

Energiltak og -merking av bygg

Kost/nytte analyse ved innføring av energi- og miljøtiltak i byggeprosjekt gjennom ny teknisk forskrift, TEK 2010, og energiklassifiseringsverktøyene BREEAM og Energimerkeordningen.

Marius Arion Nilsen

Veileder:
Øystein Husefest Meland

Masteroppgaven er gjennomført som ledd i utdanningen ved Universitetet i Agder og er godkjent som del av denne utdanningen. Denne godkjenningen innebærer ikke at universitetet inntår for de metoder som er anvendt og de konklusjoner som er trukket.

FORORD

Jeg studerte Energi og elkraftteknikk ved Universitet i Agder fra 2006 – 2009. I forbindelse med sommerjobbsøking våren 2010 kom jeg i kontakt med Guttorm Martinsen fra Rambøll Kristiansand. Jeg fikk ikke jobben, men Martinsen inviterte meg til møte om masteroppgaveskriving for Rambøll, september 2010. På møtet ble forslag til mulige emner og fagfelt lagt fram. Rambølls forslag til vinkling av oppgaven var teknisk rettet. På bakgrunn av føringer fra studieleder ved Industriell økonomi og teknologi, Bo Terje Kalsaas, ble oppgaven vinklet mot relevante studieemner for masterutdannelsen. Da avtalen om oppgaveskriving for Rambøll Kristiansand var fastsatt forhørte jeg meg med Dr.ing Øystein Husefest Meland ved Universitet i Agder om hans mulighet for å være veileder for oppgaven. Meland svarte bekræftende, og et møte med alle involverte parter ble avtalt.

Prosjekt Rådhuskvartalet i Kristiansand var et prosjekt Rambøll deltok på som prosjekterende part innen elektro. Et i Norge relativt ukjent energi- og miljøklassifiseringsverktøy skulle benyttes til vurdering av bygningen (BREEAM). Rambøll ønsket å utvide kunnskapen om BREEAM. Muligheten for å oppnå høy vurdering innen klassifiseringsverktøyet for prosjektet var også ønsket belyst. Masteroppgavens fokus og innhold ble besluttet å omfatte både tekniske emner (elektrorelatert), økonomiske emner, kost/nytte analyse av forskjellige energi- og miljøtiltak og samfunnsøkonomiske vurderinger.

Jeg vil takke Dr.ing Øystein Meland for god veiledning. Meland har bidratt med høy grad av kompetanse innen store deler av masteroppgavens fagfelt, og har bidratt og veiledet med gode og konstruktive råd. Meland har også bidratt med tips om supplerende teori hvor masteroppgavens teori har vært mangelfull.

I tillegg vil jeg takke Guttorm Martinsen og Laszlo Balas ved Rambøll Kristiansand for gode bidrag til masteroppgaven. Martinsen og Balas har bidratt med høy grad av kompetanse, formidlet relevant dokumentasjon og teori, og har vært gode sparringspartnere når energiverktøyene og dokumentasjonsgrunnlag har vist seg mangelfull.

SAMMENDRAG

Norge har en eksisterende bygningsmasse på ca 325 millioner kvadratmeter bruttoareal. Statistikk viser at byggebransjen i Norge i dag står for ca 40 % av Norges totale (Bjørberg, Larsen, & Øiseth, 2007, s. 4):

- Energiforbruk
- Avfall
- Forurensing

For enkeltbygg finner 90 % av miljøbelastningene sted i bruksfasen. De resterende 10 % skyldes prosesser fra prosjektstart til ferdigstillelse av bygningen. For å redusere byggebransjens energiforbruk og miljøbelastning må bygninger planlegges og prosjekteres med tanke på energieffektiv brukstid. Miljøbelastningen kan reduseres ved blant annet følgende tiltak:

- Reduksjon av energiforbruket
- Tilrettelegge for størst mulig grad av passiv oppvarming og kjøling
- Bygge bygninger med stor grad av tilpasningsdyktighet
- Investere i løsninger og utstyr som er driftsikkert, driftseffektivt og med lang levetid
- Benytte materialer som kan gjenvinnes eller gjenbrukes

Det er stort sparepotensial forbundet med å redusere energibruken i bygninger. Myndighetene har en rekke virkemidler for å redusere energibruket i bygningsparken. Byggteknisk forskrift, Energimerkeordningen, og Enova-støtte til energiltak er blant noen av tiltakene som eksisterer. Byggteknisk forskrift (TEK), forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk, må innfris for å overholde plan og bygningsloven (PBL). Forskriftene skal sikre at tiltak planlegges, prosjekteres og utføres slik at krav til sikkerhet, helse, miljø, energi og tekniske krav oppfylles. Den nyeste forskriften, Byggteknisk forskrift 2010 (TEK 10), stiller skjerpede krav til påbygg og nybygg i forhold til forrige revisjon av forskriften, TEK 07. TEK 10, sammen med energimerkeordningen, er utarbeidet for å redusere energiforbruket i landets

bygningsspark. Intensjonen med energimerkeordningen er at det skal lønne seg å investere i energieffektive bygg med fornybare energikilder. Ordningen skal øke bevisstgjøringen hos befolkningen om energiforbruk, energikostnader og fordelene med energieffektive bygninger.

Temaet for min masteroppgave er lønnsomme energiltak og merking av bygg. Underveis i prosessen med oppgaven har følgende forskerspørsmål konkretisert seg:

- Fører introduksjon av energi- og miljøtiltak til god økonomi for prosjekteier og/eller for samfunnet? Ved analyse av måloppnåelse hvilke kriterier legger man til grunn (inntekt/kostnad, ry, erfaring, kunnskap, demonstrasjon, osv)
- Vil overoppfylling av regelverk og krav i form av ekstra miljøtiltak lønne seg for utbygger?

I oppgaven er alternative energiløsninger for prosjekt Rådhuskvartalet analysert for verdianalytisk optimalisering. Kostnad for løsningen med aktuelle verdiparametre er analysert, for å kunne vurdere om økt kostnad gir en tilsvarende eller høyere økning i ”verdi/nytte”. Kost/nytte analyse for energiløsningsalternativene elektrisitet og fjernvarme (alt 1) og energibrønn og fjernvarme (alt 2) er utført. I tillegg har energiløsningsalternativene blitt vurdert med og uten implementering av lavenergistandard.

Prosjektet har en eksplorativ tilnærming, hvor informasjon og data er bearbeidet og analysert for å oppnå konkrete og relevante spor å jobbe videre med. Eksplorativ tilnærming er en utforskende undersøkelse, basert på at det finnes hull i vår kunnskap vi ønsker å fylle (Isene, 2008, s. 63), (Bulukin, 2005, s. 10). Hypoteser og problemstilling ble utviklet etter hvert som oppgaven skred fram og kunnskapsnivået økte. Den eksplorative tilnærmingen til oppgaven har lagt bearbeidet datamateriale som grunnlag for diskusjoner med veiledere. Diskusjonene har ført til utvikling av hypoteser.

Innsamlingsmetode av data har rettet seg mot å lese og bearbeide tilgjengelig informasjon om benyttede energi- og klassifiseringsverktøy, om prosjekt Rådhuskvartalet, lover og forskrifter, livssyklus kostnadsberegninger og mer. En stor del av datamaterialet er fremskaffet av

Rambøll hvor noe er unntatt offentlighet. Erfaringsdata fra tidligere prosjekter hvor Rambøll har vært deltagende part har blitt analysert, og benyttet hvor det har vært hensiktsmessig i oppgaven. Med bakgrunn i eksisterende primærdata og sekundærdata for prosjektet er hypoteser og forskerspørsmål blitt drøftet og bekreftet/avkreftet.

I prosjekt Rådhuskvartalet har overoppfylling av energikrav vist seg lønnsomt for utbygger. Valg av alternativ 1 vil medføre energikarakter B, redusere energiforbruket med 469 000 kWh/årlig, og gi en positiv nåverdi for alternativet på 4,35 millioner kroner. Implementeres lavenergistandard for energialternativet oppnås ikke energikarakter A, men energiforbruket reduseres tilstrekkelig til at løsningen resulterer i positiv nåverdi.

Valg av energiløsning 2 medfører høyere kostnader, lavere nåverdi, men økt oppnåelse av energirelaterte mål.

Anbefaling for prosjekteier og prosjektgruppen basert på rapportens beregninger er valg av energialternativ 1 med implementering av lavenergistandard, såfremt Enova-støtte innvilges.

INNHALDSFORTEGNELSE

| | |
|--|-----------|
| FORORD | 2 |
| SAMMENDRAG | 3 |
| INNHALDSFORTEGNELSE | 6 |
| FIGUR- OG TABELLOVERSIKT | 9 |
| DEFINISJONER | 12 |
| Teknisk relaterte definisjoner | 12 |
| Økonomisk relaterte definisjoner | 19 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INNLEDNING | 23 |
| 2 | TEORI | 27 |
| 2.1 | Hypoteser..... | 27 |
| 2.2 | Prosjekt – Teoretisk informasjon og bruksområder | 27 |
| 2.2.1 | Prosjektarbeid | 28 |
| 2.2.2 | Prosjektfaser | 30 |
| 2.2.3 | Prosjektnedbryting..... | 34 |
| 2.2.4 | Gjennomføringsmodeller..... | 35 |
| 2.2.5 | Målteori | 43 |
| 2.2.6 | Prioriteringsmatrise | 45 |
| 2.3 | Bygninger – Oppbygging og typer | 46 |
| 2.3.1 | Byggeprosess | 46 |
| 2.3.2 | Generalitet – Fleksibilitet – Elastisitet..... | 47 |
| 2.4 | Love, forskrifter og reguleringer..... | 48 |
| 2.4.1 | Byggeteknisk forskrift 2010 (TEK 10) | 48 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 2.4.2 | Passivhuskriterier..... | 57 |
| 2.4.3 | Lavenergikriterier | 58 |
| 2.4.4 | Politisk styring av prosjekt – Prosjekteierrollen..... | 59 |
| 2.5 | Energirangeringsverktøy | 61 |
| 2.5.1 | Energimerkeordningen | 61 |
| 2.5.2 | BREEAM..... | 64 |
| 2.5.3 | Vurderingskriterier for BREEAM klassifisering..... | 68 |
| 2.5.4 | BREEAM poeng for innovasjon..... | 69 |
| 2.5.5 | BREEAM kapittel 6 - Energi..... | 70 |
| 2.5.6 | Energiforsyningsmetoder..... | 73 |
| 2.6 | Prosjektkostnader og utgifter..... | 76 |
| 2.6.1 | Livssyklus kostnad og levetidskostnad for byggverk (LCC) | 76 |
| 2.6.2 | Utregningsmetode for nåverdi/levetidskostnad | 77 |
| 2.6.3 | Årskostnad | 77 |
| <hr/> | | |
| 3 | METODE | 81 |
| 3.1 | Formulering av problemstilling..... | 81 |
| 3.2 | Valg av forskningsdesign | 82 |
| 3.3 | Valg av innsamlingsmetode | 83 |
| 3.4 | Innsamling av data..... | 84 |
| 3.5 | Analyse og tolkning av data | 85 |
| <hr/> | | |
| 4 | EMPIRI-DEL..... | 87 |
| 4.1 | Simien – Energiberegningsprogram | 87 |
| 4.2 | Nøkkeltall for prosjekt Rådhuskvartalet..... | 89 |
| 4.3 | Rådhuskvartalet – Prosjekt målsetninger | 91 |
| 4.4 | Kostnadsrammer for prosjekt Rådhuskvartalet | 93 |
| 4.5 | Energiløsningsberegninger - skisseprosjektstadiet..... | 94 |
| 4.6 | Energiløsninger utredet i forprosjektrapport | 98 |
| 4.7 | BREEAM vurdering på forprosjektstadiet | 101 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 5 | ANALYSER | 103 |
| 5.1 | Kost/nytte analysering av energiløsninger. | 103 |
| 5.2 | Energirangeringsberegninger nybygg- BREEAM | 104 |
| 5.3 | Økonomiberegninger nybygg | 108 |
| 5.3.1 | Lavenergistandard | 109 |
| 5.3.2 | Energi og økonomiberegninger med energipris 1kr/kWh | 111 |
| 5.3.3 | Energi og økonomiberegninger med energipris lik 2kr/kWh..... | 116 |
| 5.3.4 | Energi og økonomiberegninger med energipris lik 7kr/kWh..... | 117 |
| 5.4 | Energiløsning sett opp mot Energimerkeordningen og BREEAM | 118 |
| 5.5 | Drøfting av kost/nytte - analyse | 119 |
| <hr/> | | |
| 6 | KONKLUSJON | 121 |
| 6.1 | Oppfølgende forskningsarbeid | 124 |
| <hr/> | | |
| | BIBLIOGRAFI..... | 125 |
| <hr/> | | |
| 7 | VEDLEGG | 130 |
| 7.1 | Vedlegg 1: Prosjektskisse..... | 131 |
| 7.2 | Vedlegg 2: Midlertidig BREEAM rangering prosjekt Rådhuskvartalet på forprosjektstadiet..... | 134 |
| 7.3 | Vedlegg 3: BREEAM Kapittel 6 Energi – Prosjekt Rådhuskvartalet | 135 |
| 7.4 | Vedlegg 4: Inndata beregning nybygg (el og fjernvarme) | 137 |
| 7.5 | Vedlegg 5: Inndata beregning nybygg i Simien (Energibrønn og fjernvarme)..... | 142 |
| 7.6 | Vedlegg 6: Resultater årssimulering Simien (El. og fjernvarme) | 144 |
| 7.7 | Vedlegg 7: Evaluering mot byggt teknisk forskrift 2010 | 150 |
| 7.8 | Vedlegg 8: Resultater årssimulering Simien (energibrønn og fjernvarme)..... | 154 |
| 7.9 | Vedlegg 9: Energimerking (elektrisitet og fjernvarme) | 156 |
| 7.10 | Vedlegg 10: Energimerking (energibrønn og fjernvarme)..... | 157 |
| 7.11 | Vedlegg 11: Evaluering mot lavenergistandard | 158 |

FIGUR- OG TABELLOVERSIKT

| | |
|--|-----|
| Figur 1 - Fasade Rådhuskvartalet (Kristiansand Eiendom, 2010, s. 36)..... | 25 |
| Figur 2- Påvirkningsmuligheter og kostnader ved endring i prosjekter som funksjon av tid (Samset, 2007)..... | 31 |
| Figur 3 - Prosjektnedbrytingsstruktur (Meland, UIA -Fronter, (a) 2010, s. 21) | 35 |
| Figur 4 - Integrrert organisasjon gjennomføringsprinsipp (Byggherren i fokus, 2005, s. 16) .. | 40 |
| Figur 5 - Kriterier for bruk av integrrert organisasjon (Byggherren i fokus, 2005, s. 13)..... | 41 |
| Figur 6 - Eksempel på prioriteringsmatrise (Meland, UIA -Fronter, (a) 2010, s. 22)..... | 45 |
| Figur 7 - Overgangsordning mellom forskrifter (Statens bygningstekniske etat (b), 2010) | 50 |
| Figur 8 - BREEAM kapittel 6 Energi (BREEAM, 2009, s. 106)..... | 71 |
| Figur 9 - Sammenheng mellom begreper (Bjørberg, Larsen, & Øiseth, 2007, s. 6) | 79 |
| Figur 10 - Energibrønnprinsipp (Kristiansand Eiendom, 2010, s. 31)..... | 94 |
| Figur 11 - Kyoto-pyramiden – reduksjon av energi (Sørensen, 2011, s. 11)..... | 98 |
| Figur 12 - Kontorbygning, maks tillatte energiforbruk relatert mot BREEAM, Energimerkeordningen og TEK (07 og 10)..... | 105 |

| | |
|---|-----|
| Tabell 1 - Gjennomføringsmodeller, entrepriseformer og ansvar (Byggherren i fokus, 2005, s. 4)..... | 36 |
| Tabell 2 - Utdrag av nye krav TEK 10 (Dagestad, 2010) | 51 |
| Tabell 3 - Energirammer TEK 10 (Kommunal- og regionaldepartementet, Bolig- og bygningsavd., 2011) | 54 |
| Tabell 4 - Minstekrav TEK 10 (Kommunal- og regionaldepartementet, Bolig- og bygningsavd., 2011) | 54 |
| Tabell 5 - Isolasjonstykkelse bygningsdeler (Kristiansand Eiendom, 2010, s. 59) | 56 |
| Tabell 6 - Energimerkeskala levert energi (Isachsen, 2009)..... | 63 |
| Tabell 7 - BREEAM karakter (BREEAM, 2009, s. 36)..... | 65 |
| Tabell 8 - BREEAM kategorier og underområder (BREEAM, 2009, s. 14) | 66 |
| Tabell 9 - BREEAM kategori vektning (BREEAM, 2009, s. 36)..... | 67 |
| Tabell 10 - BREEAM relevante innovasjonskategorier..... | 70 |
| Tabell 11- BREEAM poeng kategori ENE-1. Energieffektivitet (BREEAM, 2009, s. 107)... | 72 |
| Tabell 12 - Utrekning av poeng i BREEAM kategori 6 ENE-1..... | 73 |
| Tabell 13 - Veiledende årsvirkningsgrader for relevante oppvarmingsmetoder (Norsk standard, NS 3031, 2007, s. 42) | 75 |
| Tabell 14 - Nøkkeltall nybygg (fjernvarme) | 90 |
| Tabell 15 - Kostnadsrammer for prosjekt Rådhuskvartalet (Kristiansand Eiendom, 2010, s. 17)..... | 93 |
| Tabell 16 - Nåverdiberegning energiløsning nybygg + Fevenn skisseprosjektstadiet (Campanilen)..... | 96 |
| Tabell 17 - Nåverdiberegning energiløsninger med endrede fjernvarmebetingelser (Sørensen, 2011, s. 15)..... | 100 |
| Tabell 18 - Energikarakter B relatert mot TEK 10 og BREEAM poeng | 106 |
| Tabell 19 - Energikarakter B relatert mot TEK 07 og BREEAM poeng | 106 |
| Tabell 20 - Energikarakter A relatert mot TEK 10 og BREEAM poeng | 106 |
| Tabell 21 - Energikarakter A relatert mot TEK 07 og BREEAM poeng | 107 |
| Tabell 22 - Maks tillatt energiforbruk for 10 BREEAM poeng..... | 107 |
| Tabell 23 - Energiforbruk og energipriser med alternative energiløsninger | 112 |

| | |
|--|-----|
| Tabell 24 - Kalkyler og nåverdiberegning for energiløsninger i nybygget [1kr/kWh]..... | 114 |
| Tabell 25 - Kalkyler og nåverdiberegning for energiløsninger i nybygget [2kr/kWh]..... | 116 |
| Tabell 26 - Kalkyler og nåverdiberegning for energiløsninger i nybygget [7kr/kWh]..... | 117 |

DEFINISJONER

Følgende kapittel tar for seg definisjoner som er benyttet i oppgaven. Definisjonene er delt inn i teknisk- og økonomirelatert del.

Teknisk relaterte definisjoner

BRA – Bruksareal

Bruksareal er bruttoareal (BTA) minus areal av yttervegger (Norsk standard, NS 3700, 2010, s. 3).

BREEAM

BREEAM (BRE Environmental Assessment Method) er et av verdens ledende miljøklassifiseringsverktøy for bygninger. BREEAM ble etablert i Storbritannia av The Building Research Establishment (BRE) i 1990. BREEAMs målsetninger er (BREEAM, 2009):

- Å dempe byggs påvirkning på miljøet
- Å anerkjenne bygg ut fra deres miljømessige fordeler
- Å utvikle en troverdig miljømerking for bygg
- Å stimulere etterspørselen etter bærekraftige bygg

BTA – Bruttoareal

Hele bygningens areal i alle etasjer målt fra ytterveggen utside over og under marknivå (Isene, 2008).

Byggteknisk forskrift(TEK)

Forskrift til Plan og bygningsloven, utarbeidet av Statens Bygningstekniske Etat, med formål å sikre byggverk av god kvalitet som er i samsvar med de krav som er gitt i eller i medhold av

plan- og bygningsloven. Forskriften setter krav til tiltak innenfor alle viktige områder som visuell kvalitet, universell utforming, sikkerhet mot naturpåkjenning, uteareal, ytre miljø, konstruksjonssikkerhet, sikkerhet ved brann, planløsning, miljø, helse og energi. Minstekrav i forskriften må oppfylles for å kunne oppføre byggverk lovlig i Norge (Statens bygningstekniske etat (e), 2011).

Bygning

Helhetlig konstruksjon og alle dets tekniske installasjonssystemer. Begrepet kan referere til bygningen som en helhet, eller til deler av bygning som er utformet slik at delene kan brukes separat (Norsk standard, NS 3031, 2007, s. 6).

Calculus

ISY Calculus er et program utviklet av Norconsult informasjonssystemer. Programmet benyttes til å beregne kostnader, lage ressurskalkyler, og til kostnadsstyrt produksjonsutvikling (Norconsult).

Campanilen-Alliansen

Arbeidsgruppe dannet som en Partneringsallianse for å utvikle og realisere Rådhuskvartalet. Alliansen består av byggherre (Kristiansand Eiendom), byggherrens brukere og leverandørorganisasjonen bestående av (Kristiansand Eiendom, 2010, s. 2):

- Kaspar Strømme og Kruse Smith – Entreprenører
- HRTB Arkitekter – Arkitekt
- Rambøll – Prosjekterende
- YIT – Ventilasjons- og elektroentreprenør
- Halvard Thorsen – Rørlegger

Driftstid

Andelen tidsperioder bygningen har normalt bruk og normal personbelastning, med tilhørende behov for ventilasjon og oppvarming (Norsk standard, NS 3031, 2007, s. 6).

Effektmål

Måltall på hensikten med prosjektet. Eksempel på effektmål: % effektivitetsøkning hos bruker, antall behandlede saker, % reduksjon av sykefravær (Meland, UIA Fronter, (c) 2010).

Energimerkeordningen

Energiklassifiseringsordning administrert og styrt av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). Alle nybygg, og bygg for salg eller utleie kreves energimerket fra 1.juli. Yrkesbygg over 1000m² skal energimerkes uavhengig av salg og utleie. Energimerke består av energikarakter, basert på bygningens energiforbruk, og oppvarmingskarakter basert på bygningens oppvarmingsmetode (NVE, 2010).

Framtidens byer

Nasjonalt prosjekt med hovedmålet å redusere klimautslipp og gjøre byene bedre å bo i. Prosjektet er et samarbeid mellom den Norske Stat og de 13 største byene i Norge. Prosjektet skal hjelpe bykommunene å dele sine gode ideer til klimavennlig byutvikling med hverandre, og øke samarbeidet med næringsliv, region og stat. Programmet går fra 2008 til 2014. Bygningene som deltar i programmet må oppfylle krav til lavenergistandard (Regjeringen, 2008).

Infiltrasjon

Utsiktet luftveksling gjennom utettheter i bygningskonstruksjonen utenom ventilasjonssystemet, altså utett bygning og luftlekkasjer (Norsk standard, NS 3031, 2007, s. 7).

Integrasjon

Integrasjon defineres som verdiskapningssystemer med betydelig grad av samhandling og gjensidig avhengighet mellom deltakende aktører (Ness & Haugland, 2001).

Kost/nytte analyse

Kost/nytte analyse er en metode for verdianalytisk optimalisering. Analysen sammenveier kostnad med aktuelle verdiparametre, for å kunne vurdere om økt kostnad gir en tilsvarende eller høyere økning i "verdi/nytte" (Meland, 2002, s. 28).

Kuldebroverdi

Lineær varmegjennomgangskoeffisient for felter med lavere isolasjonsevne enn omkringliggende konstruksjon/bygningsdel (Norsk standard, NS 3031, 2007, s. 8).

Felter/områder med høyere grad av varmegjennomgang enn omkringliggende områder. I slike felter oppstår lokale sterke varmestrømmer, som medfører ekstra varmetap.

Levert energi

Summen av energi levert over bygningens systemgrenser for å dekke bygningens samlede energibehov, inkludert systemtap som ikke gjenvinnes. Levert energi inkluderer ikke egenprodusert fornybar energi på stedet, for eksempel varme fra solfangere, omgivelsesvarme fra varmepumpe, elektrisitet fra solceller, eller lignende (Norsk standard, NS 3700, 2010, s. 3). Beregnet levert energi tar varmesystemets virkningsgrad med i beregningen av energiforbruk.

Oppvarmingsmetoder som olje, gass og biobrensel har et virkningsgradstap som medfører at beregnet levert energi blir høyere enn netto energibehov. Direkte elektrisk oppvarming (elektriske ovner) har tilnærmet null i virkningsgradstap. Solenergi og varmepumper har positiv energivirkningsgrad, noe som resulterer i lavere beregnet levert energi i forhold til netto energibehov (NVE (b), 2010).

Netto varmebehov

Energibehovet som trengs for å dekke romoppvarming, ventilasjonsvarme og varmt tappevann (Statens bygningstekniske etat (e), 2011)

Normalisert kuldebroverdi

Samlet varmestrøm fra kuldebroer dividert på oppvarmet del av BRA (Norsk standard, NS 3031, 2007, s. 8).

Norsk Standard

Standarder fastsatt av Standard Norge, en privat og uavhengig medlemsorganisasjon. Standard Norge fastsetter egne standarder, europeiske standarder og ISO – standarder ved faglig og behovsmessig vurdering. Standard Norge utvikler standarder innen de fleste områder i samfunnet. Standarder sikrer lik og forsvarlig gjennomføring av tiltak, og kompatibilitet mellom produkter (Norsk Standard).

Partneringsmodell

Samspill mellom byggherre/oppdragsiver, rådgivere/arkitekter, entreprenører og leverandører. Kjennetegnene for partneringsformen er at prosjekter gjennomføres med delt ansvar og risiko, med medfølgende redusert risikopåslag fra de deltagendes parter side (Byggherren i fokus, 2005).

Plan og bygningsloven (PBL)

Lov omhandlende bruk og vern av ressurser, samt forandring av bygg og nybygging. Loven har to hoveddeler, en plandel, og en byggesaksdel. Plandelen, med krav til konsekvensutredninger ved større tiltak, forvaltes av Miljøverndepartementet, mens byggesaksdelen forvaltes av Kommunal- og Regionaldepartementet (Miljøverndepartementet, 2010).

Samfunnsmål

Samfunnsmålet beskriver hensikten med prosjektet og er eierperspektivet (Meland, UIA Fronter, (c) 2010). Eksempel kan være kompromissløs tjenesteyting for Kristiansands innbyggere.

SFP-faktor

Spesifikk vifteeffekt i ventilasjonsanlegg, faktor som forteller hvor mye elektrisk energi ventilasjonssystemet bruker sett i forhold til luftmengden som tilføres og utventileres fra bygget. I Tek 10 er kravet for bolig maks 2,5 kw/m³/s, for yrkesbygg er kravet maks 2,0 kw/m³/s (KRDS arbeidsgruppe, 2010, s. 79).

Simien

Program laget av selskapet Programbyggerne for energiberegninger og simuleringer i bygninger. Benyttes til beregning av årsforbruk av energi, og evaluere bygningen mot forskrifter og energimerkekriterier (Programbyggerne).

Transmisjonsvarmetap

Varmetap som skyldes varmegjennomgang i bygningsdeler (Norsk standard, NS 3031, 2007, s. 9)

U-verdi

Varmetapet til en bygningsdel og konstruksjon beregnes ved hjelp av varmegjennomgangskoeffisienten kalt U-verdi. U-verdi er spesifikk for hvert materiell og konstruksjon, og varierer med tykkelsen på materialet. U-verdien angir hvor mye varme i watt (W)/m²K som forsvinner ut gjennom 1m² bygningsdel ved en konstant temperaturforskjell på 1 Kelvin (tilsvarende 1 °C) mellom omgivelser på varm og kald side av bygningsdelen. Lavere U-verdi samsvarer med lavere varmegjennomstrømning og varmetap (ENOVA (a)).

Varmegjenvinning

Varme fra luft som ventileres ut, overført til tilluft for å redusere varmetap fra ventilasjon (Norsk standard, NS 3031, 2007, s. 9). Varme kan også gjenvinnes fra vann og kloakk.

Varmetapstall

Varmetransportkoeffisienten for transmisjon, infiltrasjon, og ventilasjon dividert på oppvarmet del av BRA (Norsk standard, NS 3031, 2007, s. 9).

Varmetransportkoeffisient

Varmetap fra transmisjon og ventilasjon, dividert på temperaturdifferansen mellom to miljøer (Norsk standard, NS 3031, 2007, s. 9).

Ventilasjon

Proessen hvor luft tilføres eller fjernes ved hjelp av naturlige eller mekaniske drivkrefter (Norsk standard, NS 3031, 2007, s. 9).

VVS

Varme, ventilasjon og sanitet. Feltet omfatter rørleggervirksomhet, ventilasjon, avløp, osv.

Watt

SI måleenhet for elektrisk effekt. $1 \text{ W} = 1 \text{ V} \cdot \text{A}$ (W er watt, V er Volt, A er Ampere). Watt er et mål på øyeblikkseffekt, mens Watt-timer er forbruk per time. Noen vanlige wattstørrelser i husholdninger er 25-60 Watts lyspærer, 1000 Watts varmeovner, osv (Holtebekk). Antall Watt forbrukt tilsvarer energiforbruk. 1 kiloWatt er 1000 Watt.

Økonomisk relaterte definisjoner

Annuitet

Omregning for kostnader pr år skjer ved å multiplisere nåverdien med en årskostnadsfaktor (annuitetsfaktor). Annuitetsfaktoren uttrykker hvor mye som må betales hvert år over en periode for å forrente og nedbetale et lån på en krone. Når beregnet nåverdi multipliseres med årskostnadsfaktoren vises årlig beløp som behøves for å forrente og nedbetale alle kostnader som påløper bygget i brukstiden. Annuitetsfaktoren avhenger av rente(avkastningskrav) og brukstid (Norsk Standard, NS 3454, 2000, s. 20).

Diskonteringsfaktor

Nåverdien av en krone innbetalt i slutten av år n . Omregningen til et tidspunkt kalles diskontering, og faktoren er basert på realrente som representerer prisen på å låne eller låne ut penger (Norsk Standard, NS 3454, 2000, s. 4) (Bjørberg, Larsen, & Øiseth, 2007, s. 8).

Driftskostnader, D

Kostnader til løpende drift, renhold, vakt, sikring, energi, løpende vedlikehold (Norsk Standard, NS 3454, 2000, s. 4).

Fast kroneverdi

For å kunne sammenligne kronebeløp må de være uttrykt i samme kroneverdi. Inflasjon og deflasjon innebærer at kroneverdien forandres. Tidligere års kostnader omregnes til beregningsårets kroneverdi ved hjelp av en prisindeks, fremtidige kostnader angis direkte i faste priser (Norsk Standard, NS 3454, 2000, s. 18).

Festeavgift

Årlig tomteleie (Norsk Standard, NS 3454, 2000, s. 4).

Forvaltningskostnader, F

Kostnader som påløper byggverket i form av kommunale skatter, avgifter, forsikring og administrasjon, uavhengig om bygget benyttes eller ikke (Norsk Standard, NS 3454, 2000, s. 4).

Kapitalkostnad, N

Summen av prosjektkostnad og restkostnad (Norsk Standard, NS 3454, 2000, s. 4).

Levetidskostnad, K

Summen av kapitalkostnad og nåverdien av alle fremtidige utgifter til forvaltning, drift, vedlikehold og utvikling (FDVU) i brukstiden, dvs. nåverdien av livssyklus kostnadene (LCC) (Norsk Standard, NS 3454, 2000, s. 5)

Livssyklus kostnad

Kapitalkostnader pluss årlige kostnader til forvaltning, drift, vedlikehold og utvikling (FDVU) (Norsk Standard, NS 3454, 2000, s. 5). Lov om offentlige anskaffelser krever i § 6 at det skal tas hensyn til livssyklus kostnader ved planlegging av anskaffelser samt de miljøkonsekvenser anskaffelsen har over samme tidsperiode (Bjørberg, Larsen, & Øiseth, 2007, s. 3).

Målpris

Målprisen defineres som ”den slutt kostnad partene skal styre mot og har tillit til at prosjektet kan gjennomføres til” (Entreprenørforeningen - Bygg og Anlegg, 2008, s. 10). Målprisen består av: ”selvkost, uforutsette kostnader/risiko, reklamasjonsavsetning og påslag”. Situasjoner underveis i prosjektgjennomføring kan medføre justering av målprisen. Partenes fortjeneste avhenger av forholdet mellom endelig slutt kostnad og den justerte målprisen.

Nominell rente, r_n

Når avkastningen regnes i løpende pengeverdi og kapitalbeløpet regnes i nominell historisk verdi, er nominell rente relativ avkastning av kapitalen (Norsk Standard, NS 3454, 2000, s. 5).

Nåverdi

Den sum som i dag må avsettes til forrentning for at man på ett fremtidig tidspunkt skal ha et gitt beløp. Nåverdi regnes ut ved å multiplisere det fremtidige beløp med diskonteringsfaktoren (Norsk Standard, NS 3454, 2000, s. 5). Beløp referert til forskjellige tidspunkter kan sammenlignes ved å regne nåverdien av dem.

Potensialet P

Kostnader til større ombygginger som følge av bruksendringer, tilpasning til gjeldende krav og forskrifter, etc. Potensialkostnad er en fremtidig kapitalkostnad, og kan anses som en strategisk post for planlegging, prosjektering og utføring av ombygginger. Hvis potensialplaner igangsettes inngår kostnaden som en del av kapitalkostnaden (Bjørberg, Larsen, & Øiseth, 2007, s. 7).

Prosjektkostnad, K_0

Summen av samtlige kostnader ved prosjektets ferdigstillelse (Norsk Standard, NS 3454, 2000, s. 5).

Realrente, r

Når beregningsstørrelsen baseres på fast kroneverdi, er renten definisjonsmessig en realrente. Realrenten er tilnærmet lik differansen mellom den nominelle renten og inflasjonen (Norsk Standard, NS 3454, 2000, s. 18).

Restkostnad, R_t

Avhendingskostnad ved utgangen av brukstiden T for å rive/fjerne byggverket (Norsk Standard, NS 3454, 2000, s. 5). Restkostnaden kan ha positiv verdi.

Selvkost

Selvkost for et produkt omfatter virksomhetens indirekte - og direkte kostnader forbundet med å selge og produsere produktet.

Utviklingskostnader, U

Kostnader til utvikling av byggverker for å opprettholde dets verdi over tid i forhold til nye krav fra brukere, marked og myndigheter (Norsk Standard, NS 3454, 2000, s. 6). Utviklingskostnader vil i motsetning til ordinære vedlikeholdskostnader heve byggets kvalitet utover opprinnelig fastsatt nivå.

Vedlikeholdskostnader, V

Kostnader som er nødvendige for å opprettholde byggverket på et fastsatt kvalitetsnivå for å kunne bruke det til sitt tiltenkte formål innenfor en gitt brukstid (Norsk Standard, NS 3454, 2000, s. 6).

Årskostnad

Annuitet av levetidskostnaden (Norsk Standard, NS 3454, 2000, s. 6). Et uttrykk for de gjennomsnittlige årlige kostnader inkludert renter og avskrivninger av kapitalen som påløper bygningen. Årskostnaden varierer fra år til år grunnet periodiske tiltak, og er forskjellig fra de årlige kostnader (Bjørberg, Larsen, & Øiseth, 2007, s. 9).

1 INNLEDNING

30.januar 2007 vedtok kommunalutvalget at kommunens hovedadministrasjon skulle legges til Rådhuskvartalet, i sentrum av Kristiansand. Utvikling av Rådhuskvartalet til forprosjektnivå ble vedtatt. En prosjektorganisasjon som skulle gjennomføre det komplekse prosjektet med dets mange utfordringer, ble bestemt kontrahert. Prosjektorganisasjonen var tenkt organisert som en samspillmodell mellom en prosjektorganisasjon og byggherre. Gruppen som vant oppdraget dannet en samspills/partnering modell med navnet Campanilen, oppkalt etter branntårnet på tomten (Kristiansand Kommune, 2010). Kommunens behov for arbeidsplasser innen administrasjon er rundt 500. Rådhuskvartalet er tenkt å dekke 400 av disse. Eksisterende kommunale bygg i nærheten skal dekke de resterende. En del av bygningsmassen på Rådhuskvartalet er verneverdig, og skal bevares og rehabiliteres, herunder: Fedrelandsvennbygget, fasade mot torg og Branntårn. Resterende byggmasse skal rives og bygges på nytt (Kristiansand Eiendom, 2010, s. 17). Figur 1 viser eksisterende bygningsmasse på tomten.

Kristiansand kommune, som prosjekteier gjennom Kristiansand Eiendom, har som målsetning med prosjektet å utvikle en effektiv kommuneadministrasjon samlet på ett sted, med bedre tilgjengelighet for innbyggerne. En rekke samfunns mål og effektmål for nybygget er vedtatt. Herunder er energimålsetningene høyt prioritert. Bygget skal oppnå høy rangering på energimerkeordningen (klasse A eller B). Ved benyttelse av miljø- og energiverktøyet BREEAM skal bygget oppnå en av de tre høyeste karakterene (svært god, utmerket eller fremragende). Energimerkeordningen har som mål å redusere energiforbruket i Norges eksisterende bygningsmasse på ca 325 millioner kvadratmeter bruttoareal (Bjørberg, Larsen, & Øiseth, 2007, s. 4). Næringsbygg utgjør ca 115 millioner kvadratmeter av dette, hvorav det offentlige eier ca 45 millioner kvadratmeter. Statistikk viser at byggebransjen i Norge i dag står for 40 % av Norges totale (Bjørberg, Larsen, & Øiseth, 2007, s. 4):

- Energiforbruk
- Avfall

- Forurensing

For enkeltbygg finner 90 % av miljøbelastningene sted i bruksfasen. De resterende 10 % skyldes prosesser fra prosjektstart, til ferdigstillelse av bygningen. For å redusere byggebransjens energiforbruk og miljøbelastning må reduksjon av miljøbelastning i brukstiden planlegges og prosjekteres. Miljøbelastningen kan reduseres ved blant annet følgende tiltak:

- Reduksjon av energiforbruket
- Tilrettelegge for størst mulig grad av passiv oppvarming og kjøling
- Bygge bygninger med stor grad av tilpasningsdyktighet
- Investere i løsninger og utstyr som er driftsikkert, driftseffektivt og med lang levetid
- Benytte materialer som kan gjenvinnes eller gjenbrukes

Kommunen har som ambisjon å produsere et miljøvennlig bygg som kvalifiserer til pilotprosjekt i Fremtidens byer, et nasjonalt prosjekt med hovedmål å redusere klimautslipp, skape et godt miljø og gi bedre byer å bo i. Et av kravene for Fremtidens byer er oppfyllelse av kriteriene for lavenergistandard.

I oppgaven tar jeg for meg de energimessige aspektene ved byggkonstruksjonen; oppvarmingsmetode, energieffektivitet for bygget, og energivurdering for bygget som helhet. Formålet med eventuelle energi- og miljøtiltak er å oppnå best mulig energiklassifisering med høyest mulig nytte-/kostnadsfaktor. Oppgaven tar for seg nybygget som skal bygges, eksisterende Fedrelandsvennbygg som skal utbedres vurderes ikke.



Figur 1 - Fasade Rådhuskvarartalet (Kristiansand Eiendom, 2010, s. 36)

2 TEORI

Denne delen av oppgaven skal ta for seg relevant teori innen fagene prosjektledelse, bygge- og konstruksjonsteknikk, energiteknikk og energibruk. Kapitlet omhandler også forskrifter, lover, og klassifiseringsordninger for bygninger og energibruk.

Kapitlene om prosjektledelse er primært rettet mot ledelse og gjennomføring av byggeprosjekter, men omhandler også generell prosjektteori. Med emnene bygge- og konstruksjonsteknikk går jeg overfladisk inn på konkrete bygningsdeler som vegger og vinduer, med hovedfokus på de forskriftsmessige krav og regler som gjelder. Forskrifter og lover utforskes med fokus på bygg- og energiforskrifter relevante for prosjekt Rådhuskvartalet.

