



| | | | |
|---|---------------------------------|---|-----------------|
| Oppgavens tittel: Energibruk i bygg; fra overlevering av næringsbygg til FDVU fasen- når all teori skal bli praksis | Dato: 18.06.2015 | | |
| | Antall sider (inkl. bilag): 178 | | |
| | Masteroppgave | X | Prosjektoppgave |
| Navn: Stud.techn. Frode Paulsen | | | |
| Faglærer/veileder: Antje Junghans | | | |
| Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: | | | |

Ekstrakt:

Formålet med denne oppgaven har vært å analysere om energibruken i tre utvalgte bygg med lavenergi- og passivhusstandard avviker fra prosjekterte mål, og om det er en sammenheng mellom eventuelle avvik og forutsetningene for å oppnå målene. I analysene er det sett på hvilken betydning kunnskap og kompetanse har for å oppnå planlagte resultater, og om organisering av driftsforvaltningen har betydning for oppnåelsen av resultatene.

Undersøkellesdesignet i oppgaven er basert på en deduktiv tilnærming og følger metodikken for "Multiple Case Design" beskrevet av Yin (1994). Det er valgt en kvalitativ metodetilnærming som undersøkelsesform og innsamling av empiri i oppgaven er basert på litteraturstudie, dokumentundersøkelser og analyse av sekundærdata, individuelle strukturerte intervjuer og observasjoner gjennomført på byggene.

Funnene i oppgaven viser to ulike resultater knyttet til avvik mellom målt netto energibruk og beregnet netto energibudsjett for casebyggene. Målt totalt netto energibruk var 23 % høyere ved Strindfjordvegen 1, 19 % høyere ved Energibyget Lerkendal og 2 % lavere ved Miljøhuset GK.

Konklusjonen er at det er sammenheng mellom energibruken og forutsetningene for å oppnå energimålene i FDVU-fasen, samt kunnskap, kompetanse og organisering av driftsforvaltningen. Det er derimot ikke mulig å knytte de konkrete resultatene ved casebyggene til en samlet årsak i forutsetningene da det er ulike forhold som innvirker på resultatene.

Stikkord:

| |
|---------------------------|
| 1. Energieffektive bygg |
| 2. Energiytelse |
| 3. Etterprøving av energi |
| 4. Driftsforvaltning |

(sign.)

FORORD

Etter tre lærerike år som deltidsstudent ved det erfaringsbaserte masterstudiet «Eiendomsutvikling og – forvaltning» ved NTNU er denne masteroppgaven siste eksamen og markerer avslutningen på studiet. Oppgaven er gjennomført ved fakultet for arkitektur og billedkunst og tilsvarer 30 studiepoeng.

Arbeidet med denne oppgaven har vært krevende, men likevel svært interessant og utfordrende. Energibruk i bygg er et fagområde med en omfattende «begrepsjungel» og mange innfallsvinkler. Arbeidene med problemstillingen har gitt meg ulike utfordringer, men også ny kunnskap som kommer til nytte i min arbeidshverdag.

I arbeidet med oppgaven vil jeg takke min arbeidsgiver GK Norge AS representert ved Dag Rune Stensaas som har støttet meg og gitt meg muligheten for å gjennomføre dette studiet. Jeg vil også rette en takk til mine kollegaer Steinar Holm og Espen Aronsen for inspirasjon i arbeidene med problemstillingen samt for gode diskusjoner og innspill. Videre så vil jeg også rette en takk til byggeierne og informantene som har vært grunnlaget for denne oppgaven, samt min veileder Antje Junghans for veiledning og råd.

Til slutt vil jeg takke min familie for tålmodigheten.

Trondheim, 18. juni 2015

Frode Paulsen

SAMMENDRAG

Teorien viser at tilstandene i ferdige bygg i altfor mange tilfeller avviker fra funksjonskrav og ytelser, noe som har direkte innvirkning på energibruken. Årsakene til dette kan være sammensatte og ligge både i prosjektets tidligfase, i prosjekteringen, utførelsen, eller i driftsfasen. Det er begrenset med studier av energibruk i yrkesbygg med lavenergi- og passivhusstandard i Norge, men funn fra studiene som er gjennomført viser at det er avvik i energibruken hos flere av de undersøkte byggene.

Formålet med denne oppgaven har vært å analysere om energibruken i tre utvalgte bygg med lavenergi- og passivhusstandard avviker fra prosjekterte mål, og om det er en sammenheng mellom eventuelle avvik og forutsetningene for å oppnå målene. I analysene er det sett på hvilken betydning kunnskap og kompetanse har for å oppnå planlagte resultater, og om organisering av driftsforvaltningen har betydning for oppnåelsen av resultatene. Med bakgrunn i disse forutsetningene er det gjennomført casestudier ved byggene hvor problemstillingen er definert som;

Er det avvik mellom faktisk energibruk og prosjekterte mål i tre utvalgte bygg, og kan avvikene ha sammenheng med forutsetningene samt driftsforvaltningens kunnskap, kompetanse og organisering?

Hovedfunnene viser to ulike resultater knyttet til avvik mellom målt netto energibruk og beregnet netto energibehov for casebyggene. Målt totalt netto energibruk ved casebyggene Strindfjordvegen 1 og Energibyget Lerkendal var høyere enn beregnet, mens målt totalt netto energibruk i casebygget Miljøhuset GK var lavere enn beregnet.

På bakgrunn av undersøkelsene kan det konkluderes med at det er sammenheng mellom energibruken og forutsetningene for å oppnå energimålene i FDVU- fasen, samt kunnskap, kompetanse og organisering av driftsforvaltningen. Det er derimot ikke mulig å knytte de konkrete resultatene ved casebyggene til en årsak i forutsetningene da det er ulike forhold som innvirker på resultatene.

Årsakene til avvikene i energibruken er sammenfallende for alle casebyggene og har sammenheng med behovet for energi til romoppvarming og ventilasjonsoppvarming, samt lys og teknisk utstyr i form av internlaster. Dette er energiposter som er avhengig av drift og bruk av bygget, men som kan reduseres dersom driftsforvaltningen ved hjelp av analyser, kunnskap og kompetanse optimaliserer av driften.

I beregningene er det anvendt normerte verdier fra NS 3031 som ikke stemmer med reelle verdier for temperatur, internlaster, driftstid, virkningsgrader og samtidighetsfaktorer på byggene. Avvikene i netto energibruk i forhold til beregnet netto energibehov blir derfor ikke helt korrekte. Resultatene viser likevel trender og årsakssammenhenger i energibruken og er et godt utgangspunkt for analyser.

Tverrfaglig kunnskap, samt kontinuitet i kunnskapen gjennom hele utviklings- og prosjekteringsfasen, bidro til å sikre kvalitetene i energiytelsene til casebyggene. Involvering av driftsforvaltningen var derimot begrenset og prosjektene hadde derfor ingen driftserfaringer som grunnlag for valgene. Manglende kunnskapsoverføring fra prosjektering til driftsforvaltningen, samt manglende opplæring og innføring i nødvendige driftsparametere, var også grunnleggende årsaker til manglende kunnskap i driftsforvaltningen. Feil drift kan være en direkte årsak til avvik i energibruk.

Avvik i behovsforståelsen mellom driftsforvalter og eierne avslørte en manglende FM-strategi i alle driftsforvaltningene. Dette har en direkte sammenheng med avvik i flere av driftsresultatene, men kunne blitt avdekt av driftsforvaltningen gjennom kontinuerlige funksjonskontroller. Uklar organisering og manglende ledelse har også betydning for resultatene. På taktisk nivå i driftsforvaltningen manglet lederkompetanse og analytiske evner for å kunne ligge i forkant av utviklingen på byggene.

I arbeidene med oppgaven ble det gjennomført litteraturstudier av teori og tidligere forskning, samt gjennomført casestudier som inkluderte en gjennomgang av de teoretiske forutsetningene for energiberegningene, samt datafangst av energibruken i 2014. Analysearbeidet omfattet bearbeidelse av datafangsten, observasjoner på byggene for å observere spesielle forhold, samt intervjuer av respondenter for eier og driftsforvaltningen.

ABSTRACT

Theory and literature shows that the conditions in completed buildings differ from functional requirements and performance in far too many cases, which has a direct influence on energy consumption. The reasons behind this could be complex and could be related to the early phase of the project, or to the *engineering*, execution, or operating phase. The number of studies related to energy consumption in non-residential buildings with low energy or passive house standards in Norway is limited, but findings from studies that exist show that there are *deviations* in energy consumption in several of the examined buildings.

The purpose of this thesis has been to analyse whether the energy consumption of three selected low energy or passive house standard buildings differ from project targets, and whether there is a relation between any deviations and the qualifications for reaching these targets. In the analyses, it has been considered how important knowledge and expertise are to achieve planned results, and whether the organisation of operating management is significant for achieving the results. Based on this, case studies of the buildings have been carried out with the following problem:

Are there any deviations between actual and designed energy consumption in three selected low energy and passive house quality buildings, and could any deviances be related to qualifications and the knowledge, expertise and organisation of operating management?

The main findings show two different outcomes related to deviations between net energy consumption and the designed energy budget for the case buildings. The measured net energy consumption of the case buildings Strindfjordvegen 1 and Energibyget Lerkendal were higher than designed, whereas the measured net energy consumption of the case building Miljøhuset GK was lower than designed.

Based on the studies, it could also be concluded that there is a relation between the qualifications for achieving energy targets in the MOMD (management, operation, maintenance and development) phase, and the knowledge, expertise and organisation of

operating management. However, it has not been possible to bind the specific results to an overall conclusion, as there are many different conditions affecting the results.

