg og drift	5.939.169,00	0,00 %	-
2	Grunn- og utomhusanlegg	3.488.035,00	2,00 %	69.760,70
3	Betong- og stålarbeider	14.195.500,00	2,00 %	283.910,00
4	Tømrer, snekker	15.463.672,00	6,36 %	984.000,00
5	Innredning kjøkken....	1.133.000,00	0,00 %	-
6	Flis	1.423.275,00	0,00 %	-
7	Malerarbeider	1.214.719,00	0,00 %	-
8	Sanitæranlegg	3.060.891,00	25,50 %	780.527,21
9	Luftbehandlingsanlegg	1.430.000,00	10,00 %	143.000,00
10	Elektrotekniske anlegg	3.942.500,00	30,00 %	1.182.750,00
11	Heisanlegg	910.800,00	0,00 %	-
12	Bygningsm. Hjelpearb.	495.000,00	0,00 %	-
13	Arkitekt og planleggere	2.220.000,00	5,00 %	111.000,00
14	Kopiering, forsikringer osv	200.000,00	0,00 %	-
15	Uforutsette kostander	1.500.000,00	0,00 %	-
16	Hvitvarer	828.316,00	10,00 %	82.831,60
	<b>SUM EKSKL. MVA</b>	<b>57.444.877,00</b>		<b>3.637.779,51</b>
	24 % mva	13.786.770,48		873.067,08
	<b>SUM INKL.MVA</b>	<b>71.231.647,48</b>	<b>6,33 %</b>	<b>4.510.846,59</b>

## **Vedlegg 2 - Investeringskostnader for lavenergibolig – Kongsberg**

Investering uten merkostnader for å bygge boligen som lavenergibolig:

<b>Kostnadsposter</b>	<b>Budsjett (kNOK)</b>
1.0 Avgifter, gebyrer og renter + honorar arkitekt	150
2.0 Grunnarbeid	185
3.0 Rørleggerarbeid	180
4.0 Installasjonsarbeid	240
5.0 Innredning	240
6.0 Overflatebehandling	75
7.0 Tømrer/murararbeid, snekkerarbeid, gulv og grunnmur	1200
9.0 Uforutsette kostnader	100
Sum byggekostnader	2370 (~ 8000 kr/m <sup>2</sup> )
Tomtekostnad	545
Sum anleggskostnader	2915 (~ 9900 kr/m <sup>2</sup> )

<b>Ekstrakostnader</b>	
Balansert ventilasjon	25000 kr
Yttervegger	6821 kr
Gulv på grunn	1750 kr
Yttertak	3016 kr
Vinduer og dører	13000 kr
Spart el.kretser/oppvarmingsanlegg	-15000 kr
Ekstra arbeid	15000 kr
Sum	49 587 kr (180 kr/m <sup>2</sup> )

---

<b>Besparelser</b>	
Energibruk normal	37 400 kWh/år
Energibruk etter tiltak	19 600 kWh/år
Spart energi	17 800 kWh/år

### Vedlegg 3 -Årskostnader (kr)

Forutsetninger for beregning av årlige kostnader for Fjernvarme, biokjel, varmepumpe, gass og elkjel

- Kontorbygg av størrelse 2000m<sup>2</sup>
- Beliggenhet: Bergen
- Effekt og energibehov er beregnet ut fra NS 3031, NS3032 og kontrollert med dataprogrammet Enøk normtall (<http://www.enova.no/?itemid=990>)
- Pris fjernvarme og elektrisitet innhentet fra BKK 10.09.2005
- Pris for Gass innhentet fra Gasnor 15.09.2005
- Pris for Bioenergi(pellets), samtale med Rolf Ulseth ved institutt for Klima og kuldeteknikk ved NTNU
- Levetid, antatt 25 år
- Antatt samfunnsøkonomisk rente på 6,3%, relative prisendringsfaktor for energi er satt til 1%
- Kildene dekker i dette eksempelet totallasten, i virkeligheten vil en veksle mellom flere ulike energikilder til topplast og bunnlaster.
- Alle priser er medregnet rørsystem inne i bygget
- Prisene er medregnet mva.