Teorikapitlet tar sikte på å gi bakgrunnskunnskap til besvarelse av følgende hypoteser:

2.1 Hypoteser

- Overoppfylling av energikrav i henhold til TEK 10 er ikke bedriftsøkonomisk lønnsomt.
- Ambisjoner om energimerke A i energimerkeordningen gir uforholdsmessig store merkostnader ved projektering og produksjon av prosjekt Rådhuskvartalet.
- Oppnåelse av en av de to høyeste BREEAM-rangeringene medfører høyere kost enn nytte.

2.2 Prosjekt – Teoretisk informasjon og bruksområder

Kapitlet omhandler prosjektteori, aspekter og egenskaper ved prosjekter. Teorikapitlet er vinklet mot byggtekniske oppgaver og prosjekt Rådhuskvartalet.

2.2.1 Prosjektarbeid

Interessen for prosjektkonseptet er stor og voksende og et økende antall bedrifter velger prosjektbasert arbeid for gjennomføring av oppgaver. Karlsten og Gottschalk definerer prosjekt som: "Et midlertidig foretak med tanke på å skape et unikt produkt eller tjeneste". (Meland, UIA -Fronter, (a) 2010, s. 16)

Følgende karakteriske trekk kjennetegner prosjekter (Meland, UIA -Fronter, (a) 2010, s. 16):

- En avgrenset engangsoppgave som skiller seg fra løpende driftsoppgaver
- Definert(e) mål
- Har egen organisasjon og blir behandlet som et eget styringsobjekt
- Er tverrfaglig og krever koordinert innsats fra flere fagområder/avdelinger i og utenfor virksomheten.
- Planmessig gjennomføring kreves innenfor gitte tids og kostnadsrammer (prosjektstyring).

Mer utfyllende beskriver følgende karakteristikker et prosjekt:

- Entydig målsetting med klare, målbare mål som forteller hva som skal oppnås og hvorfor. Slike mål er viktig for i ettertid å kunne kontrollere grad av måloppnåelse for prosjektet. I tillegg gir klare mål prosjektdeltakerne grunnlag for å jobbe i samme retning, og forhindrer misforståelser.
- Begrenset ressurstilgang for gjennomføring av prosjektoppgaven, med kontroll over ressursbruken, er viktig for å unngå sløsing med ressurser. Økonomirammer i form av et tak for hvor mye midler prosjektet får til disposisjon settes i et budsjett, og beløpet kan være endelig satt. Det kan også justeres hvis det kreves, av grunner som for eksempel prisstigning, kostnadsoverskridelser, osv.
- Prosjektoppgaven er i utgangspunktet unik, et engangsforetak, men det forhindrer ikke at deler av et prosjekt kan være identisk eller ligne på tidligere utført prosjekt. Unikheten knytter seg i første rekke til organisasjonsstruktur, prosjektoppgavens art, prosjektpersonellets kunnskap, prosjektets varighet, økonomiske størrelse, og prosjektets omgivelser som endrer karakter for hvert enkelt prosjekt. Enkelte gjentakende, lignende prosjekt kan i stor grad standardisere deler av arbeidet og

skreddersy de resterende delene av prosjektet som skiller seg ut fra de foregående lignende prosjektene.

- Prosjektoppgaver skal ha klart definerte start og sluttdatoer hvor prosjektet skal være ferdig, mål oppnådd og prosjektet avsluttes. Graden av kritiskhet for avslutting innen satt datoer varierer fra prosjekt til prosjekt. I mange tilfeller medfører tidsoverskridelser sanksjoner fra prosjektbestiller. Sanksjoner kan komme i form av økonomisk straff, redusert omdømme, osv.
- De fleste former for prosjektarbeid krever tverrfaglig innsats, hvor personer med både forskjellig kunnskap, erfaring og administrativ tilhørighet deltar. I byggeprosjekter engasjeres også eksterne bidragsytere som konsulenter, entreprenører, og lignende.

Vanlig form for prosjektarbeid tar utgangspunkt i at en oppgave som skiller seg fra tradisjonelle oppgaver, søkes løst. For å løse oppgaven skilles det i mange tilfeller ut en egen enhet som delegeres ansvar for oppgaven, og en temporær prosjektorganisasjon opprettes. Avhengig av prosjektets størrelse, kompleksitet og natur utformes en prosjektgruppe og organisasjonsstruktur som er taktisk for vellykket gjennomføring av prosjektet. Prosjektet søkes løst så effektivt og problemfritt som mulig innenfor gitte tids- og budsjettammer, med krav til ytelse og kvalitet. Når arbeidsoppgavene er fullført, avsluttes prosjektet, og organisasjonen opphører å eksistere. Personalet som har deltatt på prosjektet går enten til sine ordinære arbeidsoppgaver, eller begynner å arbeide på nye prosjekter. Tradisjonelt har ikke prosjektledelsen interessert seg for hva som skjer etter at prosjektet er avsluttet og resultatet overlevert kunden. I mange tilfeller har eksisterende prosjektpersonell som innehar kompetanse og kunnskap om prosjektet ikke vært involvert i driften av prosjektresultatet, FDV(U)¹, noe som kan gi suboptimale resultater. Økt konkurranse og større fokus på

¹ FDVU – Forvaltning, drift, vedlikehold, og utvikling.

livssyklus gevinstrealisering har de senere år ført til økt fokus på kunden og dens benyttelse av prosjektresultatet selv etter prosjektet er avsluttet (Karlsen & Gottschalk, 2008, ss. 18-21).

2.2.2 Prosjektfaser

Prosjekter deles inn i livssykluser og faser. Antall faser som benyttes kan variere fra prosjekt til prosjekt. Noen prosjekter operer kun med todelt faseinndeling, eksempelvis konseptutviklingsfase og gjennomføringsfase. Andre prosjekter deles inn i flere faser. En vanlig firedelt faseinndeling kan bestå av:

- Oppstartsfasen (Idé, strategi, konsept)
- Planleggingsfasen (prosjektering, utforming)
- Gjennomføringsfasen (utførelse, bygging)
- Avslutningsfasen (Dokumentasjon, Idriftsetting)

Prosjekt Rådhuskvartalet er inndelt i fasene (Kristiansand Eiendom, 2010, s. 2):

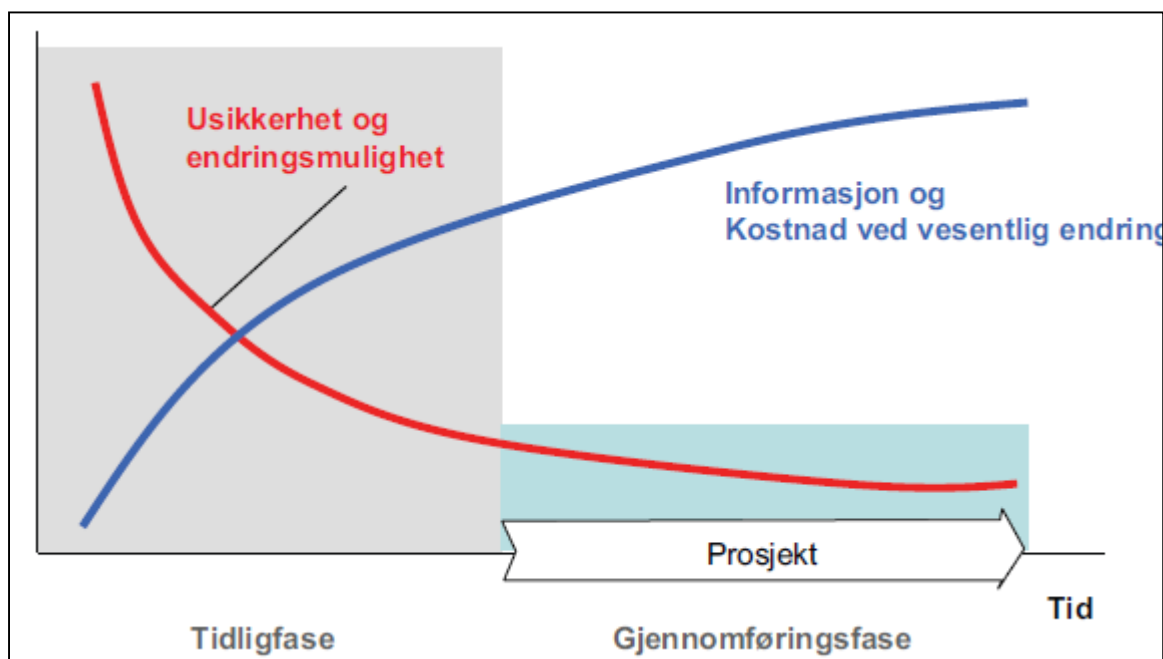
- Konsept/programfase
- Skisseprosjektfase
- Forprosjektfase

Prosjektet er nå til politisk behandling. Videre avgjørelser ventes i april/mai 2011. Videre gang i prosjektet antas å være slik:

- Detaljprosjektfase
- Byggefase
- Bruksfase
- Avhendingsfase - Gjenbruk

Selve prosjektarbeidet er over når kontraktfestet arbeid er ferdigstilt og dokumentert.

Ressursforbruk og grad av påvirkningsmulighet er forskjellig i de forskjellige fasene, med lavest kostnad og størst grad av endringsmulighet i de tidlige fasene. I senere faser er endringsmulighetene lavere, og kostnadene ved endring vesentlig større, se Figur 2.



Figur 2- Påvirkningsmuligheter og kostnader ved endring i prosjekter som funksjon av tid (Samset, 2007)

Grundig gjennomført oppstartsfase og planleggingsfase (tidligfase) er vesentlig for å holde kostnadene, og øker sannsynligheten for god funksjonalitet med høy grad av måloppnåelse. Endringer underveis i planleggingsfasen kan også medføre store kostnader selv om det er relativt tidlig i prosessen. Eksempelvis vurderes to energiløsninger for prosjekt Rådhuskvartalet, hvorav det foretrukne alternativet ble forkastet grunnet endrede forutsetninger ved behandling av forprosjektet. Store mengder beregninger og kalkyler forkastes dermed, og planleggingsfasen øker. Avveining mellom tidsbruk på planleggingsfase og gjennomføringsfase i forhold til nytten bør også tas med i vurderingen. Endringer sent i prosjektet er vanskelig å gjennomføre, og kan medføre forsinkelser og store kostnader.

For videre å forklare og beskrive de forskjellige fasene vil jeg benytte Direktoratet for forvaltning og IKTs (DIFI) internettbaserte veileder for anskaffelser knyttet til bygg, anlegg

og eiendomsforvaltning, med eksempler, råd, faglige artikler og informasjon (Direktoratet for forvaltning og IKT, (a) 2010):

- Et prosjekt begynner med tidligfasen/oppstartfasen hvor beslutninger som blir premissgivende for prosjektet tas. I tidligfasen utredes behovet for prosjektet, forutsetninger legges og behovs og løsningsutredninger foretas. Forhold knyttet til tomt, brukere, bruksområde, osv, undersøkes. Ofte opprettes en styringsgruppe for arbeid med prosjektet. En styringsgruppe i tidligfasen kan bestå av:
 - Prosjekteier
 - Prosjektleder
 - Programmeringsleder
 - Rådgivere, konsulenter
 - Representanter for brukere av prosjektet i tillegg til framtidige brukere

For Rådhuskvarter-prosjektet er en arbeidsgruppe kalt "Campanilen" dannet. Denne består av (Kristiansand Eiendom, 2010, s. 2): byggherre (Kristiansand Eiendom), byggherrens brukere, i tillegg til leverandørorganisasjonen bestående av:

- Kaspar Strømme og Kruse Smith – Entreprenører
 - HRTB Arkitekter – Arkitekt
 - Rambøll – Prosjekterende
 - YIT – Ventilasjons- og elektroentreprenør
 - Halvard Thorsen – Rørlegger
- Avhengig av styringsgruppens analyser og konklusjoner fra behovs- og løsningsutredningene kan prosjektet besluttes nedlagt eller videreføres. Hvis prosjektet iverksettes etter tidligfase undersøkelse vil behov, rammer og forutsetninger for prosjektet innarbeides i et program for utvikling av prosjektet. Prosessen omtales som programmering eller spesifisering. I programmet spesifiseres funksjons- og tekniske behov og krav for prosjektet. Byggherren kan selv stå for programmeringen, men ekstern kompetanse i form av rådgivere og konsulenter kan også engasjeres. Funksjonsprogram, teknisk program og utstyrprogram bør minimum etableres. Før prosjektet fortsetter må programmet ledelsesbehandles, godkjennes, rammer fastsettes, og vurdering av ulike gjennomføringsmodeller og prosjektplan gjennomføres.

Informasjonsmateriellet utarbeidet i tidligfasen danner grunnlaget for prosjekteringsfasen. En vurdering av videre vei og behov i forhold til alternativer av utarbeidede prosjektforslag med fokus på livssyklus-kostnader, miljøpåvirkning, osv bør også gjennomføres. En godkjenning av programmet krever som regel en administrativ ledelsesbeslutning, men kan også innebære politisk behandling.

- Hvis prosjektet godkjennes og besluttes videreført må gjennomføringsmodell og prosjektplan utarbeides. Økonomirammer besluttes på grunnlag av:
 - Kalkulerte totale byggekostnader
 - prosjektorganisasjonsbudsjett
 - risikovurdering
 - fremdriftsføringer
 - tidligere erfaringer med tilsvarende bygg
- Stadfesting av mål, kostnadsoverslag og skisse av hovedmilepæler i prosjektplan bør også utarbeides.
- Valg av gjennomføringsmodell baseres på:
 - Interne rammebetingelser:
 - Oppdragsgivers/byggherres behov, ambisjoner og kapasitet til å lede prosjektet
 - Risiko og ansvarsvurdering
 - Behov for brukerpåvirkning og muligheter for endring
 - Tidsplan
 - Kostnadsramme
 - Oppdragsgivers prioriteringsrekkefølge (kostnad, tid, kvalitet)
 - Eksterne rammebetingelser:
 - Markedsmessige forhold, konkurransearena
 - Leverandørforhold
 - Lover og forskrifter
 - Konsesjoner og reguleringsbestemmelser
 - Mål
 - Økonomiske målsetninger

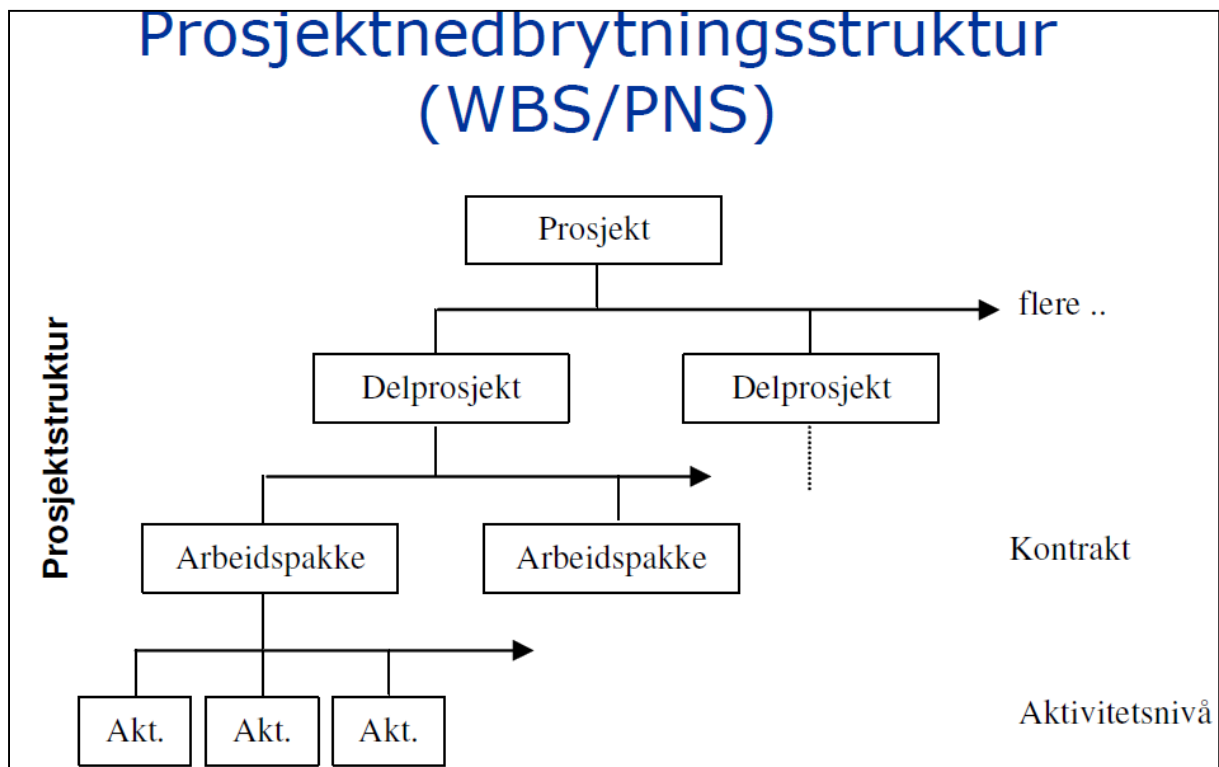
- Kvalitative målsetninger
- Prosjektkarakteristikk
 - Delbarhet
 - Størrelse
 - Usikkerhet
 - Kritiskhet
 - Frekvens

Kommunens valg, som prosjekteier, av å benytte gjennomføringsmodellen partnering skyldes antageligvis prosjektets kompleksitet, og kommunens manglende kapasitet og kompetanse til å lede og gjennomføre prosjektet på egenhånd. I tillegg reduseres risikoen for prosjekteier ved modellen. En kost/nytte analyse for partnerings-modellen hvor redusert risiko kontra økt pris var faktorer antas å være gjennomført av prosjekteier. Resultatet antas å være positivt på bakgrunn av valgte gjennomføringsmodell.

2.2.3 [Prosjektnedbryting](#)

Prosjekter kan brytes ned i delprosjekter, som igjen deles opp i arbeidspakker. Dette er modellen som følges ved store prosjekter, uavhengig av entrepriseform. Entrepriserformer som benytter underentreprenører setter ut delprosjekt eller arbeidspakker til underentreprenørene. Byggherre/prosjekteier eller prosjektleder står ansvarlig for å følge opp og koordinere delprosjektene og arbeidspakkene fram mot ferdig prosjekt (Meland, UIA -Fronter, (a) 2010, s. 21). I prosjekt Rådhuskvartalet blir hele bygningen prosjektet, mens energiforsyningen kan være et delprosjekt som igjen deles opp i arbeidspakke og aktiviteter. Se Figur 3. Koordinering av hele prosjektet med tilhørende delprosjekt og arbeidspakker er utfordrende med et prosjekt som Rådhuskvartalet grunnet størrelse, kompleksiteten og antall parter involvert. Feil som oppstår i viktige deler av prosjektet, eksempelvis arbeidspakker med økonomiske tall, kan sette preg på store deler av prosjektet, og medføre at ikke optimale løsninger velges. Økonomiske kalkyler og beregninger utført ved prosjekt Rådhuskvartalet er i denne oppgaven analysert og vurdert til å inneholde feil. Feilaktige nøkkeltall kan medføre valg av feile løsninger, og medfølgende ekstra tidsforbruk innen planleggingsfasen ved avdekking av

feilene. Kvalitetssikring av sentrale nøkkeltall antas å være fordelaktig i et komplekst og stort prosjekt som prosjekt Rådhuskvartalet.



Figur 3 - Prosjektnedbrytningsstruktur (Meland, UIA -Fronter, (a) 2010, s. 21)

2.2.4 Gjennomføringsmodeller

Prosjekttype, mål, rammer, politiske føringer, lokalisering, osv bør være bestemmende for valg av gjennomføringsmodell for et prosjekt. Mens noen gjennomføringsmodeller gir stor innflytelse for byggherre/prosjekteier, delegeres ansvar, beslutningsprosesser og risiko over på entreprenører i andre modeller. Feil valg av gjennomføringsmodell og behov for endringer i sene faser av prosjektet kan medføre større grad for fiasko, og øke kostnadene betraktelig (Meland, 2002).

Vi kan gruppere gjennomføringsmodeller i:

- *Delt leverandørorganisasjon*

- *Integrert leverandørorganisasjon*
- *Integrert organisasjon (Partering, osv.)*

Tabell 1 viser oversikt over gjennomføringsmodeller, entrepriserformer og deres ansvars- og arbeidsområder.

Tabell 1 - Gjennomføringsmodeller, entrepriserformer og ansvar (Byggherren i fokus, 2005, s. 4)

| Modeller | Delt leverandørorganisasjon | | | | Integrert leverandørorganisasjon | Integrert organisasjon 1) | | | |
|------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------|-------------------|----------------------------------|---------------------------|-----|-------------|--------------|
| | CM | BH-styrte delentrepriser | Hovedentreprise | Generalentreprise | | Totalentreprise | IPT | Takt. Outs. | Strat. Outs. |
| KONTRAKT: | 8402 | NS 8405 | NS 8405 | NS 8405 | NS 3431 | | | 2) | 2) |
| Kun egen spesialitet | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Avgrenset arbeidspakke | | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Koordinerende ansvar | | | X | X | X | X | X | X | X |
| All bygging | | | | X | X | X | X | X | X |
| Prosjektering | | | | | X | X | X | X | X |
| Behovsdefinering 3) | | | | | | X | | X | X |
| Drift | | | | | | 4 | (X) | X | X |
| Finansiering | | | | | | | | | X |

1) Alle variantene blir i ulike sammenhenger omtalt som OPS i Norge. IPT er egentlig ikke OPS. Modellene kan også benyttes i privat sektor.
 2) Byggherren inngår leiekontrakt med OPS-selskap eller Partnerselskap. OPS/Partner kan benytte den kontraktformen de ønsker i forhold til entreprenør
 3) Brukermedvirkning/programmering
 4) Drift i garantiperioden (normalt 5år) inngår i kontrakt

Figur er modifisert med oppdaterte standardnavn.

Delt leverandørorganisasjon

Delt leverandørorganisasjon omfatter entrepriserformene:

- Construction Management(CM)
- Byggherrestyrte delentrepriser
- Hovedentreprise

- Generalentreprise

De forskjellige entrepriseformene har ulik fordeling av ansvar, risiko og rettigheter, med ansvaret for prosjektering og produksjon delt på flere leverandører. Innen delt leverandørorganisasjon er byggherren oppdragsgiver med direkte kontrakter med prosjekterende og med en eller flere entreprenører som er ansvarlige for hele produksjonen (generalentreprise) eller deler av denne. Byggherren er også ansvarlig for koordinering mellom de forskjellige partene, og har ansvaret for riktig prosjekteringsmateriell til entreprenøren. Feil i prosjekteringsmateriell og mulig medfølgende forsinkelser og overskridelser grunnet dette er byggherres ansvar. Prosjekteringsarbeidene kontraheres i tidlig prosjektfase, noe som sikrer byggherren maksimal mulighet for egen og brukers påvirkning på løsninger, og full kontroll på prosjekteringen. Prosjekteringen gjennomføres uten deltakelse fra entreprenører. Entreprenørene kontraheres senere i prosessen basert på fullprosjekt løsninger.

Construction Management og byggherrestyrte sideentrepriser kjennetegnes med sterk oppdeling av entrepriser for å oppnå maksimal konkurranse for hver leveranse. Mens byggherrestyrte sideentrepriser bruker egen administrasjon, leies det et selskap inn for å administrere byggesaken for byggherren ved Construction Management. Avhengig av avtalen som inngås mellom CM-firmaet og byggherren, vil firmaets ansvar og risiko variere. Fordeler med modellen er muligheten for at små firma kan være med å delta på leveransene, og byggearbeidene kan om nødvendig starte før prosjektering er helt ferdig. Ulempene er blant annet at alt ansvaret for koordinering ligger hos byggherre eller CM-firma, noe som krever en betydelig administrativ kapasitet og koordineringsevne. Grunnet mange bidragsytere for leveransen blir det vanskelig å plassere feil og mangler, og bevise skyldig part.

Ved *hovedentreprise* reduseres antall kontrakter. Dette letter koordineringen for byggherren, men reduserer innsyn og innflytelsesgrad i utførelsesfasen. Kontraherte entreprenører kan i stor grad velge underentreprenører etter eget forgodtbefinnende uten særlige påvirkningsmuligheter for byggherren. I tillegg vil graden av konkurranse for leveransene

reduseres da det er få selskaper som er store og komplekse nok til å ta på seg hovedentreprisansvar.

Generalentreprise er som hovedentreprise hva gjelder byggherres ansvar, prosjektering, koordinering, fordeler og ulemper. Hovedforskjellen er at mens hovedentrepriseformen inkluderer noen byggherrevalgte sideentrepriser, er generalentrepriseaktøren ansvarlig for absolutt alle entreprisene. Det er enda færre firma som kan konkurrere om generalentrepriseoppdrag.

Integrert leverandørorganisasjon

Integrert leverandørorganisasjon omfatter kun entrepriseformen totalentreprise. Ved *totalentreprise* forholder byggherren seg til en kontraktspart som tar ansvar for "alt", og integrerer leveransene. Entreprenøren er ansvarlig for både prosjekteringen og utførelsen. Entrepriseformen er lik generalentreprise med den store forskjellen at totalentreprenøren også er ansvarlig for prosjekteringen. Selv om totalentreprenøren normalt er ansvarlig for forprosjektfasen og gjennomføringsfasen, er det ikke uvanlig at byggherren kontraherer rådgivere for å utvikle et forprosjekt. På basis om forprosjektet kan totalentreprenørene deretter konkurrere om oppdraget. Som ved delt leverandørorganisasjon kan også integrert leverandørorganisasjon organiseres på forskjellige måter. Som eksempel kan nevnes:

- Delt totalentreprise hvor prosjektet deles opp i delprosjekt,
- Trinnvisgjennomføring med kontraktsinngåelse for en og en fase og opsjon på videreføring.

I tillegg kan ulike vederlagsformer avtales hvor risiko og gevinst ved merkostnad eller besparelser fordeles. Avtalene kalles incitamentsavtaler. Hvis byggherre har utført stor del av prosjektering før totalentreprisekontrakt inngås, fordeles større ansvar for feil og mangler til byggherre.

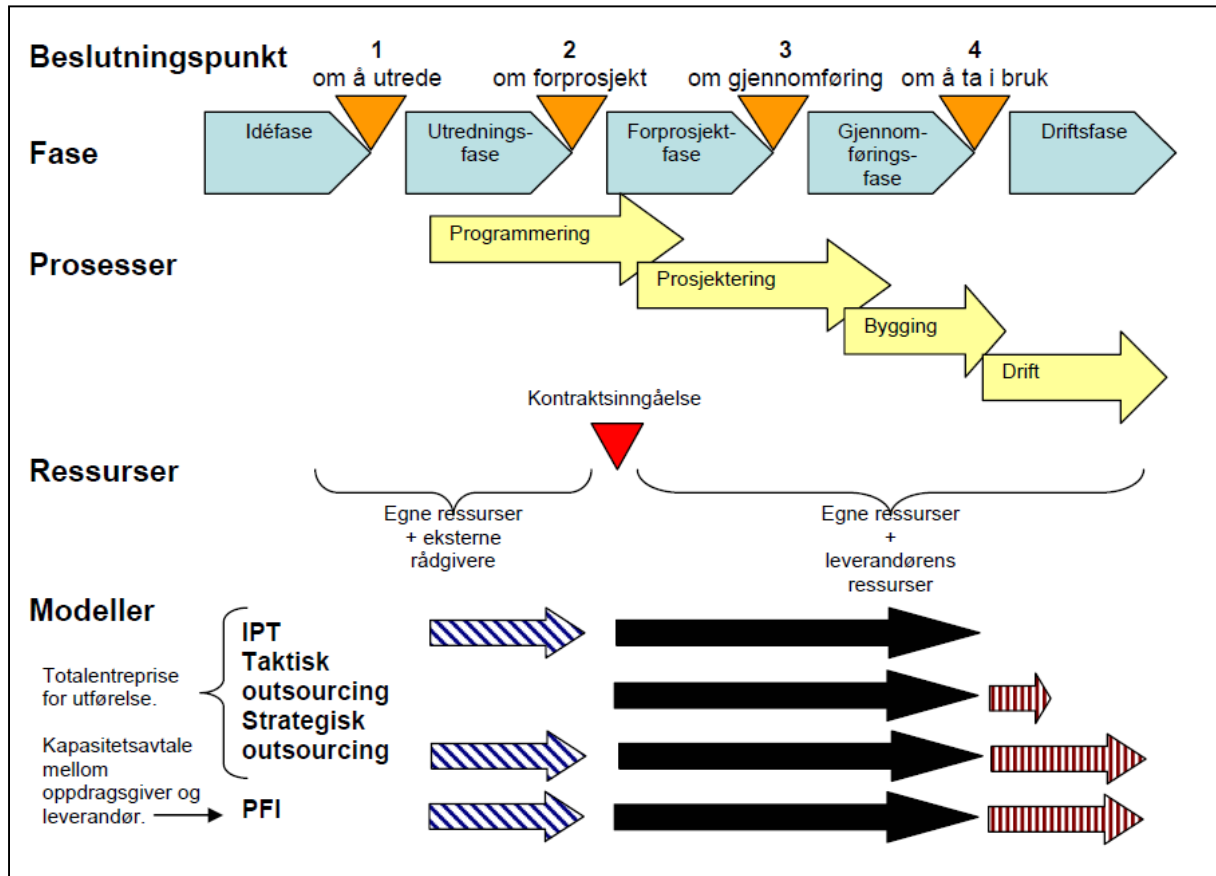
Integrert organisasjon

I integrert organisasjon er det ulike former for samarbeid mellom bestiller og leverandørene (rådgivere og entreprenører). Fra oppslagsverket Byggherren i fokus defineres formene for integrert organisasjon i fire kategorier (Byggherren i fokus, 2005):

1. Integrert prosjektteam (IPT), er samarbeid mellom entreprenør og oppdragsgiver i planlegging/gjennomføringsfasen. IPT er ofte brukt når fokuset er å effektivisere samarbeidet mellom kunde/leverandør, og hvor leverandøren fortsatt sitter med leveranseansvaret. Andre avarter av IPT som partnering og allianser anvendes i situasjoner hvor leveranseansvaret er delt. Med disse formene er både kunden og leverandør leveranseansvarlig for produktet som skal leveres til kunden. Med slike gjennomføringsmodeller blir kunden også leverandør til seg selv. Noen slike former for samarbeid legges opp slik at de deltagende partene ikke har mulighet til å saksøke hverandre. Dette gjelder for partnering-modellen, som er et samspill mellom byggherre/oppdragsiver, rådgivere/arkitekter, entreprenører og leverandører.
2. Taktisk outsourcing er nært samarbeid mellom oppdragsgiver og leverandør på enkelte virksomhetsområder som ikke har strategisk innvirkning på oppdragsgivers kjerneaktivitet. Oppdragene er av kortere varighet.
3. Strategisk outsourcing er samarbeid av lengre varighet innenfor viktige kjernevirksomhetsoppgaver for oppdragsgiver. Oppdragene kan være omfattende og komplekse, og med stor betydning for oppdragsgiver. Vurderinger og beslutninger om strategisk outsourcing foretas som oftest av toppledelsen. Konsekvensene ved dårlig levert tjeneste/produkt fra strategisk outsourcing kan være store, noe som medfører at analyser og vurderinger om outsourcing må være grundige.
4. Privat finansieringsinitiativ (PFI) er finansieringsløsning hvor private aktører finansierer utbygging, produksjon og drifting av leveransen. Oppdragsgiver leier tilbake produktet, med eller uten kjøpsopsjon. Oppdragsiver definerer krav til ytelse og kvalitet, og ansvarlig aktør har ansvar for å levere i forhold til bestilling. Dersom bestiller er en offentlig etat kalles PFI for Offentlig privat samarbeid (OPS).

Figur 5 viser prinsippene for prosjektgjennomføring med integrert organisasjonsform. Partene inkluderes i tidligfasen, og utøver stor innflytelse på prosjektets videre gang. Samtaler foretatt med entreprenører og rådgivere i byggebransjen i forbindelse med oppgaven avslører at involvering i prosjekter så tidlig som mulig er økonomisk og påvirkningsmessig ønskelig.

Samtalepartene har nevnt muligheten for å påvirke prosessen i større grad, muligheten for økt inntjening for selskapet, og unngåelse av entreprisekonkurranse som de positive faktorene forbundet med tidlig involvering.

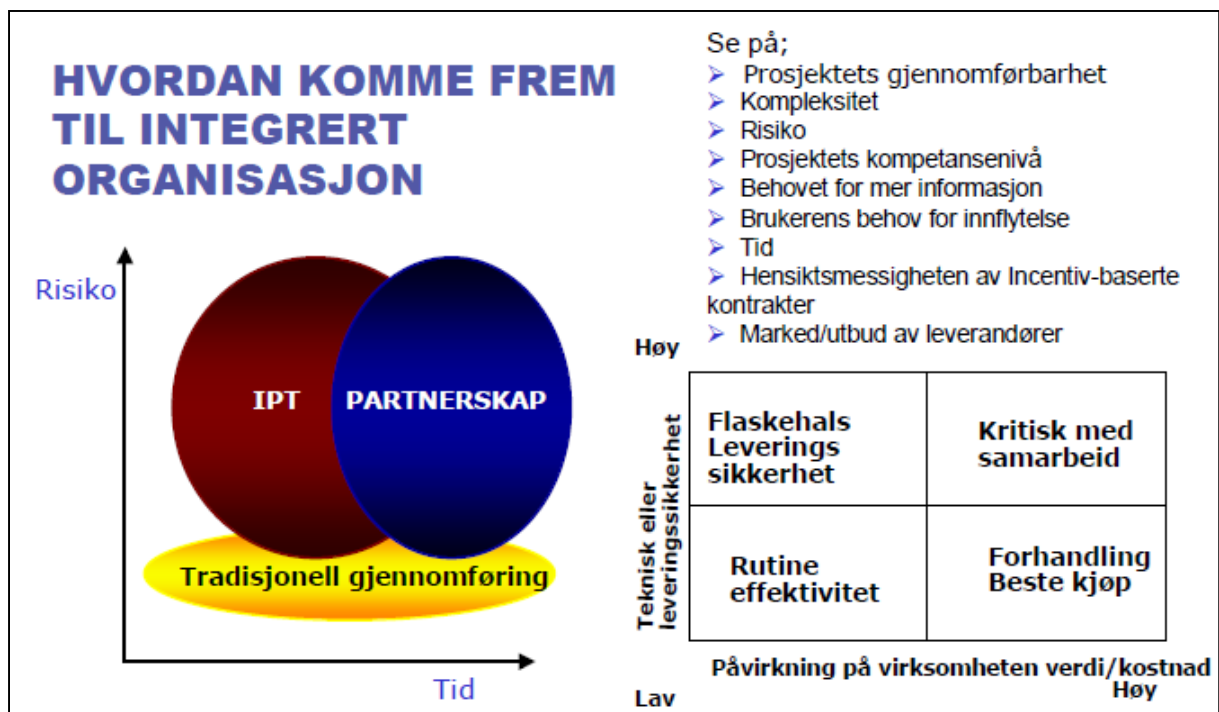


Figur 4 - Integrert organisasjon gjennomføringsprinsipp (Byggherren i fokus, 2005, s. 16)

Integrerte organisasjoner som arbeidsform er velegnet ved kompliserte og/eller langvarige prosjekter. Ved å benytte integrerte organisasjoner legges det til rette for bedre kommunikasjon mellom partene. Effektiv kommunikasjon er gunstig i prosjekter hvor behov og ønsker for tekniske – og ytelsesmessige muligheter og spesifikasjoner er viktig å formidle effektivt mellom kunde/leverandør. Arbeidsformen gjør det også mulig å løse situasjoner hvor involverte parter sitter med mangelfull informasjon hver for seg, og der samarbeid og

kunnskapsdeling er viktig for å få kombinert nødvendig kunnskap. Integrerte organisasjoner kan kreve stor grad av koordineringsevne, og er ikke gunstig for alle typer prosjekter. Figur 5 viser når integrerte organisasjoner er fordelaktig å benytte. Eksempel på prosjekter hvor integrert organisasjon er fordelaktig gjennomføringsmodell er:

- Prosjekter som har stor påvirkning på virksomhetens verdi/ kostnad.
- Prosjekter med høye krav til teknisk sikkerhet/kvalitet og leveringssikkerhet.
- Komplekse prosjekter som krever stor grad av tverrfaglig kompetanse.



Figur 5 - Kriterier for bruk av integrert organisasjon (Byggherren i fokus, 2005, s. 13)

Partnering – IPT

Innenfor IPT – integrert prosjektteam finner vi partnering-modellen, som er et samspill mellom byggherre/oppdragsiver, rådgivere/arkitekter, entreprenører og leverandører. Kjennetegnene for partneringsformen er at prosjekter gjennomføres med delt ansvar og risiko,

noe som medfører redusert risikopåslag fra de deltagendes parter side (Byggherren i fokus, 2005). I tillegg involveres partene tidlig, og samarbeidsformen skal være preget av dialog, tillitt og åpenhet. Målsetninger klargjøres, og økonomisk gevinst eller merkostnad avhengig av utfall kontraktfestes (Entreprenørforeningen - Bygg og Anlegg, 2008). Partneringsavtalen inngås ideelt sett før oppstarten av prosjekteringen. Den tidlige involveringen av partene øker teoretisk sett muligheten for å oppnå kostnadseffektive løsninger og optimalisering av prosjektet, ref Figur 2. Ved partneringsmodellen må byggherren være sterkt involvert, noe som krever høy grad av kompetanse og profesjonalitet hos byggherren. En av mulige fordeler med modellen er større grad av kunnskap og informasjonsflyt mellom deltagende parter. Bedre kunnskap og informasjonsflyt skal teoretisk medføre mer effektiv bruk av kompetanse og ressurser, mer effektiv byggeplass, høyere kvalitet, og mer endringsmuligheter for byggherre. Historisk sett har totalentrepriser vært mest benyttet som ”kontraktkjerne” i gjennomføringsmodellen Partnering.

Ved Partnering skal avtalte felles økonomiske interesser stimulere partene til å yte sitt beste, med målprisen og åpen økonomi med fullt innsyn sentralt. Målprisen defineres som ”den sluttkostnad partene skal styre mot og har tillit til at prosjektet kan gjennomføres til” (Entreprenørforeningen - Bygg og Anlegg, 2008, s. 10). Målprisen består av: ”selvkost, uforutsette kostnader/risiko, reklamasjonsavsetning og påslag”. Situasjoner underveis i prosjektgjennomføring kan medføre justering av målprisen. Partenes fortjeneste avhenger av forholdet mellom endelig sluttkostnad og den justerte målprisen. Da alle parter er avhengig av hverandre for å oppnå høy fortjeneste er det viktig med riktig sammensatte team, og felles aktiviteter som sikrer godt samarbeidsklima og kjennskap mellom partene. Noen av utfordringene ved Partnering er at roller og ansvarsforhold kan bli uklare. Grunnet tett samarbeid kan leveringsansvar for delkontrakter glemmes og bli flytende. Ved partneringsavtaler er det viktig å ha i minne at selv om man samarbeider om prosjektet, er det grunnleggende forholdet av den ene parten produserer noe for den andre parten, mot betaling.

Ved prosjekt Rådhuskvartalet benyttes partneringmodellen som gjennomføringsmodell (Kristiansand Eiendom, 2010, s. 12). Prosjektet byr på mange utfordringer. Blant utfordringene nevnes: krevende føringer fra reguleringsplanen, kompleksitet rundt håndtering

av verneverdig bygningselementer, utfordrende økonomiske analyser, store krav til tekniske løsninger og lavt energiforbruk, håndtering av endringer og nye premisser underveis, osv. Campanilen-Alliansen nevner i forprosjektrapporten følgende fordeler og ulemper med Partnering som gjennomføringsmodell (Kristiansand Eiendom, 2010, s. 13):

- Skaper fokus på felles interesser og samhandling
- Utnytter alle aktørers kompetanse i samhandling
- Gir en sikkerhet for investeringskostnaden
- Gir bedre økonomistyring av investeringskostnad
- Tilrettelegger for beslutningsprosesser for valg mellom alternative løsninger hvor hensynet til lavest mulig årskostnad tillegges stor betydning.
- Sikrer et gjennomarbeidet bygningskonsept som gjennom generelle og fleksible løsninger skal sikre lavest mulig utviklingskostnader for funksjons- og kapasitetsendringer over et langt tidsperspektiv.