The reasons behind the deviations in energy consumption are the same for all the case buildings, and are all related to energy needed for room and ventilation heating, in addition to lighting and equipment in the form of internal loads. These are energy items that depend on the operation and use of the building. However, they may be reduced if users and operating management enable an optimal operation of the building.

In the calculations, standardised values in NS 3031 from Standards Norway have been used, which do not correspond to the real values for temperature, internal loads, uptime, power efficiency and simultaneity factors in the buildings. Consequently, the deviations between net energy consumption and net designed energy needs are not entirely correct. However, the results still show trends and causal connections in energy consumption, and provide an adequate basis for analysis.

Multidisciplinary knowledge and continuity in knowledge throughout the entire development and engineering phase helped ensure the quality of the case buildings' energy performance. However, the involvement of operating management was limited, and thus the projects had no operating experience as a basis for their decisions. Lack of knowledge transfer from the engineering organisation to operating management, combined with lack of training and introduction to necessary operating parameters, were also important causes of insufficient knowledge in operating management. Inaccurate operation may be a direct cause of deviations in energy consumption.

Differences in needs assessment between the operating manager and the owners have revealed a lack of Facility Management strategy in all the operating management organisations. This is directly correlated with several deviations in operating performance, which could have been detected by operating management through continuous functional controls. Unclear organization and lack of management have also influenced the results significantly. On the tactical level in operating management, there was a particular lack of the management skills and analytical abilities needed to stay ahead of the development related to the buildings.

The work on this thesis has included studies of theory and previous research, case studies that have consisted of a review of the theoretical assumptions for energy calculations, and finally acquisition of data for energy consumption in 2014. The analysis included processing of the acquired data, observations with data collecting of the buildings to observe special conditions, and interviews of representatives from the owners and operating management organisations.

INNHALDSFORTEGNELSE

| | |
|--|------|
| FORORD..... | I |
| SAMMENDRAG..... | III |
| ABSTRACT..... | V |
| INNHALDSFORTEGNELSE..... | IX |
| FIGURLISTE..... | XIII |
| TABELLISTE..... | XIV |
| 1 INNLEDNING..... | 1 |
| 1.1 Bakgrunn..... | 1 |
| 1.2 Tilnærming og formål med oppgaven..... | 2 |
| 1.3 Problemstilling..... | 3 |
| 1.4 Oppgavens avgrensning, casestudier..... | 4 |
| 1.5 Oppgavens oppbygging..... | 5 |
| 1.6 Definisjoner og begrep..... | 6 |
| 2 TEORI OG LITTERATUR..... | 8 |
| 2.1 Bygningers energiytelse..... | 8 |
| 2.1.1 Beregning av bygningers energiytelse, metode og data..... | 8 |
| 2.1.2 Minimumskrav til bygningers energiytelse..... | 11 |
| 2.2 Energieffektive bygg- beste praksis..... | 13 |
| 2.2.1 Lavenergibygg og passivhus..... | 13 |
| 2.3 Miljøklassifiseringer for bærekraft i bygg..... | 14 |
| 2.3.1 Energimerke..... | 14 |
| 2.3.2 BREEAM-NOR..... | 14 |
| 2.4 Etterprøving av energibruk..... | 16 |
| 2.4.1 Enovas byggstatistikk..... | 16 |
| 2.4.2 Metodikk for etterprøving av energibruk..... | 16 |
| 2.5 Studier av beregnet og målt energibruk..... | 18 |
| 2.6 Kunnskapsoverføring, fra prosjektering til drift..... | 22 |
| 2.6.1 Tverrfaglig kunnskap i tidligfasen- smart prosjektering..... | 22 |
| 2.6.2 Kunnskap fra driftsforvaltning i tidligfasen..... | 23 |
| 2.6.3 Fra byggeprosess til etablert drift..... | 25 |

| | | |
|-------|---|----|
| 2.6.4 | Prøvedrift..... | 26 |
| 2.7 | Driftsforvaltning og energiledelse..... | 27 |
| 2.7.1 | Facilities Management | 27 |
| 2.7.2 | Driftsforvaltning..... | 27 |
| 2.7.3 | FM- strategi..... | 29 |
| 2.7.4 | Driftsplanlegging og kontinuerlig funksjonskontroll..... | 30 |
| 2.7.5 | Energiledelse | 32 |
| 2.7.6 | Kunnskap og kompetanse i driftsforvaltningen | 33 |
| 3 | METODE | 34 |
| 3.1 | Valg av undersøkelsesdesign | 34 |
| 3.2 | Valg av metode..... | 35 |
| 3.2.1 | Litteraturstudier..... | 36 |
| 3.2.2 | Casestudier | 37 |
| 3.2.3 | Observasjoner..... | 39 |
| 3.2.4 | individuelle strukturerte intervjuer..... | 40 |
| 3.3 | Validitet og reliabilitet | 42 |
| 4 | EMPIRI | 44 |
| 4.1 | Strindfjordvegen 1..... | 46 |
| 4.1.1 | Beskrivelse av teoretiske forutsetninger for energibruk ved casebygget..... | 46 |
| 4.1.2 | Etterprøving av energibruken..... | 50 |
| 4.1.3 | Resultater av målt netto energibruk på energipostnivå | 51 |
| 4.1.4 | Resultater fra observasjon og datafunn på bygget..... | 53 |
| 4.1.5 | Resultater fra intervjuer knyttet til organisering og kunnskapsinvolvering i prosjekt- og gjennomføringsfasen..... | 55 |
| 4.1.6 | Resultater fra intervjuer knyttet til organisering og gjennomføring av forvaltning. | 57 |
| 4.1.7 | SWOT- analyse Strindfjordvegen 1 | 59 |
| 4.2 | Energibyget Lerkendal | 60 |
| 4.2.1 | Beskrivelse av teoretiske forutsetninger for energibruk ved casebygget..... | 60 |
| 4.2.2 | Etterprøving av energibruken..... | 64 |
| 4.2.3 | Resultater av målt netto energibruk på energipostnivå | 66 |
| 4.2.4 | Resultater fra observasjon og datafunn på bygget..... | 68 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 4.2.5 | Resultater fra intervjuer knyttet til involvering av kunnskap og kompetanse i prosjekt- og gjennomføringsfasen | 69 |
| 4.2.6 | Resultater fra intervjuer knyttet til organisering og gjennomføring av forvaltning | 71 |
| 4.2.7 | SWOT-analyse Energibyget..... | 73 |
| 4.3 | Miljøhuset GK..... | 74 |
| 4.3.1 | Beskrivelse av teoretiske forutsetninger for energibruk ved casebygget..... | 74 |
| 4.3.2 | Etterprøving av energibruken..... | 80 |
| 4.3.3 | Resultater av målt netto energibruk på energipostnivå | 82 |
| 4.3.4 | Resultater fra observasjon og datafunn på bygget..... | 84 |
| 4.3.5 | Resultater fra intervjuer knyttet til organisering og kunnskapsinvolvering i prosjekt- og gjennomføringsfasen | 85 |
| 4.3.6 | Resultater fra intervjuer knyttet til organisering og gjennomføring av forvaltning | 86 |
| 4.3.7 | SWOT- analyse Miljøhuset GK | 89 |
| 4.4 | Resultater fra intervjuer vedr miljøklassifisering og bærekraft i bygg | 90 |
| 4.5 | Resultater fra intervjuer vedr. involvering i prosjektfasen..... | 93 |
| 4.6 | Resultater fra intervjuer vedr. organisering-, kunnskap- og kompetansebehov i driftsforvaltningen..... | 94 |
| 5 | DISKUSJON | 98 |
| 5.1 | Forskningsspørsmål 1; Er avvikene knyttet til spesifikke energiposter? | 98 |
| 5.1.1 | Målerstruktur | 98 |
| 5.1.2 | Energibruk på energipostnivå..... | 98 |
| 5.2 | Forskningsspørsmål 2; Hvordan kan forutsetningene fra planleggingsfasene påvirke mulighetene til å oppnå målsetningen om energieffektivitet?..... | 103 |
| 5.2.1 | Kunnskapsformidlingen fra plan- og prosjekteringsfasen til etablert drift | 103 |
| 5.2.2 | Forutsetninger i beregningene | 106 |
| 5.2.3 | Incitamenter for å synliggjøre reell energibruk | 107 |
| 5.3 | Forskningsspørsmål 3; Hvilken betydning har strategi og organisering samt kunnskap og kompetanse i driftsforvaltningen?..... | 109 |
| 5.3.1 | Strategi og organisering | 109 |
| 5.3.2 | Kunnskap og kompetanse..... | 111 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 5.4 | Forsknings spørsmål 4; Kan et myndighetskrav til organisering og kompetanse i driftsforvaltningen hindre avvik i energibruken i forhold til beregnet energibehov? | 112 |
| 5.4.1 | Myndighetskrav knyttet til kompetanse og organisering av FM? | 112 |
| 6 | KONKLUSJON | 114 |
| 6.1 | Netto energibruk og fordeling på energiposter | 115 |
| 6.2 | Forsknings spørsmål 2: Hvordan kan forutsetningene fra planleggingsfasene påvirke mulighetene til å oppnå målsetningen om energieffektivitet? | 117 |
| 6.2.1 | Involvering av kunnskap i plan- og prosjekteringsfasen | 117 |
| 6.2.2 | Forutsetninger i beregningene | 118 |
| 6.2.3 | Incitamenter for å synliggjøre reell energibruk på energipostnivå | 119 |
| 6.3 | Forsknings spørsmål 3; Hvilken betydning for resultatet har strategi og organisering samt kunnskap og kompetanse i driftsforvaltningen? | 120 |
| 6.3.1 | Strategi og organisering | 120 |
| 6.3.2 | Kunnskap og kompetanse | 121 |
| 6.4 | Forsknings spørsmål 4; Kan et myndighetskrav til organisering og kompetanse i driftsforvaltningen hindre avvik i energibruken i forhold til beregnet energibehov? | 122 |
| 6.5 | OPPSUMMERING AV KONKLUSJONENE | 124 |
| | REFERANSER | 126 |
| | VEDLEGGSLISTE | i |
| | Vedlegg 1: Intervjuguide | |
| | Vedlegg 2: Observasjoner og datafunn Strindfjordvegen 1 | |
| | Vedlegg 3: Observasjoner og datafunn Energibygget Lerkendal | |
| | Vedlegg 4: Observasjoner og datafunn Miljøhuset GK | |
| | Vedlegg 5: Energimålere og levert energi, Strindfjordvegen 1 | |
| | Vedlegg 6: Energimålere og levert energi, Energibygget Lerkendal | |
| | Vedlegg 7: Energimålere og levert energi, Miljøhuset GK | |