Analysetid (år)		25
Rente		0,063
Annuitetsfaktor		0,072

	Effekt (kW/år)	Energi (kWh/år)
Totalt	57,3	54474

	Energipris	Virkningsgrad	Årlige energikost.	Installasjonspris	Årlige inst.kost.	Årlige kostnader
Fjernvarme	0,59	0,95	33831	150000	12872	46703
Varmepumpe	0,7	3,7	10306	450000	38615	48921
Elektrokjel	0,7	0,97	39311	200000	17162	56473
Biokjel	0,35	0,8	23832	343800	29502	53334
Gass	0,53	0,9	32079	300000	25743	57822

	Årlige install. Kost. (kr)	Årlige Energikost
<b>Fjernvarme</b>	12872	33831
<b>Elektrokjel</b>	17162	39311
<b>Biokjel</b>	29502	23832
<b>Gass</b>	25743	32079
<b>Varmepumpe</b>	38615	10306

## Vedlegg 4 - Type aktør og avkastningskrav

Eksempelet viser kontraktsformen, delte besparelser mellom en eier av et kontorbygg på 8000m<sup>2</sup> som ble bygget på 60-tallet og en energiinvestor. Energibruk før aktuelle tiltak settes i gang er målt til å være 250kWh/m<sup>2</sup>. Enøk-tiltak som utføres er automatisering, energioppfølging, isolering og tettelisten til vinduer og vedlikehold samt behovsstyring (smarthusteknologi), de ulike enøk-tiltakene ble beskrevet i kapittel 2. Tiltakene er beregnet til å utgjøre 800 000 kr og tilsvarer en energibesparelse på rundt 40 %. Energiinvestoren garanterer for 80 % av energibesparelsene. Kontrakten er strukturert slik at energiinvestor får 90 % av besparelsene og kunden får 10 % av besparelsene per år gjennom kontraktsperioden på fem år. Når det gjelder overskuddet deles dette med 50 % på hver av de to partene. Energiinvestor påtar seg ansvar for drift, eksempelvis opplæring av driftspersonell, samt vedlikehold i kontraktsperioden. Som følge av dette vil Energiinvestoren ha utgifter på rundt 67 200kr (15 % av energibesparelsene) per år. Ut i fra de gitte opplysningene kan det settes opp en lønnsomhetskalkyle for de to partene.

### Modell

Str bygg (m2)	8000
bygget 60 tallet	
energibruk(kWh/m2)	250
Tot. energibruk kWh	2000000
sparing av energi 40%	560000
Garantert sparing 80%	448000
Utgifter til drift	67200
Tiltak	800000

	s	0
	e	0
	i	0
	R <sub>n</sub>	0,1
	energipris	0,7
	R	0,1
	<b>Andel-Kunde</b>	<b>Andel-Energiinvestor</b>
<b>Delte besparelser</b>	0,1	0,9

Nåverdi Energiinvestor	Innvestering	utgifter	inntekter	Kontantstrøm	Kuml nåverdi
0	-800000			-800000	-800000
1	0	-67200	403200	336000	-449586,7769
2	0	-67200	403200	336000	-197145,0038
3	0	-67200	403200	336000	32347,51725
4	0	-67200	403200	336000	240977,0818
5	0	-67200	403200	336000	430640,3223

Nåverdi kunde	Innvestering	utgifter	inntekter	Kontantstrøm	Kuml nåverdi
0	0	0	0	0	0
1	0	0	44800	44800	37024,79339
2	0	0	44800	44800	70683,69647
3	0	0	44800	44800	101282,6993
4	0	0	44800	44800	129099,9745
5	0	0	44800	44800	154388,4066



## Data og resultater

Data inn:	<b>s = 0</b>	<b>s = 0</b>	<b>s = 0,28</b>
	<b>i = 0</b>	<b>i = 0,02</b>	<b>i = 0,02</b>
	<b>e = 0,01</b>	<b>e = 0,01</b>	<b>e = 0,01</b>
	<b>Rn = 0,062</b>	<b>Rn<sub>E</sub> = 0,15</b>	<b>Rn<sub>G</sub> = 0,045 (DNB, 2005)</b> <b>—&gt;Rn= 0,10</b>
<b>Energiinvestor</b>	<b>Kuml nåverdi</b>		
	<b>År</b>	<b>Samfunnsøkonomisk</b>	<b>Bedrift</b>
	0	-800000	-800000
	1	-456941,4297	-449586,7769
	2	-167838,4709	-197145,0038
	3	107134,6794	32347,51725
	4	368668,6108	240977,0818
5	617420,1607	430640,3223	
<b>Kunde</b>	<b>Kuml nåverdi</b>		
	<b>År</b>	<b>Samfunnsøkonomisk</b>	<b>Bedrift</b>
	0	0	0
	1	40527,84579	37024,79339
	2	79074,90696	70683,69647
	3	115737,9937	101282,6993
	4	150609,1845	129099,9745
5	183776,0578	154388,4066	

Avkastningskravet til bedriften (10 %) er ikke justert for høyere/lavere risiko enn bedriftens krav til alternativ avkastning.

## Vedlegg 5 - Størrelse på bygg for lønnsomhet av EYK

Oversikt over hvor store bygg (m<sup>2</sup>) som kreves for lønnsomhet av energitelskontrakter.