2.2.5 Målteori

Ethvert prosjekt krever mål og delmål. Målene gir prosjektdeltagerne noe felles å jobbe mot, og er også nødvendig for å kunne vurdere grad av måloppnåelse. Uklare mål, være seg effektmål, samfunns mål eller andre, er vanskelig og i noen tilfeller umulige å måle, og gjør det dermed vanskelig å dokumentere måloppnåelsen. Enkelte mål definert av Kristiansand kommune i forprosjektrapporten er uklare og kan tolkes forskjellig. I følge prosjekt- og målteori er klare, konsise og kjente mål viktig for et prosjekts suksess. Klare, kjente mål bidrar til at prosjektgruppen jobber i samme retning, med en felles agenda. Uklare mål som gir rom for personlig tolkning øker risikoen for fiasko, og er en potensiell økonomisk risikofaktor. For å oppnå en lav fiaskograd for prosjektet betinges det også at det er samsvar mellom satte mål og ressurser man er villig til å sette inn for nå disse målene (Meland, 2002, s. 28).

I forprosjektrapporten for Rådhuskvartalet i Kristiansand finner vi eksempelvis følgende mål som er vanskelig å måle grad av måloppnåelse (Kristiansand Eiendom, 2010, s. 10):

- *Løsninger som stimulerer til helhetlig ledelse på alle plan*
- *God intern og ekstern kommunikasjon*
- *Universell utforming til fingerspissen*

”Målene” referert ovenfor er definert som effektmål fra Kristiansand Eiendom i forprosjektrapporten. Målbarheten av overnevnte ”mål” er vanskelig, og ”målene” er uklare mål. Basert på målteori og kriteriene som stilles for gode målsetninger defineres ”målene” i større grad som veiledninger og retningslinjer. Under vises eksempel på mål hentet fra forprosjektrapporten – Rådhuskvartalet i Kristiansand som i større grad kan defineres som reelle mål (Kristiansand Eiendom, 2010, ss. 10-11):

- *Nybygget skal oppnå klasse B i energimerkesystemet.*
- *Nybygget skal oppnå klassifisering ”Svært god” i miljøstyringssystemet BREEAM.*

Disse målene kan i større grad måles. Målene er ikke like åpne for tolkning som målene listet ovenfor, noe som reduserer sannsynligheten for fiasko i prosjektet.

2.2.6 Prioriteringsmatrise

Det må gjøres prioritering mellom de tre dimensjonene, kostnad, tid og kvalitet. Et prosjekt som har absolutt krav for kvalitet, vil måtte kunne tolerere høyere kostnader og tidsbruk. For å stadfeste hva som er de viktigste områdene for prosjektet kan man derfor benytte prioriteringsmatrisen for hele eller deler av prosjektet. Som man ser i Figur 6 er klassifiseringene gjensidig utelukkende. Med krav for kvalitet låst, må man tolerere høyere kostnader og tidsbruk, og omvendt med andre prioriteringer (Meland, UIA -Fronter, (a) 2010, s. 22). Hvis Kristiansand Kommune har energiforbruk (kvalitet) som låst målsetning vil kostnad og tidsbruk være lavere prioritert.

| | Tid | Kvalitet | Kostnad |
|--------------|-----|----------|---------|
| Låst | | ★ | |
| Optimalisere | ★ | | |
| Akseptere | | | ★ |

Figur 6 - Eksempel på prioriteringsmatrise (Meland, UIA -Fronter, (a) 2010, s. 22)

2.3 Bygninger – Oppbygging og typer

Kapitlet beskriver generell byggeprosess, og prosjektering av bygg med høy grad av tilpasningsdyktighet (generalitet – fleksibilitet – elastisitet).

2.3.1 Byggeprosess

Næringsbygg og bygg for privat bruk kommer i mange former, størrelser og med forskjellige bruksområder. Bygninger klassifiseres i disse kategoriene for energimerking evaluering mot teknisk forskrift (Kommunal- og regionaldepartementet, Bolig- og bygningsavd., 2011):

- Småhus
- Boligblokk
- Barnehage
- Kontorbygning
- Skolebygning
- Universitet/Høyskole
- Sykehus
- Sykehjem
- Hotell
- Idrettsbygning
- Forretningsbygning
- Kulturbygning
- Lett industri/verksteder

Felles for alle er grunnprinsippene de konstrueres etter. Alle bygg må ha et solid fundament det skal bygges på. Grunnarbeider, klargjøring og tilvirkning av grunnmur og underlag (fundamentering) må gjennomføres som første oppgave i byggeprosessen. Videre følger tilvirkning av bygningsrammer, bygningskropp, og taklegging ("tett bygg"). Deretter gjennomføres rør-, elektro-, ventilasjon-, og annet håndtverkerarbeid før kledning, isolering og ferdigstillelse innvendig gjennomføres. Byggetegninger og prosjektplaner bestemmer igangsettelse og prosjektert ferdigstillelse av de forskjellige arbeidspakkene. Avhengig av hvilke kriterier, krav og ambisjonsnivå som stilles for bygget konstrueres og tilvirkes det med

tilhørende tekniske løsninger og bygningsdeler. For å oppnå mer energieffektive bygg vil man kunne implementere og installere ekstra utstyr og forskjellige løsninger under byggeprosessen. I forhold til energieffektivitet og bygningstekniske forskrifter er spesielt tett bygg, unngåelse av kuldebroer, isolering, vindustype, oppvarmingsmetoder, og styring av oppvarming og belysning, store faktorer med høy grad av påvirkning på totalt energiforbruk.

2.3.2 Generalitet – Fleksibilitet – Elastisitet

Samfunnet er i stadig endring, virksomheter likeså. Tilsvarende bør bygninger utformes med muligheter for endringer, tilpasning til nytt bruksmønster og nye brukere. Bygningens evne til å imøtekomme endringer, samt forsvarlig ressursbruk ved gjennomføring av endringer er viktig. En effektiv og tilpasningsdyktig bygning som bidrar til noen få prosent økt effektivitet hos brukerne, lavere sykefravær, økt trivsel, gir gevinst av investeringer i økt fleksibilitet (Bjørberg, Larsen, & Øiseth, 2007, s. 4). I vår tid skjer utviklingen kontinuerlig, med påfølgende krav til funksjonell endring for å opprettholde effektiv bruk av bygningen. Begrepene ”generalitet- fleksibilitet- elastisitet” defineres som (Bjørberg, Larsen, & Øiseth, 2007, s. 14):

Generalitet: Frihet til endret funksjon (for eksempel fra skole til boliger, fra lagerbygg til bilforretning/verksted el.) dvs. evne til å kunne oppfylle krav til endrede nyttelaster, brannsikring, etc. uten altfor store inngrep og kostnader.

Fleksibilitet: Frihet til planendring innen samme funksjon (for eksempel endring fra cellekontorer til åpne kontorlandskap), dvs. reorganisere bruksarealet eksklusiv bæresystem/kjerner.

Elastisitet: Evnen en bygning har til å utvide eller redusere arealer innenfor en gitt geometri. For eksempel mulighet til å kunne utvide med tilbygg/påbygg eller å fjerne deler av bygningen

Begrepet tilpasningsdyktighet kan brukes som samlebetegnelse på de tre overnevnte forholdene. Mulighet for endring i tilpasningsdyktighet reduseres tilsvarende som muligheten for generelle endringer som vist på Figur 2. Grad av innebygget tilpasningsdyktighet avhenger primært av:

- Behov - er det behov for endring over tid (dynamisk/statisk virksomhet)
- Frekvens - hvor ofte vil endringsbehovene komme
- Levetid - hvor lang er tiltenkt levetid for bygningen

Lav tilpasningsdyktighet kan medføre store framtidige kostnader ved strengere forskrifter og reguleringer. Høy grad av tilpasningsdyktighet gir muligens bedre pris for huseier i form av salg eller utleie. Overdimensjonering i form av høy grad av tilpasningsdyktighet kan betale seg over bygningens livsløp grunnet lavere endringskostnader over tid, høyere inntekt grunnet fleksible lokaler, osv. Dette kan beregnes ved hjelp av metodene skissert i kapittel 2.6 Prosjektkostnader og utgifter.

2.4 Lover, forskrifter og reguleringer

Kapitlet tar for seg forskrifter og lover innen byggrelaterte felt.

2.4.1 Byggteknisk forskrift 2010 (TEK 10)

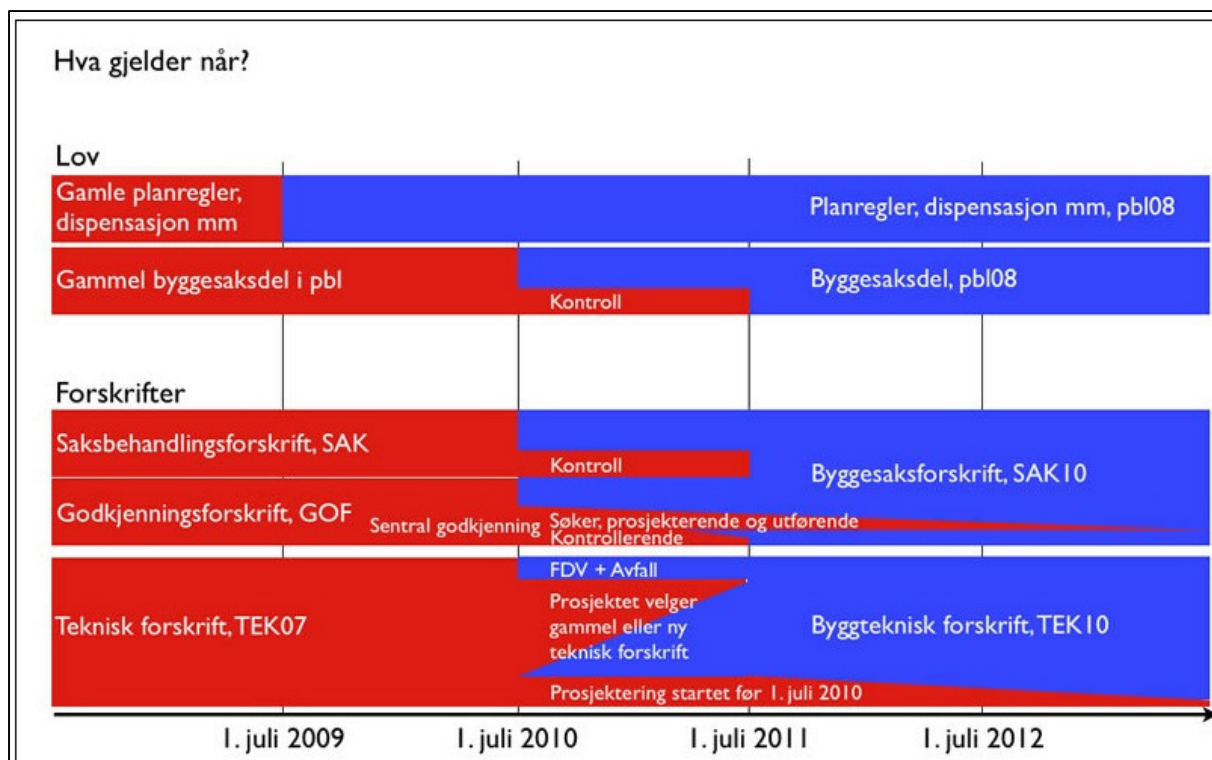
Byggeindustrien og tilhørende partnerindustrier som elektro, vvs, med flere, er alle underlagt lover, forskrifter og reguleringer, som må etterfølges og overholdes for nybygg, påbygg og restaureringsprosjekter. Byggteknisk forskrift (TEK) er forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk som må innfris for å overholde plan og bygningsloven (PBL). PBL har to hoveddeler, en plandel, og en byggesaksdel. Plandelen, med krav til konsekvensutredninger ved større tiltak, forvaltes av Miljøverndepartementet, mens byggesaksdelen forvaltes av Kommunal- og Regionaldepartementet.

Plan- og bygningslovens § 1.1 – Lovens formål stadfester at (Statens bygningstekniske etat (d), 2009):

- *Loven skal fremme bærekraftig utvikling til beste for den enkelte, samfunnet og framtidige generasjoner.*
- *Planlegging etter loven skal bidra til å samordne statlige, regionale og kommunale oppgaver og gi grunnlag for vedtak om bruk og vern av ressurser.*
- *Byggesaksbehandling etter loven skal sikre at tiltak blir i samsvar med lov, forskrift og planvedtak.*

Plan- og bygningsloven ligger i bunn for byggeindustriens virksomhet, med tilhørende forskrifter som Byggteknisk forskrift, Energimerkeforskriften og Energiloven. Disse gir retningslinjer og føringer for overholdelse av loven. I tillegg skal forskriftene sikre at tiltak planlegges, prosjekteres og utføres slik at krav til sikkerhet, helse, miljø, energi og tekniske krav oppfylles.

Den første landsomfattende byggeforskrift kom i 1969, med mange endringer årene etter (Statens bygningstekniske etat (c), 2002). Den nyeste forskriften, Byggteknisk forskrift 2010 (TEK 10), stiller skjerpede krav til påbygg og nybygg i forhold til forrige forskrift, TEK 07. Strengere krav for material, isolasjon, oppvarmingsmetode og energibruk er noen av forandringene. I en overgangsperiode fram til 1.juli 2011 kan bygg bygges etter de gamle forskriftene, TEK 07, eller TEK 10. Prosjekter med start fra og med 1.juli 2011 må benytte TEK 10. Frister og overgangsperioder for når forskriftene kan benyttes vises i Figur 7. Prosjekt Rådhuskvartalet kan velge å benytte TEK 07 og oppfylle kravene stilt i den. Dette vil medføre lavere krav hva gjelder isolasjon, U-verdier og energiforbruk. Med bakgrunn i kommunens satsing på miljø- og energivennlig bygg er det besluttet å benytte TEK 10 som gjeldende forskrift (Kristiansand Eiendom, 2010, s. 59).



Figur 7 - Overgangsordning mellom forskrifter (Statens bygningstekniske etat (b), 2010)

Fra TEK 07 til TEK 10 er den største endringen høyere krav til U-verdier for bygningsdeler. Dette medfører at bedre og mer isolasjon må benyttes. I tillegg må bedre vinduer med lavere varmetap benyttes, og det må fokuseres på tett bygg med forhindring av kuldebroer. Glass, vindus og dørareal er begrenset til maksimalt 20 % av oppvarmet BRA. U-verdi på nevnte bygningsdeler er høyere enn for vegger og tak, og medfører større varmegjennomgang. Tabell 2 viser utdrag av viktige punkter og krav fra TEK 10.

Tabell 2 - Utdrag av nye krav TEK 10 (Dagestad, 2010)

| | |
|---|---|
| ✘ Moderat glass, vindus- og dørareal: | maksimalt 20% av oppvarmet BRA |
| ✘ U-verdi yttervegg: | 0,18 W/ m ² K |
| ✘ U-verdi tak: | 0,13 W/ m ² K |
| ✘ U-verdi gulv på grunn: | 0,15 W/ m ² K |
| ✘ U-verdi glass/vindu/dør: | 1,2 W/ m ² K |
| ✘ Normalisert kuldebroverdi: | 0,03 W/ m ² K for småhus 0,06 W/ m ² K for andre kategorier |
| ✘ Lufttetthet | 2,5 (småhus) og 1,5 (øvrige bygg) oms pr. time ved 50 Pa trykkforskjell |
| ✘ Varmegjennvinning av ventilasjonsluft: | boligbygning 70% øvrige bygninger 80% |
| ✘ SFP-faktor: | 2,5 kW/m ³ /s for bolig 2,0/1,0 kW/m ³ /s (dag/natt) for næringsbygg |
| ✘ Solkontroll eller andre tiltak for å unngå lokalkjøling | |
| ✘ Temperaturstyring | |

TEK 10 sammen med energimerkeordningen er utarbeidet for å redusere energiforbruket i landets bygningspark. Energimerkeordningen skal øke bevisstgjøringen blant befolkningen om energiforbruk. Intensjonen med energimerkeordningen er at det skal lønne seg å investere i energieffektivt bygg med fornybare energikilder. Verktøyene skal stimulere til reduksjon av energiforbruket. I tillegg til klassifisering i form av energikarakter beregnet ut fra energiforbruk gis bygningen en oppvarmingskarakter basert på oppvarmingsmetode og energieffektivitet for metoden. Lønnsomheten ved høy energieffektivt og miljøvennlig energiforbruk skal vise seg i form av lavere strømregning, og økt etterspørsel/pris etter huset ved salg eller utleie.

Kapittel 14 - Energi i Byggteknisk forskrift 2010 lister bestemmelser og krav for energiforbruk og tiltak i bygninger. Under er relevante krav for kontorbygninger listet opp (Kommunal- og regionaldepartementet, Bolig- og bygningsavd., 2011):

§ 14-1. Generelle krav om energi

(1) Byggverk skal prosjekteres og utføres slik at lavt energibehov og miljøriktig energiforsyning fremmes. Energikravene gjelder for bygningens oppvarmede bruksareal (BRA).

(2) Beregninger av bygningers energibehov og varmetapstall skal utføres i samsvar med Norsk Standard NS 3031 Beregning av bygninger energiytelse - Metode og data. U-verdier skal beregnes som gjennomsnittsverdi for de ulike bygningsdeler.

(4) For tiltak der oppfyllelse av krav i dette kapittel ikke er forenlig med bevaring av kulturminner og antikvariske verdier, gjelder kravene så langt de passer.

II. Energieffektivitet

§ 14-2. Energieffektivitet

(1) Bygning skal tilfredsstillere nivå angitt i § 14-3 eller ha totalt netto energibehov mindre enn energirammer angitt i § 14-4. Minstekrav i § 14-5 skal oppfylles enten § 14-3 eller § 14-4 legges til grunn.

§ 14-3. Energiltak

(1) Bygning skal ha følgende energikvaliteter:

a) Transmisjonsvarmetap:

1. Andel vindus- og dørareal ≤ 20 % av oppvarmet BRA
2. U-verdi yttervegg $\leq 0,18$ W/(m² K)
3. U-verdi tak $\leq 0,13$ W/(m² K)
4. U-verdi gulv $\leq 0,15$ W/(m² K)
5. U-verdi glass/vindu/dør inkludert karm/ramme $\leq 1,2$ W/(m² K)
6. Normalisert kuldebroverdi, der m² angis i oppvarmet BRA:
 - øvrige bygninger $\leq 0,06$ W/(m² K).

b) *Infiltrasjons- og ventilasjonsvarmetap:*

1. *Lekkasjetall ved 50 Pa trykkforskjell:*

- *Øvrige bygninger $\leq 1,5$ luftvekslinger pr. time.*

2. *Årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner i ventilasjonsanlegg:*

- *Øvrige bygninger og arealer ≥ 80 %.*

c) *Øvrige tiltak:*

1. *Spesifikk vifteeffekt i ventilasjonsanlegg (SFP):*

- *Øvrige bygninger $\leq 2,0$ kW/(m³ /s)*

2. *Mulighet for natt- og helgesenking av innetemperatur*

3. *Tiltak som eliminerer bygningens behov for lokal kjøling.*

(3) For øvrige bygninger kan energitiltak i bokstav a fravikes, forutsatt at bygningens varmetapstall ikke øker.

Utdraget fra Byggteknisk forskrift 2010 kapittel 14 viser spesifikasjoner og krav for nybygg og påbygg innen kategorien kontorbygninger. Forskriften omfatter ikke eksisterende bygningsmasse, kun tilbygg, påbygg eller nybygg. Øvrige bygninger er alle bygningskategorier utenom privatbolig. Hovedintensjonen med forskriften stadfestes tydelig i ”§ 14-1 Generelle krav om energi” punkt 1 hvor følgende står listet (Kommunal- og regionaldepartementet, Bolig- og bygningsavd., 2011): *Byggverk skal prosjekteres og utføres slik at lavt energibehov og miljøriktig energiforsyning fremmes.*

Paragraf 14.4 i forskriften omhandler energirammer for bygningskategorier som vist i Tabell 3. Byggteknisk forskrift paragraf 14.4 er utgangspunktet i formelen for energi kategorien i BREEAM som utredes i neste kapittel.

Tabell 3 - Energirammer TEK 10 (Kommunal- og regionaldepartementet, Bolig- og bygningsavd., 2011)

| Bygningskategori | Totalt netto energibehov (kWh/m² oppvarmet BRA pr. år) |
|---|--|
| Småhus, samt fritidsbolig over 150 m ² oppvarmet BRA | 120 + 1600/m ² oppvarmet BRA |
| Boligblokk | 115 |
| Barnehage | 140 |
| Kontorbygning | 150 |
| Skolebygning | 120 |
| Universitet/høgskole | 160 |
| Sykehus | 300 (335) |
| Sykehjem | 215 (250) |
| Hotell | 220 |
| Idrettsbygning | 170 |
| Forretningsbygning | 210 |
| Kulturbygning | 165 |
| Lett industri/verksteder | 175 (190) |

Uoppvarmet areal i bygninger har ingen energikrav, det samme gjelder for lokaler med varmeoverskudd pga prosesser, mens bygninger under 30m² kun må oppfylle minstekrav. Energikravene gjelder ellers for alle tilbygg/påbygg/underbygg uansett størrelse, og alle tiltak i eksisterende bygninger. Prosjekt Rådhuskvartalet i kategorien kontorbygg, får en skjerpelse av energikravene på 18 kWh/m² i forhold til TEK 07, fra 168 kwh/m² fra TEK 07 til 150 kwh/m² ved innføringen av TEK 10.

Tabell 4 - Minstekrav TEK 10 (Kommunal- og regionaldepartementet, Bolig- og bygningsavd., 2011)

| U-verdi yttervegg [W/(m² K)] | U-verdi tak [W/(m² K)] | U-verdi gulv på grunn og mot det fri [W/(m² K)] | U-verdi vindu og dør, inkludert karm/ramme [W/(m² K)] | Lekkasjetall ved 50 Pa trykkforskjell (luftveksling pr. time) |
|--|--|---|---|--|
| ≤ 0,22 | ≤ 0,18 | ≤ 0,18 | ≤ 1,6 | ≤ 3,0 |

Bygningens bygningsdeler må ha lavere U-verdi enn kravene vist i

Tabell 4 - Minstekrav TEK 10 . Kravene listet i underkapittel II. Energieffektivitet kan fravikes såfremt kravene listet i Tabell 4 oppfylles og gjennomsnittlig energiforbruk for bygningen er lavere enn energirammene satt i TEK10, vist i Tabell 3.

Tabell 4 viser forskjellige U-verdikrav på ulike bygningsdeler, blant annet yttervegger, tak, vinduer, osv. For vegger, tak og lignende er det i stor grad isoleringen og tykkelsen på isolasjonen, unngåelsen av kuldebroer, samt kvaliteten på håndtverkerarbeidet som gir utslag på bygningsdelens U-verdi. For prosjekt Rådhuskvartalet er det prosjektert med større mengder isolasjon enn TEK 10 krever. Tabell 5 viser isolasjons- og vinduskraft fra TEK 10 sammen med kravene satt i forprosjektrapporten for prosjekt Rådhuskvartalet. Som tabellen viser er prosjektets krav strengere enn TEK 10, noe som gjenspeiler kommunens ambisjoner om et energieffektivt bygg.

Tabell 5 - Isolasjonstykkelse bygningsdeler (Kristiansand Eiendom, 2010, s. 59)

| Bygningsdel | Ca isolasjonstykkelse / konstruksjon | | |
|--------------------------------|--|--|--|
| | Ihht TEK | Minstekrav TEK | Ihht prosjektets krav |
| Yttervegger: | 250 mm | 200 mm | 250 – 300 mm |
| Tak (kompakt): | 300 mm homogen trykkfast isolasjon | 200 mm homogen trykkfast isolasjon | 350 mm homogen trykkfast isolasjon |
| Gulv på grunnen: | Ca 150-200 mm ¹⁾ | Ca 100 – 150 mm ¹⁾ | 150-250 mm ¹⁾ |
| Golv mot uoppvarmet rom | 150 - 200 mm ²⁾ | - | 120-150 mm |
| Vindu: | 2 lags vinduer med lavemisjons-belegg, gassfylling og isolert karm | 2 lags glass med lavemisjons-belegg og gassfylling | 3 lags glass med lavemisjons-belegg, gass-fylling og godt isolert karm |
| Kuldebroer | Som regel tilfredsstilltes krav med 80-100 mm isolasjon foran kuldebroer | - | Kuldebroer isoleres med 100-150 mm isolasjon. ⁴⁾ |

En målsetning med innføring av TEK 10 og energimerkeordningen, er å øke benyttelsesgrad av andre varmeløsninger enn elbaserte. Eksempel på alternative varmeløsninger er: solfanger, solvarme, fjernvarme, biokjel, pellets kamin, vedovn, biogass, osv. Et av virkemidlene for å oppnå dette målet er fjernvarme og tilknytningsplikt. Der hvor fjernvarme er etablert og tilknytningsplikt er fastsatt skal bygningen utstyres med fjernvarmeanlegg. Byggeier betaler tilknytningsavgift, og betaler for benyttet varme etter samme mal som for strøm. Kostnadene for bruk av fjernvarme består av fastavgift (nettleie) og betaling for forbrukt varme. Dispensasjon fra tilknytningsplikt, kan gis av kommunen såfremt det kan dokumenteres at andre alternativ er miljømessig bedre, ref § 27.5 PBL (Statens bygningstekniske etat (d), 2009). Prosjekt Rådhuskvartalet ligger i et område med tilknytningsplikt, og blir nødt til å koble seg til fjernvarmenettet. Tilknytningsplikt er ikke ensbetydende med bruksplikt. Bruksmengden bestemmer byggeier. Hva gjelder annen energiforsyning oppgis følgende

regler, relevant for oppgaven, i TEK 10 veiledning, § 14.7 Energiforsyning (Statens bygningstekniske etat (e), 2011, s. 244):

1. *Oljekjel for fossilt brensel som grunnlast er ikke lov å installere.*
2. *Bygning over 500m² oppvarmet BRA skal prosjekteres og utføres slik at minimum 60 % av netto varmebehov (romoppvarming, ventilasjonsvarme, varmt tappevann) kan dekkes med annen energiforsyning enn direktevirkende elektrisitet eller fossile brensler hos sluttbruker.*
3. *Kravet til energiforsyning i punkt 2 gjelder ikke dersom det dokumenteres at naturforhold gjør det praktisk umulig å tilfredsstille kravet.*

I forhold til BREEAM klassifisering og TEK kravoppnåelse er § 14.7 Energiforsyning, et kritisk og viktig område hvor store forskjeller i energiforbruket avgjøres av energiforsyningsmåten. Diskusjoner pågår mellom Campanilen alliansen og Agder Energi Varme (AEV) som er fjernvarmeleverandør, om mulig benyttelse av annen energiforsyning enn fjernvarme (Kristiansand Eiendom, 2010). Dette kan medføre forskjellige rangering innen de to vurderingsmetodene: ”energimerkeordningen og BREEAM”.

2.4.2 Passivhuskriterier

Passivhus defineres av Sintef Byggforsk som et hus med veldig lavt energibehov sammenlignet med vanlige hus. Totale energibehov for bygg klassifisert som passivhus er ca 25 % av vanlige bygg. Årsaken til navnet ”passivhus” er at mest mulig passive tiltak for reduksjon av energibehov tas i bruk, som for eksempel ekstra varmeisolasjon, ekstra god byggtetthet, bruk av varmegjenvinning, osv.

En rekke krav må oppfylles for at en bygning skal oppfylle Passivhus standarden. Noen makskrav for kontorbygg er (Dokka, Klinski, Haase, & Mysen, 2009, ss. 9-13):

- Oppvarmingsbehov (romoppvarming og ventilasjonsvarme) – 15 kWh/m² år
- Kjølebehov – 10 kWh/m² år
- Varmetapstall – 0,50 W/(m²·K)
- CO₂ – utslipp – 25 kg/(m²·år)
- U – verdi W/(m²·K)

- Yttervegg – 0,15
- Gulv – 0,15
- Tak – 0,13
- Vindu og dør – 0,80
- Normalisert kuldebroverdi – 0,03 W/(m²·K)
- Virkningsgrad varmegjenvinner - minimum 80 %
- SFP faktor ventilasjonsanlegg – 1,5 kW/(m³/s)
- Lekkasjetall ved 50 Pa – 0,60 h⁻¹
- Belysning effekt uten styring – 6,4 W/m²
- Belysning effekt med styring – 4,9 W/m²

2.4.3 Lavenergikriterier

Lavenergibygg ligger mellom passivhus og dagens forskrift, TEK 10, hva gjelder krav for bygningsdelsverdier.

Noen makskrav for kontorbygg er (Dokka, Klinski, Haase, & Mysen, 2009, ss. 19-21):

- Oppvarmingsbehov (romoppvarming og ventilasjonsvarme) – 30 kWh/m² år
- Kjølebehov – 15 kWh/m² år
- Varmetapstall – 0,70 W/(m²·K)
- CO₂ – utslipp – 35 kg/(m²·år)
- U – verdi W/(m²·K)
 - Yttervegg – 0,18
 - Gulv – 0,15
 - Tak – 0,13
 - Vindu og dør – 1,20
- Normalisert kuldebroverdi – 0,05 W/(m²·K)
- Virkningsgrad varmegjenvinner - minimum 70 %
- SFP faktor ventilasjonsanlegg – 2,0 kW/(m³/s)
- Lekkasjetall ved 50 Pa – 1,50 h⁻¹
- Belysning effekt uten styring – 6,4 W/m²

- Belysning effekt med styring – 4,9 W/m²

2.4.4 Politisk styring av prosjekt – Prosjekteierrollen

Ethvert prosjekt som planlegges, prosjekteres og eventuelt igangsettes må følge de politiske vedtak, rammeplaner og føringer som er gjeldende. I tilfeller hvor kommunen er prosjekteier som i prosjekt Rådhuskvartalet, er det stor mengde politisk behandling av saken. Noen av punktene som har vært oppe til politisk behandling er antall etasjer, størrelse på bygg, samt energimålsetninger og energiforsyningsmetoder. Fra skisseprosjektperioden til forprosjektrapporten ble offentliggjort ble energibrønner som hovedenergiforsyning vurdert og utredet. Fjernvarme fra Agder Energi som henter varme fra Returkraft anlegget ble da tiltenkt rollen som spisslast (Kristiansand Eiendom, 2010, s. 24). Returkraft anlegget er et avfallsforbrenningsanlegg som generer strøm og varme fra forbrenning av avfall i Kristiansandområdet. Anlegget er lokalisert like utenfor Kristiansand på Langemyr og ble satt i drift våren 2010 (Returkraft, 2010). Politisk behandling av alternativet med energibrønner og fjernvarme førte i første omgang til klarsignal for videre å utrede alternativet med energibrønner og fjernvarme (Kristiansand Eiendom, 2010, ss. 32-34). Kalkyler og beregninger gjennomført med energiberegningsprogrammet Simien viste at energibrønner var nødvendig for å klare å oppnå energiklasse A. Fjernvarme alene ville kun oppnå klasse B. Politisk sett er det ikke lett å få gjennomslag, ei heller samfunnsøkonomisk forsvarlig, å argumentere for minst mulig benyttelse av fjernvarme til bygningen i prosjekt Rådhuskvartalet. Dette spiller i stor grad på at Returkraft anlegget som har en prislapp på 1,5 milliarder kroner har ledig kapasitet av fjernvarme per dags dato (Døvik, 2010). Anlegget eies blant annet av Kristiansand kommune gjennom selskapet Avfall Sør. Avfall Sør eies også av kommunene Songdalen, Søgne og Vennesla (Avfall Sør, 2009). Andre Agder kommuner som Arendal, Grimstad, Tvedestrand, med flere, er også inne på eiersiden i Returkraft selskapet. Det å sitte med eierandeler i en aktør som Returkraft som produserer varme fra avfallsforbrenning, og ikke benytte de som grunnlastleverandør er politisk vanskelig forsvare. På grunn av begrenset utbygd fjernvarmenett produserer Returkraft anlegget mer energi enn forbrukerne klarer å nyttegjøre seg av med dagens infrastruktur og tilknyttede forbrukere. Dette medfører at overskuddsvarme går til spille. Selv om status er overskudd av fjernvarme i

dag, kan utviklingen medføre at fjernvarme blir en knapphetsressurs i framtiden. Politisk prioritering i prosjektet tilsier at samfunnsøkonomiske løsninger basert på dagens forsynings situasjon går foran bedriftsøkonomiske løsninger, og langsiktig samfunnsøkonomisk tenkning. En kost/nytte analyse av de forskjellige energiforsyningsmetodene vil muligens vise at alternativet med energibrønner er økonomisk overlegent. Bortvelgelse av fjernvarme er politisk betent, dette medfører valg av en suboptimal løsning sett fra bedriftsøkonomisk perspektiv.

2.5 Energirangeringsverktøy

Kapitlet beskriver energi- og bygningsrangeringsverktøyene Energimerke og BREEAM.

2.5.1 Energimerkeordningen

Energimerkeordningens lovforslag ble vedtatt i Stortinget mars 2009, med plikt til å energimerke boliger ved nybygg, salg eller utleie for privatboliger og næringsbygg fra 1.juli 2010 (Isachsen, 2009). En grunn til innføring av energimerkeordningen er at energiforbruket per kvadratmeter har økt betraktelig, selv om nye bygninger bygges med strengere krav og høyere kvalitet enn tidligere. Seniorrådgiver hos NVE, Olav K. Isachsen (2009, s. 4) har uttalt: ”NVE tror at energimerkingen vil stimulere til energieffektivisering gjennom hele kjeden fra prosjektering til bygging og drift”.

Årsakene til økningen av energiforbruket er flere:

- Økt bruk av elektrisk utstyr
- Økte krav til komfort, mer varming og kjøling, økt luftsirkuleringsgrad
- Sløsing med energi i form av pc'er og lignende som står på døgnet rundt
- Lav pris på strøm

Bygninger står for over 40 % av Norges totale energiforbruk (Statens bygningstekniske etat (e), 2011, s. 237). Det er stort sparepotensial forbundet med å redusere energibruken i bygninger. Privatpersoner kan utarbeide sin egen energimerkekarakter ved hjelp av internett og inntasting av boligens faktiske forhold, størrelse, oppvarmingskilder, isolering, osv (www.energimerking.no). I tillegg til graderinger i form av en karakter på energiattesten gis også huseieren en liste med tiltak som kan gjennomføres for å oppnå bedre energieffektivitet. Energimerking ble obligatorisk 1.juli 2010 for alle nye boliger og boliger over 50m² som skal selges eller leies ut. Tilsvarende skal nye næringsbygg og eksisterende næringsbygg over 1000m² merkes. Næringsbygg for salg eller utleie skal også energimerkes. Kun eksperter kan energimerke yrkesbygg. Kravet for eksperttittel er bygningsteknisk og energifaglig kompetanse på ingeniørnivå, med minimum tre års praksis fra energivurdering av bygninger med tekniske anlegg. Beregningsmetodene er fastsatt i standarden NS 3031 – Beregninger av bygningers energiytelse (NVE, 2010). Energikarakteren er et resultat av beregnet energi levert

til bygningen. Beregning av energikarakteren skjer i hovedsak etter de samme reglene som ved vurdering av bygnings overholdelse av TEK 10 energikrav. Byggeforskriftenes krav gjelder for bygningens netto energibehov. Energiforbruket fastsettes fra resultatet av beregnet levert energi til bygningen. Beregnet levert energi tar varmesystemets virkningsgrad med i beregningen. To bygninger som oppnår likt energibehov i TEK 10 kan ende opp med forskjellig karakter i energimerkeordningen. Oppvarmingsmetoder som olje, gass og biobrensel har et virkningsgradstap som medfører at beregnet levert energi blir høyere enn netto energibehov. Direkte elektrisk oppvarming (elektriske ovner) har tilnærmet null i virkningsgradstap. Solenergi og varmepumper har positiv energivirkningsgrad, noe som resulterer i lavere beregnet levert energi i forhold til netto energibehov (NVE (b), 2010).

Energiberegning i kontorbygninger beregner forbruk hver time, dvs. dynamisk beregning. Andre bygningstyper som småhus, boligblokk, skolebygg, med flere, kan beregne energibehovet månedsstasjonært. Bygninger med installert ventilasjonskjøling skal alltid benytte dynamisk beregningsmetode (Norsk standard, NS 3031, 2007, s. 15).

Formålet med energimerkingen er å redusere energiforbruket, gjøre folk mer bevisst på eget forbruk, og synliggjøre energieffektive løsninger (Statens Bygningstekniske etat (a)).

Energimerkeattesten graderes med karakterer fra G til A, hvor A er det beste, tilsvarende eksisterende ordning for energimerking av hvitevarer. Gradering av energikarakter er som følger:

- **A-B** – Lavenergibygnings, passivhus, og lignende. Bygninger i denne kategorien tilfredsstiller strengere krav enn det som er angitt i byggeforskriftene og/eller har effektivt varmesystem.
- **C-D** – Bygninger bygget etter byggeforskriftene fra 2007 vil normalt oppnå karakteren C eller D.
- **E-G** – De fleste eksisterende boliger bygget etter forskrifter tidligere enn 2007.

Se Tabell 6 for mer utfyllende karakter- og kravoversikt. Energirammer fastsatt i TEK 10 ligger i området mellom energikarakter B og C på tabellen såfremt oppvarmingsmetoden har

virkningsgrad tilnærmet lik 1. Overholdelse av energirammer fra TEK 07 gir karakter C. Kontorbygg har i TEK 10 energiramme på maks 150 kwh/m², noe som vil gi karakter C. For å oppnå karakter B må forbruket reduseres med minst 24 kwh/m² relatert til TEK 10.

Tabell 6 - Energimerkeskala levert energi (Isachsen, 2009)

| Bygningskategori | Levert Energi | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | A | B | C | D | E | F | G |
| | Lavere enn | Lavere enn | Lavere enn | Lavere enn | Lavere enn | Lavere enn | Lavere enn |
| Bygningskategori | kWh/m ² | kWh/m ² | kWh/m ² | kWh/m ² | kWh/m ² | kWh/m ² | kWh/m ² |
| Småhus | 79 | 118 | 158 | 231 | 305 | 458 | Ingen grense |
| Boligblokker | 67 | 100 | 134 | 184 | 235 | 353 | Ingen grense |
| Barnehager | 90 | 135 | 180 | 228 | 276 | 414 | Ingen grense |
| Kontorbygg | 84 | 126 | 168 | 215 | 263 | 395 | Ingen grense |
| Skolebygg | 79 | 118 | 158 | 208 | 259 | 389 | Ingen grense |
| Universitets- og høyskolebygg | 95 | 143 | 191 | 240 | 289 | 434 | Ingen grense |
| Sykehus | 179 | 268 | 358 | 416 | 475 | 713 | Ingen grense |
| Sykehjem | 136 | 203 | 271 | 328 | 384 | 576 | Ingen grense |
| Hoteller | 135 | 202 | 269 | 321 | 373 | 560 | Ingen grense |
| Ideettsbygg | 109 | 164 | 218 | 272 | 325 | 488 | Ingen grense |
| Forretningsbygg | 129 | 194 | 258 | 309 | 360 | 540 | Ingen grense |
| Kulturbygg | 105 | 158 | 210 | 256 | 302 | 453 | Ingen grense |
| Lett industri, verksteder | 106 | 159 | 212 | 270 | 329 | 494 | Ingen grense |
| | | | Nivå for TEK 2007 | | | | |

I tillegg til energikarakter tildeles også oppvarmingskarakter for bygningen som angir hvilke oppvarmingsmetoder som benyttes. Gradering er som følger:

- **Grønt** – Vannbåren oppvarming basert på biobrenselkjel, med elektrisitet som spisslast.
- **Gult** – Luft til luft varmepumpe og lukket vedovn, kombinert med direkte elektrisk oppvarming.
- **Rødt** – Kun elektrisk oppvarming eller oljefyring.