FIGURLISTE

| | |
|--|-----|
| Figur 1: Systemgrenser for energi i bygg | 9 |
| Figur 2: Netto energibudsjett med energiposter | 9 |
| Figur 3: Budsjett for levert energi | 10 |
| Figur 4: Beregningsmetodikk og prosess for å dokumentere energikravene | 12 |
| Figur 5: Anbefalt målerstruktur i nye yrkesbygg | 17 |
| Figur 7: Gjennomføringsmodell som inkluderer hele verdikjeden | 24 |
| Figur 8: Prosesser og milepæler i idriftsettelse og prøvedriftsfasen | 26 |
| Figur 10: Roller og nivåer i eiendomsforvaltningen | 29 |
| Figur 11: Kontinuerlig funksjonskontroll | 31 |
| Figur 12: Modell for energiledesystem | 32 |
| Figur 13: Case Study Method..... | 34 |
| Figur 14: Strindfjordvegen 1 | 46 |
| Figur 15: Netto spesifikt energibehov, Strindfjordvegen 1 | 52 |
| Figur 16: Prosjektfaser og ressurser, Strindfjordvegen 1 | 56 |
| Figur 17: Roller i driftsforvaltningen, Strindfjordvegen 1 | 58 |
| Figur 18: Energibyget Lerkendal | 60 |
| Figur 19: Netto spesifikt energibehov 2014, Energibyget | 67 |
| Figur 20: Prosjektfaser og ressurser, Energibyget Lerkendal | 70 |
| Figur 21: Roller i forvaltningen, Klæbuveien 118 | 72 |
| Figur 22: Miljøhuset GK | 74 |
| Figur 23: Netto spesifikt energibehov, Miljøhuset GK..... | 83 |
| Figur 24: Prosjektfaser og ressurser, Miljøhuset GK..... | 86 |
| Figur 25: Roller i driftsforvaltningen, Miljøhuset GK..... | 88 |
| Figur 26: Metodikk og prosess for rapportering av energieresultater..... | 123 |

TABELLISTE

| | |
|--|----|
| Tabell 1: Casebygg | 4 |
| Tabell 2: Energiramme for kontorbygning..... | 11 |
| Tabell 3: Energikarakter i energimerket..... | 14 |
| Tabell 4: Vurderingskategorier i BREEAM-NOR..... | 15 |
| Tabell 5: Kvantitativ og kvalitativ metode..... | 35 |
| Tabell 6: Energibudsjett- beregnet netto energibehov iht. NS 3031 | 47 |
| Tabell 7: Energikvaliteter bygningsdeler og komponenter | 47 |
| Tabell 8: Energiforsyning Strindfjordvegen 1 | 50 |
| Tabell 9: Energimålerstruktur, Strindfjordvegen 1: | 50 |
| Tabell 10: Systemvirkningsgrad varme og kjøling, Strindfjordvegen 1 | 51 |
| Tabell 11: Korrigering graddagstall | 51 |
| Tabell 12: Netto spesifikt energibehov 2014, Strindfjordvegen 1 | 52 |
| Tabell 13: Registrerte driftstider for ventilasjonsanleggene, Strindfjordvegen 1 | 53 |
| Tabell 14: Organisering av driftsforvaltning, Strindfjordvegen 1 | 58 |
| Tabell 15: SWOT- analyse, Strindfjordvegen 1 | 59 |
| Tabell 16: Energibudsjett- beregnet netto energibehov iht. NS 3031 | 61 |
| Tabell 17: Energikvaliteter for bygningsdeler og komponenter | 61 |
| Tabell 18: Energiforsyning Klæbuveien 118 | 64 |
| Tabell 19: Energimålerstruktur, Energibygget Lerkendal..... | 64 |
| Tabell 20: Systemvirkningsgrad varme og kjøling, Klæbuveien 118..... | 65 |
| Tabell 21: Korrigering graddagstall | 66 |
| Tabell 22: Netto spesifikt energibehov 2014, Energibygget..... | 67 |
| Tabell 23: Driftstider ventilasjonsanlegg, Strindfjordvegen 1 | 68 |
| Tabell 24: Interne laster og romtemperaturer, Strindfjordvegen 1..... | 68 |
| Tabell 25: Organisering av driftsforvaltning, Energibygget | 73 |
| Tabell 26: SWOT- analyse, Energibygget | 73 |
| Tabell 27: Energibudsjett Miljøhuset GK | 75 |
| Tabell 28: Energikvaliteter for bygningsdeler og materialer | 76 |
| Tabell 29: Varmetilskudd fra interne laster, Miljøhuset GK | 78 |
| Tabell 30: Energiforsyning Miljøhuset GK | 79 |

| | |
|---|-----|
| Tabell 31: Energimålerstruktur, Energibygget Lerkendal..... | 80 |
| Tabell 32: Veiledende virkningsgrader NS 3031:2014, tillegg B | 81 |
| Tabell 33: Korrigering graddagstall | 81 |
| Tabell 34: Netto spesifikt energibehov, Miljøhuset GK | 82 |
| Tabell 35: Interne laster og romtemperaturer, Strindfjordvegen 1..... | 84 |
| Tabell 36: Organisering av driftsforvaltning, Miljøhuset GK..... | 88 |
| Tabell 37: SWOT- analyse, Miljøhuset GK..... | 89 |
| Tabell 38: Hovedfunn fra intervjuer vedr. miljøklassifisering og bærekraft i bygg | 92 |
| Tabell 39: Målt netto spesifikt energibehov ved casebyggene..... | 114 |

1 INNLEDNING

Bygninger står for ca. 40 % av energibruken i Norge og har stor innvirkning på det totale energiforbruket i landet (Det Kongelige Kommunal- og Regionaldepartement, 2012).

Stortingsmelding 21 (2011-2012) konkluderer med at vi bruker mer energi enn hva som er bærekraftig for utviklingen, og i likhet med andre land i Europa har Norge også forpliktet seg til å redusere energibruken. På bakgrunn av dette har myndighetene klare ambisjoner om å føre en offensiv klimapolitikk som også omfatter en prosess for innskjerping av energikravene i Byggeteknisk forskrift (TEK10). Dette innbefatter i første omgang at forskriftskravene skjerpes til passivhusnivå i 2015, og nesten nullenerginivå i 2020 (Regjeringen.no, 2015).

Selv om prosjektering av byggverk og krav til energibruk er nøye regulert gjennom lover og forskrifter i Norge, er regelverket og kravene til den totale energibruken derimot mindre tydelige, og håndhevelsen enda mindre, når man kommer over i forvaltnings-, - drifts-, - vedlikeholds-, - og utviklingsfasen (FDVU- fasen). I denne fasen stilles det flere enkeltkrav knyttet til tilsyn, produktkontroll, forurensning, brann etc., men hovedoppgaven knyttet til drift av bygg og oppfølging av energimål er ikke tilknyttet konkrete krav.

1.1 Bakgrunn

Funn fra undersøkelser viser at leiemarkedet etterspør bygg med energiytelser som er bedre enn minimumskravene i TEK 10, og det realiseres derfor flere bygg med lavenergikvaliteter, passivhusstandard eller bedre. Det finnes bl.a. en rekke frivillige standarder for miljø- og energiklassifisering man kan forholde seg til dersom man ønsker bygg med energiytelser som overgår myndighetenes ambisjonsnivå. Miljøklassifiseringen BREEAM-Nor er et eksempel på en felles metode som bygge- og eiendomsnæringen har samlet seg om for klassifisering av bærekraftige bygg.

Da 80 % av dagens bygningsmasse fortsatt er her i 2050 (Lavenergiprogrammet 2013) er det avgjørende at FDVU- fasen følger opp energimålene fra prosjekteringsfasen slik at byggene lykkes med nå myndighetenes energi- og miljømål.

1.2 Tilnærming og formål med oppgaven

På bakgrunn av at det bygges stadig flere yrkesbygg med kvaliteter og løsninger som overgår myndighetenes minimumskrav, kan man da si at vi er i rute i forhold til energiambisjonene? Blir teori fra prosjekterings- og byggefasen til praksis i FDVU- fasen ved at byggene opprettholder energiytelsene som planlagt, eller er dette teori som ikke lar seg realisere med bakgrunn i prosessene som leder frem til det ferdige bygget i FDVU- fasen?