Bygningstype	Energiforbruk (kWh/m <sup>2</sup> år)	Energikostnader (kr/m <sup>2</sup> år)	m <sup>2</sup>
Kontorbygning	250	171,875	6000
Blokkleilighet	174	119,625	8621
Bolighus	241	165,6875	6299
Minimalt forbruk for lønnsomhet kWh/år	1500		
Gjennomsnittlig energipris ekskl moms (kr/KWh)	0,55		
Gjennomsnittlig energipris medregnet moms (kr/KWh)	0,6875		
Prosjekter for lønnsomhet kr / år	1 031 250		
Moms på energipriser	25 %		

### Merknad:

- 1 Informasjon om energiforbruk kWh/m<sup>2</sup> for ulike bygningstyper er hentet fra; <http://www.ssb.no/emner/01/03/10/husenergi/main.html>
- 2 Energiforbruk er gjennomsnitt for eksisterende bygninger i Norge, altså ikke bygninger med isolasjon etter nye forskrifter, da det er lønnsomhet for EYK for eksisterende bygninger som skal beregnes.
- 3 Minimalt forbruk for lønnsomhet er hentet fra samtaler med Frank Sagvik i Siemens BT

## Vedlegg 6 – Nåverdi som avhenger av hvem som finansierer de ulike tiltak.

### Vedlegg 6 - Nåverdi som avhenger av hvem som finansierer enøk-tiltaket

Merkostnader forprosjektet	
Ekstra isolering; fundament	70000
Ekstra isolasjon; grunnmur	285000
Ekstra isolasjon; vindu	985000
Gråvannsjenvinning	780000
Høyeffektivt aggregat	143000
Smarthusanlegg	1182000
Arkitekt og planleggere	111000
Lavenergi hvitevarer	83000
Sum ekskl	3639000,00
mva (25 %)	909750
Sum inkl mva	2548750,00
Energibruk før enøk-tiltak (etter vanlige forskrifter) (kWh/år)	597000
Energibruk etter enøk-tiltak (kWh/år)	298500
Energibesparelse (kWh/år)	298500
Energipris	0,7
Energibesparelse (kr)	208950
Sparesats (hva som garanteres)	0,8
Energibesparelse garantert (kr/år)	167160

Støtte fra Enova (Antatt)	2000000
---------------------------	---------

Sparefinansning	
Eier	energiinvestor
1	0
energirente	0,02
Inflasjon	0,02
Rente nom	0,07
Levetid (år)	30
Energipris	0,7
driftskostnad	0
skatt	0,28
Rente reell	0,009611688

Nåverdianalyse eier					
År	Innvestering	Inntekter	utgifter	Kontantstrøm	kuml Nåverdi
0	-2548750		0	0	-2548750
1	0		167160	0	-2360493
2	0		167160	0	-2198062
3	0		167160	0	-2037177
4	0		167160	0	-1877824
5	0		167160	0	-1719988
6	0		167160	0	-1563655
7	0		167160	0	-1408810
8	0		167160	0	-1255439
9	0		167160	0	-1103528
10	0		167160	0	-953063
11	0		167160	0	-804031
12	0		167160	0	-656418
13	0		167160	0	-510210
14	0		167160	0	-365394
15	0		167160	0	-221956
16	0		167160	0	-79884
17	0		167160	0	60835
30	0		167160	0	1268529

På samme måte som for eier, inneholder modellen en kolonne for nåverdi hos energiinvestor, prinsippet er likt og kolonnen tas derfor ikke med i vedlegget.

Kuml nåverdi		
År	Eier	Energiinvestor
0	-2548750	-2548750
1	-2360493	-2401491
2	-2198062	-2279668
3	-2037177	-2159004
4	-1877824	-2039489
5	-1719988	-1921112
6	-1563655	-1803862
7	-1408810	-1687729
8	-1255439	-1572700
9	-1103528	-1458767
10	-953063	-1345919
11	-804031	-1234145
12	-656418	-1123435
13	-510210	-1013779
14	-365394	-905167
15	-221956	-797589
16	-79884	-691035
17	60835	-585495
18	200215	-480960
19	338267	-377421
20	475006	-274867
21	610442	-173290
22	744590	-72679
23	877460	26973
24	1009065	125677
25	1139417	223442
26	1268529	320275
27	1396411	416187
28	1523076	511185
29	1648534	605279
30	1772799	698478

## Vedlegg 7 - Nydalen

Varmepumpe		
Energilager	120 000m <sup>2</sup>	
	<b>Varme</b>	<b>Kjøling</b>
Produksjon	9,5MWh	7MWh
Effektfaktor	n/a	6

Beregning av fortjeneste pr kWh	
Totalt energiforbruk (kWh) (a)	6
Elektrisk energiforbruk (kWh) (b)	1
Elektrisitetspris kr/kWh (c)	0,7
Fortjeneste (kr) ((a) -(b))*(c)	<b>3,5</b>

Nydalen Varmesentral -Prinsippkisse