Eksisterende bygning på Rådhuskvartal-tomten stammer fra gjenoppbyggingen etter bybrannen i 1892 (Kristiansand Eiendom, 2010, s. 38). Bygningen ble bygget lenge før den første byggtekniske forskrift så dagens lys, og oppfyller få eller ingen av dagens forskriftskrav. Hvis ikke bygget har gjennomgått omfattende rehabiliteringer i ettertid vil

bygningen karakteriseres i klassen med høyest energiforbruk, klasse E. Bygging av nytt energieffektivt bygg kompliseres ved at deler av Rådhuskvartalet er verneverdig og skal bevares eller inkorporeres i nybygget. Vern av den gamle arkitekturen legger strenge føringer på hvilke tiltak som tillates, og i hvilket omfang tiltakene kan gjennomføres. Energimålsetningen for nybygget er minimum klasse B i energimerkesystemet ($< 126 \text{ kWh/m}^2\text{K}$), og muligheten for å oppnå klasse A ($< 84 \text{ kWh/m}^2\text{K}$) skal utredes.

2.5.2 BREEAM

BREEAM (BRE Environmental Assessment Method) er et av verdens ledende miljøklassifiseringsverktøy for bygninger. BREEAM ble etablert i Storbritannia av The Building Research Establishment (BRE) i 1990. BREEAM var tidligere statlig styrt, men er nå en privat organisasjon som driftes og finansieres av byggindustrien. BREEAM som klassifiseringsverktøy er grundig utprøvd og testet hva gjelder tekniske standarder, kommersielt potensial, og validiteten av ekspertrådene det bygges på. Over 115 000 bygg er BREEAM sertifisert i Storbritannia. Per 2009 er 700 000 bygg registrert for BREEAM vurdering (BREEAM, 2009). Norsk versjon av BREEAM er under utvikling og planlagt lansering er september 2011.

BREEAMs målsetninger hentet fra deres manual er (BREEAM, 2009):

- Å dempe byggs påvirkning på miljøet
- Å anerkjenne bygg ut fra deres miljømessige fordeler
- Å utvikle en troverdig miljømerking for bygg
- Å stimulere etterspørselen etter bærekraftige bygg

BREEAM karaktersetningen består av en rekke definerte krav og målsetninger som skal oppfylles for bygg. Forskjellige krav stilles til forskjellige bygninger. Klassifiseringskarakterene er (BREEAM, 2009, s. 36):

- Uklassifisert
- Bestått
- God
- Svært god

- Utmerket
- Fremragende.

Tabell 7 - BREEAM karakter viser poengkrav for hver karakter. Karakteren fremragende krever i tillegg til oppnåelse av minimum 85 % score at bygget godkjennes som BREEAM eksempel og referanseprosjekt. Godkjennes ikke bygget som BREEAM eksempel og referanseprosjekt er maks klassifisering oppnåelig utmerket.

Tabell 7 - BREEAM karakter (BREEAM, 2009, s. 36)

| BREEAM-klassifisering | % poeng |
|------------------------------|----------------|
| UKLASSIFISERT | <30 |
| BESTÅTT | ≥30 |
| GOD | ≥45 |
| SVÆRT GOD | ≥55 |
| UTMERKET | ≥70 |
| FREMRAGENDE* | ≥85 |

Kravene som gir poeng er fordelt på ti kategorier. Oppfyllelse av mål og krav innen kategorien gir poeng som vektes og slås sammen til en klassifisering for hele bygget. Det er i størrelsesordene 5-13 krav innen hver kategori hvor noen er obligatoriske, resten valgfrie. Enkelte kategorier og underkategorier har i tillegg minstekrav som må oppfylles for å oppnå visse klassifiseringer. Oppfylles ingen minstekrav kan man maks oppnå karakteren bestått. Ved oppfyllelse av enkelte minstekrav, men ikke alle, kan man oppnå karakteren svært god. Prinsippet kan illustreres med en tenkt bygning med vurdert poengsum av 87 %. Oppfylles kun enkelte minstekrav vil bygningen maks oppnå svært god som klassifisering.

BREEAM klassifiseringen er delt opp i følgende 10 kategorier:

- Ledelse/Gjennomføring

- Helse og velvære
- Energi
- Transport
- Vann
- Materialbruk
- Avfall
- Landskap og økologi
- Forurensing
- Innovasjon

Prosjekt Rådhuskvartalet blir rangert på bakgrunn av opptjente poeng i kategorien Energi. Se Tabell 8 for oversikt over kategorier og underområder.

Tabell 8 - BREEAM kategorier og underområder (BREEAM, 2009, s. 14)

| | |
|---|---|
| Ledelse og administrasjon <ul style="list-style-type: none"> • Idriftsettelse • Påvirkning på byggeplass • Brukerveiledning for bygg | Avfall <ul style="list-style-type: none"> • Byggavfall • Resirkulert tilslag • Gjenvinningsanlegg |
| Helse og velvære <ul style="list-style-type: none"> • Dagslys • Termisk komfort for brukerne • Akustikk • Innendørs luft- og vannkvalitet • Belysning | Forurensning <ul style="list-style-type: none"> • Bruk og utslipp av kjølevæske • Flomrisiko • NO_x-utslipp • Forurensning av vassdrag • Ekstern lys- og støyforurensning |
| Energibruk <ul style="list-style-type: none"> • CO₂-utslipp • Lav- eller nullkarbonteknologi • Delmåling av energi • Energieffektive byggesystemer | Arealbruk og økologi <ul style="list-style-type: none"> • Tomtevalg • Beskyttelse av økologiske funksjoner • Demping/forsterkning av økologisk verdi |
| Transport <ul style="list-style-type: none"> • Nærhet til kollektivtransport • Tilrettelegging for gående og syklist • Nærhet til fasiliteter • Reiseplaner og informasjon | Materialer <ul style="list-style-type: none"> • Livssyklus-effekt fra materialer • Gjenbruk av materialer • Ansvarlig innkjøp (sourcing) • Robusthet |
| Vann <ul style="list-style-type: none"> • Vannforbruk • Lekkasje-deteksjon • Gjenbruk og resirkulering av vann | Innovasjon <ul style="list-style-type: none"> • Mønstergyldige ytelsesnivåer • Bruk av fagfolk akkreditert av BREEAM |

Som Tabell 9 viser vektes de forskjellige kategoriene ulikt. Energibruk, helse og velvære, ledelse og administrasjon og materialer er de største.

Tabell 9 - BREEAM kategori vekting (BREEAM, 2009, s. 36)

| BREEAM-kategori | Vekting (%) | |
|---------------------------|---|-------------------------|
| | Nybygg, utvidelser og større rehabiliteringer | Bare innredning av bygg |
| Ledelse og administrasjon | 12 | 13 |
| Helse og velvære | 15 | 17 |
| Energibruk | 19 | 21 |
| Transport | 8 | 9 |
| Vann | 6 | 7 |
| Materialer | 12.5 | 14 |
| Avfall | 7.5 | 8 |
| Arealbruk og økologi | 10 | N/A |
| Forurensning | 10 | 11 |
| Innovasjon | 10 | 10 |

En fullstendig BREEAM klassifisering av et prosjekt eller bygg er en omfattende oppgave som krever personal med bygg- og energirelatert utdannelse og erfaring. Klassifiseringen tar mye tid og fordrer komplett tilgang til alt dokumentasjonsgrunnlag for prosjektet/bygningen. Min kontakt i Rambøll er rådgivende ingeniør elektro for prosjekt Rådhuskvartalet, og har følgende mest elektrorelatert informasjon. På bakgrunn av valgt problemstilling og utdelt dokumentasjon er fokuset for oppgaven bestemt å være kategorien energibruk. Energibruk er den største kategorien ansvarlig for 19 % av poengene summert til total BREEAM karakter. Kapittel 6 Energibruk består igjen av 7 underkategorier i den Europeiske 2009 versjonen:

1. Energieffektivitet – Opptil 15 poeng
2. Måling av energiforbruk i bygget – Opptil 1 poeng
3. Måling av energiforbruk hos leietaker – Opptil 1 poeng
4. Utvendig belysning – Opptil 1 poeng
5. Klimaeffektiv energikilde – Opptil 3 poeng
6. Energieffektive heiser – Opptil 2 poeng
7. Energieffektive rulletrapper og gangveier – Opptil 1 poeng

I denne oppgaven vurderes kun ENE 1 – Energieffektivitet.

BREEAM har to vurderingsstadier: *designstadiet*, og *etter oppføring*. Vurdering av bygg på designstadiet fører til et foreløpig BREEAM sertifikat. Designen må være kommet så langt at relevant informasjon er tilgjengelig for BREEAM-assesoren². Assesoren er en BREEAM sertifisert person som kan analysere prosjekter og utføre rangering av prosjektet (BREEAM, 2009) Assesoren må kunne demonstrere byggets ytelse i grove trekk i forhold til de rapporterte og bevismessige kriteriene i den tekniske veiledningen, På bakgrunn av dette utarbeides en foreløpig vurdering.

Etter oppføring og de praktiske byggearbeidene er avsluttet kan den endelige BREEAM utredningen og sertifiseringen finne sted. Dette kan gjøres på to måter, en gjennomgang av den midlertidige vurderingen som ble foretatt på designstadiet, eller en ny vurdering.

For kapittel 6. Energi må minstekrav oppfylles for å oppnå klassifiseringene utmerket og fremragende. Underkategori 1. Energieffektivitet, hvor maks poengsum er 15, krever oppnåelse av minimum 6 poeng for utmerket vurdering. Minstekravet i kategorien for klassifisering fremragende er 10 poeng.

2.5.3 Vurderingskriterier for BREEAM klassifisering

En BREEAM assessor benytter utarbeidede BREEAM kriterier for å bestemme klassifiseringsresultatet. Beskrivelse av vurderingsmetoden er hentet fra BREEAM Europe Commercial 2009 Assessormanual. (BREEAM, 2009, s. 39)

1. For hver BREEAM-kategori skal antall poeng som tildeles, bestemmes av en BREEAM-assessor i henhold til BREEAMs vurderingskriterier (beskrevet i de tekniske avsnittene av manualen til ordningen).

2. Prosentdelen av poengene som er oppnådd, blir beregnet for hver BREEAM-kategori.

² Assessor – BREEAM sertifisert person som kan analysere prosjekter og utføre rangering av prosjektet (BREEAM, 2009)

3. Prosentdelen av poengene som er oppnådd, blir så multiplisert med den tilsvarende vekten for BREEAM-kategorien. Da får man kategoripoengene.
4. Kategoripoengene blir så lagt sammen for å gi de totale BREEAM-poengene. BREEAM-poengene blir sammenliknet med referanseverdiene i tabell 2, og forutsatt at alle minstestandarder er oppfylt, er den relevante BREEAM-klassifiseringen oppnådd.
5. Et tillegg på 1 % kan legges til de endelige BREEAM-poengene for hvert innovasjonspoeng som er oppnådd (opptil maksimalt 10 %).

2.5.4 BREEAM poeng for innovasjon

Innovasjonspoeng gir ekstra anerkjennelse for et bygg som er innovativt når det gjelder bærekraftig ytelse. Poengene gis for innovative tiltak utover det som for tiden blir anerkjent og belønnet innenfor standard BREEAM-områder. For hvert BREEAM innovasjonspoeng som oppnås legges det 1 % til byggets endelige BREEAM poengsum. Maksimalt antall innovasjonspoeng som kan oppnås er 10, tilsvarende 10 % på byggets total vurdering. Innovasjonspoeng kan tildeles uavhengig av den endelige BREEAM-klassifiseringen, dvs. at de kan deles ut på alle klassifiseringsnivåer i BREEAM.

Et bygg kan oppnå innovasjonspoeng ved å tilfredsstille kriteriene for mønstergyldig ytelse innen forskjellige BREEAM-områder. Relevante innovasjonskategorier innen energi for prosjekt Rådhuskvartalet er vist i Tabell 10. Ved beregning av CO₂-utslipp i forbindelse med innovasjonspoengene kan man også ta hensyn til eventuelle tilskudd fra fornybare energikilder på området eller i nærheten. Elektrisitet generert fra kilde i området kan også inkluderes i energiberegningene.

Tabell 10 - BREEAM relevante innovasjonskategorier

| 10 INNOVASJON | | | | | |
|---------------|------------------------------------|--|------------|-------------|----------------|
| Post | TEMA | KRAV | MAKS POENG | MINSTEK RAV | ANSVARLIG PART |
| Ene1 | Energieffektivitet | Et ytterligere innovasjonspoeng der en energimodellering utført ved hjelp av en dynamisk simulering viser at bygningen er utformet til å være et klimanøytralt bygg (det vil si i forhold til å byggets energibehov). To ytterligere innovasjonspoeng der energimodellering er utført ved hjelp av en dynamisk simulering av bygningen, som viser at bygget er et null-karbon bygning. (i forhold til byggets energibehov). | 2 | | Riv |
| Ene5 | Energikilder, co2-effektive | Et ytterligere innovasjonspoeng forutsatt at dokumentasjon viser at en lokal LZC- energiteknologi er installert i tråd med anbefalingene fra den ovennevnte mulighetsstudien og at denne metoden resulterer i en 20% reduksjon i bygningens CO2-utslipp. | 1 | | Riv |
| Pol4 | NOx-utslipp fra varmekilde | Et ytterligere innovasjonspoeng forutsatt at dokumentasjon viser at anlegget har installasjoner, som dekker bygningens krav om at etterspørsel av romoppvarming skal ha null tørr NOx-utslipp på 0% av O2. | 1 | | Riv |

2.5.5 BREEAM kapittel 6 - Energi

Figur 8 viser kriterier og poenggiving i BREEAM innen kapittel 6 – ENE 1 Energieffektivitet (BREEAM, 2009, s. 106). Figuren viser oppbygningen av BREEAM kategorien, kapitellnavn og kode, ant mulige poeng, minstestandarder, formål, samt vurderingskriterier. ENE 1 – Energieffektivitet er den største underkategorien innen Energi, ansvarlig for 15 av totalt 24 poeng. For prosjekt Rådhuskvartalet blir kategorien et av områdene med størst potensial for å oppnå høy poengsum.

6.0 Energi

| Ant. mulige poeng | | | Tittel | Minstestandarder | | | | |
|-------------------|-----|-----|----------------------------|------------------|---|----|---|----|
| Ret | Off | Ind | Ene 1 – Energieffektivitet | P | G | VG | E | O |
| 15 | 15 | 15 | | - | - | - | 6 | 10 |

Formål

Å anerkjenne og oppmuntre til bygg som er designet for å minimere det driftsmessige energiforbruket.

Vurderingskriterier

Følgende viser samsvar:

ALTERNATIV 1 – Fastsettelse av byggets energiytelse ved hjelp av nasjonal fastsettelsesmetode

1. Hvis det finnes en nasjonal fastsettelsesmetode i landet der vurderingen blir foretatt, blir antall oppnådde poeng basert på den prosentvise forbedringen i det vurderte byggets predikerte ytelsesindeks for byggenergi (BEPI – Building energy Performance Index) i forhold til gjeldende standarder for ytelsesindeks for byggenergi (CSBEPI – Current Standards Building Energy Performance Index), som definert for det lokale energiytelsessertifikatet.
2. Bygget har blitt modellert ved hjelp av programvare som samsvarer med den nasjonale fastsettelsesmetoden (NCM – National Calculation Methodology) og en energiklassifisering og et sertifikat som er produsert av en *kvalifisert energiingeniør og/eller akkreditert ekspert*.
3. Den prosentvise forbedringen brukes til å tildele antall poeng, som vist i tabellen nedenfor:

Figur 8 - BREEAM kapittel 6 Energi (BREEAM, 2009, s. 106)

Poeng utdeles basert på byggets faktiske energiytelse og forbedringen den representerer i forhold til i eksisterende forskrifter (TEK 07 eller TEK 10 i Norge). Den europeiske versjonen som benyttes til klassifisering av Rådhuskvartalet benytter beregnet energibehov som byggets faktiske ytelsesindeks(BEPI). I Norge hvor energimerkeordningen benyttes til klassifisering av bygg er beregnet levert energi mer hensiktsmessig å benytte som BEPI. Den foreløpige Norske versjonen av BREEAM som ble presentert 19.5.11 har endret på poengsystemet innen forskjellige kategorier, deriblant energi. Poengskala for ENE 1 er endret, krav skjerpet, og vurdering mot beregnet energibehov er erstattet med vurdering mot beregnet levert energi

(Norwegian Green Building Council, 2011). I denne oppgaven erstatter jeg beregnet energibehov som BEPI, og benytter beregnet levert energi isteden. Begrunnelsen for fravikning av vurderingsmetode er: *Beregnet levert energi får i større grad fram effekten av oppvarmingssystem med høy systemvirkningsgrad. Beregnet levert energi gir større grad av uttelling for effektive oppvarmingssystemer, og antas å stimulere investeringer av energieffektive løsninger.* Opprinnelig poengsskala benyttes grunnet ufullstendig Norsk versjon av BREEAM.

TEK 10 stiller krav til maks 150 kWh/m² energiforbruk i kontorbygninger. TEK 07 krever 168 maks kWh/m². Prosentvis redusert energiforbruk i forhold til energirammer gir poeng som vist i Tabell 11. Som tabellen viser har kategorien 15 ordinære poeng, og 2 innovasjonspoeng/mønsterpoeng.

Tabell 11- BREEAM poeng kategori ENE-1. Energieffektivitet (BREEAM, 2009, s. 107)

| BREEAM-poeng | Nybygg | Rehabiliteringer |
|----------------|---------------------------------|------------------|
| 1 | 1% | -50% |
| 2 | 3% | -32% |
| 3 | 5% | -20% |
| 4 | 7% | -9% |
| 5 | 11% | 0% |
| 6 | 15% | 8% |
| 7 | 19% | 15% |
| 8 | 25% | 21% |
| 9 | 31% | 28% |
| 10 | 37% | 36% |
| 11 | 45% | 45% |
| 12 | 55% | 55% |
| 13 | 70% | 70% |
| 14 | 85% | 85% |
| 15 | 100% | 100% |
| Mønsterpoeng 1 | <i>Karbonsnøytalt bygg</i> | |
| Mønsterpoeng 2 | <i>Sant karbonsnøytalt bygg</i> | |

Formelen for utregning av poeng innen kategorien vises med eksempel i Tabell 12. Et forbruk på 115 kWh/m², er en prosentvis reduksjon på 23,3 % forbruk i forhold til TEK 10. Fra Tabell 11 leser man da at bygningen oppnår 7 BREEAM poeng.

Tabell 12 - Utregning av poeng i BREEAM kategori 6 ENE-1

| | |
|--|---|
| BREEAM | |
| Beregn den prosentvise forbedringen i den faktiske ytelsesindeksen for byggenergi (BEPI) i forhold til gjeldende standarder for ytelsesindeks for byggenergi (CSBEPI): | |
| EKS: | |
| Gjeldende standarder for ytelsesindeks for byggenergi (CSBEPI) = 150 kWh/m ² | |
| Faktisk ytelsesindeks for byggenergi (BEPI) = 115 kWh/m ² | |
| $\frac{CSBEPI - BEPI}{CSBEPI} \times 100 = \text{forbedring \%}$ | Eksempel TEK 10: |
| CSBEPI | CSBEPI TEK 10= 150 |
| | BEPI = 115 |
| | $\frac{150 - 115}{150} \times 100 = 23,33 \%$ |
| | 150 |
| BREEAM POENG | 7 |

De 10 første poengene i kategori ENE -1 oppnås ved 37 % forbedring i forhold til TEK 07/TEK 10. Da prosjekt Rådhuskvarartalet ble byggemeldt før TEK 10 trådte i kraft (1.juli 2011), kan byggherren velge å benytte seg av TEK 07 eller TEK 10 regler. Hvis TEK 07 benyttes, må i tillegg følgende kapittel i TEK 10 etterfølges: 4 og 9-4, § 9-6, § 9-7, § 9-8 og § 9-9. Kapitlene omhandler krav om at prosjekterende og utførende skal lage FDV dokumentasjon, levere den til søker og at eier skal oppbevare den (TEK 10 § 4-1 og 4-2). Plan for avfallsbehandling under rive- og byggeprosess skal utarbeides, og ferdigattest skal dokumentere at avfallet er trygt levert til rett mottaker i samsvar med avfallsplanen (TEK10 § 9-6 til 9-9). § 9-4 i TEK 10 omhandler naturtyper, og har sammenheng med ny lov om naturmangfold (Statens bygningstekniske etat (b), 2010). Valgt forskrift skal etterleves fullt ut. Med kommunens ambisjon om ledende energieffektivt bygg som kan benyttes i prosjektet ”Framtidens byer” er TEK 10 valgt.

2.5.6 Energiforsyningsmetoder

Et sentralt punkt i begge merke/klassifiseringsordningene er energiforsyningsmetoden til bygningen. Tidligere ble det i stor grad benyttet elektrisitet, olje og parafin som oppvarmingsmetoder. De nevnte energiformene fases gradvis ut som varmekilder av ulike

årsaker. Olje og parafin reguleres vekk som varmekilde grunnet forurensing av miljøet og luften. Elektrisitet anses som for høyverdig energiform til å benyttes til oppvarming. Siden 2006 har det statlige foretaket Enova gitt tilsagn til private husholdninger for støtte til følgende energiforsyningsmetoder (Enova (b), 2010):

- Pelletskamin
- Pelletskjel
- Sentralt styringssystem
- Væske/vann varmepumpe
- Luft/vann varmepumpe
- Solfanger

Nevnte energiforsyningsmetoder er fornybare energiløsninger som bidrar til reduksjon av miljøskadelige utslipp. Tilsvarende støtte gis bedrifter i form av delvis finansiering for (Enova (c), 2011):

- Energieffektive arbeidsopplegg/prosesser/prosessavsnitt
- Energigjenvinning/utnyttelse av spillvarme
- Konvertering til bruk av fornybare energikilder

Energiforsyningen til bygningen og dens effektivitet kan i stor grad påvirke en bygnings energiforbruk, og dermed også energimerke, oppvarmingsmerke og BREEAM rangering.. Alternative energiforsyninger til Rådhuskvartalet er fjernvarme, og fjernvarme i kombinasjon med energibrønn. Energipumpe (varmepumpe) benyttes til oppmagasinering og benyttelse av varm- og kald luft i energibrønnen. Systemvirkningsgrad for energiforsyningsalternativene er vist i Tabell 13. Høy systemvirkningsgrad gir lavere beregnet levert energi enn energibehov, og bedrer energimerket.

Tabell 13 - Veiledende årsvirkningsgrader for relevante oppvarmingsmetoder (Norsk standard, NS 3031, 2007, s. 42)

| Veiledende årsvirkningsgrader/effektforhold for nyere oppvarmingsystemer | | | | | |
|--|---|--|----------------------------|--------------------------|---|
| Postnr | Energiforsyningsystem | Produksjonsvirkningsgrad/effektforhold | Distribusjonsvirkningsgrad | Reguleringsvirkningsgrad | Systemvirkningsgrad/systemeffektforhold |
| 3.1. | Varmepumpe som tar varme fra uteluft, luftbåren varmeavgivelse | 2,4 | 1 | 0,9 | 2,16 |
| 3.2. | Varmepumpe som tar varme fra uteluft, vannbåren varmeavgivelse gulvarme | 2,4 | 0,95 | 0,9 | 2,05 |
| 3.3. | Varmepumpe som tar varme fra uteluft, vannbåren varmeavgivelse radiatorer | 2,3 | 0,95 | 0,95 | 2,08 |
| 3.5. | Varmepumpe som tar varme fra spillvarme, jord/fjell eller vann, luftbåren varmeavgivelse gulvarme | 2,6 | 0,95 | 0,9 | 2,22 |
| 3.6. | Varmepumpe som tar varme fra spillvarme, jord/fjell eller vann, luftbåren varmeavgivelse radiatorer | 2,5 | 0,95 | 0,95 | 2,26 |
| 4.2. | Fjernvarme, vannbåren varmeavgivelse, gulvarme | 0,98 | 0,95 | 0,9 | 0,84 |
| 4.3. | Fjernvarme, vannbåren varmeavgivelse, radiatorer | 0,98 | 0,95 | 0,95 | 0,88 |
| 5.1. | Termostatstyrt direkte elektrisk oppvarming (panelovn eller lignende) | 1 | 0,98 | 1 | 0,98 |

Enkelte av overnevnte løsninger med høy miljøprofil kan vurderes som ulønnsom ut fra gitt avkastningskrav og nåverdiberegning/livssyklusberegning. Tildeles prosjektet Enova-støtte kan det bli lønnsomt, med reduksjon i energiforbruk og mulig energi- og klimagevinst. Den samfunnsøkonomiske gevinsten av å subsidiere privatpersoner og bedrifter med skattekrone for å øke lønnsomhetsgraden i prosjektet er diskutabel. Avhengig av hvilke kriterier som ligger til grunn, og effekten av tiltaket som utføres, kan lønnsomheten vurderes. Hvis man ser på et tilfelle isolert er det økonomisk sett ulønnsomt å subsidiere investeringen. Utvider man perspektivet litt, og inkluderer nærmiljøet rundt prosjektet kan miljøvennlige energiløsninger redusere skadelige utslipp, redusere strømforbruket, bedre arbeidsmiljøet, eller lignende. Reduksjon av utslipp kan redusere skader og sykdommer på mennesker i nærheten, drikkevannskilder, matkilder, osv. Reduksjon av energiforbruket kan redusere belastningen på overføringsnett, øke graden av lønnsomhet i bedriften, osv. Disse faktorene kan medføre både samfunnsøkonomisk og bedriftsøkonomisk lønnsomhet sett fra statlig perspektiv.

2.6 Prosjektkostnader og utgifter

Dette kapitlet omhandler beregningsmetoder og datagrunnlag for kalkyler utarbeidet i prosjekt Rådhuskvartalet.

2.6.1 Livssyklus kostnad og levetidskostnad for byggverk (LCC)

LCC er en forkortelse for det engelske uttrykket Life Cycle Costing, tilsvarende det norske ordet livssyklus kostnader. LCC er summen av kapitalkostnad og alle kostnader til FDVU i brukstiden og restkostnad ved avhending. Levetidskostnad omfatter verdien av kapitalkostnad + neddiskontert verdi av kostnader til FDVU + neddiskontert restkostnad ved avhending (Bjørberg, Larsen, & Øiseth, 2007, s. 9). LCC og levetidskostnad synliggjør totale kostnader forbundet med investeringen, forvaltningen, drift, vedlikehold, utviklingen, osv, noe som gjør sammenligning mellom alternativer mer valid. Tidligere var fokuset ved oppføring og anskaffelse av bygninger i stor grad rettet mot kun investeringskostnad, altså anskaffelse til lavest mulig pris. Deretter ble fokuset utvidet til å inkludere kostnadene for forvaltning, drift og vedlikehold i regnestykkene. De senere år er også utvikling, service og investeringens påvirkning på kjernevirksomhetens effektivitet blitt innlemmet i beregningene.

LCC beregning for vurdering av ulike energikilder krever følgende input-data:

- Kalkulasjonsrente
- Brukstid for bygget og installasjonen/ Analyseperiode
- Investeringskostnad i ulike varmemedier
- Levetid/utskiftningsintervall for ulike varmemedier
- Utskiftningskostnad for installasjon
- Energipriser for ulike energibærere
- Energiforbruk til oppvarming/kjøling
- Virkningsgrader for ulike varmemedier
- Løpende driftskostnader knyttet til de ulike varmemediene

2.6.2 Utregningsmetode for nåverdi/levetidskostnad

Fluktuerende kroneverdier, hvor fremtidig kroneverdi sannsynligvis er lavere enn dagens kroneverdi, gjør at beregning av inntekter/besparelser og investeringer/kostnader må føres til samme tidspunkt. Omregningen til ett tidspunkt kalles diskontering. Diskonteringsfaktoren er basert på realrenten som representerer prisen på å låne eller låne ut penger. Metoden som benyttes for å analysere og sammenligne dagens og framtidige inntekter og kostnader kalles nåverdiberegning. Formelen for nåverdiberegning av livssyklus-kostnader er (Norsk Standard, NS 3454, 2000, s. 19):

$$K = K_0 + \sum_{t=1}^T Fa_t(1+r)^{-t} + \sum_{t=1}^T FDVU_t(1+r)^{-t} + R_T(1+r)^{-T}$$

Hvor:

- K_0 er prosjektkostnaden (investeringskostnaden)
- Fa_t er festeavgiften. Hvis tomten er eid, er festeavgiften lik 0 og inkludert i prosjektkostnaden
- t er antall år fra ferdigstillestidspunktet
- T er brukstiden
- r er rentefoten
- $FDVU$ er det enkelte års $FDVU$ kostnader
- R_T er rentekostnaden ved tidspunktet T
- $(1+r)^{-t}$ er diskonteringsfaktoren

2.6.3 Årskostnad

Årskostnad er en teoretisk beregnet årlig kostnad omfattende både investering og driftkostnader. Årskostnadsfaktoren uttrykker hvor mye som må betales hvert år over en

periode for å forrente og nedbetale et lån på en krone. Omregning til årskostnadsform skjer ved å multiplisere levetidskostnader med en årskostnadsfaktor (annuitetsfaktor).

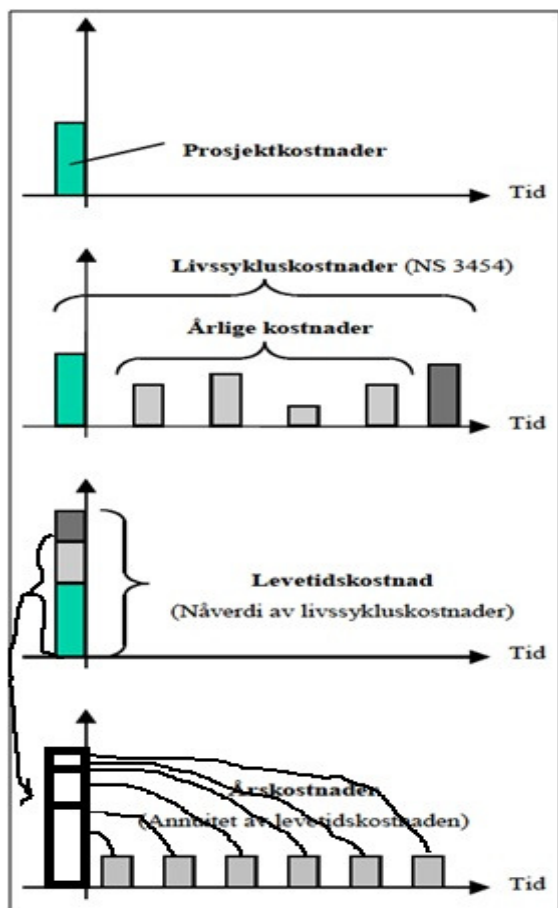
Formelen for utregning av årskostnadsfaktoren b er:

$$b = \frac{1}{\sum_{t=1}^T (1+r)^{-t}} = \frac{r(1+r)^T}{(1+r)^T - 1} = \frac{r}{1 - (1+r)^{-T}}$$

Hvor:

- R er rentefoten uttrykt som desimaltall
- T er brukstiden i antall år

Figur 9 viser sammenhengen mellom begrepene livssyklus-kostnader, levetidskostnader og årskostnader.



Figur 9 - Sammenheng mellom begreper (Bjørberg, Larsen, & Øiseth, 2007, s. 6)

Figur er modifisert for å bedre illustrere overgangen fra levetidskostnad til årskostnad.

3 METODE

Dette kapitlet beskriver benyttet metode, redegjør for valget av metode, drøfter problemstillinger, hypoteser, beskriver bakgrunn for teori og hvordan teoretiske og empiriske data er samlet inn.

3.1 Formulering av problemstilling

Oppgaven ble utarbeidet i samråd med veileder fra UIA – Øystein Husefest Meland og veileder og tilrettelegger fra Rambøll Kristiansand – Guttorm Martinsen. I oppgavens startfase var oppgaveformuleringen ganske uklar grunnet lite kompetanse og oversikt over energirangeringsverktøyet BREEAM. Tilnærmingen, hypoteser og problemstilling har blitt endret i takt med økt kunnskapsmengde hos de involverte. Energi og miljøklassifisering med BREEAM var relativt nytt for Rambøll Kristiansand, og energirådgiver Turid Bye ved Rambøll Oslo ble kontaktet. Bye har bidratt med svar på spørsmål, formidlet store mengder relevant informasjon og dokumentasjon om BREEAM. Den Europeiske versjonen av BREEAM 2009 er benyttet som klassifiseringsverktøy. Norsk versjon av BREEAM er under utarbeidelse, og planlegges utgitt i løpet av høsten 2011. Oppgavens problemstilling tar utgangspunkt i Kristiansand Kommunes planlagte nye rådhus, prosjekt Rådhuskvartalet. Kristiansand Kommune har ambisjoner om å lage et energieffektivt bygg som kan brukes som forbilde for offentlige utbygginger. På grunnlag av dette har oppgaven blitt vinklet mot de to energiklassifiseringsordningene som benyttes i prosjektet, energimerkeordningen og BREEAM. Oppgaven forsøker å analysere kost/nytte av elementer av energiltak veid mot de økte kostnadene tiltakene medfører. Prosjektet har en eksplorativ tilnærming, hvor informasjon og data er bearbeidet og analysert for å oppnå konkrete og relevante spor å jobbe videre med. Eksplorativ tilnærming er en utforskende undersøkelse, basert på at det finnes hull i vår kunnskap vi ønsker å fylle (Isene, 2008, s. 63), (Bulukin, 2005, s. 10). Hypoteser og problemstilling utviklet seg etter hvert som oppgaven skred fram og kunnskapsnivået økte. Den eksplorative tilnærmingen til oppgaven har lagt bearbeidet datamateriale som grunnlag for diskusjoner med veiledere. Diskusjonene har ført til utvikling av hypoteser. Prosjekteier

og prosjektgruppen Campanilens arbeid og beslutninger for prosjektet har også virket inn på oppgavens retning. Problemstillingen for oppgaven er:

- Undersøke om overoppfyllelse av forskriftskrav innen energi- og miljøtiltak ved prosjekt Rådhuskvartalet er bedriftsøkonomisk lønnsomt, eller om det i større grad bidrar med samfunnsøkonomisk lønnsomhet i form av redusert miljøbelastning og økt fokus på miljøvennlig bygg.

3.2 Valg av forskningsdesign

En masteroppgave krever planlagt og strukturert innsats fra start til mål. Metoden som benyttes for å gjennomføre oppgaven, innhente og analysere informasjon og data kalles forskningsdesign. Arne Isaksen (2011), definerer forskningsdesign som: *Forskningsdesign beskriver hvordan en undersøkelse gjennomføres fra start til mål.* Tradisjonelle tilnærminger til forskningsprosessen er blant annet hypotetisk – deduktiv tilnærming, som er idealet fra naturvitenskapen, induktiv tilnærming, som har vært historikernes tradisjonelle metode, og kritisk realisme/ teoretisk informerte studier som har vært noen samfunnsforskeres tilnærming (Isaksen (a), 2011). Grunnet lite teoretisk kunnskap innenfor oppgavens områder ved start av oppgaven er ikke nevnte metoder benyttet. Benyttet metode er i større grad kombinasjon av eksplorativ tilnærming koblet med en kausalanalyse av effekter innføring og iverksetting av forskjellige tiltak medfører. Kausal tilnærming begrunnes med at overoppfyllelse av forskriftskrav og reguleringer er valgfritt, og medfører effekter for både energiforbruk og kostnader. Benyttet metode kan i stor grad defineres som en systemanalyse. Metoden brukes på praktiske problemer for å belyse og vurdere effekten av forskjellige beslutningsstrategier på en problemsituasjon. Systemanalytisk metode kan oppsummeres i tre hovedtrekk (Lundequist, 1995, ss. 104-105):

- Systemtanken, hvor problemområdet sees på som en helhet som består av deler som påvirker hverandre.
- Modellbegrepet, hvor analysen og problemløsningen skjer ved hjelp av en modell av problemet som skal studeres.

- Tverrfaglig arbeidsprosess fra problemet oppstår til løsning foreligger.

En systemanalytisk prosess gjennomføres ofte av flere eksperter fra sine respektive områder som samarbeider innenfor en spesifikk prosjektorganisasjon under et avgrenset tidsrom. Systemanalytisk arbeidsgang er som følger:

- Ved prosjektstart skapes en overordnet modell basert på systemet som skal analyseres. På bakgrunn av dette får man utviklet en problemstilling.
- Systemet som skal vurderes defineres og presiseres for å kunne presisere problemstillingen.
- En modell av området som skal studeres skapes for å kunne løse problemstillingen ut ifra det definerte mål.
- Modellen testes for gyldighet og relevans
- Under problemløsningen analyseres systemet, og problemstillingene løses ved de ulike teknikker systemanalysen består av.
- Resultater vurderes ut ifra det innhentede datamaterialets relevans og gyldighet i forhold til opprinnelige mål og antagelser.
- Ved presentasjon av oppnådde resultater sammenlignes løsningsresultatet og opprinnelig problemstilling.

Oppgavens form for systemanalyse har ikke vært identisk med overnevnte arbeidsgang, men arbeidsgangen har vært tilpasset og endret ved behov.

3.3 Valg av innsamlingsmetode

Etter forskningsmetode er besluttet er spesifisering av innsamlingsmetode neste skritt. Datakildene deles gjerne inn i primære og sekundære datakilder. Primærdata er data som hentes spesifikt inn for prosjektet som bearbeides, mens sekundærdata er data som eksisterer allerede (Isene, 2008). Datainnsamling deles videre inn i kvalitative og kvantitative metoder.

Kvalitativ metode er i første rekke fordelaktig når man skal gå i dybden på få problemer og prosesser, og ved lite forhåndskunnskap om det en skal undersøke. Metoden ble i stor grad benyttet i starten av oppgaven. Kvantitativ metode benyttes for studering og analysering av mange enheter, og svar innhentes ofte fra spørreundersøkelser og statistikker (Isaksen (b), 2011). Metoden har i større grad blitt benyttet i senere deler av oppgaven.

I starten av oppgaven var en del av datamaterialet tenkt innhentet ved hjelp av spørreundersøkelser og intervjuer hvor intervjuene og undersøkelsene var tenkt forelagt personer med stor kunnskap innen relevante områder. Det har vist seg vanskelig å konkretisere og lage en slik undersøkelsesmal da informasjon jeg har trengt og vært interessert i å belyse har endret seg underveis. Innsamlingsmetoden har dermed i større grad rettet seg mot å lese og bearbeide tilgjengelig informasjon om benyttede energi- og klassifiseringsverktøy, om prosjekt Rådhuskvartalet, lover og forskrifter, livssyklus kostnadsberegninger og mer. En stor del av datamaterialet er fremskaffet av Rambøll hvor noe er unntatt offentlighet. Erfaringsdata fra tidligere prosjekter hvor Rambøll har vært deltagende part har blitt analysert, og benyttet hvor det har vært hensiktsmessig i oppgaven.

3.4 Innsamling av data

Innsamling og analysering av primærdata har foregått etter hvert som bearbeidet sekundærdata har økt kunnskapen. Forutsetningene for å vite hvilke videre data som skulle samles inn har økt sammen med økt kunnskap og kompetanse. Øystein Husefest Meland som veileder har bidratt til datainnsamling ved å gi tips om retninger, relevant informasjon og pensum, og hvilket datamateriale jeg burde skaffe til veie. Guttorm Martinsen har lagt forholdene til rette for gjennomføring av oppgaven, skaffet til veie relevant og nyttig data, og bidratt med mye erfaring og kunnskap. I tillegg har Turid Bye og Laszlo Balas fra Rambøll skaffet til veie datamateriale om BREEAM i form av manualer, Excel dokumenter, og tidligere vurderinger foretatt med verktøyet. Laszlo Balas har også stilt opp på diskusjoner og bidratt med mye førstehåndskunnskap om prosjekter. Den teoretiske delen av oppgaven er i stor grad basert på sekundærkilder, men henter også mye datamaterial fra primærkilder som forprosjektrapporten for prosjekt Rådhuskvartalet, førstehåndskunnskap fra overnevnte

fagpersoner, i tillegg til andre kilder. Resterende datamateriale er større grad sekundærdata fra tidligere prosjekter, rapporter, standarder og nettsider. I oppgaven har både kvalitativ og kvantitativ metode vært benyttet for datainnsamling. Begge metodene har til tider blitt benyttet om hverandre, og en direkte avgrensning og kategorisering av datainnsamlingsmetoden er for denne oppgaven ikke hensiktsmessig. Empiridelen er i stor grad basert på primærdata framskaffet og bearbeidet for prosjekt Rådhuskvartalet og andre relevante sammenlignbare prosjekter. Energiforbruk, energimerking og oppfylning av BREEAM kriterier med dets effekter på energikostnader og investeringskostnader er basert på primær og sekundærdata. Kalkylene som presenteres er heftet med en viss grad av usikkerhet, spesielt det økonomiske aspektet. Dette begrunnes med at mye av datamaterialet som benyttes i beregningene er omtrentlige summer. Hvor det viste seg vanskelig å skaffe data direkte rettet mot Rådhuskvartalet er en del tallkilder er direkte overført fra andre prosjekter til prosjekt Rådhuskvartalet, med de usikkerhetene det medfører.