Teori og erfaring viser at funksjoner og ytelser i ferdige bygg i for mange tilfeller avviker fra ambisjonene når man kommer over i FDVU- fasen. Studier av energibruk i yrkesbygg med lavenergi- eller passivhusstandard viser også at det er avvik i energibruken til flere bygg i forhold til beregnede verdier. Funnene i disse studiene tyder på at årsakene kan ligge både i prosjekteringsgrunnlaget og i det ferdige bygget, men også i FDVU- fasen med bakgrunn i hvordan byggene driftes og forvaltes.

Teorien viser også til den avgjørende idriftsettings- og prøvedriftsfasen i prosjekter for å lykkes med å overlevere bygg uten feil og driftsavvik. I denne fasen legges grunnlaget for nødvendig kunnskapsoverføring slik at driftsforvaltningen skal kunne lykkes med å oppnå byggenes ytelser i FDVU- fasen. Forutsetningene er derimot at driftsforvaltningen deltar i disse prosessene på lik linje med prosjektenes ressurser og innehar nødvendig kompetanse til å utføre arbeidene.

Med bakgrunn i disse spørsmålene vil denne oppgaven gjennomføre casestudier av tre utvalgte bygg med lavenergi- og passivhusstandard, hvor formålet er å analysere om energibruken avviker fra prosjekterte mål, og om det er en sammenheng mellom eventuelle avvik og forutsetningene for å oppnå målene. I analysene inngår også en evaluering av hvilken betydning kunnskap og kompetanse har for å oppnå planlagte resultater, og om organisering av driftsforvaltningen har betydning for oppnåelsen av resultatene.

1.3 Problemstilling

Problemstillingen i oppgaven oppsummeres til følgende:

Er det avvik mellom faktisk energibruk og prosjekterte mål i tre utvalgte bygg, og kan avvikene ha sammenheng med forutsetningene samt driftsforvaltningens kunnskap, kompetanse og organisering?

For å besvare problemstillingen vil følgende forskningsspørsmål gjennomgås:

1. Er avvikene knyttet til spesifikke energiposter?
2. Hvordan kan forutsetningene fra planleggingsfasene påvirke mulighetene til å oppnå målsetningen om energieffektivitet?
3. Hvilken betydning for resultatet har strategi og organisering samt kunnskap og kompetanse i driftsforvaltningen?
4. Kan et myndighetskrav til organisering og kompetanse i driftsforvaltningen hindre avvik i energibruken i forhold til beregnet energibehov?

1.4 Oppgavens avgrensning, casestudier

Oppgaven avgrenses til casestudiene av tre bygg som ble planlagt og bygget med lavt energibruk for FDVU- fasen. Byggene er av lik karakter, dvs. yrkesbygg i bygningskategorien «kontorbygg». Alle casebyggene er ferdigstilt etter 2010 og kommer inn under definisjonen «Lavenergibygg» eller «Passivhus».

Tabell 1 viser casebyggene som er valgt med energi- og miljøklassifisering:

| Casebygg | Netto energibehov | Miljø- og energiklassifisering |
|------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Strindfjordvegen 1 | 92,5 kWh/m ² år | Lavenergibygg |
| Energibygget Lerkendal | 90,1 kWh/m ² år | Lavenergibygg |
| Miljøhuset GK | 74,9 kWh/m ² år | Passivhus, Breeam «Very Good» |

Tabell 1: Casebygg

Casestudiene omfatter dokumentundersøkelser, observasjoner og datafangst samt intervjuer med nøkkelpersoner fra eier og driftsforvaltning ved hvert bygg.

Resultater fra energimålingene i casebyggene er hentet ut fra installerte energimålere og gjennomførte målinger i 2014. Usikkerhetsfaktorer, nødvendige tillempinger, forutsetninger og estimeringer for å få til en oppstilling etter formålsdelt energibruk på energipostnivå er beskrevet i casebeskrivelsen for hvert bygg.

1.5 Oppgavens oppbygging

Oppgaven er for det videre arbeidet organisert på følgende måte:

Kapittel 2 Teori gir en fremstilling av det teoretiske grunnlaget, og gjennomgår teori og litteratur knyttet til beregningsmetodikk, krav, standarder, beste praksis, øvrig forskningslitteratur, samt forutsetninger for måloppnåelser knyttet til energibruken.

Kapittel 3 Metode beskriver det metodiske perspektivet samt fremgangsmåten som er benyttet i oppgaven.

Kapittel 4 Empiri presenterer empirien i oppgaven. Kapitlet omfatter casebeskrivelser fra tre casebygg med resultater fra dokumentundersøkelser og sekundærdata, samt resultater fra observasjoner og funn samt intervjuer.

Kapittel 5 Diskusjon analyserer empirien gjennom diskusjon av resultatene i et perspektiv av teorien. Kapitlet er inndelt i fire underkapitler etter forskningsspørsmålene i problemstillingen.

Kapittel 6 Konklusjon presenterer studiens konklusjoner. Kapitlet oppsummerer de viktigste funnene inndelt etter forskningsspørsmålene og samler dette i en oppsummerende konklusjon.

1.6 Definisjoner og begrep

Følgende definisjoner og begrep er lagt til grunn i oppgavens ulike kapitler:

Bruker:

Definert som leietaker i Yrkesbygg i denne oppgaven.

BRA:

Bruksareal etter NS 3940:2012. Arealet innenfor omsluttete vegger og omfatter nettoareal og areal av innvendige vegger og sjakter.

BTA:

Bruttoareal etter NS 3940:2012. Arealet beregnet fra utside av omsluttete vegger, inkludert utvendig avsluttet overflate.

Energiytelse:

Mål på hvor effektiv energien produseres, distribueres, lagres, omformes og brukes, som også kan omfatte miljøbelastninger og kostnader (Standard Norge, 2014).

Energivare:

Handelsvare hovedsakelig benyttet for å produsere mekanisk arbeid eller varme, eller for å drive kjemiske eller fysiske prosesser (Standard Norge, 2014).

Energiramme:

Totalt netto energibehov for en bygning skal ikke overstige rammer gitt i TEK 10, § 14-4

EOS:

Energioppfølgingssystem med registrering, rapportering, analyse og løpende oppfølging av energibruken.

FDVU:

Forvaltning, drift, vedlikehold og utvikling.

Frikjøling:

Økonomisk metode for å produsere kjølig, enten som kald luft eller som isvann uten bruk av kjølemaskin.

Graddagstall:

Graddagstallet (GDT) for et gitt døgn er definert som differansen mellom basistemperaturen 17 °C og den aktuelle døgnmiddeltemperaturen. Graddagstallet for et år er summen av graddagstallene for alle årets døgn.

GAP- analyse:

Analyse av avviket (gapet) mellom nåværende situasjonen og den ønskede situasjonen.

Internlast:

Varmetilskudd innenfor oppvarmet BRA som skyldes varmeavgivelse fra mennesker, teknisk utstyr og lys.

Klimaskjerm:

Primære bygningsdeler etter NS 3451 som beskytter oppvarmet del av BRA mot utvendig klima.

Næringsbygg:

Definert som Yrkesbygg i denne oppgaven.

Oppvarmet del av BRA:

Den delen av BRA som tilføres varme fra bygningens varmesystem og eventuelt kjøling fra bygningens kjølesystem, og som er omsluttet av bygningens klimaskjerm.

Omluft:

Avtrekksluft fra et lokale som enten blandes med frisk luft og returneres til lokalet, eller som i sin helhet returneres til lokalet.

SD-anlegg:

Sentral driftskontroll. Samlebegrep for sentralisert bygningsautomatisering basert på digital teknikk og utstyr.

Spesifikt energibehov:

Energibehov per kvadratmeter oppvarmet del av BRA.

Yrkesbygg:

Offentlig eller privat eid bygning eller del av bygning som utgjør en selvstendig enhet, og som ikke benyttes til boligformål.

2 TEORI OG LITTERATUR

Dette kapittelet tar for seg teori og litteratur knyttet til bygningers energiytelse, fra planlegging til fast drift. Kapittelet er inndelt i sju underkapitler som omhandler krav og beregningsmetodikk, eksempler på beste praksis og klassifiseringer for energieffektive bygg, metoder og erfaring med etterprøving av energibruk i driftsfasen, samt kunnskap- og kompetansebehov knyttet til planlegging og driftsforvaltning.

2.1 Bygningers energiytelse

2.1.1 Beregning av bygningers energiytelse, metode og data

Norsk Standard 3031 (NS 3031) angir et felles grunnlag for å beregne og dokumentere energiytelsen til en bygning. NS 3031 angir beregningsmetodikken samt normerte- og veiledende parametere og inndata for å kunne beregne varmetap, netto energibehov, levert energi, mv. Standarden skiller mellom begrepene netto energibehov og levert energi knyttet til en bygningens energibruk (Standard Norge, 2014).

NS 3031 definerer netto energibehov som;

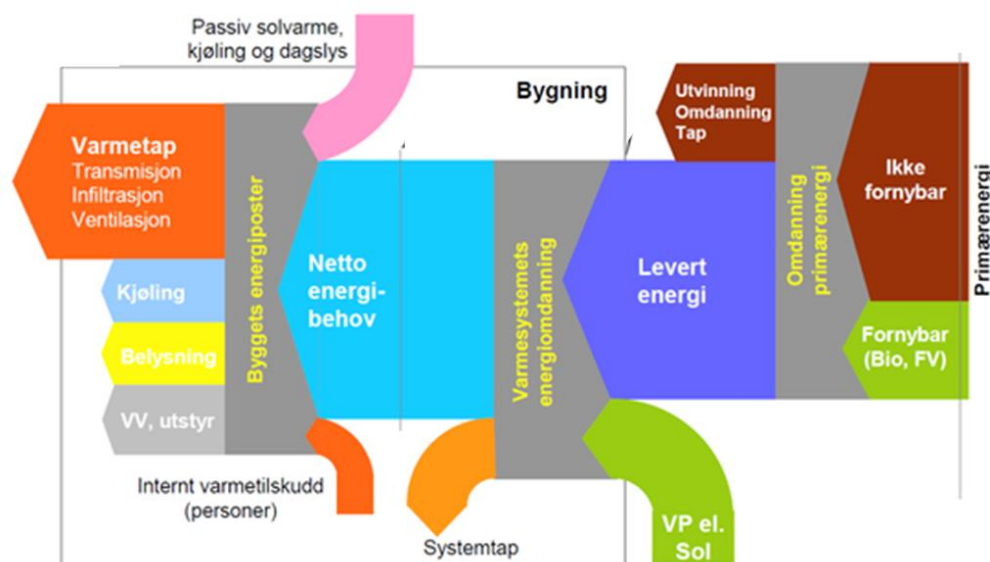
«bygningens energibehov uten hensyn til energisystemets virkningsgrad eller tap i energikjeden».

Netto energibehov tilsvarer energimengden som er beregnet utnyttet direkte på forbruksstedet og det tas ikke hensyn til energisystemets virkningsgrad eller tap i energikjeden. Totalt netto energibehov skal beregnes for oppvarmet andel av bruksarealet (BRA) i bygget og oppgis som energibehovet per kvadratmeter.

NS 3031 definerer levert energi som;

«summen av energi, uttrykt per energivare, levert over bygningens systemgrenser for å dekke bygningens samlede energibehov inkludert systemtap som ikke gjenvinnes».

Figur 1 illustrerer systemgrensene for energibruk og tilført energi, og hvordan dette samspiller i et bygg:



Figur 1: Systemgrenser for energi i bygg (Multiconsult 2006)

NS 3031 angir to typer energibudsjett; netto energibudsjett og budsjett for levert energi. Netto energibudsjett skal deles opp i energiposter etter formål mens budsjettet for levert energi deles opp i ulike energikilder.

Figur 2 viser oppsett for netto energibudsjett til bygninger iht. NS 3031:

| Energipost | Energibehov [kWh/år] | Spesifikt energibehov [kWh/(m ² ·år)] |
|-------------------------------------|----------------------|--|
| 1a Romoppvarming | | |
| 1b Ventilasjonsvarme ^a | | |
| 2 Varmtvann | | |
| 3a Vifter | | |
| 3b Pumper | | |
| 4 Belysning | | |
| 5 Teknisk utstyr | | |
| 6a Romkjøling | | |
| 6b Ventilasjonskjøling | | |
| Totalt netto energibehov, sum 1 - 6 | | |
| Utendørs ^b | | |

^a Varmebehovet til frostsikring av varmegjenvinneren skal tillegges energipost 1b.
^b I tilfeller der utendørs energibehov for oppvarming/snøsmelting, utstyr, belysning eller lignende utgjør en betydelig del av bygningens energibruk, skal dette angis som en egen energipost under selve energibudsjettet. Men energibehov for dette skal ikke regnes inn i summen for totalt netto energibehov (sum 1-6).

Figur 2: Netto energibudsjett med energiposter (NS 3031)

Figur 3 viser oppsett for levert energi for ulike energivarer etter NS 3031:

| Energivare | Levert energi [kWh/år] | Spesifikk levert energi [kWh/(m ² ·år)] |
|--|---------------------------|---|
| 1 Elektrisitet ^a | | |
| 2 Olje | | |
| 3 Gass | | |
| 4 Fjernvarme | | |
| 5 Biobrensel | | |
| 6 Annen energivare ^{b, i} | | |
| Totalt levert energi, sum 1-6 | | |
| ^a For elektrisitet kan denne posten eventuelt deles opp i fire underposter: 1a Direkte elektrisitet 1b, Elektrisitet til varmepumpesystemer, 1c Elektrisitet til solenergisystemer og 1d Elektrisitet til kjølesystemer (komfortkjøling). ^b I tilfeller der det er flere andre energivarer ut over elektrisitet, olje, gass, fjernvarme og biobrensel, kan også post 6 deles opp i flere underposter 6.a., 6.b. osv. | | |

Figur 3: Budsjett for levert energi (NS 3031)

Ved beregning av netto energibehov og levert energi skal alle energiposter for innendørs energibehov knyttet til ordinær drift i bygningen inkluderes. Normerte verdier angitt i NS3031 for driftstider, personbelastning, innetemperaturer og klima skal benyttes ved kontrollberegning mot offentlige energirammekrav, mens ved beregning av en bygnings forventede netto energibehov skal reelle inndata og lokalt klima anvendes. Det er kun bygningens oppvarmede del av BRA, dvs. den delen av BRA som tilføres varme fra bygningens varmesystem som skal legges til grunn. Arealer som regnes som uoppvarmet eller delvis oppvarmet, ved at de ikke holder innetemperaturer definert for byggkategorien i NS 3031 tillegg A, skal ikke medtas i beregningene av byggets energibehov. Energibehov til industrielle prosesser, kjølelagre, serversentraler o.l. tas ikke med i beregningene (SINTEF Byggforsk, 2011).

2.1.2 Minimumskrav til bygningers energiytelse

Prosjektering av byggverk i Norge og krav til energibruk er bestemt av Lov om planlegging og byggesaksbehandling- plan- og bygningsloven (PBL), med tilhørende forskrift og veiledning om tekniske krav til byggverk (TEK 10). Kravet til bygningers energieffektivitet er oppfylt dersom dette dokumenteres ved å anvende to alternative modeller;

1. energitiltaksmodellen
2. energirammemodellen

Energiltaksmodellen tar utgangspunkt i at byggets energikvaliteter skal oppfylles med en serie enkelttiltak og minstekrav til enkeltkomponenter, mens energirammemodellen definerer en gitt øvre energiramme som må oppnås for bygningskategorien. I tillegg er det visse minstekrav knyttet til varmetap. For bygg med flere bruksfunksjoner må det dokumenteres at de ulike delene oppfyller rammekravet for aktuell bygningskategori (SINTEF Byggforsk, 2011).

Tabell 2 angir energirammen for bygningskategorien kontorbygning:

| Bygningskategori | Totalt netto energibehov |
|------------------|-------------------------------|
| Kontorbygning | 150 kWh/ oppvarmet BRA pr. år |

Tabell 2: Energiramme for kontorbygning (TEK 10)

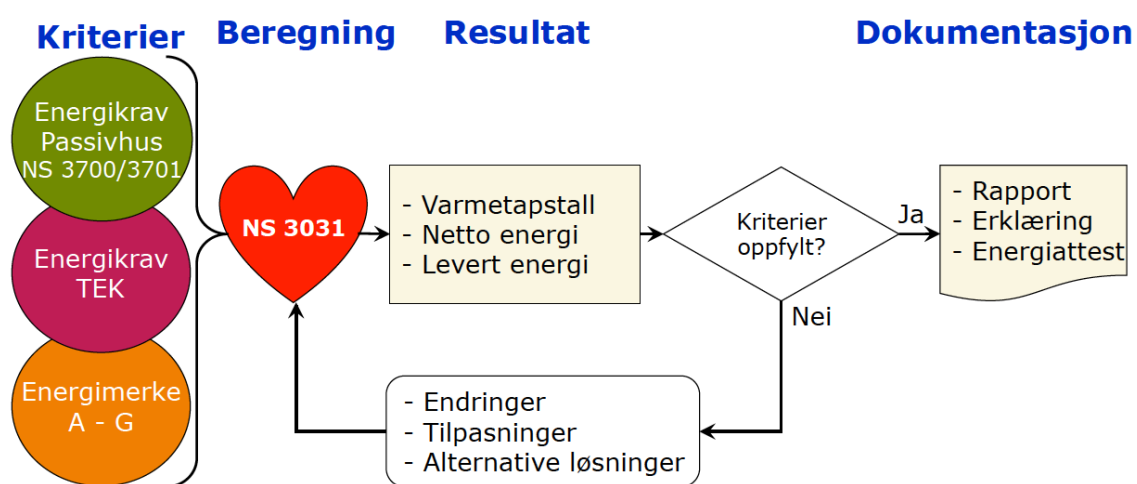
TEK 10 er en minimumsforskrift som definerer grenser og egenskaper for byggverk, samt krav til bygningens energiytelse. I praksis bør det derimot tas sikte på å bygge slik at energikravene oppnås med god margin. Ansvarlig foretak for prosjektering av netto energibehov skal utarbeide tilstrekkelig dokumentasjon som bekrefter at løsningene som er valgt oppfyller forskriftenes krav (SINTEF Byggforsk, 2011).

Dokumentasjonskravet krever derimot ikke at energiberegninger skal innrapporteres til myndighetene for kontroll. Dette er til forskjell fra forskriftskravene i Sverige og Danmark der forskriftene også stiller krav til levert energi. I Sverige er det krav til energimåling minimum 12 måneder etter overlevering av bygget for å verifisere samt følge opp det beregnede energibehovet. Da de norske byggeforskriftene ikke har tilsvarende krav til beregninger og dokumentasjon vil energirammekravene i TEK10 være lite egnet for å brukes

som grunnlag for energistatistikk og sammenligning med målt levert energibruk (Dokka et al., 2011).