3.5 Analyse og tolkning av data

Prosjekt Rådhuskvartalet er et relativt komplekst prosjekt som vanskelig kan sammenlignes direkte med andre prosjekter. Verneverdig arkitektur sammen med kombinasjonen av nybygg og rehabilitering av eksisterende bygningsmasse gjør det til et utfordrende og unikt prosjekt. Kostnadsoverslag for energiposter er beregnet med programmet Calculus. Rambøll har bidratt med datamateriale på pågående og ferdigstilte prosjekter. Prosjektets størrelse og gjennomføringsmodell medfører at store mengder prosjekteringsunderlag er gjennomført av andre parter enn Rambøll. Data utarbeidet av andre parter enn Rambøll er analysert og tolket sammen med Guttorm Martinsen og Laszlo Balas hos Rambøll. Stipulerte projektkostnader på forprosjektnivå, sammen med erfaring fra pågående og tidligere prosjekter benyttes som utgangspunkt for å beregne lønnsomhet ved de forskjellige energialternativene. Validitet av data som benyttes anses å være jevnt over gode, men usikkerheten ved dataene og beregningene er i noen tilfeller store. Data hentet fra ferdigstilte prosjekter ansees å ha stor grad av validitet og reliabilitet såfremt ikke prosjektet avviker fra normal byggestandard, utforming og valg av energiløsninger. Simien er et velprøvd program og godkjent som verktøy for energimerking, og anses å ha stor grad av reliabilitet og validitet. Beregninger

utført i Simien for prosjekt Rådhuskvartalet benytter prosjekterte verdier, og benytter en rekke standardverdier hvor prosjekteringsunderlaget er mangelfullt. Reliabiliteten ved Simien beregning av prosjekt Rådhuskvartalet ansees som middels. Dette skyldes midlertidige bestemmelser for prosjektet hva gjelder endelig energiforsyningsmetode, energimål, layout, osv. Forandres nevnte parametre baseres Simien beregningene på ugyldige data. I tillegg reduseres reliabiliteten for beregningene grunnet usikkert og omtrentlig datagrunnlag. Validitet av simuleringene utført i Simien vurderes som gode med bakgrunn i Simiens rykte. Ved feil i datamaterialet for økonomiberegninger vil forholdstall mellom forskjellige beregninger være tilnærmet korrekt, mens kostnader for det totale alternativet vil være feil.

4 EMPIRI-DEL

Empiri kapitlet består av nøkkeltall og målsetninger for prosjekt Rådhuskvartalet. Kapitlet har som målsetning å gi bakgrunnskunnskap og datamateriale til å kunne drøfte og svare på følgende hypoteser:

- Overoppfylling av energikrav i henhold til TEK 10 er ikke bedriftsøkonomisk lønnsomt.
- Ambisjoner om energimerke A i energimerkeordningen gir uforholdsmessig store merkostnader ved prosjektering og produksjon av prosjekt Rådhuskvartalet.
- Oppnåelse av en av de to høyeste BREEAM-rangeringene medfører høyere kost enn nytte.

4.1 Simien – Energiberegningsprogram

Rambøll som prosjekterende part i Prosjekt Rådhuskvartalet benytter programmet Simien, laget av selskapet Programbyggerne, for energiberegninger og simuleringer. Programbyggerne utvikler programvare for simuleringer av energibruk og inneklime i bygninger. Simien versjon 5.0 som benyttes for prosjekt Rådhuskvartalet utfører simuleringer av tilstanden i bygninger. Bruksområdet er evaluering av bygning i forhold til (Programbyggerne):

- Byggeforskrifter
- Energimerking
- Energibehov
- Inneklime
- Dimensjonering av oppvarmingsanlegg

- Ventilasjonsanlegg
- Romkjøling

Simien bygger på dynamisk beregningsmetode beskrevet i Norsk Standard 3031 (Norsk standard, NS 3031, 2007).

Programmet har mulighet for seks simuleringstyper (Programbyggerne):

- Dimensjonerende vinterforhold
- Dimensjonerende sommerforhold
- Årssimulering
- Evaluering mot forskrifter
- Energimerking
- Evaluering mot passivhus og lavenergistandard

Følgende fire blir benyttet i denne oppgaven:

- *Årssimulering*
 - Simulering av hele kalenderåret. Bruksområde er beregning av netto energibruk (energibehov) og levert energi til bygningen. Varighetskurver for temperatur, effekt, oppvarming og kjøling genereres også.
- *Evaluering mot forskrifter*
 - Sammenligning av bygningen mot byggeforskriftene (TEK 07/ TEK 10). Bygningen evalueres innen energiltak, energirammer og minstekrav fra forskriftene. Evaluering mot forskrifter benytter klimasted Oslo.
- *Energimerking*

- Simulering av byggets behov for levert energi vurdert mot kravene og karakterene i Energimerkeordningen. Energimerkesimulering i Simien brukes ved energimerking av yrkesbygg. Evaluering mot energimerke benytter klimasted Oslo.
- *Evaluering mot passivhus- og lavenergistandard*
 - Sammenligning av bygget mot lavenergi- og passivhuskriterier. Evalueringen bygger på Norsk Standard 3700 (Norsk standard, NS 3700, 2010) for boligbygninger, og Prosjektrapport 42 (Dokka, Klinski, Haase, & Mysen, 2009) for yrkesbygg.

Simien benytter forskjellig klimanøkkeltall for beregning av årsforbruk enn for evaluering mot forskrifter og energimerke. Klimanøkkeltall for Oslo benyttes ved evaluering av bygninger mot forskrifter (TEK 07/TEK 10) og for energimerking, uavhengig av egentlig lokalisering til bygningen. Beregning av årsforbruk benytter klimanøkkeltall for bygningens aktuelle plassering. Dette medfører at årlig forbruk og energiforbruk/m² varierer mellom ulike beregninger for samme bygning.

4.2 Nøkkeltall for prosjekt Rådhuskvartalet

Nøkkeltall i Tabell 14 er benyttet for simuleringer av bygningen. Undersøking av validitet for dataene er utfordrende grunnet prosjektets unikhhet, og det faktum at prosjektet kun er på forprosjektstadiet. Campanilen alliansen består av rutinerte og erfarne personer fra renommerte selskaper. Med utgangspunkt i det anser jeg at de erfaringsbaserte tallene fra tidligere prosjekter sammen med kalkulerte tall for prosjektet er av tilfredsstillende reliabilitet.

Tabell 14 - Nøkkeltall nybygg (fjernvarme)

| | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Oppvarmet bruksareal [m^2] - 8616 | <ul style="list-style-type: none"> • Areal yttervegger [m^2] - 1800 |
| <ul style="list-style-type: none"> • Areal tak [m^2] - 1898 | <ul style="list-style-type: none"> • Areal gulv [m^2] - 1950 |
| <ul style="list-style-type: none"> • Areal vinduer og ytterdører [m^2] - 918,56 | <ul style="list-style-type: none"> • U-verdi yttervegger [W/m^2K] - 0,22 |
| <ul style="list-style-type: none"> • U-verdi tak [W/m^2K] - 0,12 | <ul style="list-style-type: none"> • U-verdi gulv [W/m^2K] - 0,10 |
| <ul style="list-style-type: none"> • U-verdi vinduer og ytterdører [W/m^2K] - 0,86 | <ul style="list-style-type: none"> • Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%] - 10,66 |
| <ul style="list-style-type: none"> • Normalisert kuldebroverdi [W/m^2K] - 0,05 | <ul style="list-style-type: none"> • Normalisert varmekapasitet [Wh/m^2K] - 46,30 |
| <ul style="list-style-type: none"> • Lekkasjetall (n50)[1/h] - 1,50 | <ul style="list-style-type: none"> • Temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner [%] - 83,00 |
| <ul style="list-style-type: none"> • Spesifikk vifteeffekt (SFP) [$kW/m^3/s$] - 2,0 | <ul style="list-style-type: none"> • Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg - 0,88 |
| <ul style="list-style-type: none"> • Installert effekt romoppvarming og varmebatteri [W/m^2] - 100 | <ul style="list-style-type: none"> • Installert effekt romkjøling og kjølebatteri [W/m^2] - 100 |
| <ul style="list-style-type: none"> • Effektbehov belysning i driftstiden [W/m^2] - 8,0 | <ul style="list-style-type: none"> • Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m^2] - 8,0 |
| <ul style="list-style-type: none"> • Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m^2] - 11,0 | <ul style="list-style-type: none"> • Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m^2] - 11,0 |
| <ul style="list-style-type: none"> • Økonomisk levetid [år] - 60 | <ul style="list-style-type: none"> • Levetid installasjoner [år] - 25 |
| <ul style="list-style-type: none"> • Energifpris [kr/kWh] - 1-2 | <ul style="list-style-type: none"> • Avkastningskrav [%] - 5 |
| <ul style="list-style-type: none"> • Enova-tilskudd (hvis støtte utløst) [kr] - 5 800 000 | |

4.3 Rådhuskvartalet – Prosjekt målsetninger

Prosjektalliansen Campanilen har utarbeidet følgende relevante energi- og miljørelaterte mål i forprosjektet i listede kategorier (Kristiansand Eiendom, 2010, ss. 10-11):

Samfunns mål

- Være en foregangskommune når det gjelder fornybar energi og energieffektivisering.

Effekt mål for prosjektet

- Miljøriktige løsninger som gir godt innelima og et godt arbeidsmiljø.
- Bygningsmessig og teknisk fleksibilitet og generalitet for å møte endring i nåtid og fremtid.
- Relativt sett lavt ressursbruk i driftsfasen (energi, renhold, vedlikehold).

Energimål

- Lavenergistandard for nybygg og eksisterende bygg.
- Nybygget skal oppnå klasse B i energimerkesystemet. Mulighet for klasse A utredes.

Miljø mål

- Få Rådhuskvartalet godkjent som pilotprosjekt i Fremtidens byer. Det nasjonale prosjektet Fremtidens byer har som hovedmål å redusere klimagassutslipp og skape et godt miljø.
- Miljøstyringssystemet BREEAM er tatt i bruk i forprosjektfasen. Implementering av sertifiseringsdelen av BREEAM vurderes og eventuelt besluttes i oppstartfase detaljprosjektet, og da med konkrete resultatmål i forhold til klassifiseringsoppnåelse. Dette avklares i samarbeid alliansen – byggeier. Analyser i forprosjektet tilsier at klassifisering ”very good” er oppnåelig med de løsninger som er utredet gjennom forprosjektet.

De mest relevante målsetningene er energi og miljømålene. *Energiklasse B i energimerkeordningen* og klassifiseringen *Very Good* i BREEAM etterstrebes. Bedre rangering i klassifiseringsverktøyene er forbundet med større investeringskostnader, men også med potensielt lavere FDVU kostnader. Livssyklus kostnader benyttes for å vurdere investeringene mot hverandre. I tillegg til livssyklus kostnader må også vurderinger om ny teknologi versus gammel teknologi veies opp mot hverandre. Ny teknologi innen energiforsyning og oppvarming kan medføre høyere investeringskostnad. Simulering av bygninger som benytter ny teknologi kan gi lavere energiforbruk og driftskostnader. Usikkerhet forbundet med ny teknologi i form av levetid, driftssikkerhet, servicekostnader, kompatibilitet med nødvendig utstyr, og mulig utskiftningskostnad bør inkluderes som usikkerhetsmoment. Beregnet livssyklus kostnader kan komme fordelaktig ut for den nye teknologien, men usikkerhetsmomentene og kostnadsvariansen kan være større enn ved etablert og utprøvd teknologi.

Beregning av nybygget gjennomført i Simien viser at bygningen ikke oppfyller krav til U-verdi for yttervegger. Bevaring av store deler av eksisterende fasade gir store utfordringer ved forhindring av kuldebroer. Fasaden er dekket av tegl som kan sprekke ved fuktighet og lave temperaturer. Bevaring av fasaden medfører at isolering må gjøres innvendig i bygget. Ekstra isolering reduserer varmegjennomgang som ønsket, men det øker også sannsynlighet for skader på fasadetegl. Mindre varmegjennomgang medfører at tegl ikke blir varmet opp fra innsiden av bygget.

Restriksjoner på isolering øker U-verdien for yttervegger, og gir større antall kuldebroer. I isolerte bygningskonstruksjoner består kuldebroer av materialer med høy varmeledningsevne, som for eksempel tegl, betong og metaller. For å redusere eller forhindre kuldebroer i et bygg kan kuldebroyter benyttes i typiske kuldebroområder. Kuldebroyter er et sjikt av varmeisolerende materiale som er lagt inn i konstruksjonen for å redusere virkningen av kuldebroen. Andre tiltak som reduserer luftlekkasjen i kuldebroer er riktig isolering, kontinuerlig føring av vindsperrer forbi kritiske detaljer og områder, samt tetting med klemlister rundt vinduer, dører og ulike gjennomføringer (Isene, 2008, s. 38). Vern av bygningsdeler medfører at enkelte tiltak mot kuldebroer ikke godkjennes, med den ekstra varmegjennomgang og energimerforbruk det medfører.

4.4 Kostnadsrammer for prosjekt Rådhuskvartalet

På skisseprosjektstadiet opererte prosjektgruppen med et avkastningskrav på 4 % i sine lønnsomhetsberegninger. På forprosjektstadiet ble kravet endret til 5 % (Kristiansand Eiendom, 2010, s. 33). Foreløpig investeringskostnad for prosjekt Rådhuskvartalet (nybygg og Fedrelandsvennbygget) på forprosjektstadiet har en prosjektramme på 515,6 millioner kroner, inklusiv mva og prisstigning fram til ferdigstillelse. Tabell 15 viser at prosjektsstyringsnivået er todelt med et ansvarsområde fordelt på Campanilen-alliansen, og det andre på byggherren, Kristiansand Eiendom.

Tabell 15 - Kostnadsrammer for prosjekt Rådhuskvartalet (Kristiansand Eiendom, 2010, s. 17)

| Prognose prosjektramme, kalkyle forprosjekt des 2010 Styringsnivå 1 (alliansens ansvarsområde) og 2 (byggherrens ansvarsområde) Alle tall er eksklusiv mva. Mva fremgår i egne poster i oppstillingen. | | Totalt, sum styringsnivå 1 og 2 | | Fordeling: | |
|---|---|---------------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------|
| | | Prognose kr. | 14 557 kr/m ² | Styringsnivå 1 kr. | Styringsnivå 2: kr. |
| 1 | Felleskostnader. (Nivå 2: Asbestsanering) | 51 137 052 | 3 513 | 50 137 052 | 1 000 000 |
| 2 | Bygning (Nivå 2: Tiltak i Kemnerbygget) | 140 510 088 | 9 652 | 137 510 088 | 3 000 000 |
| 3 | VVS inkl. utendørs (oppdeling under kun foreløpig illustrasjon) | 38 352 000 | 2 635 | 38 352 000 | |
| 4 | El-anlegg | 28 578 588 | 1 963 | 28 578 588 | |
| 5 | Tele og automatisering (flere entrepriser vil bli inkl. under 4 over) | 9 833 565 | 676 | 9 833 565 | |
| 6 | Andre installasjoner | 7 185 595 | 494 | 7 185 595 | |
| 1-6 | Sum Huskostnad | 275 596 888 | 18 932 | 271 596 888 | 4 000 000 |
| 7 | Utendørs | 3 226 020 | 222 | 3 226 020 | 0 |
| 1-7 | Sum entreprisekostnad | 278 822 908 | 19 154 | 274 822 908 | 4 000 000 |
| 8 | Generelle kostnader | 57 984 460 | 3 983 | 25 514 755 | 32 469 705 |
| 1-8 | Sum byggekostnad | 336 807 368 | 23 137 | 300 337 663 | 36 469 705 |
| 9 | Spesielle kostnader: | | | | |
| delsum | - Brukerstyr, inventar | 14 672 900 | 1 008 | IKT/lyd/bilde - inkl. over | 14 672 900 |
| delsum | - Kunstnerisk utsmykning | 2 715 969 | 187 | | 2 715 969 |
| delsum | - Finansieringskostnader | 9 648 296 | 663 | | 9 648 296 |
| delsum | - Andre kostnader | 2 700 000 | 185 | | 2 700 000 |
| delsum | - MVA | 102 885 595 | 7 068 | 81 568 881 | 21 316 714 |
| | Sum Spesielle kostnader | 132 622 760 | 9 111 | 81 568 881 | 51 053 879 |
| | Sum = grunnkalkyle | 469 430 128 | 32 248 | 381 906 544 | 87 523 584 |
| 0 | Reserver og prisstigning | | | | |
| | Reserver, netto kostnad | | 0 | | |
| | Reserver, netto kostnad | 19 000 000 | 1 305 | 10 000 000 | 9 000 000 |
| 0 | FORVENTET PROSJEKTKOSTNAD | 488 430 128 | 33 553 | 391 906 544 | 96 523 584 |
| | Marginer, netto kostnadsramme | 8 000 000 | 550 | 0 | 8 000 000 |
| | PROSJEKTRAMME ekskl. prisstigning | 496 430 128 | 35 420 | 391 906 544 | 104 523 584 |
| | Prisstigning fram til ferdigstillelse | 19 173 633 | 1 317 | 15 937 859 | 3 235 774 |
| | PROSJEKTRAMME, prognose inklusiv mva og prisstigning fram til ferdig | 515 603 761 | 35 420 | 407 844 403 | 107 759 358 |
| Sum prognose prosjektramme iht tabell over:: | | | | 515,6 mill. kroner | |
| - Delsum prognose styringsnivå 1 (alliansens ansvarsområde): | | | | 407,8 mill. kroner | |
| - Delsum prognose styringsnivå 2 (byggherrens ansvarsområde): | | | | 107,8 mill. kroner | |

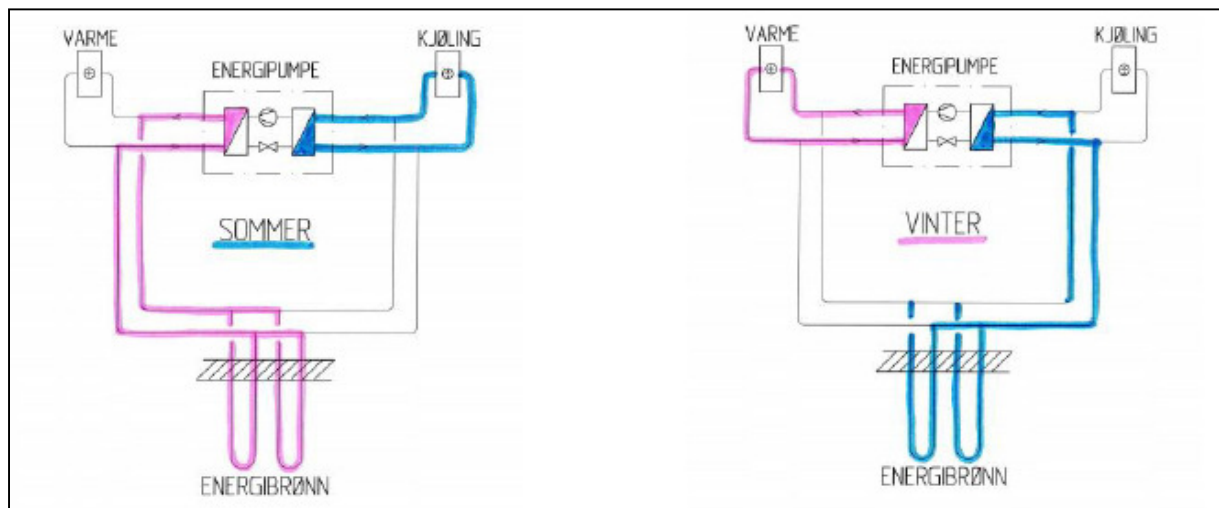
Følgende arbeider er inkludert under konto 1, felleskostnader, styringsnivå 1:

- Felles rigg: kr. 3.409.522,-
- Felles drift: kr. 25.527.534,-
- Rigg og drift for grunn-, betong-, tømmer- og tekniske arbeider: kr. 15.395.971,-
- Bygningsmessige hjelpearbeider for tekniske fag: kr. 5.804.025,-

4.5 Energiløsningsberegninger - skisseprosjektstadiet

Utredning og vurdering av energiløsning for prosjekt Rådhuskvartalet på skisseprosjektstadiet omfattet to alternative løsninger. Fjernvarme og elektrisitet (alternativ 1) eller energibrønn i kombinasjon med fjernvarme (alternativ 2). I alternativ 2 er energibrønn ansvarlig for hoveddelen av energiforsyningen, med fjernvarme som spisslast. Levering av fjernvarme fra AEV søkes sertifisert med en andel på 84 % fornybar energi, etter integrering av Returkrafts produksjon i AEVs fjernvarmenett (Sørensen, 2011). Bruk av fjernvarme oppfyller krav stilt i TEK 10 og energimerkeordningen om dekning av minimum 60 % av netto varmebehov fra annen energiforsyning enn direktevirkende elektrisitet eller fossile brenslers hos sluttbruker.

Prinsipp for energibrønn – alternativ 2 vises som forenklet skisse i Figur 10. Overskuddsenergi i form av varme sommerstid lagres i energibrønn, for deretter å brukes i kuldemånedene vinterhalvåret. Energibrønnens pumper har høyere systemvirkningsgrad enn fjernvarme, se Tabell 13. Stabil temperatur på rundt 7 grader Celsius i energibrønnen opprettholder stabil virkningsgrad for energipumpen. Beregnet levert energi blir derfor redusert for energibrønn sammenlignet med fjernvarme.



Figur 10 - Energibrønnprinsipp (Kristiansand Eiendom, 2010, s. 31)

Nåverdiberegning for alternativ 2 med energibrønner viste høyere internrente enn satt avkastningskrav av kommunen. Avkastningskrav fra kommunen på skisseprosjektstadiet var 4 %. Inkludert i beregningene var Enova-støtte på 5,8 millioner kroner for hele bygningen. Enova-støtte innvilges til rehabiliterings- eller nybyggingsprosjekter av kontorbygg som oppnår lavenerginivå, hvor støtten er avgjørende for at prosjektet blir lønnsomt og realisert. Støtten er 450 kr/m² oppvarmet areal (Sørensen, 2011, s. 11).

Innvilgelse av lavenergiklassifisering må søkes til NVE for prosjekt Rådhuskvartalet. Nybygget oppfyller ikke minstekrav til U-verdi for yttervegg grunnet bevaring av verneverdig fasade, og må få dispensasjon for å oppnå lavenergiklassifisering.

Nåverdiberegninger viste høyest internrente for alternativ med energibrønn i kombinasjon med fjernvarme, se Tabell 16. Tabell 16 viser internrente for alternativ 1 på 4 %, og 4,5 % for alternativ 2. Ingen av alternativene oppfyller avkastningskravet på 5 % prosjekteier operer med i dag. Ekstrakostnaden forbundet med energiløsningene ble av kommunen og prosjektgruppen ansett som prisen for å lage et energieffektivt foregangsbygg.

Størst reduksjon i bygningens energiforbruk ble oppnådd ved alternativ 2. Energikarakter ved nevnte løsning ville bli enten B eller, A avhengig av videre beslutninger og tiltak for energiløsninger, isolasjon og fasade for bygningen.

Tabell 16 - Nåverdiberegning energiløsning nybygg + Fevann skisseprosjektstadiet (Campanilen)

| Investeringssum: | Inv. kostnad | <div style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: small;"> Alternativ med fjernvarme og øvrige energiltak uten tilskudd Alternativ med fjernvarme + øvrige energiltak med tilskudd Alternativ med fjernvarme og energibrønner + tilskudd Alternativ med fjernvarme og energibrønner + øvrig tiltak uten tilskudd </div> | | | |
|--|--------------|--|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | Alt 1a | Alt 1b | Alt 2 | Alt 3 |
| Alternativer | | | | | |
| Fjernvarme | 300 000 | | | 300 000 | 300 000 |
| Anleggsbidrag | 750 000 | | | 750 000 | 750 000 |
| Oppgradering yttervegger og tak Fev bygget | 12 000 000 | 12 000 000 | 12 000 000 | 12 000 000 | 12 000 000 |
| Energibrønner (merkostnad) | 3 000 000 | | | 3 000 000 | 3 000 000 |
| Kjøling ved bortfall av energibrønn | 1 000 000 | 1 000 000 | 1 000 000 | | |
| Oppfølging miljøtiltak utover vanlig nivå | 1 000 000 | 1 000 000 | 1 000 000 | 1 000 000 | 1 000 000 |
| Ekstra isolasjon under kjellergulv | 500 000 | 500 000 | 500 000 | 500 000 | 500 000 |
| Ekstra isolasjon i vegger og tak i nybygg | 1 300 000 | 1 300 000 | 1 300 000 | 1 300 000 | 1 300 000 |
| Sum energiltak | | 15 800 000 | 15 800 000 | 18 850 000 | 18 850 000 |
| Tilskudd ENOVA | -5 800 000 | | -5 800 000 | | -5 800 000 |
| Totalt | | 15 800 000 | 10 000 000 | 18 850 000 | 13 050 000 |
| Netto Nåverdi | | -7 433 254 | -1 633 254 | -6 801 507 | -1 097 134 |
| Internrente | | 1,89 % | 4,00 % | 2,69 % | 4,49 % |

Det er også tatt høyde for ulike utskiftninger, FDV-kostnader og energibesparelser i nåverdiberegningene. Fremgår av spesifiserte nåverdiberegninger for de fire alternativene.
Årlig fastledd på 75 000,- er medberegnet i alternativ 2 og 3.

Beregningen i Tabell 16 ble presentert for prosjekteier for politisk behandling. I etterkant av fremleggelse av forslag til energiløsning varslet AEV, som fjernvarmeleverandør, høyere tilknytningsavgift og dyrere "nettleie" hvis fjernvarme ble benyttet som spisslast. AEV henviste til Energilovens § 5-5 og opplyste om at det ville påløpe fastavgifter og endrede prisforutsetninger / avtaleforutsetninger i forhold til gjeldende rammeavtale, dersom leveransen ble begrenset til levering av kun spisslast. I Energilovens § 5-5 står det (Olje- og energidepartementet, 2010):

Vederlag for fjernvarme kan beregnes i form av tilknytningsavgift, fast årlig avgift og pris for bruk av varme. Prisen for fjernvarme skal ikke overstige prisen for elektrisk oppvarming i vedkommende forsyningsområde.

Det skal gis melding til konsesjonsmyndigheten om priser og andre leveringsvilkår og endringer i disse fra konsesjonspliktige anlegg.

Enhver som er pålagt å tilknytte seg fjernvarmeanlegg etter plan- og bygningsloven § 27-5, har rett til å klage til konsesjonsmyndigheten over priser og andre leveringsvilkår. Konsesjonsmyndigheten kan gi pålegg om endringer av prisen eller leveringsvilkårene for øvrig.

Når tilknytningsplikt til fjernvarmeanlegg er pålagt i medhold av plan- og bygningsloven § 27-5, skal abonnenten betale tilknytningsavgift og fast årlig avgift uavhengig av om fjernvarme nyttes eller ikke.

Tilknytningsavgift for prosjekt Rådhuskvartalet dekker riving av eksisterende fjernvarmesentral, midlertidig omplassering av sentral, og reetablering av ny sentral. I nåverdiberegningene er det postene *Fjernvarme og Anleggsbidrag*.

Hvilke ledd av fjernvarmevederlaget som ikke skal være dyrere enn prisen for strøm har vært omstridt. Advokatfirmaet Kluges presentasjon av hovedprinsipper for tariffing av fjernvarme slo fast at bare variable ledd i nettleien inngår i prissammenligning mot strøm (Lilli & Støle, 2009). Utgangspunkt for vurderingen var klagesaker om prisfastsettelse for fjernvarme behandlet av NVE. Dette medfører at fjernvarmeleverandører kan kreve tilknytningsavgift som engangsavgift, som årlig fastledd, eller som en kombinasjon.

Prosjektformen partnering fordrer innsyn i dokumenter og data omhandlende prosjektet fortløpende for å oppnå optimal effekt av prosjektformen. Mål og delmål bør også være klare og konsise. Prosjekteier alene deltok i diskusjonene med AEV. Resten prosjektgruppen ble informert i etterkant. Manglende koordinering for gruppen sammen med uklare mål grunnet politiske hensyn medførte ekstrakostnader og merarbeid i form av nye utredninger og beregninger.

4.6 Energiløsninger utredet i forprosjektrapport

Utredninger utført i prosjekt Rådhuskvartalet for oppvarmingssystem har fulgt Kyoto-pyramidens strategiske føringer, se Figur 11.



Figur 11 - Kyoto-pyramiden – reduksjon av energi (Sørensen, 2011, s. 11)

For å dekke byggets termiske energibehov er følgende løsninger vurdert (Sørensen, 2011, s. 12):

- *Fjernvarme*
 - o Som grunnlast, alternativt som spisslast og backup
 - o Robust og sikker løsning. Krever lite areal til teknisk rom.
 - o Tilknyttingsplikt, men ikke bruksplikt.
 - o Vedlikehold av primærside er varmeleverandør sitt ansvar
- *Luft – vann energipumpe.*
 - o Som grunnlast, med fjernvarme som spisslast
 - o Mulig problem med støy til omgivelser og reguleringsbestemmelser
 - o Begrenset mulighet for å akkumulere kondensatorvarme

- o Kan anvendes til kjøling i ventilasjonsbatterier
- o Relativt plasskrevende
- *Fjell (energibrønn) – vann energipumpe*
 - o Som grunnlast med fjernvarme som spisslast
 - o Mulig å akkumulere kondensatorvarme i sommerhalvåret til fjell (vekselvirkning)
 - o Plasskrevende i forhold til fjernvarme
 - o Kan anvendes til kjøling i ventilasjonsbatterier
 - o Behov for boring i fjell
 - o Gir fleksibilitet til å akkumulere overskudd av varme fra datasentral.

Ved bruk av energibrønner som grunnlast og fjernvarme som spisslast varslet AEV økning av tilknytningskostnadene og årlig fastavgift. Alternativ 1 med fjernvarme ble fritatt for anleggsbidrag på 750 000 kroner. Alternativ 2 med energibrønn med fjernvarme måtte betale 750 000 kroner i anleggsbidrag i tillegg til 75 000 kroner i årlig fastledd. Økte priser ble forklart med at alternativ 2 medførte lavt energiuttak og leveringskapasiteten for fjernvarme ble reservert, men ikke utnyttet. Økningen i prisene for alternativ 2, med bruk av fjernvarme som spisslast reduserte alternativets lønnsomhet. Endring i prosjekteringsgrunnlaget medførte behov for nye utredninger av energiløsningene og økonomien i alternativene. Økt antall prosjekteringstimer belastet prosjekteiers budsjett eller prosjekterendes resultat avhengig av inngått kontrakt.

Beregningen og simuleringer med Simien viste at fjernvarme alene oppnådde energiklasse B. Endrede betingelser og priser fra tidligfasenivå (skisseprosjekt) ga positiv nåverdi for begge alternative energiløsninger med Enova - støtte. Nåverdiberegninger viste høyere grad av lønnsomhet for alternativ 1- fjernvarme, enn alternativ 2 - energibrønner + fjernvarme, se Tabell 17. De endrede betingelsene for fjernvarme medførte at alternativet oppnådde høyest lønnsomhet, og ble ansett som den beste løsningen av prosjektgruppen. Energiløsningen ble anbefalt videreført av Kristiansand Kommunes Rådmann i kommunestyremøte 15. mars 2011 (Sørensen, 2011).

Tabell 17 - Nåverdiberegning energiløsninger med endrede fjernvarmebetingelser (Sørensen, 2011, s. 15)

| | | Alternativ med fjernvarme og øvrige energiltak uten tilskudd | Alternativ med fjernvarme + øvrige energiltak med tilskudd | Alternativ med fjernvarme og energibrønner + øvrig tiltak uten tilskudd | Alternativ med fjernvarme og energibrønner og øvrige energiltak med tilskudd |
|--|---------------------|--|--|---|--|
| Investeringssum: | | | | | |
| Alternativer | Inv. kostnad | Alt 1a | Alt 1b | Alt 2 | Alt 3 |
| Fjernvarme | 300 000 | | | 300 000 | 300 000 |
| Anleggsbidrag | 750 000 | | | 750 000 | 750 000 |
| Oppgradering yttervegger og tak Fev bygget | 12 000 000 | 12 000 000 | 12 000 000 | 12 000 000 | 12 000 000 |
| Energibrønner (merkostnad) | 3 000 000 | | | 3 000 000 | 3 000 000 |
| Kjøling ved bortfall av energibrønn | 1 000 000 | 1 000 000 | 1 000 000 | | |
| Oppfølging miljøiltak utover vanlig nivå | 1 000 000 | 1 000 000 | 1 000 000 | 1 000 000 | 1 000 000 |
| Ekstra isolasjon under kjellergulv | 500 000 | 500 000 | 500 000 | 500 000 | 500 000 |
| Ekstra isolasjon i vegger og tak i nybygg | 1 300 000 | 1 300 000 | 1 300 000 | 1 300 000 | 1 300 000 |
| Sum energiltak | | 15 800 000 | 15 800 000 | 18 850 000 | 18 850 000 |
| Tilskudd ENOVA | -5 800 000 | | -5 800 000 | | -5 800 000 |
| Totalt | | 15 800 000 | 10 000 000 | 18 850 000 | 13 050 000 |
| Netto Nåverdi | | -4 442 | 426 | -5 504 | 199 522 |
| Internrente | | 3,24 % | 5,80 % | 3,16 % | 5,09 % |

Mine undersøkelser av kalkylene benyttet på skisseprosjekt- og forprosjektstadiet avdekket en rekke feil. Enkelte kostnadsposter er blitt regnet som inntektsposter, og andre kostnader feilaktig ført og summert. Rettede kalkyler vises i påfølgende kapittel, Analyser. Korrigerede kalkyler omhandler kun nybygget. Posten for *oppgraderinger yttervegger og tak Fev bygget* fjernes. Ved fjerning av posten økes lønnsomheten for energiløsningene betraktelig. Enova – støtte blir ikke innvilget til prosjekter som oppnår lønnsomhet uten støtte, og fjernes fra beregningene med alternativ 1 og 2.

4.7 BREEAM vurdering på forprosjektstadiet

BREEAM analyse for prosjekt Rådhuskvartalet var ikke ferdig på forprosjektstadiet. En midlertidig vurdering foreligger for både nybygg og Fedrelandsvennbygg. 63 % poeng oppnås, med tilhørende vurdering *svært god*. Relevante forbedringspunkter er trukket fram i vurderingen, deriblant punkter i kapittel 6 - Energi. Vurderingen for prosjekt Rådhuskvartal er vedlagt i kapittel 7, som Vedlegg 2. Vurderingens relevans for denne oppgaven er begrenset. Begrunnelsen for det er at vurderingene omfatter begge bygningene, mens oppgaven kun omhandler nybygget. En ny fullstendig BREEAM vurdering for nybygget med utgangspunkt i tilgjengelig data er ikke gjennomførbart for meg. Vurderingen er for omfattende å gjennomføre, og datagrunnlaget jeg besitter om prosjektet mangelfullt. Videre BREEAM analyser og vurderinger benytter derfor kun kapittel 6 ENE – 1 Energieffektivitet som mål på oppnåelse av BREEAM poeng. En vurdering av prosentvis oppnåelse av BREEAM poengsum blir ikke gjennomførbart ved kun å benytte en kategori. Oppnåelse av BREEAM karakter baseres derfor på innfrielse av minstekrav innen kategori ENE – 1. 6 poeng kreves for karakteren *utmerket*. 10 poeng kreves for karakteren *fremragende*.

5 ANALYSER

Dette kapitlet tar for seg beregninger og analyser av kost/nytte-verdi av energiløsninger og energiltak på bakgrunn av data fra Empiri kapitlet. Alternative tiltak drøftes og vurderes med tanke på energisparing, kost/nytte av tiltaket og bedrifts- og samfunnsøkonomisk lønnsomhet.

Kapitlet har som målsetning å drøfte og svare på følgende hypoteser:

- Overoppfylling av energikrav i henhold til TEK 10 er ikke bedriftsøkonomisk lønnsomt.
- Ambisjoner om energimerke A i energimerkeordningen gir uforholdsmessig store merkostnader ved prosjektering og produksjon av prosjekt Rådhuskvartalet.
- Oppnåelse av en av de to høyeste BREEAM-rangeringene medfører høyere kost enn nytte.

(Utfyllende beregningsresultater finnes i kapittel 7- Vedlegg)

5.1 Kost/nytte analysering av energiløsninger.

Alternative energiløsninger er analysert for verdianalytisk optimalisering. Kostnad for løsningen med aktuelle verdiparametre er analysert, for å kunne vurdere om økt kostnad gir en tilsvarende eller høyere økning i ”verdi/nytte”. Dette kapitlet utreder kost/nytte for energiløsningsalternativene elektrisitet og fjernvarme (alt 1) og energibrønn og fjernvarme (alt 2). I tillegg vurderes energiløsningsalternativene med og uten implementering av lavenergistandard.

Kost defineres som: energiforbruk, energikostnader og levetidskostnader med alternativene fjernvarme, energibrønn + fjernvarme, og kostnader for implementering av lavenergistandard (belysning og utstyr). Nytte defineres som: Oppfyllelse av forskrift, energimerke, BREEAM, redusert energiforbruk og samfunns- og bedriftsøkonomisk lønnsomhet. Det bedriftsøkonomiske aspektet omfatter positiv levetidskostnad for alternative energiløsninger. Det samfunnsøkonomiske aspektet omfatter høy energimerking, høy

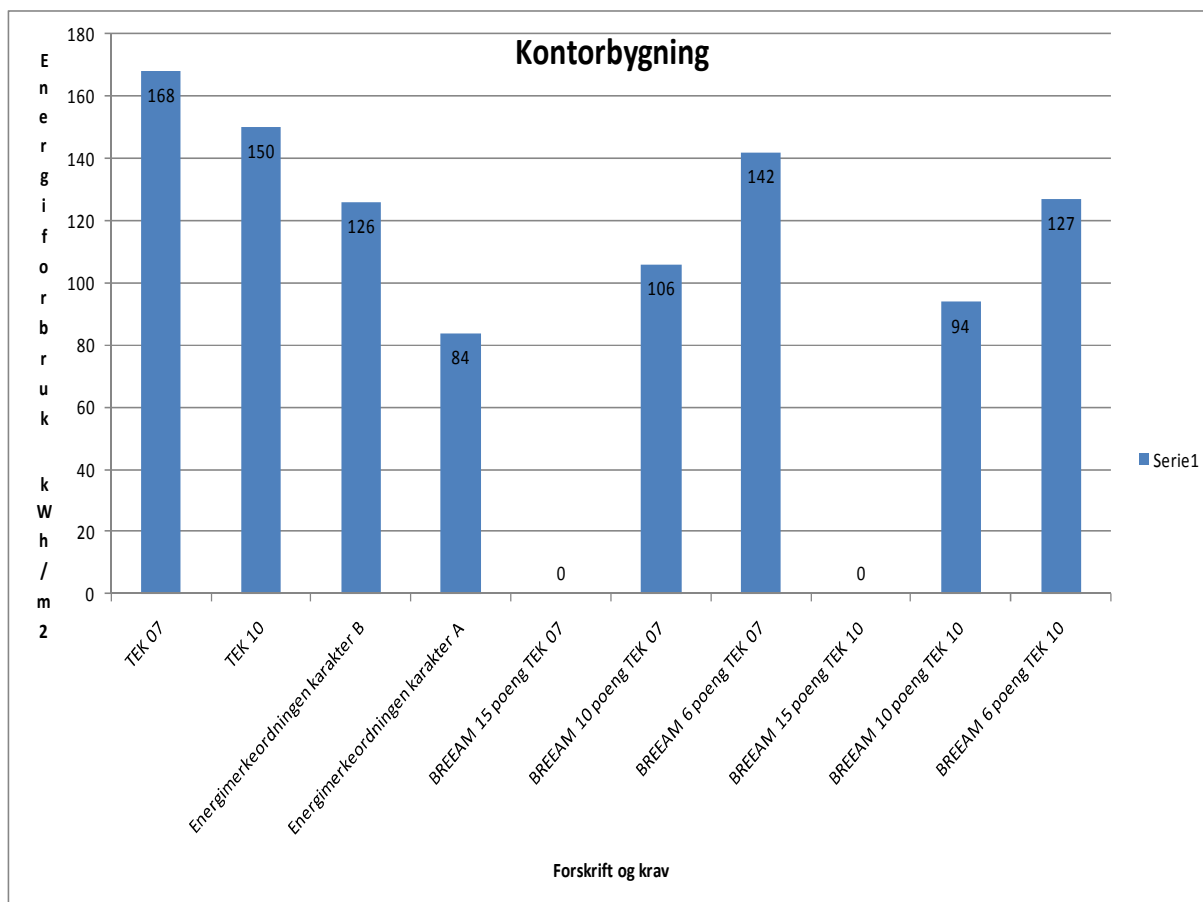
klassifisering i BREEAM, oppmerksomhet innen Fremtidens byer, og økt effektivitet for bygningen i form av redusert sykefravær og redusert tidssløsing ved samlokalisering innen ett bygg. Positiv kost/nytte-verdi er hvor nytte er større enn kost over energialternativets livsløp.