I forslaget til ny Teknisk forskrift, TEK 15, går myndighetene inn for å videreføre kravet om netto energibehov som beregningspunkt for energirammen (Direktoratet for byggkvalitet, 2015).

Figur 4 viser prosessen og beregningsmetodikken for dokumentasjon:



Figur 4: Beregningsmetodikk og prosess for å dokumentere energikravene (Standard Norge)

2.2 Energieffektive bygg- beste praksis

2.2.1 Lavenergibygging og passivhus

Norsk standard 3701 (NS 3701) Kriterier for passivhus og lavenergibygninger, ble fastsatt i september 2012. Standarden som er utviklet på bakgrunn av Sintef Byggforsk Prosjektrapport 42 (2009) skal anvendes ved planlegging, bygging og evaluering av yrkesbygninger med svært lavt energibehov.

NS 3701 stiller konkrete krav til transmisjons- og infiltrasjonsvarmetap, oppvarmingsbehov, kjølebehov samt energibehov til belysning, komponenter og luftmengder. Standarden setter kriteriene for 11 yrkesbyggkategorier, og kravene varierer i forhold til areal, type bygg og klima.

Et passivhus er et bygg med svært lavt energibehov sammenlignet med et bygg etter TEK 10-standard. Passivhus er i utgangspunktet ikke en energistandard, men et konsept som sikrer et komfortabelt inneklima uten-, eller med et strekt forenklet konvensjonelt oppvarmings- eller kjøleanlegg. Gjennom robuste og kostnadseffektive passive tiltak slik som ekstra varmeisolasjon, ekstra gode vinduer, konstruksjoner for kuldebroer, god lufttetthet, varmegjenvinning av ventilasjonsluft og passivt soltilskudd skal energibehovet i bygget reduseres. Det er viktig at konseptet som helhet blir ivaretatt og ikke bare enkeltkriterier. KLINSKI et al. (2012a) presiserer at et bygg med kvaliteter på *passivhusnivå*, slik dette er definert i rapporten til Arnstadutvalget (KRDs arbeidsgruppe, 2010) der et bygg med totalt behov for levert energi på samme nivå som et passivhus, 70- 80 kWh/m²år, ikke nødvendigvis vil være et bygg med lavt oppvarmingsbehov eller med optimalt inneklima. *Passivhusnivå* med levert energi som målestokk kan oppnås med en mindre god bygningskropp hvis det samtidig brukes svært energieffektivt teknisk utstyr som f. eks. varmepumper og/ eller solfangere til å oppnå behovet for levert energi. Hovedkravet i NS 3701 er derimot et sterkt begrenset netto oppvarmingsbehov og dermed en robust og energieffektiv bygningskropp, samt høyeffektiv varmegjenvinning fra ventilasjonsanlegg. Med spesifikke krav til oppvarmingsbehov, bygningskropp og ventilasjon sikrer NS 3701 inneklimaet bedre enn i et bygg med *passivhusnivå*.

2.3 Miljøklassifiseringer for bærekraft i bygg

Det finnes flere sertifiserings- og miljøklassifiseringer for bærekraft og energieffektivitet i bygninger.

2.3.1 Energimerke

Energimerke er en pålagt energiklassifisering av bygg som består av en energikarakter og en oppvarmingskarakter. Energikarakteren, A til G, er et resultat av beregnet levert energi til bygningen etter NS 3031. Det anvendes normerte verdier i beregningene og resultatet er uavhengig av klima, interne laster og bruk (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2014).

Tabell 3 viser kriteriene for energikarakteren:

| Karakter | Energistandard/ klassifisering bygg | Levert energi |
|----------|--|--|
| A- B | Passivhus og lavenergibygninger, bygninger som normalt tilfredsstill | 85 kWh/ m ² |
| | strengere krav enn det som er angitt i byggeforskriftene og/ eller har effektivt varmesystem. | 115 kWh/ m ² |
| C | Nye bygninger som tilfredsstiller forskriftene i TEK 10, og bygninger etter noe eldre forskriftskrav med effektivt varmesystem | 145 kWh/ m ² |
| D- G | Bygninger som er bygget under eldre forskriftskrav enn dagens. Eldre hus som ikke er utbedret, vil normalt få en karakter nederst på skalaen | 180 kWh/ m ² > 275 kWh/ m ² |

Tabell 3: Energikarakter i energimerket

2.3.2 BREEAM-NOR

Building Research Establishment's Environmental Assessment Method (BREEAM) er et helhetlig miljø- klassifiseringssystem for bygg og eiendom. Som verdens ledende og mest brukte miljøklassifiseringssystem for bygg setter BREEAM standarden for beste praksis for bærekraft i bygg og et byggs miljøytelse. BREEAM-NOR er en norsk tilpasning, utviklet av Norwegian Green Building Council (NGBC), tilpasset til relevante norske standarder og regler innenfor energi og miljøområdet. Et bygg klassifiseres etter antall oppnådde poeng innenfor ti kategorier, der det er mulig å oppnå klassifiseringen Pass, Good, Very Good, Excellent eller Outstanding (Norwegian Green Building Consil, 2012).

Tabell 4 viser vurderingskategoriene i BREEAM- NOR:

| 1 Ledelse | 2 Helse | 3 Energibruk | 4 Transport | 5 Vann |
|---|---|--|--|-----------------------------------|
| Idriftsettelse | Dagslys | Behov for energi | Nærhet til | Vannforbruk |
| Påvirkning på byggeplass | Termisk komfort for brukerne | Lav- eller nullkarbonløsninger | kollektivtransport | Lekkasjedeteksjon |
| Brukerveiledning for bygg | Akustikk Innendørs luft- og vannkvalitet | Delmåling av energi | Tilrettelegging for gående og syklist | Gjenbruk og resirkulering av vann |
| LCC | Belysning | Energieffektive installasjoner | Nærhet til fasiliteter | |
| | | | Reiseplaner og informasjon | |
| 6 Materialer | 7 Avfall | 8 Arealbruk og økologi | 9 Forurensning | 10 Innovasjon |
| Livsløpsvurdering av materialer Gjenbruk av materialer Ansvarlig innkjøp (sourcing) Robusthet | Byggavfall Resirkulert tilslag Gjenvinningsanlegg | Tomtevalg Beskyttelse av økologiske funksjoner Demping/forsterkning av økologisk verdi | Bruk og utslipp av kjølevæske Flomrisiko Forurensning av vassdrag Ekstern lys- og støyforurensning | Mønstergyldige ytelsesnivåer |

Tabell 4: Vurderingskategorier i BREEAM-NOR

2.4 Etterprøving av energibruk

I dagens forskrifter er det ingen krav til oppfølging av bygningers energibruk etter at disse er oppført og tatt i bruk. Enova (2015) anbefaler etterprøving av det faktiske energiforbruket i alle nye bygg for å sikre at energieffektiviseringen av bygningsmassen blir vellykket, og krever dette for alle bygg som mottar økonomisk støtte. Det finnes derimot ingen standard for måling og etterprøving av energibruk i Norge, og man opplever derfor at det gjennomføres oppfølging av energibruk på ulike måter.

2.4.1 Enovas byggstatistikk

Alle byggeiere som mottar støtte fra Enova må rapportere årlig levert energibruk i en periode på 5 år etter avsluttet prosjekt. Levert energi er andel energi som er tilført bygningen over elektrisitetsnettet eller via fjernvarme. For å sammenligne energibruken i ulike bygg uavhengig av beliggenhet og klima, korrigerer Enova den temperaturavhengige delen av forbruket for forskjellen mellom klimaet på det aktuelle målestedet i det aktuelle året, og et beregningsmessig normalår i Oslo.

For 2013 ble det innrapportert energibruk fra 2 464 bygninger, lokalisert i 311 kommuner. Samlet energibruk for alle bygninger var 2 742 GWh fordelt på 10,7 millioner m² oppvarmet areal. Korrigert for temperatur og sted ble spesifikk tilført energibruk for alle bygninger i 2013 255 kWh/m². Tallene er ikke representative for det samlede arealet av yrkesbygg i Norge da det innrapporterte forbruket kun omfatter i overkant av 10 % av arealene i yrkesbyggene (Enova, 2015).

2.4.2 Metodikk for etterprøving av energibruk

For å kunne etterprøve energibruken må forutsetningene for dette være til stede på valgte systemgrense, men også andre forhold knyttet til inndata samt bruk av bygget vil kunne påvirke resultatene.

På oppdrag fra Enova har SINTEF Byggforsk og Entro utarbeidet rapporten ”Etterprøving av bygningers energibruk”(Dokka og Grini, 2013) med forslag til underlag til en ny Norsk Standard for energioppfølging- og etterprøving av bygningers energibruk. I rapporten

diskuteres det to ulike måter å sammenligne målt og beregnet energibruk på, der både oppdeling etter netto energibruk og levert energi er relevant for måling og etterprøving. For å være konsistent med dagens NS 3031 så anbefaler rapporten at netto målt energibruk i bygget etterprøves på energipostnivå og sammenlignes med beregnet netto energibehov etter korreksjoner for distribusjon- og avgivelsesvirkningsgrader på det målte forbruket. I tillegg må andelen energibruk til oppvarming korrigeres for væravhengig forbruk. Før måleresultatene sammenlignes med beregnet netto energibehov må beregningene kontrolleres for reelle inndata for driftstid, interne laster samt lokalt klima. Det må også kontrolleres hvilke arealer som er medtatt innenfor byggets klimaskjerm som oppvarmet andel av BRA.