5.2 Energirangeringsberegninger nybygg- BREEAM

Basert på beregningsmetodene i Kapittel 6 – ENE 1 Energieffektivitet i BREEAM har jeg beregnet krav til oppnådde poeng for karakterene *A* og *B* i energimerkeordningen. Minstekravene for klassifiseringene *Utmerket* og *Fremragende* i BREEAM er også beregnet. Utrekningene er relatert mot byggtekniske forskrifter (TEK 07/ TEK 10) og poenggivingen i BREEAM Kapittel 6 – ENE 1 Energieffektivitet. I beregningene er levert energi og energibehov sidestilt. For å oppnå full score innen kategorien, 15 poeng, i BREEAM poengsystemet må bygget være nullenergibygget. Det er også verdt å merke seg at ved lik faktisk ytelsesindeks for bygningen oppnås høyere BREEAM – poengsum ved benyttelse av TEK 07 enn ved benyttelse av TEK 10. Årsaken til dette er at TEK 10 stiller strengere krav for maks energiforbruk/energirammer. Forbedring i energiforbruk blir dermed prosentvis større når man relaterer det mot TEK 07. Aspektene nevnt over illustreres godt i Figur 12.

I oppgaven benyttes kun minstekrav i ENE – 1 som mål på BREEAM karakter. I tillegg til oppnåelse av minstekrav krever en total BREEAM vurdering av bygning minst 70 % poengsum for karakteren *utmerket*. For karakteren *fremragende* kreves minst 85 % poengsum, i tillegg til minstekrav. ENE – 1 er den største poengkategorien i BREEAM, ansvarlig for ca 12 % av totale mulige poeng for BREEAM vurdering.

BREEAMs relevans for sammenligning av bygninger på tvers av landegrensene er diskutabel. Avhengig av de nasjonale myndigheters krav, gjennom lover og forskrifter til energieffektivitet, vil bygg i land med lavere krav komme bedre ut enn bygg klassifisert i land med strenge krav. Internasjonal oppmerksomhet vedrørende en bygnings BREEAM rangering kan dermed slå negativt for land med strenge forskriftskrav.



Figur 12 - Kontorbygning, maks tillatte energiforbruk relatert mot BREEAM, Energimerkeordningen og TEK (07 og 10)

Merk: Grafene for energimerkekarakter A og B viser levert energi, ikke energiforbruk.

Tabell 18,19,20, 21 og 22 viser Excel beregninger for de forskjellige energikarakterene og BREEAM rangering. Ref Tabell 11 for BREEAM poengoversikt.

Fra Figur 12 ser vi at energimerke B gir et tillatt maks energiforbruk på 126 kWh/m², 24 kWh/m² lavere enn TEK 10s energiramme på 150 kwh/m². Relatert mot BREEAM tilsvarer det en forbedring på 16 %, tilsvarende 6 BREEAM poeng, se Tabell 18.

Tabell 18 - Energikarakter B relatert mot TEK 10 og BREEAM poeng

| | |
|---|---------------------------|
| Energikarakter B relatert mot TEK 10 | Energi kWh/m ² |
| Standard for ytelsesindeks (TEK 10) | 150 |
| Faktisk ytelsesindeks for byggenergi | 126 |
| Forbedring i prosent | 16,00 % |
| BREEAM POENG | 6 |

Minstekravet for totalklassifiseringen utmerket (6 poeng) oppfylles akkurat når energiforbruket tilsvarer energimerke B. Relateres karakteren B derimot mot TEK 07 er forbedringen 25 %, og man oppnår 8 BREEAM poeng, se Tabell 19.

Tabell 19 - Energikarakter B relatert mot TEK 07 og BREEAM poeng

| | |
|---|---------------------------|
| Energikarakter B relatert mot TEK 07 | Energi kWh/m ² |
| Standard for ytelsesindeks (TEK 07) | 168 |
| Faktisk ytelsesindeks for byggenergi | 126 |
| Forbedring i prosent | 25,00 % |
| BREEAM POENG | 8 |

For energimerke A er kravet for tillat energiforbruk maks 84 kwh/m², noe som i BREEAM-sammenheng gir en forbedring på 44 %, og 10 BREEAM poeng, relatert mot TEK 10, se Tabell 20.

Tabell 20 - Energikarakter A relatert mot TEK 10 og BREEAM poeng

| | |
|---|---------------------------|
| Energikarakter A relatert mot TEK 10 | Energi kWh/m ² |
| Standard for ytelsesindeks (TEK 10) | 150 |
| Faktisk ytelsesindeks for byggenergi | 84 |
| Forbedring i prosent | 44,00 % |
| BREEAM POENG | 10 |

Minstekrav til totalklassifiseringen *Fremragende* oppnås i kategori 6 ENE – 1 ved energikarakter A. Gitt at total BREEAM poengsum er minst 85 % og alle minstekrav er oppfylt, oppnår bygningen rangeringen *Fremragende*. Relatert mot TEK 07 er tilsvarende

uttelling henholdsvis 50 % forbedring og 11 BREEAM poeng, se Tabell 21. Fremragende oppnås dermed også her, gitt at total BREEAM poengsum er minst 85 % og resterende minstekrav oppfylt.

Tabell 21 - Energikarakter A relatert mot TEK 07 og BREEAM poeng

| Energikarakter A relatert mot TEK 07 | Energi kWh/m ² |
|---|---------------------------|
| Standard for ytelsesindeks (TEK 07) | 168 |
| Faktisk ytelsesindeks for byggenergi | 84 |
| Forbedring i prosent | 50,00 % |
| BREEAM POENG | 11 |

10 poeng, minstekrav til karakteren fremragende, krever en prosentvis forbedring av energiforbruket på 37 %, se Tabell 22. Et energiforbruk på 94 kWh/m² årlig er tilstrekkelig for å oppnå 10 poeng. En bygning med energikarakter B kan dermed oppfylle minstekrav til fremragende. Hvis total poengsum er lik eller overstiger 85 % vil bygningen kunne klassifiseres som fremragende.

Tabell 22 - Maks tillatt energiforbruk for 10 BREEAM poeng

| 10 BREEAM poeng relatert mot TEK 10 | Energi kWh/m ² |
|---|---------------------------|
| Standard for ytelsesindeks (TEK 10) | 150 |
| Faktisk ytelsesindeks for byggenergi | 94 |
| Forbedring i prosent | 37,33 % |
| BREEAM POENG | 10 |

5.3 Økonomiberegninger nybygg

Økonomiske beregninger og modeller vist i Empiri - kapitlet er benyttet som utgangspunkt for beregninger av alternative energiløsninger, energiforbruk, og kost/nytte ved alternativene.

Beregnet energibesparelse for hele bygningen ved benyttelse av fjernvarme i forhold til energirammer i TEK 10 ble i forprosjektrapport anslått til å være ca 600 000 kWh årlig. Nybygget sto for 400 000 kWh av reduksjonen i energiforbruk, mens eksisterende Fedrelandsvenn bygg sto for 200 000 kWh. Energibesparelsen i Fedrelandsvennbygget er ikke inkludert i videre beregninger. Nøkkeltall for begge bygninger er dividert på total BRA for begge bygninger, og skalert opp til BRA for nybygget. Energiløsningen med energibrønn og fjernvarme ble beregnet til å redusere energiforbruket videre med 150 000 kWh årlig.

I oppgavens videre beregninger benyttes simulerte energieresultater. Simuleringene benytter følgende andelsmessige fordeling av energiløsning: *Alternativ 1 består av 50 – 50 fordeling av elektrisitet og fjernvarme. Alternativ 2 består av 50 – 50 fordeling av energibrønn og fjernvarme. Mer detaljert info vises i vedlegg 4 og 5.*

Økonomiske nøkkeltall for nybygget benyttet i beregninger er:

| | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Økonomisk levetid – 60 år | <ul style="list-style-type: none">• Levetid installasjoner – 25 år |
| <ul style="list-style-type: none">• Energipris – 1-2 kr/kWh | <ul style="list-style-type: none">• Avkastningskrav – 5 % |
| <ul style="list-style-type: none">• Enova-tilskudd (hvis støtte utløst) – 3 880 000 kr | <ul style="list-style-type: none">• FDV kostnader – 1 % årlig av investeringskostnader |
| <ul style="list-style-type: none">• Energibesparelse fjernvarme – 469 000 kWh/årlig | <ul style="list-style-type: none">• Energibesparelse energibrønn + fjernvarme(spisslast) – 510 000 kWh/årlig |
| <ul style="list-style-type: none">• Årlig fastledd energibrønn + fjernvarme – 75 000 kr | <ul style="list-style-type: none">• Uskiftningskost energibrønn + fjernvarme – 250 000 kr |
| <ul style="list-style-type: none">• Ingen prisstigning | <ul style="list-style-type: none">• Restverdi/kostnad bygning – 0 |

| | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Investeringskostnad energibrønn med fjernvarme – 300 000 kr | <ul style="list-style-type: none"> • Kapitalkostnad anleggsbidrag energibrønn med fjernvarme – 750 000 kr |
| <ul style="list-style-type: none"> • Investeringskostnad energibrønner – 3 000 000 kr | <ul style="list-style-type: none"> • Kapitalkostnad kjøling fjernvarmeløsning – 1 000 000 kr |
| <ul style="list-style-type: none"> • Kapitalkostnad ekstra miljøtiltak – 1 000 000 kr | <ul style="list-style-type: none"> • Kapitalkostnad isolasjon (kjellergulv, vegger og tak) – 1 800 000 kr |

5.3.1 Lavenergistandard

Kostnader forbundet med oppnåelse av lavenergistandard var ikke kalkulert på forprosjektstadiet. For beregning av kostnader tilknyttet lavenergistandard i oppgaven benyttes beregninger laget av Rambølls Laszlo Balas for lavenergistandard ved Eureka-bygget i Arendal. Beregningene laget for Eureka-bygget benyttes som referanseverdier, og tilpasses Rådhuskvartalet.

For å oppnå lavenergistandard må energiforbruk til teknisk utstyr og belysning reduseres betraktelig. Reduksjonen kan oppnås ved hjelp av lysstyring (rettet lys mot arbeidsplasser, dimming av ganger, sensorstyrt lys) energieffektivt lys, energieffektivt teknisk utstyr (pc, printer, skjermer), styring av teknisk utstyr (skjermsparer, hvilemodus, automatisk slå av pc ved inaktivitet), og andre tiltak.

Nøkkeltall Eureka-bygget

Eureka bygget er et kontorbygg på 6800 m² med undervisningsrom, regionalt Vitensenter og andre leietakere (Arendal Kommune, 2010). Byggets normerte energiforbruk til teknisk utstyr ble beregnet til å være på 47,7 kWh/m². For å oppfylle lavenergikriterier måtte energiforbruket til teknisk utstyr reduseres til 18,8 kWh/m². Tilsvarende måtte energiforbruk

til belysning reduseres til ca 15,7 kWh/m². Beregnet total reduksjon av energiforbruk ved oppfyllelse av lavenergistandard var 290 000 kWh/årlig. Investeringskostnadene for oppfyllelse av lavenergi kriterier ble beregnet til å være 3 millioner kroner for Eureka-bygget. Enova-støtte ble stipulert til å være 1 million kroner. Netto investering er da 2 millioner kroner. Nedbryting av investeringskostnaden for hele bygget til kostnad per m² resulterer i stipulerte kostnader på 294 kr/m² (441 kr/m² uten Enova-støtte). En ekstrapolering mot Rådhuskvartal - nybygget tilsier investeringskostnad for å oppfylle lavenergikriterier på 294 kr/m² * 8616m² = 2,53 millioner kroner (3,8 millioner kroner uten Enova-støtte)

Nøkkeltall nybygget Rådhuskvartalet

Energiforbruk til teknisk utstyr simulert ved årssimulering er 296 841 kWh (34,5 kWh/m²). Simulert energiforbruk for belysning er 215 883 kWh (25,1 kWh/m²). Ved oppfyllelse av lavenergistandard er energiforbruk til teknisk utstyr 161 941 kWh (18,8 kWh/m²). Tilsvarende tall for belysning er 134 908 kWh (15,7 kWh/m²). Beregnet total reduksjon av energiforbruk ved oppfyllelse av lavenergistandard er 216 000 kWh/årlig.

Økonomiske nøkkeltall for lavenergistandard - nybygget benyttet i beregninger er:

| | |
|--|---|
| • Økonomisk levetid [år] – 60 | • Levetid installasjoner [år] – 25 |
| • Energiforbruk [kr/kWh] – 1-2 | • Avkastningskrav [%] – 5 |
| • Investeringskostnad lavenergistandard– 3 800 000 kr | • Utskiftningskost teknisk utstyr + belysning – 380 000 kr (10 % av investeringskost) |
| • Enova-tilskudd (hvis støtte utløst) [kr] – 1 300 000 | • FDV kostnader – 1 % årlig av investeringskostnader |
| • Total energibesparelse [kWh/årlig] | • Energibesparelse teknisk utstyr |

| | |
|--|---|
| - 215 800 | [kWh/årlig] – 134 900 |
| <ul style="list-style-type: none"> • Energibesparelse belysning [kWh/årlig] – 80 900 | <ul style="list-style-type: none"> • |

5.3.2 Energi og økonomiberegninger med energipris 1kr/kWh

Resultater fra simuleringene *Årssimulering og evaluering mot byggtknisk forskrift* (vedlagt), sammen med evaluering mot lavenergistandard, energirammer i TEK 10, energimerkeordningen og BREEAM, vises i Tabell 23. Beregnet energiforbruk og energibesparelse er oppgitt i forhold til TEK 10. Tabellen er utarbeidet av meg på bakgrunn av simuleringsresultater og nybyggets nøkkeltall, og viser de forskjellige alternativets energiforbruk og energikostnader.

Tabell 23 - Energiforbruk og energipriser med alternative energiløsninger

| Relatert mot TEK 10 | Energi og økonomiberegninger Nybygget | Verdier | Formel | Beregning | Resultat [kWh/år] | Differanse mot TEK 10 energiramme [kWh/år] | Energikostnader | Differanse energikostnader |
|---|--|-------------|--------------|------------|-------------------|--|-----------------|----------------------------|
| Post | Kontorbygning | | | | | | | |
| A1 | Energi pris kr/kwh | 1 | | | | | | |
| A2 | Oppvarmet BRA m2: | 8 616 | | | | | | |
| A3 | Energirammer TEK 10 [kwh/m2 oppvarmet BRA pr.år] | 150 | | | | | | |
| A4 | Utregnet energibehov for TEK 10 | | $A4=A2*A3$ | $8616*150$ | 1 292 400 | 0 | kr 1 292 400 | |
| A7 | Energirammer energikarakter B [kwh/m2 oppvarmet BRA pr.år] | 126 | | | | | | |
| A8 | Utregnet energibehov for energiklasse B | | $A8=A2*A7$ | $8616*126$ | 1 085 616 | 206 784 | kr 1 085 616 | kr 206 784 |
| A9 | Energirammer energikarakter A [kwh/m2 oppvarmet BRA pr.år] | 84 | | | | | | |
| A10 | Utregnet energibehov for energiklasse A | | $A10=A2*A9$ | $8616*84$ | 723 744 | 568 656 | kr 723 744 | kr 568 656 |
| A11 | Energirammer for minstekrav utmerket ENE 1 BREEAM [kwh/m2 oppvarmet BRA pr.år] | 127 | | | | | | |
| A12 | Utregnet energibehov for minstekrav utmerket ENE 1 BREEAM | | $A12=A2*A11$ | $8616*127$ | 1 094 232 | 198 168 | kr 1 094 232 | kr 198 168 |
| A13 | Energirammer for minstekrav fremragende ENE 1 BREEAM [kwh/m2 oppvarmet BRA pr.år] | 106 | | | | | | |
| A14 | Utregnet energibehov for minstekrav fremragende ENE 1 BREEAM | | $A14=A2*A13$ | $8616*106$ | 913 296 | 379 104 | kr 913 296 | kr 379 104 |
| | Fjernvarme og elektrisitet: | | | | | | | |
| A16 | Utregnet energibehov årssimulering Simien (Kristiansand) | 101,6kWh/m2 | | | 875 542 | 416 858 | kr 875 542 | kr 416 858 |
| A17 | Beregnet levert energi Årssimulering Simien (Kristiansand) | 95,6kWh/m2 | | | 823 299 | 469 101 | kr 823 299 | kr 469 101 |
| A18 | Beregnet levert energi Simien, relatert mot energimerke(Oslo) | 108kWh/m2 | | | 928 698 | 363 702 | kr 928 698 | kr 363 702 |
| A19 | Beregnet levert energi Simien ved oppfyllelse av lavenergikriterier (Kristiansand) | 78,8kWh/m2 | | | 678 744 | 613 656 | kr 678 744 | kr 613 656 |
| A20 | Beregnet levert energi Simien ved oppfyllelse av lavenergikriterier (Oslo) | 90,4kWh/m2 | | | 778 476 | 513 924 | kr 778 476 | kr 513 924 |
| | Energibrønn og fjernvarme: | | | | | | | |
| A22 | Utregnet energibehov årssimulering Simien (Kristiansand) | 101,6kWh/m2 | | | 875 542 | 416 858 | kr 875 542 | kr 416 858 |
| A23 | Beregnet levert energi Årssimulering Simien (Kristiansand) | 90,8kWh/m2 | | | 782 756 | 509 644 | kr 782 756 | kr 509 644 |
| A24 | Beregnet levert energi Simien, relatert mot energimerke(Oslo) | 100kWh/m2 | | | 863 866 | 428 534 | kr 863 866 | kr 428 534 |
| A25 | Beregnet levert energi Simien ved oppfyllelse av lavenergikriterier (Kristiansand) | 70,4kWh/m2 | | | 606 415 | 685 985 | kr 606 415 | kr 685 985 |
| A26 | Beregnet levert energi Simien ved oppfyllelse av lavenergikriterier (Oslo) | 79,4kWh/m2 | | | 683 865 | 608 535 | kr 683 865 | kr 608 535 |
| Energiforbruk teknisk utstyr og belysning [kWh/årlig] | | 512724 | | | | | | |
| Energiforbruk teknisk utstyr og belysning Lavenergistandard [kWh/årlig] | | 296849 | | | | | | |
| Redusert energiforbruk lavenergistandard [kWh/årlig] | | 215875 | | | | | | |

Tabell 23 viser beregnet energiforbruk for bygningen relatert mot TEK 10, energimerke A og B, BREEAM rangeringene Utmerket og Fremragende og ved oppfyllelse av lavenergikriterier. Tabellen viser også beregnet årlig energikostnad for de forskjellige energinivåene i tillegg til beregnet differanse mot TEK 10 energiramme. Post A4 - Utreknet energibehov for TEK 10 viser bygningens kalkulerede energiforbruk ved overholdelse av TEK 10 energirammen for kontorbygg. Ved et energiforbruk på 150 kWh/m² oppvarmet BRA årlig blir årlig energiforbruk 1 292 400 kWh. Årlig forbruk og energikostnad med energiforbruk lik TEK 10 energiramme er brukt som utgangspunkt/nullpunkt for beregningene. Ved energipris på 1 kr/kWh blir årlig energikostnad for bygningen 1,292 millioner kroner regnet i dagens kroneverdi. Energiløsningene fjernvarme – elektrisitet og energibrønn - fjernvarme er kombinert med ekstra miljøtiltak i bygningen og ekstra isolasjon under kjellergulv, i vegger og tak. Simulering av bygningens faktiske energiforbruk i Simien med *Årssimulering, evaluering mot forskrifter og energimerkeordningen* gir lavere energiforbruk og energikostnader enn TEK 10 energirammen. Årsforbruket for fjernvarme – elektrisitet (alt 1) med nevnte tiltak relatert mot Kristiansand klima er på 823 299 kWh. Forbruk blir da 95,6 kWh/m² årlig. Det gir en differanse på 469 000 kWh/årlig, tilsvarende 469 000 kroner årlig ved energipris lik 1 kr/kWh. Årsforbruket for energibrønn - fjernvarme (alt 2) med nevnte tiltak relatert mot Kristiansand klima er på 782 756 kWh. Forbruk blir da 90,8 kWh/m² årlig. Det gir en differanse på 510 000 kWh/årlig, tilsvarende 510 000 kroner årlig ved energipris lik 1 kr/kWh. Investeringskalkyler for alternativ 1 og 2 er vist i Tabell 24. Tabell 24 viser også beregningene for lavenergistandard, med og uten Enova-støtte, som alternativ 3a og 3b. Livsløps beregninger for alternativene viser høyest livssyklus-kostnad og levetidskostnad for alternativ 2. Netto nåverdiberegninger bestående av kapitalkostnad, FDVU, og neddiskontert kontantstrøm gir en positiv nåverdi 4,36 millioner kroner for alternativ 1. Internrente for alternativet er 11,32 %, og avkastningskrav på 5 % er oppfylt. Netto nåverdiberegninger for alternativ 2 gir en positiv nåverdi 87 500 kroner. Internrente for alternativet er 5,08 %, og avkastningskrav på 5 % er akkurat oppfylt. Beregninger med lavenergistandard viser høyest livsløpskostnader for alternativ 3a. Som beregningen viser er ikke implementering av lavenergistandard lønnsomt uten Enova-støtte. Alternativ 3a oppfyller ikke avkastningskravet.

Alternativ 3b, med Enova-støtte, gir en positiv nåverdi på 720 275 kr. Internrente for alternativet er 6,73 %.

Tabell 24 - Kalkyler og nåverdiberegning for energiløsninger i nybygget [1kr/kWh]

| Investeringssum Nybygget: | | Alternativ med fjernvarme og øvrige energiltak uten tilskudd | Alternativ med fjernvarme og energibrønner + øvrig tiltak uten tilskudd | Lavenergistandard uten Enova støtte | Lavenergistandard med Enova støtte |
|--|--------------|--|---|-------------------------------------|------------------------------------|
| Alternativer | Inv. kostnad | Alt 1 | Alt 2 | Alt 3a | Alt 3b |
| Fjernvarme | 300 000 | | 300 000 | 0 | 0 |
| Anleggsbidrag | 750 000 | | 750 000 | 0 | 0 |
| Energibrønner (merkostnad) | 3 000 000 | | 3 000 000 | 0 | 0 |
| Kjøling ved bortfall av energibrønn | 1 000 000 | 1 000 000 | | | |
| Oppfølging miljøtiltak utover vanlig nivå | 1 000 000 | 1 000 000 | 1 000 000 | 0 | 0 |
| Ekstra isolasjon under kjellergulv | 500 000 | 500 000 | 500 000 | 0 | 0 |
| Ekstra isolasjon i vegger og tak i nybygg | 1 300 000 | 1 300 000 | 1 300 000 | 0 | 0 |
| Investeringskostnader Lavenergiiltak | 3 800 000 | 0 | 0 | 3 800 000 | 3 800 000 |
| Enovastøtte lavenergiiltak | -1 300 000 | | | | -1 300 000 |
| Sum energiltak | | 3 800 000 | 6 850 000 | 3 800 000 | 2 500 000 |
| Livssyklus kostnad | | -6 080 000 | -10 960 000 | -6 080 000 | -4 780 000 |
| Levetidskostnad | | -4 519 313 | -8 146 656 | -4 519 313 | -3 219 313 |
| Energipris kr/kWh | 1 | | | | |
| Oppnådd energireduksjon (levert energi - Kristiansand) | | 469000 | 510000 | 215800 | 215800 |
| Netto Nåverdi | | 4 358 524 | 87 585 | -579 725 | 720 275 |
| Internrente | | 11,32 % | 5,08 % | 4,04 % | 6,73 % |

Utskiftningskostnad hvert 25 år inkludert i alternativ 2 og 3
 Årlig fastledd på 75 000,- er medberegnet i alternativ 2
 FDV kostnad - 1 % av investeringskostnad
 Netto Nåverdi inkluderer energibesparelsen for alternativet

Oppgavens hypotese om *Overoppfylling av energikrav i henhold til TEK 10 er ikke bedriftsøkonomisk lønnsomt* kan med bakgrunn i kapitlets beregninger forkastes. Overoppfylling av energikrav for nybygget, med resulterende energireduksjon gir positiv nåverdi for energialternativene vurdert, og er bedriftsøkonomisk lønnsomt. Overoppfylling av energikrav i henhold til TEK 10 gir høyere investeringskostnader, men over bygningens livsløp blir investeringen tilbakebetalt, og bidrar med positiv nåverdi.

Oppgavens hypotese om *Ambisjoner om energimerke A i energimerkeordningen gir uforholdsmessig store merkostnader ved prosjektering og produksjon av prosjekt Rådhuskvartalet* kan delvis bekreftes. Oppnåelse av energimerke A krever valg av

energialternativ 2 i tillegg til implementering av lavenergistandard. Bedriftsøkonomisk sett gir kombinasjonen av alternativ 2 og 3b positiv nåverdi. Hvis ikke Enova støtte innvilges blir derimot ikke alternativ 2 i kombinasjon med lavenergistandard lønnsomt. Samfunnsøkonomisk sett blir valg av energialternativ 2 sammen med 3b vanskelig å vurdere grad av samfunnsøkonomisk lønnsomhet. På den ene siden reduseres energiforbruket i bygningen, noe som bidrar til redusert energiforbruk fra Norges bygningspark. Reduksjon av energiforbruk og miljøbelastning fra Norges bygningspark er et uttalt politisk mål. Innføring av revidert forskrift(TEK 10), Energimerkeordningen og tildeling av midler fra Enova er virkemidler som benyttes for å oppnå nevnte mål. Valg av andre oppvarmingsmetoder enn direkte el-baserte er også et virkemiddel for å oppnå redusert energiforbruk og miljøbelastning. Tilknytningsplikt til fjernvarme er et av virkemidlene som benyttes for å oppnå nevnte mål. I dette prosjektet kolliderer de to virkemiddelmetodene med hverandre, og gjør det vanskelig å måle samfunnsøkonomisk nytte.

5.3.3 Energi og økonomiberegninger med energipris lik 2kr/kWh

Tabell 25 viser energi- og økonomiberegninger med energipris lik 2kr/kWh. Som tabellen viser øker lønnsomheten til samtlige energiløsninger med økt energipris. Framtidig energipris er uvis, men generell konsensus heller mot økt en kraftsituasjon med økt utveksling av kraft med utlandet, og økende energipriser. Historisk prisutvikling kombinert med en stadig økende etterspørsel etter energi tilsier økende energipriser. Verdensomspennende katastrofer, kriger, skjerpede miljøkrav og synkende oljeproduksjon bidrar også til prisstigning på energi. En energipris på 2 kr/kWh er sannsynlig at vil inntreffe innen byggets teknisk planlagte levetid på 60 år. Tabell 25 viser at alternativ 2 har økt sin lønnsomhet i større grad enn alternativ 1. Dette skyldes at alternativ 2 har et lavere årlig energiforbruk enn alternativ 1. Implementering av lavenergistandard er lønnsomt selv uten Enova-støtte med en energipris på 2kr/kwh, se alternativ 3a.

Tabell 25 - Kalkyler og nåverdiberegning for energiløsninger i nybygget [2kr/kWh]

| Investeringssum Nybygget: | | Alternativ med fjernvarme og øvrige energiltak uten tilskudd | | | | Alternativ med fjernvarme og energibrønner + øvrig tiltak uten tilskudd | | Lavenergistandard uten Enova støtte | | Lavenergistandard med Enova støtte | |
|--|--------------|--|-------------|------------|------------|---|--|-------------------------------------|--|------------------------------------|--|
| Alternativer | Inv. kostnad | Alt 1 | Alt 2 | Alt 3a | Alt 3b | | | | | | |
| Fjernvarme | 300 000 | | 300 000 | 0 | 0 | | | | | | |
| Anleggsbidrag | 750 000 | | 750 000 | 0 | 0 | | | | | | |
| Energibrønner (merkostnad) | 3 000 000 | | 3 000 000 | 0 | 0 | | | | | | |
| Kjøling ved bortfall av energibrønn | 1 000 000 | 1 000 000 | | | | | | | | | |
| Oppfølging miljøtiltak utover vanlig nivå | 1 000 000 | 1 000 000 | 1 000 000 | 0 | 0 | | | | | | |
| Ekstra isolasjon under kjellergulv | 500 000 | 500 000 | 500 000 | 0 | 0 | | | | | | |
| Ekstra isolasjon i vegger og tak i nybygg | 1 300 000 | 1 300 000 | 1 300 000 | 0 | 0 | | | | | | |
| Investeringskostnader Lavenergitiltak | 3 800 000 | 0 | 0 | 3 800 000 | 3 800 000 | | | | | | |
| Enovastøtte lavenergitiltak | -1 300 000 | | | | -1 300 000 | | | | | | |
| Sum energitiltak | | 3 800 000 | 6 850 000 | 3 800 000 | 2 500 000 | | | | | | |
| Livssyklus kostnad | | -6 080 000 | -10 960 000 | -6 080 000 | -4 780 000 | | | | | | |
| Levetidskostnad | | -4 519 313 | -8 146 656 | -4 519 313 | -3 219 313 | | | | | | |
| Energipris kr/kWh | | 2 | | | | | | | | | |
| Oppnådd energireduksjon (levert energi - Kristiansand) | | 469000 | 510000 | 215800 | 215800 | | | | | | |
| Netto Nåverdi | | 13 236 361 | 9 741 522 | 3 505 216 | 4 805 216 | | | | | | |
| Internrente | | 23,68 % | 12,79 % | 10,23 % | 15,68 % | | | | | | |

Utskiftningskostnad hvert 25 år inkludert i alternativ 2 og 3
 Årlig fastledd på 75 000,- er medberegnet i alternativ 2
 FDV kostnad - 1 % av investeringskostnad
 Netto Nåverdi inkluderer energibesparelsen for alternativet

Beregninger utført med høyere energipris viser større avkastning på investering av energieffektive løsninger. Tilsvarende reduseres investeringens avkastning med synkende energipriser.

5.3.4 Energi og økonomiberegninger med energipris lik 7kr/kWh

Som en kuriositet har jeg beregnet hvor høy energiprisen må være for at energialternativ 2 med energibrønn og fjernvarme skal være det mest lønnsomme alternativet med de gitte betingelser. Tidligere drøfting har argumentert for økende energipriser basert på historisk utvikling og grunnet økende knapphet på energi. Energipriser på nivået som benyttes i denne beregningen anses dog som svært usannsynlige å inntreffe innen overskuelig framtid. Unntaket er områder hvor energiforbruket er høyt i forhold til kapasiteten. Energipris kan da benyttes som virkemiddel for å redusere energiforbruket. En energipris på 7 kr/kWh når energiforbruket er høyest vil redusere energiforbruket i timene/dagene med høy pris.

Tabell 26 viser at alternativ 2 er marginalt mer lønnsomt enn alternativ 1 med en energipris på 7 kr/kWh.

Tabell 26 - Kalkyler og nåverdiberegning for energiløsninger i nybygget [7kr/kWh]

| Alternativer | Inv. kostnad | Investeringssum Nybygget: | | | |
|---|--------------|---------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | Alt 1 | Alt 2 | Alt 3a | Alt 3b |
| Fjernvarme | 300 000 | | 300 000 | 0 | 0 |
| Anleggsbidrag | 750 000 | | 750 000 | 0 | 0 |
| Energibrønner (merkostnad) | 3 000 000 | | 3 000 000 | 0 | 0 |
| Kjøling ved bortfall av energibrønn | 1 000 000 | 1 000 000 | | | |
| Oppfølging miljøtiltak utover vanlig nivå | 1 000 000 | 1 000 000 | 1 000 000 | 0 | 0 |
| Ekstra isolasjon under kjellergulv | 500 000 | 500 000 | 500 000 | 0 | 0 |
| Ekstra isolasjon i vegger og tak i nybygg | 1 300 000 | 1 300 000 | 1 300 000 | 0 | 0 |
| Investeringskostnader Lavenergitiltak | 3 800 000 | 0 | 0 | 3 800 000 | 3 800 000 |
| Enovastøtte lavenergitiltak | -1 300 000 | | | | -1 300 000 |
| Sum energitiltak | | 3 800 000 | 6 850 000 | 3 800 000 | 2 500 000 |
| Livssykluskostnad | | -6 080 000 | -10 960 000 | -6 080 000 | -4 780 000 |
| Levetidskostnad | | -4 519 313 | -8 146 656 | -4 519 313 | -3 219 313 |
| Energipris kr/kWh | 7 | | | | |
| Oppnådd energireduksjon (levert energi - Kristiansand) | | 469000 | 510000 | 215800 | 215800 |
| Netto Nåverdi | | 57 625 545 | 58 011 211 | 23 929 919 | 25 229 919 |
| Internrente | | 85,39 % | 50,02 % | 38,75 % | 58,90 % |

Utskiftningskostnad hvert 25 år inkludert i alternativ 2 og 3
 Årlig fastledd på 75 000,- er medberegnet i alternativ 2
 FDV kostnad - 1 % av investeringskostnad
 Netto Nåverdi inkluderer energibesparelsen for alternativet

5.4 Energiløsning sett opp mot Energimerkeordningen og BREEAM

Analysekapitlets utredninger har vist at energikarakter A, og BREEAM vurderingen *fremragende begge* kan oppnås ved prosjektets alternative energiløsninger. Energikarakter A stiller maks krav til tillatt energiforbruk/m² på 84 kWh. BREEAM karakteren *fremragende* stiller maks krav til tillatt energiforbruk/m² på 94 kWh i forhold til TEK 10. *Fremragende* kan dermed oppnås selv når bygningen kun oppfyller krav til energikarakter B. Videre reduksjon av bygningens energiforbruk muliggjør tildeling av flere poeng. Ved fullstendig BREEAM-vurdering spiller alle tildelte BREEAM - poeng inn på bygningens totale poengsum. BREEAM-karakter tildeles fra bygningens totale poengsum. I denne oppgaven betraktes kun oppfyling av minstekrav i kategori ENE - 1 – Energieffektivitet.

Opgavens hypotese om at *Oppnåelse av en av de to høyeste BREEAM-rangeringene medfører høyere kost enn nytte* kan delvis avkreftes. Med bakgrunn i den begrensede BREEAM vurderingen som gjennomføres i oppgaven kan ingen generelle konklusjoner trekkes. Ser man isolert på ENE – 1 vil en oppnåelse av de to høyeste BREEAM-rangeringene *utmerket og fremragende* kreve maks tillat energiforbruk på linje med energikarakter B. Tiltakene som må gjennomføres for å oppnå tilstrekkelig energireduksjon slik at BREEAM-poengkravene oppnås, bidrar med positiv nåverdi for tiltakenes livsløp. Isolert for kategori ENE – 1 i prosjekt Rådhuskvartalet kan dermed konklusjonen trekkes at hypotesen er avkreftet. Hypotesens validitet hva gjelder den totale BREEAM vurderingen for bygningen har jeg ikke datagrunnlag nok til å konkludere på.

5.5 Drøfting av kost/nytte - analyse

Hvis ren bedriftsøkonomisk vurdering av energitiltak ikke er gjeldende, gjenstår samfunnsøkonomisk vurdering. Det er ventet at en offentlig prosjekteier skal ta større hensyn til samfunnsøkonomiske vurderinger, enn en privat utbygger. Statlige og offentlige føringer og reguleringer benyttes for å redusere energiforbruk, sikre bygninger av god kvalitet, og for etterfølgelse av gjeldende lover. Med bakgrunn i politisk uttalte målsetninger om redusert energiforbruk i bygningsmassen, er det forventet at statlige og offentlige prosjekteiere skal ha høy grad av prioritet for å oppfylle, eller overoppfylle nevnte krav og kriterier. Kost/nytte analyse av innføring av energitiltak i nybygget – prosjekt rådhuskvartalet viser både positiv og negativ kost/nytte for bedriftsøkonomisk- og samfunnsøkonomisk lønnsomhet.

Implementering av energialternativ 2 i kombinasjon med lavenergistandard resulterer i lavest energiforbruk. Energiløsningen oppnår energikarakter A, BREEAM – vurderingen *fremragende* og gir en positiv nåverdi for installasjonens livsløp ved energipris lik 1 kr/kWh. Energialternativ 1 i kombinasjon med lavenergistandard oppnår energikarakter B, BREEAM – vurderingen *fremragende* og positiv nåverdi for installasjonens livsløp ved energipris lik 1 kr/kWh. Alternativ 1 har lavere investeringskostnader, litt høyere energiforbruk, men vesentlig høyere nåverdi for energiløsningen med energipris lik 1 kr/kWh enn alternativ 2. Et vedtatt mål for prosjekt Rådhuskvartalet er oppnåelse av energimerke A. Vektlegging av prioriteringsområder for prosjektet tilsier høy grad av prioritet for å oppnå høyest mulig energivurderingen. Prosjektet har ambisjon om å *være en foregangskommune når det gjelder fornybar energi og energieffektivisering*. Valg av alternativ 2 medfører høyere kostnader, lavere nåverdi av installasjonen, men styrker kommunens ambisjon om å være en foregangskommune. Prosjektet skal søkes opptatt til Fremtidens byer. Et nybygg med energikarakter A istedenfor energikarakter B øker grad av forbilledlig eksempel. En avveining av prosjekteier i form av hvor høyt oppnåelsen av energikarakter A er verd må gjennomføres for å kunne konkludere. Med energipris lik 1 kr/kWh er differansen mellom de to alternativene 4,2 millioner kroner. Bedriftsøkonomisk vurdering av situasjonen betinger valg av alternativ 1 grunnet lavere investeringskostnader og høyere lønnsomhet. Er oppnåelsen av

energikarakter A, muligheten for å være en foregangskommune innen energieffektivitet og oppnåelsen av et godt rykte verd 4,2 millioner kroner?

6 KONKLUSJON

Statistikk viser at byggebransjen i Norge i dag står for ca 40 % av Norges totale (Bjørberg, Larsen, & Øiseth, 2007, s. 4):

- Energiforbruk
- Avfall
- Forurensing

Det er et politisk uttalt mål å redusere energiforbruket i landets bygningsmasse.

For enkeltbygg finner 90 % av miljøbelastningene sted i bruksfasen. De resterende 10 % skyldes prosesser fra prosjektstart til ferdigstillelse av bygningen. Bygninger må planlegges og prosjekteres med tanke på energieffektiv brukstid. Miljøbelastningen kan reduseres ved blant annet følgende tiltak:

- Reduksjon av energiforbruket
- Tilrettelegge for størst mulig grad av passiv oppvarming og kjøling
- Bygge bygninger med stor grad av tilpasningsdyktighet
- Investere i løsninger og utstyr som er driftsikkert, driftseffektivt og med lang levetid
- Benytte materialer som kan gjenvinnes eller gjenbrukes

Statlige virkemidler benyttes for å stimulere til økt energireduksjon, deriblant TEK 10, Enova - støtteordninger og Energimerkeordningen.

Denne oppgaven har undersøkt kost/nytte ved overoppfylling av forskriftsmessige energikrav - TEK 10, for prosjekt Rådhuskvartalet. Alternative energiløsninger er blitt analysert med tanke på bedrifts- og samfunnsøkonomisk lønnsomhet. Energirangeringsverktøyene BREEAM og Energimerkeordningen er benyttet som referansepunkt, og energiløsninger er vurdert opp mot kriterier stilt i verktøyene. I oppgaven defineres kost som: *energiforbruk, energikostnader og levetidskostnader med alternativene fjernvarme, energibrønn + fjernvarme, og kostnader for implementering av lavenergistandard (belysning og utstyr).*

Nytte defineres som: *Oppfyllelse av forskrift, energimerke, BREEAM, redusert energiforbruk og samfunns- og bedriftsøkonomisk lønnsomhet*. Det bedriftsøkonomiske aspektet omfatter positiv levetidskostnad for alternative energiløsninger. Det samfunnsøkonomiske aspektet omfatter høy energimerking, høy klassifisering i BREEAM, oppmerksomhet innen Fremtidens byer, og økt effektivitet for bygningen i form av redusert sykefravær og redusert tidssløsing ved samlokalisering innen ett bygg. Positiv kost/nytte-verdi er hvor nytte er større enn kost over energialternativets livsløp.

Alternative energiløsninger utredet i oppgaven er:

1. Elektrisitet og fjernvarme
2. Energibrønn og fjernvarme
- 3a. Implementering av lavenergistandard – uten Enova-støtte
- 3b. Implementering av lavenergistandard – med Enova-støtte

På bakgrunn av kost/nytte analysene har denne rapporten prøvd å besvare følgende problemstillinger:

- Fører introduksjon av energi- og miljøtiltak til god økonomi for prosjekteier og/eller for samfunnet? Ved analyse av måloppnåelse hvilke kriterier legger man til grunn (inntekt/kostnad, ry, erfaring, kunnskap, demonstrasjon, osv)
- Vil overoppfylning av regelverk og krav i form av ekstra miljøtiltak lønne seg for utbygger?

Utredningene i oppgaven viser at introduksjon av energi- og miljøtiltak i prosjekt Rådhuskvartalet medfører god økonomi for både prosjekteier og samfunnet. Energiløsningene medfører positiv nåverdi over installasjonens livsløp, og reduserer også det totale energiforbruket i Norge. Oppnåelse av god energikarakter framstår også som et foregangseksempel for andre kommuner og private utbyggere. I kapittel 5, drøftes alternative energiløsninger mot hverandre med tanke på samfunnsøkonomisk lønnsomhet. Valg av energiløsning 2 medfører høyere kostnader, lavere nåverdi, men økt oppnåelse av energirelaterte mål. En beslutning på hvilken energiløsning som skal velges for prosjektet

basert på samfunnsøkonomiske vurderinger må prosjekteier utføre. Økt samfunnsøkonomisk nytte ved valg av energiløsning 2 kan vanskelig måles i kroner.

Innføring av energi- og miljøtiltak i prosjekter fører til god økonomi for prosjekteier og/eller samfunnet kan vanskelig vurderes på generelt grunnlag. Prosjekter og energiløsninger er for ulike til at en generell slutning kan trekkes. For prosjekt Rådhuskvartalet kan det konkluderes med at introduksjon av energi- og miljøtiltak fører til god økonomi for prosjekteier og samfunnet.

I prosjekt Rådhuskvartalet har overoppfylling av energikrav vist seg lønnsomt for utbygger. Valg av alternativ 1 vil medføre energikarakter B, redusere energiforbruket med 469 000 kWh/årlig, og gi en positiv nåverdi for alternativet på 4,35 millioner kroner. Implementeres lavenergistandard for energialternativet oppnås ikke energikarakter A, men energiforbruket reduseres tilstrekkelig til at løsningen resulterer i positiv nåverdi. Konklusjonen for problemstilling 2 er at overoppfylling av regelverk og krav i form av ekstra miljøtiltak er lønnsomt for utbygger. Konklusjon på generelt grunnlag kan ikke trekkes grunnet unike prosjekter og energiløsninger.

Hypoteser utarbeidet basert på problemstillinger er drøftet og analysert i kapittel 6.

Anbefaling for prosjekteier og prosjektgruppen basert på rapportens beregninger er valg av energialternativ 1 med implementering av lavenergistandard, såfremt Enova-støtte innvilges.

Usikkerheten i datamaterialet benyttet i rapporten gjør at beregninger har en viss grad av usikkerhet, noe som kan medføre feilaktig trukne konklusjoner.

6.1 Oppfølgende forskningsarbeid

Videre forskning innen feltet kan med fordel forsøke å undersøke følgende hypoteser:

- Strengt fastsatte rammebetingelser innen energi for et prosjekt medfører suboptimale løsninger og er kostnadsdrivende.
- Fokus på oppnåelse av BREEAM kriterier har større energieffekt, miljøeffekt, og økonomisk gunstighet enn fokus på energimerkeklassifisering.
- Involvering av eksperter i tidligfase gir lavere total kostnader for prosjekter med høye ambisjoner for energimerking.

BIBLIOGRAFI

- Arendal Kommune. (2010, 1 21). *Arendal Kommune*. Hentet 5 20, 2011 fra Eureka Eiendomsselskap AS: <https://www.arendal.kommune.no/Om-kommunen/Prosjekter/Sorlandet-kunnskapshavn/Eureka-Eiendomsselskap-AS/>
- Avfall Sør. (2009). *Avfall Sør*. Hentet 4 16, 2011 fra Om avfall Sør: <http://www.avfallsor.no/Article.aspx?m=30&amid=42>
- Bjørberg, S., Larsen, A., & Øiseth, H. (2007, 3). *Statens Bygningstekniske etat, KOBE - Kompetanse for bedre eiendomsforvaltning*. Hentet 3 6, 2011 fra RIF - Organisasjon for rådgivere: http://kobe.be.no/kobedokumenter/koberapporter/Livssyklus-kostnader_rev_KoBE-07.pdf
- BREEAM. (2009). *BREEAM Europe Commercial 2009 Assessormanual*. BES 5066: ISSUE 1.0.
- Bulukin, K. C. (2005, 4). *Norges Handelshøyskole*. Hentet 4 23, 2011 fra Lederlegitimitet - en eksplorativ studie: http://bora.nhh.no/bitstream/2330/143/1/R15_05.pdf
- Byggherren i fokus. (2005). *Byggherren i fokus*. Hentet 3 17, 2011 fra Oppslagsverk: <http://www.promsys.no/byggherren/pdf/beskrivelse.pdf>
- Direktoratet for forvaltning og IKT. ((a) 2010, 10 29). *Bygg, anlegg og eiendom*. Hentet 03 01, 2011 fra Byggeprosess: <http://www.anskaffelser.no/art/bygg-anlegg-eiendom>
- Dokka, T. H., Klinski, M., Haase, M., & Mysen, M. (2009, 10). *Sintef Byggforsk*. Hentet 4 6, 2011 fra Kriterier for passivhus- og lavenergibygg - Yrkesbygg: <http://naring.enova.no/file2.axd?fileID=9b68f0fb-4c65-4398-9da9-935f335a9060>
- Døvik, O. T. (2010). *Returkraft*. Hentet 5 4, 2011 fra Velkommen: <http://www.returkraft.no/>
- ENOVA (a). (u.d.). *ENOVA*. Hentet 2 1, 2011 fra Hva er U-verdi?: <http://www.enovaanbefaler.no/sitepageview.aspx?sitePageID=2042&gclid=CImd8vXS7qYCFYOIDgodbr3oCQ>
- Enova (b). (2010, 4). *Enova*. Hentet 4 13, 2011 fra Tilskuddsordningen for husholdningene: http://hjemme.enova.no/sitepageview.aspx?articleID=3895&gclid=CPiKua_QqKgCFYeVzAoduAvHHw

Enova (c). (2011, 3 1). *Enova*. Hentet 4 13, 2011 fra Program energibruk - Industri: <http://naring.enova.no/sitepageview.aspx?articleID=4176>

Entreprenørforeningen - Bygg og Anlegg. (2008, 4). *Entreprenørforeningen - Bygg og Anlegg*. Hentet 3 22, 2011 fra Veileder om partnering: http://www.ebanett.no/getfile.php/EBA_partnering_lores.pdf

Holtebekk, T. (u.d.). *Store Norske Leksikon*. Hentet 4 6, 2011 fra Watt: <http://www.snl.no/watt>

Isachsen, O. K. (2009, 9 3). *Energimerking*. Hentet 1 26, 2011 fra Energimerking av bygninger: http://energimerking.no/Global/energimerking/Dokumenter/Energimerking_030909.pdf

Isaksen (a), A. (2011, 1 4). *Uia Fronter*. Hentet 1 04, 2011 fra Bruk av teori i masteroppgaven: [https://fronter.com/uia/links/files.phtml/4db6a0fa53d63.712786592\\$172262505\\$/Fagstoff/Metodeseminar/Forelesning++Arne+0401+Teori.ppt](https://fronter.com/uia/links/files.phtml/4db6a0fa53d63.712786592$172262505$/Fagstoff/Metodeseminar/Forelesning++Arne+0401+Teori.ppt)

Isaksen (b), A. (2011, 4 1). *Uia Fronter*. Hentet 1 10, 2011 fra Forskningsdesign kvalitativ/intensiv metode: [https://fronter.com/uia/links/files.phtml/4db6a0fa53d63.712786592\\$172262505\\$/Fagstoff/Metodeseminar/Forelesning+Arne+0401+Kvalitativ+metode.ppt](https://fronter.com/uia/links/files.phtml/4db6a0fa53d63.712786592$172262505$/Fagstoff/Metodeseminar/Forelesning+Arne+0401+Kvalitativ+metode.ppt)

Isene, H. T. (2008). *Kostnadseffekten av de nye energikravene i tekniske forskrifter på leilighetsbygg - Masteroppgave i industriell økonomi og informasjonsledelse*. Grimstad: Universitetet i Agder.

Karlsen, J. T., & Gottschalk, P. (2008). *Prosjektledelse - Fra initiering til gevinstrealisering*. Oslo: Universitetsforlaget.

Kommunal- og regionaldepartementet, Bolig- og bygningsavd. (2011, 1 20). *Lovdata*. Hentet 3 4, 2011 fra Forskrift om tekniske krav til byggver(Byggteknisk forskrift): <http://www.lovdata.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-20100326-0489.html>

KRDS arbeidsgruppe. (2010, 8 16). *Regjeringen*. Hentet 4 6, 2011 fra Kommunal- og Regionaldepartementet: http://www.regjeringen.no/upload/KRD/Vedlegg/BOBY/rapporter/energieffektivisering_av_bygg_rapport_2010.pdf

Kristiansand Eiendom. (2010, 12 17). *Kristiansand Kommune*. Hentet 2 4, 2011 fra Forprosjekt Rådhuskvartalet:
[http://www.kristiansand.kommune.no/PageFiles/23182/Forprosjektrapport%20til%20KS_050111_\(0\).pdf?](http://www.kristiansand.kommune.no/PageFiles/23182/Forprosjektrapport%20til%20KS_050111_(0).pdf?)

Kristiansand Kommune. (2010, 1). *Kristiansand Kommune*. Hentet 4 23, 2011 fra Rådhuskvartalet på nett - informasjon jan 2010:
http://kristiansand.kommune.no/Documents/_Teknisk/KE/Byggeprosjekter/R%c3%a5dhuskvartalet%20p%c3%a5%20nett%20-%20informasjon%20jan%202010.doc

Lilli, M., & Støle, F. (2009, 27 10). *Kluge*. Hentet 4 28, 2011 fra Hovedprinsipper for tariffing av fjernvarme: http://www.kluge.no/arch/_img/9090033.pdf

Lundequist, J. (1995). *Design och produktutveckling - Metoder og begrepp*. Stockholm: Studentlitteratur.

Meland, Ø. H. (2002). Prosjekteringsledelse i byggeprosessen - Suksesspåvirker eller andres alibi for fiasko. I Ø. H. Meland, *Prosjekteringsledelse* (ss. 48-49). Trondheim: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Fakultet for bygg- og miljøteknikk, Insitutt for bygg- og anleggsteknikk.

Meland, Ø. H. ((a) 2010). *UIA -Fronter*. Hentet 2 15, 2011 fra Prosjektledelse og styring - Oppsummering:
[https://fronter.com/uia/links/files.phtml/204138428\\$305734933\\$/Fagstoff/Prosjektstyring/Fo14+Oppsummering_H2010.pdf](https://fronter.com/uia/links/files.phtml/204138428$305734933$/Fagstoff/Prosjektstyring/Fo14+Oppsummering_H2010.pdf)

Meland, Ø. H. ((c) 2010). *UIA Fronter*. Hentet 4 17, 2011 fra Styringsløyfa mål og rammer:
[https://fronter.com/uia/links/files.phtml/204138428\\$305734933\\$/Fagstoff/Prosjektstyring/Fo2_Styringsssl_percent_F8yfa__M_percent_E5l_og_Rammer_H2010.pdf](https://fronter.com/uia/links/files.phtml/204138428$305734933$/Fagstoff/Prosjektstyring/Fo2_Styringsssl_percent_F8yfa__M_percent_E5l_og_Rammer_H2010.pdf)

Miljøverndepartementet. (2010, 6 25). *Lov om planlegging og byggesaksbehandling(plan- og bygningsloven)*. Hentet 3 1, 2011 fra Lovdata: http://lovdata.no/cgi-wift/wiftldles?doc=/app/gratis/www/docroot/all/nl-20080627-071.html&emne=byggningslov*&&

Ness, H., & Haugland, S. A. (2001). *Verdikjedeorganiserg og kjedemakt i norsk dagligvarehandel*. Bergen: Stiftelsen for Samfunns- og Næringslivsforskning.

Norconsult. (u.d.). *Norconsult*. Hentet 5 2, 2011 fra ISY Calculus: <http://www.nois.no/?aid=9088857>

Norsk Standard. (u.d.). *Standard*. Hentet 3 23, 2011 fra Norsk standard: <http://www.standard.no/no/Standardisering/Norsk-standard/>

Norsk standard, NS 3031. (2007, 10 15). *Standard*. Hentet 3 20, 2011 fra NS 3031:2007 Beregning av bygningers energiytelse - Metode og data: <http://www.standard.no/no/Sok-og-kjop/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductId=283488>

Norsk Standard, NS 3454. (2000, 3). *Standard*. Hentet 3 14, 2011 fra Livssyklus kostnader for byggverk - Prinsipper og struktur: <http://www.standard.no/en/Search-and-buy/ProductCatalog/ProductPresentation/?ProductID=133811>

Norsk standard, NS 3700. (2010, 4). *Standard*. Hentet 3 24, 2011 fra Ns 3700 - Kriterier for passivhus og lavenergihus boligbygninger: <http://www.standard.no/passivhus>

Norwegian Green Building Council. (2011, 5 19). *Norwegian Green Building Council*. Hentet 5 25, 2011 fra Første presentasjon av BREEAM-NOR 19.5: http://www.ngbc.no/sites/default/files/medlemsmote_ngbc_19.5.pdf

NVE (b). (2010, 7 15). *Energimerking*. Hentet 4 25, 2011 fra Beregning av energikarakteren: <http://energimerking.no/no/Energimerking-Bbygg/Om-energimerkesystemet-og-regelverket/Beregning-av-karakter/>

NVE. (2010, 6). *Energimerking*. Hentet 1 25, 2011 fra Redaktør Arne Sjølland: http://energimerking.no/PageFiles/8279/Nyhetsbrev_yrkesbygg_juli10.pdf

Olje- og energidepartementet. (2010, 7 1). *Lovdata*. Hentet 4 28, 2011 fra Lov om produksjon, omforming, overføring, omsetning, fordeling og bruk av energi m.m. (energiloven): <http://www.lovdata.no/all/hl-19900629-050.html#5-5>

Programbyggerne. (u.d.). *Programbyggerne*. Hentet 5 2, 2011 fra Simien: <http://www.programbyggerne.no/>

Regjeringen. (2008). *Regjeringen*. Hentet 4 4, 2011 fra Framtidens byer: <http://www.regjeringen.no/nb/sub/framtidensbyer/om-framtidens-byer.html?id=548028>

Returkraft. (2010, 1 1). *Returkraft*. Hentet 4 16, 2011 fra Eiere: <http://returkraft.no/om-oss/eiere>

Samset, K. (2007). Generelt om prosjekter og utfordringer i tidligfasen. I K. J. Sunnevåg(red.), *Beslutninger på svakt informasjonsgrunnlag - Tilnærminger og utfordringer i prosjekters tidlige fase* (ss. 9-10). Trondheim: Concept research programme - NTNU.

Statens Bygningstekniske etat (a). (u.d.). *Statens Bygningstekniske etat*. Hentet 1 30, 2011 fra <http://www.be.no/beweb/info/energikurs07/Energi-veilederkurs/Foredrag/02NyeEnergikrav.pdf>

Statens bygningstekniske etat (b). (2010, 5 21). *Statens bygningstekniske etat*. Hentet 1 25, 2011 fra Nye byggeregler - hva så: <http://www.be.no/beweb/info/pressem/100521nyeregler.html>

Statens bygningstekniske etat (c). (2002). *Statens bygningstekniske etat*. Hentet 2 7, 2011 fra Kapittel 1 - Bakgrunn og målsetting: <http://www.be.no/beweb/info/andre/bokbyggereglene/kap1bakgrunn.html>

Statens bygningstekniske etat (d). (2009, 5 8). *Lovdata*. Hentet 3 13, 2011 fra Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven): <http://www.lovdato.no/all/tl-20080627-071-002.html>

Statens bygningstekniske etat (e). (2011, 2). *Statens bygningstekniske etat*. Hentet 4 7, 2011 fra Veiledning om tekniske krav til byggverk: <http://byggeregler.be.no/dxp/content/tekniskekrav/kap-01/1/>

Sørensen, P. S. (2011, 3 15). *Kristiansand Kommune*. Hentet 5 1, 2011 fra Møteinnkalling til kommuneutvalget: http://pa.kristiansand.kommune.no/politiske_filer/2011%5CKOMMUN%5C2011026299-927281.pdf

7 VEDLEGG

Dette kapitlet inneholder eksempler på beregninger, inndata for beregninger og resultater av beregningene.

7.1 Vedlegg 1: Prosjektskisse

Prosjektskisse Marius Arion Nilsen vår 2011 (12.1.11)

Formål (Kort sammenfatning)

Analysere kost/nytte effekt av innføring av miljøtiltak i byggeprosjekt, eksemplifisert gjennom restaureringen av rådhuskvartalet i Kristiansand, sett fra bedriftsøkonomisk og samfunnsøkonomisk perspektiv. Vurdere og analysere oppnåelse av forskriftsmessige krav for energi og miljø, samt kostnad og nytte av miljømålsetninger høyere enn forskriftskrav tilsier. Analyse av mål og måloppnåelse for de forskjellige tiltakene vurderes ut fra forventet eller opplevd effekt av tiltaket, og merkostnaden knyttet til det.

Forskerspørsmål (=problemstillinger) (presise, men foreløpige)

- Fører introduksjon av energi- og miljøtiltak til god økonomi for prosjekteier og/eller for samfunnet? Ved analyse av måloppnåelse hvilke kriterier legger man til grunn (inntekt/kostnad, ry, erfaring, kunnskap, demonstrasjon, osv)
- Vil overoppfylling av regelverk og krav i form av ekstra miljøtiltak lønne seg i sett fra oppnådd resultat kontra ekstrakostnader?
- Er incentivene fra myndighetene målrettede og tiltaksfremmende? Oppnås målsetningen om å fremme miljø og energitiltak?

Teoretisk forankring

Prosjekt Rådhuskvartalet – Rom og funksjonsprogram del 1(ROF 1)

TEK-10, Forskrifter og anbefaling ifm Energimerking.

Energimelding

Prosjektledelse – Målsetting og måloppnåelse

Teori: Diverse, kommer senere.

Metode for datainnsamling (kvalitativ og/eller kvantitativ)

Tenkt metode er både kvalitativ og kvantitativ.

Kvalitative metoder er tenkt bruk i forbindelse med utforskning av insitamenter for igangsettelse av miljøtiltak hos ledere i bedriften, samt regulerende myndigheter. I tillegg kan kvalitativ metode benyttes hvis erfaren bedrift/personell fra lignende prosjekter eller tiltak finnes, og sier seg villig til å dele informasjon og erfaring.

Kvantitativ metode er tenkt brukt i størst grad i forbindelse med vurdering av måloppnåelse. Spørreskjema, statistikk innhenting, samt beregninger planlegges benyttet til analysen.

For å oppnå mer dyptgående kunnskap om rådhuskvartalet hadde det vært gunstig å ha samtale/intervju med byggeleder, prosjektleder eller annen kunnskapsrik person.

Metode vil bli endelig avklart med bedrift og veileder.

Teknikk for analyse og drøfting av data

Bruk av både kvalitativ og kvantitativ dataanalyse avhengig av temaet.

Noe av informasjonen er ikke direkte teoretisk tilgjengelig, og må dermed etableres i løpet av oppgaven. Analyseform må bestemmes underveis.

Drøfting gjøres på bakgrunn av innsamlede data, tilgjengelig teori og fagkunnskap fra nøkkelpersonell.

Grov tidsplan for gjennomføring av masteroppgaven

| Tema | Ferdig skrevet | Antall sider |
|---|----------------|------------------|
| Prosjektskisse | Uke 2 | 3 |
| Ferdig avklart oppgave og valgt besvarelsesmetode | Uke 3 | |
| Forberede datainnsamling | Uke 4 | |
| Starte innsamling av data | Uke 5 | |
| Skrive første del av teori | Uke 6 | 10 |
| Skrive foreløpig utkast teori | Uke 8 | 20 totalt |

| | | |
|---|---------------|------------------------|
| Analysere data med utgangspunkt i teori | Uke 10 | 5 totalt |
| Skrive empiridel med utgangspunkt i teori og innsamlede data | Uke 14 | 30 sider |
| Skrive metodedel | Uke 16 | 5 sider |
| Gjøre ferdig foreløpig utkast av oppgave | Uke 17 | Totalt 70 sider |
| Skrive innledning, sammendrag og konklusjoner | Uke 19 | Totalt 80 sider |
| Foreberede presentasjon og levere inn oppg | Uke 20 | |

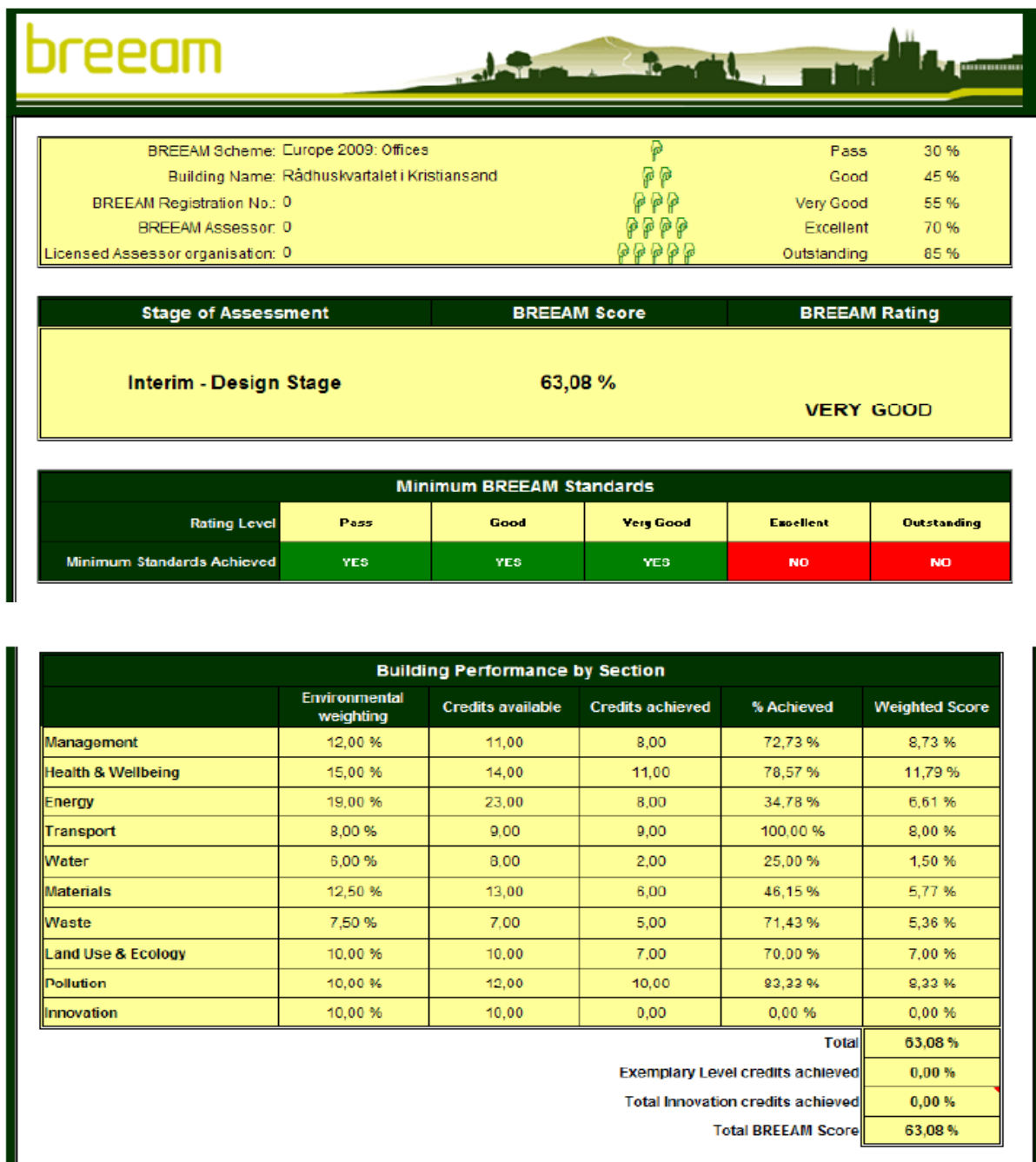
Milepæler merket med fet skrift.

Samarbeid med bedrift (hvordan skal samarbeidet foregå?)

I første rekke må prosjektskisse avklares og godkjennes, bedriftens og veileders innspill må tas med, og sammen klargjøres oppgaven.

7.2 Vedlegg 2: Midlertidig BREEAM rangering prosjekt Rådhuskvartalet på forprosjektstadiet

Vedlegget viser midlertidig vurdering av nybygg og Fevenn bygg. Bygningene oppnår 63 % og dermed rangeringen *svært god*. Få poeng gjenstår for å oppnå klassifiseringen utmerket.



7.3 Vedlegg 3: BREEAM Kapittel 6 Energi – Prosjekt Rådhuskvartalet

Kapittel 6 Energi med underkategorier vises med krav for poeng, maks poeng, minstekrav for totalvurdering, og ansvarlig part for feltet.

Ansvarlig part:

RIV: Lazlo Balas, Rambøll Norge AS

RIE: Guttorm Martinsen, Rambøll Norge AS

| Post | TEMA | KRAV | MAKS POENG | MINSTEKRAV | ANSVARLIG PART |
|------|--|--|------------|--|----------------|
| Ene1 | Energieffektivitet | <p>Opp til femten poeng forutsatt at dokumentasjon viser en forbedring i energiytelse i bygninger og tjenester basert på en prosentvis forbedring i utlignet design. Utregnet fra Energy Performance Index (Bepi) fra gjeldende standarder fra Energy Performance Index (CSBEPI), som definerer den lokale energi prestasjon sertifikat</p> <p>Eller</p> <p>Opptil femten poeng der det ikke finnes metodiske nasjonale energiberegninger, men forutsatt at dokumentasjon viser en forbedring i energieffektiviteten i bygget og tjenester ved bruk av en anerkjent energi dynamisk simulasjonsmodellering (DSM) programvare</p> <p>Eller</p> <p>Opptil ti poeng der det ikke finnes metodiske nasjonale energiberegninger, men forutsatt at dokumentasjon viser en forbedring i energieffektiviteten i bygget og tjenester ved hjelp av sjekklister A7 og at bygningen oppnår lavere driftsrelaterede CO2-utslipp.</p> | 15 | Bestått - Svært God -0 Utmerket - 6 Fremragende - 10 | Riv |
| Ene2 | Måling av energiforbruk i bygget | Et poeng forutsatt at dokumentasjon viser måling av energibruken i bygningen. | 1 | Bestått - 0 Svært God- Fremragende - 1 | Riv |
| Ene3 | Måling av energiforbruk hos leietaker | Et poeng forutsatt at dokumentasjon for at en måling av energiforbruket i leieforholdet / bygningsfunksjonene er installert i bygningen. | 1 | | Riv |
| Ene4 | Ekstern belysning | Et poeng forutsatt at det er oppgitt dokumentasjon om hvor energieffektiv den eksterne belysning er, og at alle lys er dagslyskontrollert. | 1 | | Rie |
| Ene5 | Klimaeffektiv energikilde | <p>Et poeng forutsatt at dokumentasjon viser at en mulighetsstudie med tanke på lokale (på stedet og / eller i nærheten av stedet) lav eller null karbon (LZC) teknologier er utført og resultatene implementert.</p> <p>To poeng forutsatt at dokumentasjon viser at det første poenget har blitt oppnådd, og at det er 10% reduksjon i bygningens CO2-utslipp som følge av installasjon av en lokal LZC-teknologi.</p> <p>Tre poeng forutsatt at dokumentasjon viser at det første poenget har blitt oppnådd, og det er en 15% reduksjon i bygningens CO2-utslipp som følge av installasjon av en lokal LZC-teknologi.</p> <p>Eller alternativt: Maksimalt et poeng forutsatt at dokumentasjon viser at en kontrakt med en leverandør av energi er på plass for å gi tilstrekkelig strøm innenfor den vurderte bygningen/utbyggingen for å møte de ovennevnte kriteriene fra en 100% fornybar energikilde. (Merk: en standard Grønn Tariff overholder ikke kravet)</p> | 3 | Bestått - 0 Utmerket - Fremragende - 1 | Riv |
| Ene8 | Heiser | Opp til to poeng er tilgjengelig forutsatt at dokumentasjon for installering av energieffektive heiser. | 2 | | Rie |
| Ene9 | Rulletrapper og gangveier | Et poeng forutsatt at dokumentasjon viser at rulletrapper reduserer driften når den ikke er i bruk. | 1 | | Rie |

7.4 Vedlegg 4: Inndata beregning nybygg (el og fjernvarme)

Vedlegget viser inndata for beregning av årsforbruk, energimerke og evaluering mot TEK 10 med fjernvarme som energiløsning.

Simien inneholder store mengder standard verdier og ferdigutfylte bygningsdeler. Bygningsdeler som har blitt endret, og konkrete data for prosjekt Råduskvartalet er beregnet og plottet inn av siv.ing. Laszlo Balas ved Rambøll Kristiansand.

Energikilder i beregningen er elektrisitet og fjernvarme.

Inndata prosjektdata og bygningskategori

<< Forrige side**Prosjektdata og bygningskategori**Neste side >>

Navn bygning/sone

Simuleringene er utført av:

Bygningskategori

Kontorbygg

Bygningskategorien brukes ved evaluering mot forskrifter (TEK07/10). For bygninger som faller under flere kategorier (f.eks. forretninger og leiligheter) må bygningen deles opp og beregnes hver for seg. Hver enkelt del må tilfredsstillende byggeforskriftene.

Valg av bygningskategori påvirker også standardverdiene for en rekke inndata. Disse standardverdiene er hentet fra tillegg A og B i NS 3031:2007

| | |
|---|----------|
| Effekt belysning [W/m ²]: | 8,00 |
| Effekt utstyr [W/m ²]: | 11,0 |
| Ventilasjon [m ³ /m ² h]: | 10,0/3,0 |
| Effekt tappevann [W/m ²]: | 0,8 |
| Varmeavg. personer [W/m ²]: | 4,0 |
| Romtemperatur [°C]: | 21/19 |
| Driftstid intermlaster: | 12/5/52 |
| Arbeidstid personer: | 12/5/52 |
| Driftstid ventilasjon: | 12/5/52 |

Antall boenheter: For å fastsette minste tillatte luftmengder i boliger og boligblokker må antall boenheter oppgis slik at midlere bruksareal pr enhet kan beregnes.

Inndata for rom/soner energikilder

| El. | Olje | Gass | Fjernvarme | Biobrensel | Varmpumpe | Sol | Annen | Kommentar |
|---|------------------------------------|---|----------------------------------|------------|-----------|-----|-------|-----------|
| Data for energikilde | | | | | | | | |
| Systemvirkningsgrad oppvarming: | <input type="text" value="0,88"/> | <input type="button" value="Typiske systemvirkningsgrader..."/> | | | | | | |
| Systemeffektfaktor kjøling: | <input type="text" value="2,50"/> | <input type="button" value="Typiske systemeffektfactorer..."/> | | | | | | |
| Energipris [kr/kWh]: | <input type="text" value="0,75"/> | | | | | | | |
| CO2-utslipp [g/kWh]: | <input type="text" value="231"/> | | | | | | | |
| Dekningsprosent av årlig energibehov | | | | | | | | |
| Romoppvarming [%]: | <input type="text" value="100,0"/> | Total dekningsgrad romoppv. [%]: | <input type="text" value="100"/> | | | | | |
| Oppvarming av tappevann [%]: | <input type="text" value="100,0"/> | Total dekningsgrad tappevann [%]: | <input type="text" value="100"/> | | | | | |
| Varmebatterier ventilasjon [%]: | <input type="text" value="100,0"/> | Total dekningsgrad varmebatterier [%]: | <input type="text" value="100"/> | | | | | |
| Kjølebatterier ventilasjon [%]: | <input type="text" value="0,0"/> | Total dekningsgrad kjølebatterier [%]: | <input type="text" value="100"/> | | | | | |
| Lokal kjøling (romkjøling) [%]: | <input type="text" value="0,0"/> | Total dekningsgrad romkjøling [%]: | <input type="text" value="100"/> | | | | | |
| El. spesifikk energibehov* [%]: | <input type="text" value="0,0"/> | Total dekningsgrad el. spesifikt [%]: | <input type="text" value="100"/> | | | | | |
| * Under el. spesifikt energibehov regnes energibruk til belysning, utstyr, vifter og pumper | | | | | | | | |
| * For el. spesifikt energibehov brukes systemvirkningsgrad oppvarming. | | | | | | | | |

Inndata for rom/sone infiltrasjonsverdier

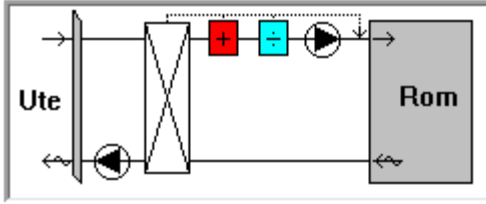
| | |
|---|--|
| Navn Nybygg | Størrelse Oppvarmet gulvareal [m ²]: 8616,0 Oppvarmet luftvolum [m ³]: 27000 |
| Alle soner må gis et navn før du kan simulere | |

| | | | | |
|---|-----------------|--|------------|-----------|
| Infiltrasjon | Møbler/interiør | Driftsdager | Kuldebroer | Kommentar |
| Luftskifte ved 50Pa Lekkasjetall (N50) [1/h]: 1,50 Lekkasjetallet angir antall luftskifter med en trykkforskjell på 50 Pa over klimaskjemen. | | Luftskifte ved normaltilstand Infiltrasjon [oms/h]: 0,06 Infiltrasjonen beregnes ut fra lekkasjetall, skjermingsklasse og fasadesituasjon. Avtrekksventilasjon og ubalanserte luftmengder vil også påvirke infiltrasjonen. | | |
| Skjermingsklasse <input type="radio"/> Ingen skjerming; bygninger i åpent landskap, høyblokker i bysentre <input type="radio"/> Moderat skjerming; bygninger på landet med trær eller andre bygninger rundt, forsteder <input checked="" type="radio"/> Høy skjerming; bygninger av middels høyde i bysentre, bygninger i skogsområder | | | | |
| Fasadesituasjon <input type="radio"/> En vindutsatt fasade <input checked="" type="radio"/> Mer enn en vindutsatt fasade | | ! Ved evaluering mot forskrifter og energimerking brukes alltid moderat skjerming og mer enn en vindutsatt fasade. | | |

Inndata for ventilasjon med variable luftmengder

| Navn <input type="text" value="VAV"/> | | Luftmengde reguleres for å: | | | |
|--|--------------------|--|-----------------------------------|-------------|-------------------------|
| | | <input checked="" type="checkbox"/> Holde CO2-nivået under [PPM]: | <input type="text" value="800"/> | | |
| | | <input checked="" type="checkbox"/> Holde romlufttemp. under [°C]: | <input type="text" value="24,0"/> | | |
| Luftmengde | Tilluftstemperatur | Driftstid | Komponenter | Nattkjøling | Kommentar |
| Maks. luftmengde i driftstid [m ³ /hm ²]: | | <input type="text" value="11,40"/> | Luftmengde ved gitt gulvareal: | | 98222 m ³ /h |
| Min. luftmengde i driftstid [m ³ /hm ²]: | | <input type="text" value="7,00"/> | Luftmengde ved gitt gulvareal: | | 60312 m ³ /h |
| Luftmengde utenfor driftstid [m ³ /hm ²]: | | <input type="text" value="3,00"/> | Luftmengde ved gitt gulvareal: | | 25848 m ³ /h |
| Luftmengde helg/ferie [m ³ /hm ²]: | | <input type="text" value="3,00"/> | Luftmengde ved gitt gulvareal: | | 25848 m ³ /h |
| SFP-faktor vifter* [kW/m ³ /s]: | | <input type="text" value="2,00"/> | | | |
| <p>*Det er SFP-faktor ved maks. luftmengde som skal legges inn her</p> <p>For at programmet skal beregne realistiske luftmengder for VAV-anlegget bør bygningen deles opp i enkeltrom eller soner.</p> <p>Det er alternativt mulig å anslå en midlere luftmengde i driftstiden og legge denne inn i et CAV-element. NS 3031:2007 angir at VAV-anlegg med behovsstyring kan legges inn med 80% av dimensjonerende luftmengde.</p> | | | | | |

Komponenter VAV

| | | | | | |
|--|--------------------|--|-------------|-------------|-----------|
| -Navn VAV | | Luftmengde reguleres for å: <input checked="" type="checkbox"/> Holde CO2-nivået under [PPM]: 800 <input checked="" type="checkbox"/> Holde romlufttemp. under [°C]: 24,0 | | | |
| Luftmengde | Tilluftstemperatur | Driftstid | Komponenter | Nattkjøling | Kommentar |
| <input checked="" type="checkbox"/> Varmebatteri Maks. kapasitet [W/m ²]: 50,0 <input checked="" type="checkbox"/> Vannbårent varmebatteri Delta-T vannside [K]: 30,0 Sp. pumpeeffekt [kW/(l/s)]: 0,50 | |  | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Kjølebatteri Maks. kapasitet [W/m ²]: 80,0 <input checked="" type="checkbox"/> Vannbårent kjølebatteri Delta-T vannside [K]: 6,0 Sp. pumpeeffekt [kW/(l/s)]: 0,60 | | Plassering vifter Tilluftsvifte: <input type="checkbox"/> Etter varmegjenvinner Avtrekksvifte: <input type="checkbox"/> Etter varmegjenvinner | | | |
| <input type="checkbox"/> Varmegjenvinning av ventilasjonsluft medfører risiko for spredning av forurensning/smitte | | <input checked="" type="checkbox"/> Varmegjenvinner Temperaturvirkningsgrad: 0,83 <input checked="" type="checkbox"/> Frostsikringstemperatur [°C]: -10,0 <input type="checkbox"/> Hygroskopisk gjenvinner Fuktvirkningsgrad: 0,60 | | | |

7.5 Vedlegg 5: Inndata beregning nybygg i Simien (Energibrønn og fjernvarme)

Vedlegget viser inndata for beregning av årsforbruk, energimerke og evaluering mot TEK 10 med energibrønn (grunnlast) og fjernvarme (spisslast) som energiløsning. Energibrønn (varmepumpe) dekker 50 % av energibehov, fjernvarme dekker de resterende 50 %.