For en detaljert måling og etterprøving av energibruken i et bygg så anbefales det å utføre månedstemperaturkorrigeringer av energibruk som er væravhengig. Rapporten konkluderer med at energibruk til romoppvarming og ventilasjonsvarme ansees som de viktigste variablene og som anbefales korrigert.

I nye yrkesbygg anbefaler rapporten at målerstrukturen for etterprøving av energibruken skal gjenspeile samme inndeling i energiposter som NS 3031 fastsetter for beregning av energibudsjettet. Rapporten anbefaler også at store energiposter utover de som er definert i NS 3031, f. eks energi til serverrom, medtas med egen måler. Energibruk til uteområder anbefales også målt.

Figur 5 viser anbefalt målerstruktur i nye yrkesbygg:



Figur 5: Anbefalt målerstruktur i nye yrkesbygg (Enova)

2.5 Studier av beregnet og målt energibruk

Dette kapittelet presenterer en oppsummering av norske og utenlandske studier som ser på sammenhenger, samt bakgrunner for avvik mellom beregnet og målt energibruk i energieffektive bygg.

I SINTEF Byggforsk Prosjektrapport 48 (Grini et al., 2009) presenteres en studie av fem kontorbygg som var prosjektert for lavere energibruk i Norge, hvor målsetningen var å avdekke de viktigste parameterne som påvirker energibruken i yrkesbygg. Målsetningen med rapporten å arbeide videre med å utvikle kunnskap om energieffektive løsninger for å redusere energibruken. Konklusjonen i studien var at energibehovet knyttet til energipostene oppvarming, varmtvannsforbruk og belysning var under kontroll i de undersøkte byggene i forhold til beregnet energibehov. Dette skyldes gode bygningskropper med energitap iht. beregnede verdier, begrenset bruk av varmt vann i yrkesbygg, samt gode systemer for behovsstyring av lys og anvendelse av mer energieffektivt lysutstyr. For de byggene med størst avvik viste studien at energibruk til ventilasjonsanlegg, kjøleanlegg og pumpedrift var betydelig høyere enn beregnede verdier. Rapporten konkluderte med at årsaken til disse overskridelsene ligger i energibruk til tekniske anlegg som bærer preg av å være lite energieffektive, men også feil- og ulønnsom drift medførte bruk av energi som kunne vært unngått. Typiske eksempler på lite energieffektive tekniske anlegg var ventilasjonsanlegg med dårlige virkningsgrader, ikke innregulerte systemer, unødvendig drift av varme- og kjølesystemer og ingen behovsstyring av varme, ventilasjon og lys. En fellesnevner for byggene med høyere energibruk enn beregnet var dårlige driftsrutiner, samt feil drift av de tekniske anleggene. Studien viste også til sammenhengen mellom energieffektiv drift og systemer som muliggjør overvåkning og energioppfølging med flere undermålinger. I Sintef Byggforsk Prosjektrapport 76 konkluderte Dokka et al. (2011) at byggene med høye energiambisjoner i Prosjektrapport 48 hadde god overensstemmelse mellom beregnet og målt levert energi til energipostene teknisk utstyr og kjøling, etter at disse ble korrigert for klimaparametere og reelle driftstider.

Rådgiverselskapet XRGIA utarbeidet i 2011 rapporten ”Energibruk i lavenergi- og passivbygg” (Xrgia, 2011) som en litteraturstudie av data fra ulike lavenergi- og passiv yrkesbygg samt boliger i Tyskland, Sveits, Østerrike, Sverige og Norge. Hovedfunnene i

studien er at målt energi i lavenergi- og passivhus er noe høyere enn forventet energibruk, men at det er stor spredning i avvikene. Funnene gjelder for både boliger og yrkesbygg, og er basert på totalt energibruk samt energi til oppvarming. Rapporten har begrenset med informasjon fra bygg med lavenergi- og passivhus/ passivhusnivå i Norge. Dette skyldtes svært få prosjekter med denne standarden på tidspunktet studien ble gjennomført, samt at det var krevende å hente nødvendig informasjon fra de prosjektene som var gjennomført. Studien hentet informasjon om total energibruk fra fire lavenergibygg i Norge, der tre av byggene hadde energibruk iht. beregninger, mens ett av byggene hadde lavere energibruk enn beregnet. Rapportens datakvalitet kan kritiseres da resultatene ikke sier noe om variasjoner innenfor rapporterte totalverdier, samt for manglende ensartethet da det er uvisst om dataene er korrigert for temperaturforhold, driftstider og systemvirkningsgrader. Dette gjør det vanskelig å vurdere verdien av de faktiske resultatene samt å sammenligne de ulike resultatene med hverandre.

I SINTEF Byggforsk Prosjektrapport 90 (KLINSKI et al., 2012b) vises det til flere norske og utenlandske studier på energibruk i boligbygg, barnehager og skoler, der energibruken i lavenergi- og passivhus avviker i forhold til energiberegningene. Studiene viser derimot at det er lite som tyder på at avvikene er større i passivhus enn i andre undersøkte hus, men en fellesnevner i studiene er at energibruken er påvirket av brukerne, og i stor grad knyttet til oppvarming. Feil bruk pga. for lite informasjon kan gi store utslag på energimålingene. I flere prosjekter velges også innetemperaturer som er høyere enn hva om er lagt inn i energiberegningene. En svakhet ved flere av studiene rapporten viser til, er at energibruken i flere bygg ble målt i innkjøringsfasene, der energibruken kan være høyere enn senere da denne kan forventes å stabilisere seg ca. ett år etter at bygget er tatt i bruk.

SINTEF Byggforsk Prosjektrapport 113 (KLINSKI et al., 2012a), som følger opp de utvalgte norske prosjektene i Prosjektrapport 90, støtter konklusjonene. Som en forklaring til avvikene i energiforbruk ved de undersøkte byggene refererer KLINSKI et al. (2012a) til begrepet *prebound-effekt*, som i motsetning til *rebound-effekt* som beskriver hvordan et sparepotensiale ikke realiseres fullt ut, beskriver det motsatte; at selve sparepotensialet i praksis er lavere enn i teorien. Som eksempel vises til energiberegninger som opererer med standardiserte verdier for temperaturer, interne laster, driftstider m.fl. som medfører at det

teoretiske energibehovet kan bli lavere enn hva det blir i praksis. Rapporten konkluderte med at energioppfølging skjer på ulike måter; med og uten formålsdeling på energipostnivå, samt med og uten graddagskorrigering av energi til oppvarming. Dette medfører at ulike måleresultater blir sammenlignet med ulike måle- og beregningsstandarder. KLINSKI et al. (2012a) konkluderer med at reelle tall må graddagkorrigeres for å være sammenlignbare med teoretiske beregninger. Meir et al. (2009) skriver i en artikkel knyttet til studien Post-Occupancy Evaluation at manglende ensartede- og standardiserte prosedyrer knyttet til evaluering av en bygning gjør det vanskelig å sammenligne ulike resultater. I artikkelen refereres Roaf et al. (2004) som hevder at ensartede og standardiserte prosedyrer er avgjørende dersom resultater fra undersøkelser skal kunne anvendes til å fremme bærekraft i bygg.

I 2013 gjennomførte rådgiverselskapet Civitas, i samarbeid med SINTEF Byggforsk, Miljøanalyse og TinyMesh, en studie av 10 utvalgte lavenergibygg og bygg med passivhusnivå i Norge for å se på erfaringer med drift og energiytelse. (Civitas et al., 2013). På bakgrunn av tidligere analyser og rapporter fra lavenergibygg og bygg med passivhusnivå i Norge og Europa, hadde studien en hypotese om at byggenes faktiske forbruk i driftssituasjonen var høyere enn beregnet forbruk. Sentralt i studien var å finne metoder for å utføre reelle sammenligninger av prosjektert energibruk og faktisk energibruk, slik at ulike resultater sammenlignes på riktig grensesnitt/ systemgrense.

For byggene ble det etterspurt data for beregnet levert energi (fra energimerket), kjøpt energi (på energileverandørs måler), beregnet netto energi (iht. rammekravsmetoden i TEK 10) samt målt netto energi. Studien lyktes ikke med å innhente formålsfordelt energibruk på byggene, eller målt netto energibehov, da de fleste byggene ikke hadde tilstrekkelig målerstruktur for dette formålet. I studien inngikk også flere flerfunksjonsbygg med separate energiberegninger fra prosjekteringen, noe som gjorde det vanskelig å finne sammenlignbare tall da målerstrukturen på disse byggene ikke var innrettet for dette formålet. I de innrapporterte dataene til studien er det også uvisst hvor stor andel av måleresultatene som er energibruk til utendørs arealer (snøsmelteanlegg og belysning), halvklimatiserte arealer eller prosesser som ikke skal medtas. I resultatene fra studien fremgår det at tre av byggene i 2012 brukte mer energi enn beregnet, mens fire andre brukte mindre. Studien konkluderte med at enkelte bygg etter 2-4 års drift fortsatt ikke fungerte som forutsatt, og at dette kan skyldes

innslag av avanserte løsninger som gir større muligheter for feil og øker kompleksiteten i driften. Med en grundig funksjonstesting, innregulering og overlevering mener studien at dette kunne bidratt til et bedre inneklima og mer energioptimal drift ved flere av byggene. Bedre instrumentering på byggene kunne også gitt potensiale for bedre drift, samt avdekket feil og mangler fra prosjektering og utførelse. Studien anbefaler at følgende tiltak bør gjennomføres systematisk for alle bygg:

- dokumentasjon og etterprøving av byggenes energibruk og inneklima på et overordnet nivå
- verifikasjons- og feilsøking i forbindelse med overlevering av bygg fra entreprenør til byggherre
- opplæring av driftspersonell for å sikre god kunnskap om hvordan alle tekniske systemer i bygget fungerer og samhandler

Til tross for rapportens ambisjoner om en ensartet metode for fremstilling og sammenligning av verdier, er det usikkerhet knyttet til datagrunnlaget. Da innrapporterte tall er hovedmålinger ved casebyggene, er det stor usikkerhet knyttet til om dataene også inneholder energibruk til energiposter som ikke skal medtas i beregninger og målinger. Dette kan være energi til gatevarme, utelys, kjeller, kjøkken, IT/ data etc. Uten energimålinger på energipostnivå kan heller ikke temperaturkorrigeringer av energi til oppvarming være korrekt utført i rapporten.