Simien inneholder store mengder standard verdier og ferdigutfylte bygningsdeler. Bygningsdeler som har blitt endret, og konkrete data for prosjekt Råduskvartalet er beregnet og plottet inn av siv.ing. Laszlo Balas ved Rambøll Kristiansand.

Energikilder i beregningen er elektrisitet, energibrønner og fjernvarme.

Kun inndata som avviker fra inndata i beregninger med fjernvarme som energiløsning (vedlegg 4) er inkludert, resterende inndata er identisk.

Inndata for rom/sone energikilder

Inndata for energikilder

[<< Forrige side](#) [Neste side >>](#)

Aktive energikilder

Elektrisitet Gass Varmepumpe Biobrensel
 Olje Fjernvarme Sol Annen:

| El. | Olje | Gass | Fjernvarme | Biobrensel | Varmepumpe | Sol | Annen | Kommentar |
|-----|------|------|------------|------------|------------|-----|-------|-----------|
|-----|------|------|------------|------------|------------|-----|-------|-----------|

Data for energikilde

Systemvirkningsgrad oppvarming: Typiske systemvirkningsgrader...

Systemeffektfaktor kjøling: Typiske systemeffektfactorer...

Energipris [kr/kWh]:

CO2-utslipp [g/kWh]:

Dekningsprosent av årlig energibehov

| | | | |
|---------------------------------|------------------------------------|--|-----|
| Romoppvarming [%]: | <input type="text" value="50,0"/> | Total dekningsgrad romoppv. [%]: | 100 |
| Oppvarming av tappevann [%]: | <input type="text" value="50,0"/> | Total dekningsgrad tappevann [%]: | 100 |
| Varmebatterier ventilasjon [%]: | <input type="text" value="50,0"/> | Total dekningsgrad varmbatterier [%]: | 100 |
| Kjølebatterier ventilasjon [%]: | <input type="text" value="100,0"/> | Total dekningsgrad kjølebatterier [%]: | 100 |
| Lokal kjøling (romkjøling) [%]: | <input type="text" value="0,0"/> | Total dekningsgrad romkjøling [%]: | 100 |
| El. spesifikk energibehov* [%]: | <input type="text" value="0,0"/> | Total dekningsgrad el. spesifikt [%]: | 100 |

* Under el. spesifikt energibehov regnes energibruk til belysning, utstyr, vifter og pumper

* For el. spesifikt energibehov brukes systemvirkningsgrad oppvarming.

7.6 Vedlegg 6: Resultater årssimulering Simien (El. og fjernvarme)

Vedlegg 6 viser fullstendige resultater for bygningens *Årssimulering* i Simien. Energiløsning er elektrisitet og fjernvarme. Totalt netto energibehov er 101,6 kwh/m², tilsvarende 9 poeng i BREEAM kategori 6 – ENE 1. Levert energi til bygningen er beregnet til 95,6 kwh/m², tilsvarende klasse B i energimerkeordningen. Energipriser i beregning låst til 0,75 – 0,80 kr kWh, noe som gir lavere beregnet energikostnad er enn benyttet i mine beregninger.



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 16:40 15/5-2011
Programversjon: 5.005
Brukernavn: Uregistrert kopi (demo)
Firma: Trykk 'Hjelp' for informasjon om registrering
Inndatafil: C:\...\nybygg-5cm+ekstra.smi
Prosjekt: Rådhuskvartalet, nybygg
Sone: Nybygg

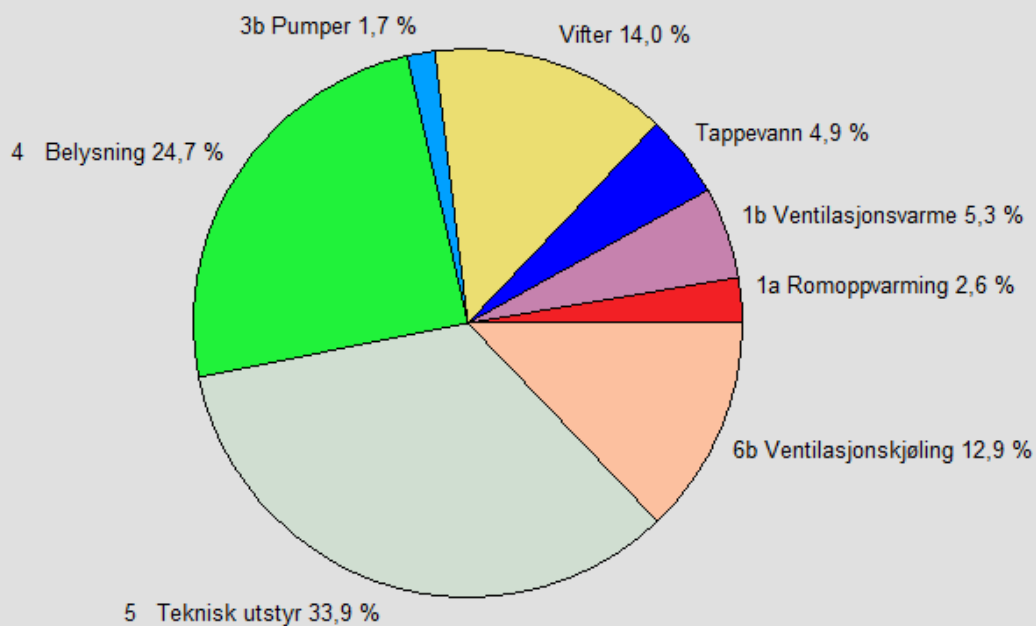
| Energibudsjett | | |
|--|-------------|--------------------------|
| Energipost | Energibehov | Spesifikt energibehov |
| 1a Romoppvarming | 22666 kWh | 2,6 kWh/m ² |
| 1b Ventilasjonvarme (varmebatterier) | 46813 kWh | 5,4 kWh/m ² |
| 2 Varmtvann (tappevann) | 43187 kWh | 5,0 kWh/m ² |
| 3a Vifter | 122560 kWh | 14,2 kWh/m ² |
| 3b Pumper | 14914 kWh | 1,7 kWh/m ² |
| 4 Belysning | 215883 kWh | 25,1 kWh/m ² |
| 5 Teknisk utstyr | 296841 kWh | 34,5 kWh/m ² |
| 6a Romkjøling | 0 kWh | 0,0 kWh/m ² |
| 6b Ventilasjonkjøling (kjølebatterier) | 112678 kWh | 13,1 kWh/m ² |
| Totalt netto energibehov, sum 1-6 | 875542 kWh | 101,6 kWh/m ² |

| Leverert energi til bygningen (beregnet) | | |
|--|-----------------|---------------------------|
| Energivare | Leverert energi | Spesifikk leverert energi |
| 1a Direkte el. | 695270 kWh | 80,7 kWh/m ² |
| 1b El. Varmepumpe | 0 kWh | 0,0 kWh/m ² |
| 1c El. solenergi | 0 kWh | 0,0 kWh/m ² |
| 2 Olje | 0 kWh | 0,0 kWh/m ² |
| 3 Gass | 0 kWh | 0,0 kWh/m ² |
| 4 Fjernvarme | 128030 kWh | 14,9 kWh/m ² |
| 5 Biobrensel | 0 kWh | 0,0 kWh/m ² |
| 6. Annen () | 0 kWh | 0,0 kWh/m ² |
| Totalt leverert energi, sum 1-6 | 823299 kWh | 95,6 kWh/m ² |

| Årlige utslipp av CO2 | | |
|--------------------------------|-----------------|-----------------------------|
| Energivare | Utslipp | Spesifikt utslipp |
| 1a Direkte el. | 0 kg | 0,0 kg/m ² |
| 1b El. Varmepumpe | 0 kg | 0,0 kg/m ² |
| 1c El. solenergi | 0 kg | 0,0 kg/m ² |
| 2 Olje | 0 kg | 0,0 kg/m ² |
| 3 Gass | 0 kg | 0,0 kg/m ² |
| 4 Fjernvarme | 29575 kg | 3,4 kg/m ² |
| 5 Biobrensel | 0 kg | 0,0 kg/m ² |
| 6. Annen () | 0 kg | 0,0 kg/m ² |
| Totalt utslipp, sum 1-6 | 29575 kg | 3,4 kg/m² |

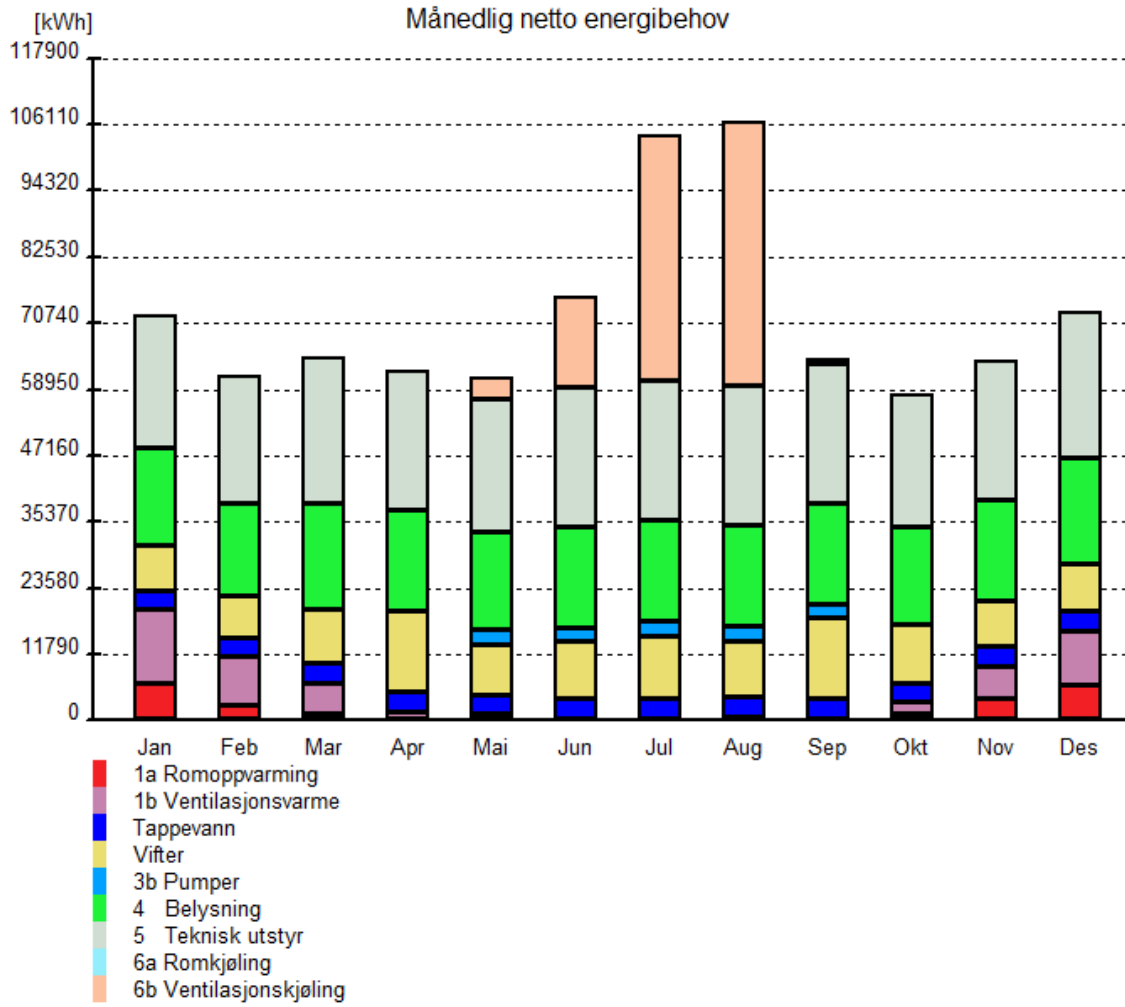
| Kostnad kjøpt energi | | |
|--|------------------|------------------------------|
| Energivare | Energikostnad | Spesifikk energikostnad |
| 1a Direkte el. | 556216 kr | 64,6 kr/m ² |
| 1b El. Varmepumpe | 0 kr | 0,0 kr/m ² |
| 1c El. solenergi | 0 kr | 0,0 kr/m ² |
| 2 Olje | 0 kr | 0,0 kr/m ² |
| 3 Gass | 0 kr | 0,0 kr/m ² |
| 4 Fjernvarme | 96022 kr | 11,1 kr/m ² |
| 5 Biobrensel | 0 kr | 0,0 kr/m ² |
| 6. Annen () | 0 kr | 0,0 kr/m ² |
| Årlige energikostnader, sum 1-6 | 652238 kr | 75,7 kr/m² |

Årlig energibudsjett



| | |
|--|-------------------|
| 1a Romoppvarming | 22666 kWh |
| 1b Ventilasjonvarme (varmebatterier) | 46813 kWh |
| 2 Varmtvann (tappevann) | 43187 kWh |
| 3a Vifter | 122560 kWh |
| 3b Pumper | 14914 kWh |
| 4 Belysning | 215883 kWh |
| 5 Teknisk utstyr | 296841 kWh |
| 6a Romkjøling | 0 kWh |
| 6b Ventilasjonkjøling (kjølebatterier) | 112678 kWh |
| Totalt netto energibehov, sum 1-6 | 875542 kWh |

| Inndata energiforsyning | |
|-------------------------|--|
| Beskrivelse | Verdi |
| 1a Direkte el. | Systemvirkningsgrad: 0,90 Kjølefaktor: 2,50 Energipris: 0,80 kr/kWh CO2-utslipp: 0 g/kWh Andel romoppvarming: 0,0% Andel oppv, tappevann: 0,0% Andel varmebatteri: 0,0 % Andel kjølebatteri: 100,0 % Andel romkjøling: 100,0 % Andel el, spesifikt: 100,0 % |
| 4 Fjernvarme | Systemvirkningsgrad: 0,88 Kjølefaktor: 2,50 Energipris: 0,75 kr/kWh CO2-utslipp: 231 g/kWh Andel romoppvarming: 100,0% Andel oppv, tappevann: 100,0% Andel varmebatteri: 100,0 % Andel kjølebatteri: 0,0 % Andel romkjøling: 0,0 % Andel el, spesifikt: 0,0 % |



7.7 Vedlegg 7: Evaluering mot byggt teknisk forskrift 2010

Vedlegget viser resultater for bygningen evaluert mot forskriftskrav i TEK 10. Resultatene gjelder for energiløsningene elektrisitet - fjernvarme og energibrønn - fjernvarme hvor ikke annet er nevnt. Beregninger utført i Simien.

| Resultater av evalueringen | |
|----------------------------|--|
| Evaluering av | Beskrivelse |
| Energiltak | Bygningen tilfredsstill ikke kravene til energiltak i paragraf §14-3 |
| Varmetapsramme | Bygningen tilfredsstill omfordeling energiltak (varmetapstall) ihht. §14-3 |
| Energiramme | Bygningen tilfredsstill energirammen ihht. §14-4 |
| Minstekrav | Bygningen tilfredsstill minstekravene i §14-5 |
| Luftmengder ventilasjon | Luftmengdene tilfredsstill minstekrav gitt i NS3031:2010 (tabell A.6) |
| Energiforsyning | Bygningen tilfredsstill krav til energiforsyning i §14-7 |
| Samlet evaluering | Bygningen tilfredsstill byggeforskriftenes energikrav |

| Energiltak (§14-3) | | |
|--|-------|------|
| Beskrivelse | Verdi | Krav |
| Samlet glass-, vindus og dørareal delt på bruksarealet [%] | 10,7 | 20,0 |
| U-verdi yttervegger [W/m ² K] | 0,22 | 0,18 |
| U-verdi tak [W/m ² K] | 0,12 | 0,13 |
| U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m ² K] | 0,10 | 0,15 |
| U-verdi glass/vinduer/dører [W/m ² K] | 0,86 | 1,20 |
| Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K] | 0,05 | 0,06 |
| Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time] | 1,50 | 1,50 |
| Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%] | 83 | 80 |
| Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ³ /s]: | 2,00 | 2,00 |

| Omfordeling energiltak (§14-3, varmetapstall) | | |
|---|-------|------|
| Beskrivelse | Verdi | Krav |
| Varmetapstall yttervegger | 0,05 | 0,02 |
| Varmetapstall tak | 0,03 | 0,03 |
| Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri | 0,02 | 0,03 |
| Varmetapstall glass/vinduer/dører | 0,09 | 0,24 |
| Varmetapstall kuldebroer | 0,05 | 0,06 |
| Totalt varmetapstall | 0,24 | 0,38 |

| Energiramme (§14-4, samlet netto energibehov) | |
|--|--------------------------|
| Beskrivelse | Verdi |
| 1a Beregnet energibehov romoppvarming | 6,1 kWh/m ² |
| 1b Beregnet energibehov ventilasjonsvarme (varmebatterier) | 9,8 kWh/m ² |
| 2 Beregnet energibehov varmtvann (tappevann) | 5,0 kWh/m ² |
| 3a Beregnet energibehov vifter | 14,2 kWh/m ² |
| 3b Beregnet energibehov pumper | 3,1 kWh/m ² |
| 4 Beregnet energibehov belysning | 25,1 kWh/m ² |
| 5 Beregnet energibehov teknisk utstyr | 34,5 kWh/m ² |
| 6a Beregnet energibehov romkjøling | 0,0 kWh/m ² |
| 6b Beregnet energibehov ventilasjonskjøling (kjølebatterier) | 18,1 kWh/m ² |
| Totalt beregnet energibehov, sum 1-6 | 115,8 kWh/m ² |
| Forskriftskrav netto energibehov | 150,0 kWh/m ² |

| Minstekrav (§14-5) | | |
|--|-------|------|
| Beskrivelse | Verdi | Krav |
| U-verdi yttervegger [W/m ² K] | 0,22 | 0,22 |
| U-verdi tak [W/m ² K] | 0,12 | 0,18 |
| U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m ² K] | 0,10 | 0,18 |
| U-verdi glass/vinduer/dører [W/m ² K] | 0,86 | 1,60 |
| Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time] | 1,50 | 3,00 |
| Varmetapstall glass/vinduer/dører | 0,09 | 0,24 |

| Energiforsyning (§14-7) | | |
|--|-------|------|
| Beskrivelse | Verdi | Krav |
| Andel av varmebehovet som dekkes av annet enn direkte elektrisitet og fossile brensler | 100 % | 60 % |
| Oljekjel som grunnlast | Nei | Nei |

| Dokumentasjon av sentrale inndata (1) | | |
|--|-------|---------------|
| Beskrivelse | Verdi | Dokumentasjon |
| Areal yttervegger [m ²]: | 1801 | |
| Areal tak [m ²]: | 1898 | |
| Areal gulv [m ²]: | 1950 | |
| Areal vinduer og ytterdører [m ²]: | 919 | |
| Oppvarmet bruksareal (BRA) [m ²]: | 8616 | |
| Oppvarmet luftvolum [m ³]: | 27000 | |
| U-verdi yttervegger [W/m ² K] | 0,22 | |
| U-verdi tak [W/m ² K] | 0,12 | |
| U-verdi gulv [W/m ² K] | 0,10 | |
| U-verdi vinduer og ytterdører [W/m ² K] | 0,86 | |
| Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%] | 10,7 | |
| Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]: | 0,05 | |
| Normalisert varmekapasitet [Wh/m ² K] | 46 | |
| Lekkasjetall (n50) [1/h]: | 1,50 | |
| Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]: | 83 | |

Elektrisitet og fjernvarme:

| Dokumentasjon av sentrale inndata (2) | | |
|---|-------|---------------|
| Beskrivelse | Verdi | Dokumentasjon |
| Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]: | 82,9 | |
| Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ³ /s]: | 2,00 | |
| Luftmengde i driftstiden [m ³ /hm ²] | 11,4 | |
| Luftmengde utenfor driftstiden [m ³ /hm ²] | 3,0 | |
| Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg: | 0,88 | |
| Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m ²]: | 100 | |
| Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C] | 20,0 | |
| Systemeffektfaktor kjøling: | 2,50 | |
| Settpunkttemperatur for romkjøling [°C] | 22,0 | |
| Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m ²]: | 80 | |
| Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]: | 0,50 | |
| Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]: | 0,00 | |
| Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]: | 0,50 | |
| Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]: | 0,60 | |
| Driftstid oppvarming (timer) | 12,0 | |

Energibrønn og fjernvarme:

| Dokumentasjon av sentrale inndata (2) | | |
|---|-------|---------------|
| Beskrivelse | Verdi | Dokumentasjon |
| Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]: | 82,9 | |
| Spesifikk vitteeffekt (SFP) [kW/m ³ /s]: | 2,00 | |
| Luftmengde i driftstiden [m ³ /hm ²] | 11,4 | |
| Luftmengde utenfor driftstiden [m ³ /hm ²] | 3,0 | |
| Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg: | 1,29 | |
| Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m ²]: | 100 | |
| Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C] | 20,0 | |
| Systemeffektfaktor kjøling: | 2,50 | |
| Settpunkttemperatur for romkjøling [°C] | 22,0 | |
| Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m ²]: | 80 | |
| Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]: | 0,50 | |
| Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]: | 0,00 | |
| Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]: | 0,50 | |
| Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]: | 0,60 | |
| Driftstid oppvarming (timer) | 12,0 | |

| Dokumentasjon av sentrale inndata (3) | | |
|--|-------|---------------|
| Beskrivelse | Verdi | Dokumentasjon |
| Driftstid kjøling (timer) | 0,0 | |
| Driftstid ventilasjon (timer) | 12,0 | |
| Driftstid belysning (timer) | 12,0 | |
| Driftstid utstyr (timer) | 12,0 | |
| Oppholdstid personer (timer) | 12,0 | |
| Effektbehov belysning i driftstiden [W/m ²] | 8,0 | |
| Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m ²] | 8,0 | |
| Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m ²] | 11,0 | |
| Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m ²] | 11,0 | |
| Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m ²] | 0,8 | |
| Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m ²] | 0,0 | |
| Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m ²] | 4,0 | |
| Total solfaktor for vindu og solskjerming: | 0,55 | |
| Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer: | 0,20 | |
| Solskjermingsfaktor horisont/bygningsutspring: | 1,00 | |

7.8 Vedlegg 8: Resultater årssimulering Simien (energibrønn og fjernvarme)

Vedlegg 8 viser relevante resultater for bygningens *Årssimulering* i Simien. Energiløsning er energibrønn og fjernvarme. Spesifikt energibehov er 101,6 kWh/m², tilsvarende 9 poeng i BREEAM kategori 6 – ENE1. Levert energi til bygningen er beregnet til 90,8 kWh/m², tilsvarende klasse B i energimerkeordningen. Energi priser i beregning låst til 0,75 – 0,80 kr kWh, noe som gir lavere beregnet energikostnad er enn benyttet i mine beregninger.



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 17:36 29/5-2011

Programversjon: 5.005

Brukernavn: Uregistrert kopi (demo)

Firma: Trykk 'Hjelp' for informasjon om registrering

Inndatafil: C:\...\nybygg-5cm+ekstra simien siste versjon.smi

Prosjekt: Rådhuskvartalet, nybygg

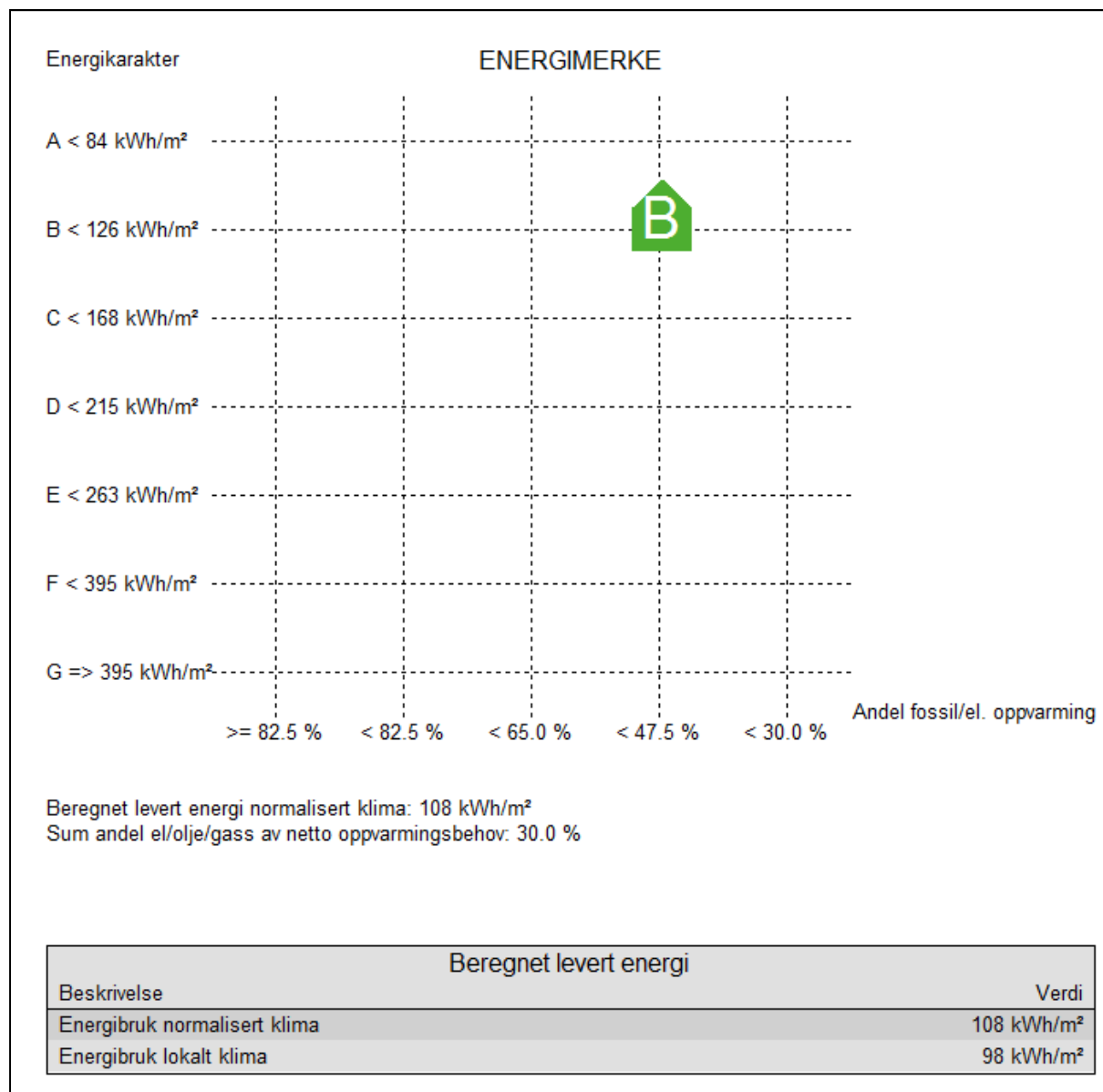
Sone: Nybygg

| Energibudsjett | | |
|---|-------------|--------------------------|
| Energipost | Energibehov | Spesifikt energibehov |
| 1a Romoppvarming | 22666 kWh | 2,6 kWh/m ² |
| 1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier) | 46813 kWh | 5,4 kWh/m ² |
| 2 Varmtvann (tappevann) | 43187 kWh | 5,0 kWh/m ² |
| 3a Vifter | 122560 kWh | 14,2 kWh/m ² |
| 3b Pumper | 14914 kWh | 1,7 kWh/m ² |
| 4 Belysning | 215883 kWh | 25,1 kWh/m ² |
| 5 Teknisk utstyr | 296841 kWh | 34,5 kWh/m ² |
| 6a Romkjøling | 0 kWh | 0,0 kWh/m ² |
| 6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier) | 112678 kWh | 13,1 kWh/m ² |
| Totalt netto energibehov, sum 1-6 | 875542 kWh | 101,6 kWh/m ² |

| Lvert energi til bygningen (beregnet) | | |
|---------------------------------------|--------------|-------------------------|
| Energivare | Lvert energi | Spesifikk lvert energi |
| 1a Direkte el. | 650198 kWh | 75,5 kWh/m ² |
| 1b El. Varmepumpe | 68543 kWh | 8,0 kWh/m ² |
| 1c El. solenergi | 0 kWh | 0,0 kWh/m ² |
| 2 Olje | 0 kWh | 0,0 kWh/m ² |
| 3 Gass | 0 kWh | 0,0 kWh/m ² |
| 4 Fjernvarme | 64015 kWh | 7,4 kWh/m ² |
| 5 Biobrensel | 0 kWh | 0,0 kWh/m ² |
| 6. Annen () | 0 kWh | 0,0 kWh/m ² |
| Totalt lvert energi, sum 1-6 | 782756 kWh | 90,8 kWh/m ² |

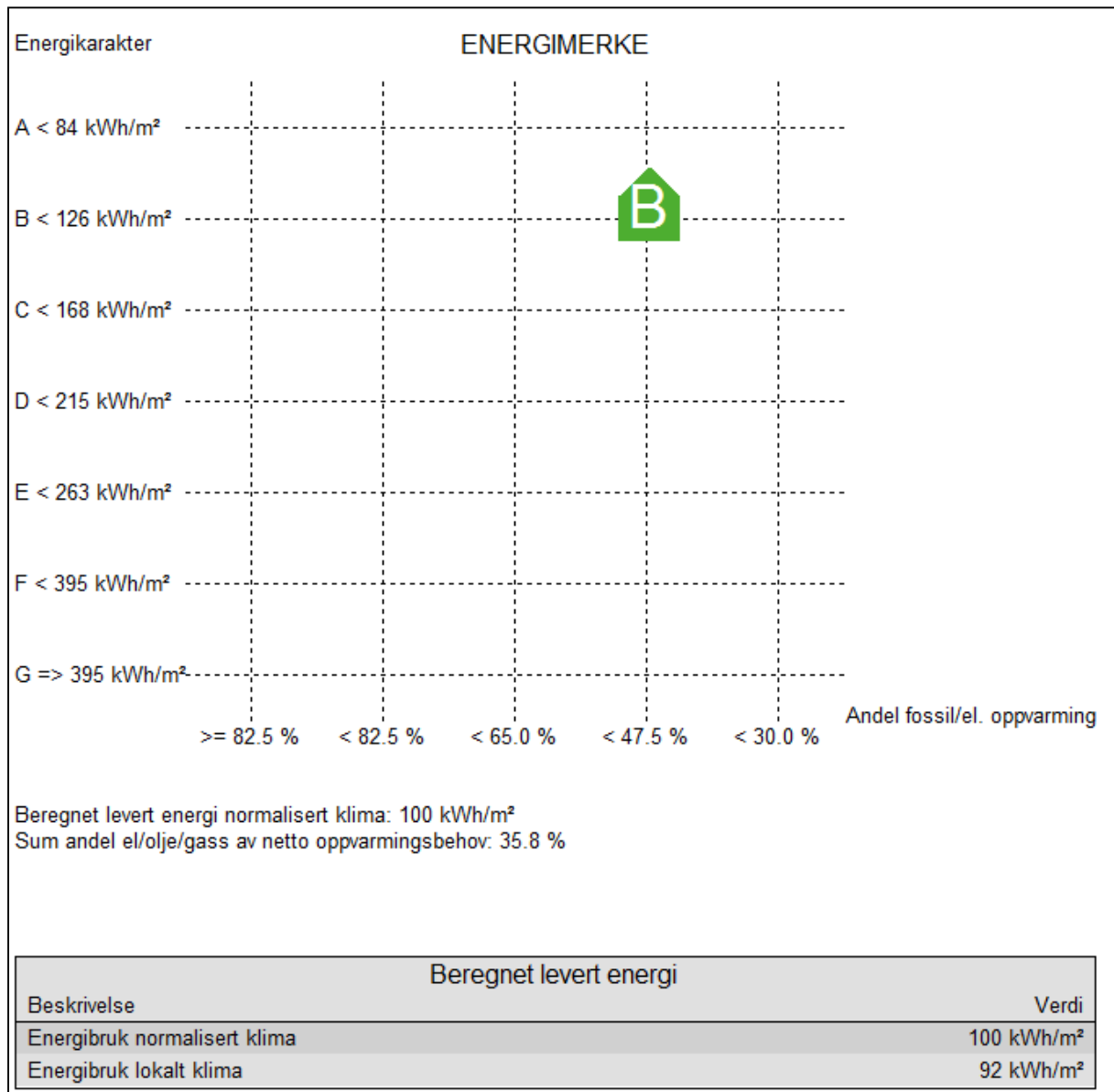
7.9 Vedlegg 9: Energimerking (elektrisitet og fjernvarme)

Vedlegget viser oppnådd energikarakter med energiløsningen elektrisitet og fjernvarme. Evaluert mot Oslo klima er energibruk 108 kWh/m^2 .<



7.10 Vedlegg 10: Energimerking (energibrønn og fjernvarme)

Vedlegget viser oppnådd energikarakter med energiløsningen energibrønn og fjernvarme. Evaluert mot Oslo klima er energibruk 100 kWh/m².



7.11 Vedlegg 11: Evaluering mot lavenergistandard

Vedlegget viser evaluering av bygningen mot lavenergikriterier beskrevet i NS 3700 (2010) og Prosjektrapport 42 (Dokka, Klinski, Haase, & Mysen, 2009) med Oslo klima. Beregnet levert energi kan benyttes til evaluering mot energimerkeordningen. Resultatene gjelder for energiløsningene elektrisitet - fjernvarme og energibrønn - fjernvarme hvor ikke annet er nevnt. For oppfyllelse av lavenergistandard må enkelte bygningsdeler redusere U-verdien, og energiforbruk til teknisk utstyr og belysning må vesentlig reduseres. Beregnet levert energi for energiløsningen elektrisitet og fjernvarme er 90,4 kWh/m² og oppfyller krav til energikarakter B. Beregnet levert energi for energiløsningen energibrønn og fjernvarme er 79,4 kWh/m² og oppfyller krav til energikarakter A.

| Resultater av evalueringen | |
|------------------------------------|---|
| Evaluering mot passivhusstandarden | Beskrivelse |
| Varmetapsramme | Bygningen tilfredstiller kravet for varmetapstall |
| Energiramme | Bygningen tilfredstiller ikke krav til energibruk |
| Minstekrav | Bygningen tilfredstiller ikke minstekrav til enkeltkomponenter |
| Luftmengder ventilasjon | Luftmengdene tilfredstiller minstekrav gitt i prosjektrapport 42 (tabell 2) |
| Samlet evaluering | Bygningen tilfredstiller ikke alle krav til lavenergihus |

| Varmetapsbudsjett | |
|---|-------|
| Beskrivelse | Verdi |
| Varmetapstall yttervegger | 0,05 |
| Varmetapstall tak | 0,03 |
| Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri | 0,02 |
| Varmetapstall glass/vinduer/dører | 0,09 |
| Varmetapstall kuldebroer | 0,05 |
| Varmetapstall infiltrasjon | 0,11 |
| Varmetapstall ventilasjon | 0,25 |
| Totalt varmetapstall | 0,60 |
| Krav varmetapstall | 0,70 |

| Energiytelse | | |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Beskrivelse | Verdi | Krav |
| Netto oppvarmingsbehov | 25,5 kWh/m ² | 30,0 kWh/m ² |
| Netto kjølebehov | 15,4 kWh/m ² | 15,0 kWh/m ² |
| CO2-utslipp | 30 kg/m ² | 35 kg/m ² |

| Minstekrav enkeltkomponenter | | |
|--|-------|------|
| Beskrivelse | Verdi | Krav |
| U-verdi yttervegger [W/m ² K] | 0,22 | 0,18 |
| U-verdi tak [W/m ² K] | 0,12 | 0,13 |
| U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m ² K] | 0,10 | 0,15 |
| U-verdi glass/vinduer/dører [W/m ² K] | 0,86 | 1,20 |
| Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K] | 0,05 | 0,05 |
| Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%] | 83 | 70 |
| Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ³ /s]: | 2,00 | 2,00 |
| Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time] | 1,50 | 1,50 |

| Energibudsjett | | |
|---|-------------|-------------------------|
| Energipost | Energibehov | Spesifikt energibehov |
| 1a Romoppvarming | 110050 kWh | 12,8 kWh/m ² |
| 1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier) | 109682 kWh | 12,7 kWh/m ² |
| 2 Varmtvann (tappevann) | 43187 kWh | 5,0 kWh/m ² |
| 3a Vifter | 102619 kWh | 11,9 kWh/m ² |
| 3b Pumper | 27201 kWh | 3,2 kWh/m ² |
| 4 Belysning | 134908 kWh | 15,7 kWh/m ² |
| 5 Teknisk utstyr | 161941 kWh | 18,8 kWh/m ² |
| 6a Romkjøling | 0 kWh | 0,0 kWh/m ² |
| 6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier) | 132589 kWh | 15,4 kWh/m ² |
| Totalt netto energibehov, sum 1-6 | 822177 kWh | 95,4 kWh/m ² |

| Dokumentasjon av sentrale inndata (3) | | |
|--|-------|---------------|
| Beskrivelse | Verdi | Dokumentasjon |
| Driftstid kjøling (timer) | 0,0 | |
| Driftstid ventilasjon (timer) | 12,0 | |
| Driftstid belysning (timer) | 12,0 | |
| Driftstid utstyr (timer) | 12,0 | |
| Oppholdstid personer (timer) | 12,0 | |
| Effektbehov belysning i driftstiden [W/m ²] | 5,0 | |
| Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m ²] | 5,0 | |
| Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m ²] | 6,0 | |
| Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m ²] | 6,0 | |
| Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m ²] | 0,8 | |
| Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m ²] | 0,0 | |
| Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m ²] | 4,0 | |
| Total solfaktor for vindu og solskjerming: | 0,55 | |
| Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer: | 0,20 | |
| Solskjermingsfaktor horisont/bygningsutspring: | 1,00 | |

Elektrisitet og fjernvarme:

| Leveret energi til bygningen (beregnet) | | |
|---|----------------|--------------------------|
| Energivare | Leveret energi | Spesifikk leveret energi |
| 1a Direkte el. | 479704 kWh | 55,7 kWh/m ² |
| 1b El. Varmepumpe | 0 kWh | 0,0 kWh/m ² |
| 1c El. solenergi | 0 kWh | 0,0 kWh/m ² |
| 2 Olje | 0 kWh | 0,0 kWh/m ² |
| 3 Gass | 0 kWh | 0,0 kWh/m ² |
| 4 Fjernvarme | 298772 kWh | 34,7 kWh/m ² |
| 5 Biobrensel | 0 kWh | 0,0 kWh/m ² |
| 6. Annen () | 0 kWh | 0,0 kWh/m ² |
| Totalt leveret energi, sum 1-6 | 778476 kWh | 90,4 kWh/m ² |

Energibrønn og fjernvarme:

| Leveret energi til bygningen (beregnet) | | |
|---|----------------|--------------------------|
| Energivare | Leveret energi | Spesifikk leveret energi |
| 1a Direkte el. | 426668 kWh | 49,5 kWh/m ² |
| 1b El. Varmepumpe | 107810 kWh | 12,5 kWh/m ² |
| 1c El. solenergi | 0 kWh | 0,0 kWh/m ² |
| 2 Olje | 0 kWh | 0,0 kWh/m ² |
| 3 Gass | 0 kWh | 0,0 kWh/m ² |
| 4 Fjernvarme | 149386 kWh | 17,3 kWh/m ² |
| 5 Biobrensel | 0 kWh | 0,0 kWh/m ² |
| 6. Annen () | 0 kWh | 0,0 kWh/m ² |
| Totalt leveret energi, sum 1-6 | 683865 kWh | 79,4 kWh/m ² |