2.6 Kunnskapsoverføring, fra prosjektering til drift

Dette kapitlet presenterer teori og litteratur knyttet til kunnskapsoverføring i byggeprosjektenes ulike faser for best mulig å nå målet om en energieffektiv drift i FDVU-fasen.

2.6.1 Tverrfaglig kunnskap i tidligfasen- smart prosjektering

For å utnytte kunnskap og kompetanse best mulig i et byggeprosjekt viser Hestnes og Andresen (2007) til gode erfaringer fra prosjekter gjennomført etter integrerte prosjekteringsprosesser. Dette er prosjekteringsprosesser som involverer tverrfaglig kunnskap allerede i de tidligste fasene i en byggeprosess for å evaluere et bredt spekter av ytelseskrav, før viktige designparametre blir fastlåst. Suksessfaktoren for en integrert prosjekteringsprosess er tidlig intervensjon, og at spesialkunnskap gjøres tilgjengelig allerede i tidligfasen, slik at kompleksiteter kan vurderes i et perspektiv av flere muligheter og ytelseskrav. Prosessen muliggjør alltid iterasjoner ved at ulike alternativer holdes åpne helt til man har tilstrekkelig dokumentasjon til å gjøre beslutninger. Parametere man tradisjonelt har ansett som arkitektansvar, herunder bygningsform, soner, orientering, vindusplassering- og utforming har stor innvirkning på utgangspunktet for et energieffektivt bygg, og det er derfor viktig å inkludere faggrupper og spesialister med rett kompetanse for å levere informasjon om miljøriktig design, teknologier og prosesser til rett tid. I et energieffektivt bygg er det viktig å prosjektere for å unngå energitap, men like sentralt er det å utnytte, samt få kontroll over den energien man får tilført bygget gjennom utnyttelse av solenergi og dagslys, internlaster samt utnyttelse av byggets termiske masse. Dersom disse tiltakene ikke vurderes før man er kommet over i sene prosjektfaser, hvor bygget er låst til en sub- optimal¹ løsning, vil viktige designparametre måtte plusses på det opprinnelige prosjektutkastet og resulterer derav ikke i et bygg med de ytelsene man optimalt kan oppnå.

Denne teorien bekreftes gjennom en litteraturstudie (AECOM Limited, 2012) som identifiserte en rekke nøkkelfaktorer som var avgjørende for å unngå avvik mellom målsetninger og faktiske resultater knyttet til energibruk i yrkesbygg. For å sikre byggherrens målsetning og forventninger knyttet til energibruk konkluderte studien med at klare og

¹ Sub- optimal løsning; ikke så god løsning som der mulig å få til

realistiske mål som kvalitetssikres i hele design- og prosjekteringsprosessen, samt at tidligfaseplanleggingen involverer flerfaglig kompetanse er avgjørende for resultatet. Dette sikrer også kontinuiteten og formidlingen av målene fra planleggings- og prosjekteringsfasen til utførelses- og driftsfasen.

Følgende suksessfaktorer anses som avgjørende i en integrert prosjekteringsprosess:

- inkludere flerfaglig kompetanse i hele prosessen
- teamarbeidet må starte i tidligfasen
- mål og ytelseskrav defineres og kontrolleres gjennom hele prosessen
- nøkkelpersoner fra de ulike fasene må følge hele byggesaken

Figur 6 illustrerer prosessen for en integrert prosjekteringsprosess med et utvalg designteam for hver fase:



Figur 6: Integrert prosjekteringsprosess

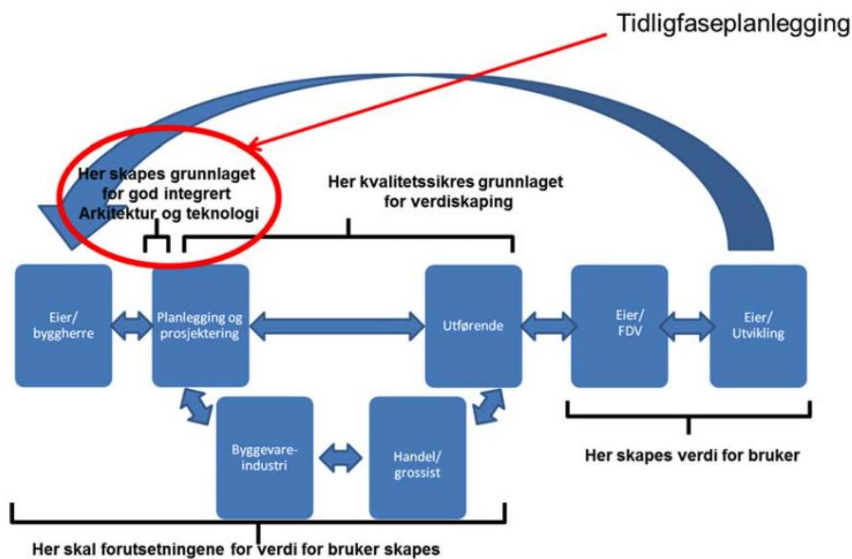
2.6.2 Kunnskap fra driftsforvaltning i tidligfasen

For å belyse potensialet i rollen til FM som en innovativ pådriver for å sikre gode løsninger som er tilpasset driftsforvaltning og energieffektive drift skriver Junghans (2013) om begrepet "lead user". Gjennom å være en bruker av bygningen har FM kunnskap om drift og forvaltning, bruksmønster og barrierer, da de møter endringer i behov og bruksvaner lenge før dette blir gjort gjeldende i planleggingssammenheng. Dersom denne kunnskapen utnyttes kan dette bidra til at bedre løsninger tas inn i planleggingen av en bygning for å sikre at energieffektiviteten opprettholdes over tid.

Selv om flere byggeprosjekt planlegges etter prinsippene med inkludering av flerfaglige aktører i hele prosjekteringsfasen, ser likevel ikke byggebransjen ut til å lykkes fullt ut med å levere bygg som svarer til målsetningene fra prosjektene tidligfase. I følge Jensen (2008) skyldes mye av dette at bygg- og eiendomsbransjen fortsatt i liten grad evaluerer ferdigstilte prosjekter ved å innhente erfaring og kunnskap fra driftsforvaltning når nye prosjekt planlegges. Dette gjør det utfordrende å inkludere FM som en likeverdige partner i design- og prosjekteringsfasen for nye prosjekter.

Bjørberg (2013) påpeker at dersom man skal skape et grunnlag for god integrert arkitektur og teknologi som svarer til forventningene om verdi og funksjon til eier, brukere og samfunn, må tidligfaseplanleggingen gjennomføres som et teamarbeid der kunnskap og erfaring fra FDVU-fasen må være en del av prosessen.

Figur 7 illustrerer hvordan erfaring og verdi for bruker og byggherre må tilføres tidligfaseplanleggingen i et prosjekt:



Figur 7: Gjennomføringsmodell som inkluderer hele verdikjeden (Bjørberg 2013)

British Institute of Facilities Management (BIFM), en av Europas største nasjonale FM-foreninger, gjennomførte i år 2000 et forskningsprosjekt for å se på betydningen av å involvere kunnskap fra FM i et byggeprosjekts tidligfase. Prosjektet konkluderte med at kunnskap fra FM og driftsforvaltning i liten grad ble overført til prosjekteringsgruppen da

personer som representerer FM ofte ble ekskludert på grunn av manglende formalkompetanse. Studier gjennomført av Damgaard og Erichsen (2009) bekrefter denne empirien og viser til kompetanserelaterte barrierer som forhindrer driftsforvaltning til å bli en del av en plan- og byggeprosess. For å anerkjenne FM som en viktig aktør i et prosjekts tidlige fase fremhever derfor Jensen (2008) viktigheten av å profesjonalisere operativ FM, som med god kompetanse og kvalifikasjoner blir ønsket med i tidlige faseplanleggingen på lik linje med øvrige aktører. Gjennom å inkludere driftsforvaltningen i design- og prosjekteringsfasen i nye prosjekter vil dette også være en brobygger mellom design, teknisk prosjektering og operasjonell drift.

2.6.3 Fra byggeprosess til etablert drift

Avslutningsfasen i et byggeprosjekt kjennetegnes vanligvis av en gradvis nedbemanning av ressursene som har vært inne i prosjektet i prosjekterings- og byggefasen og en oppbemanning av nye ressurser med kompetanse for igangkjørings- og idriftsettelsesfasen. I denne fasen skal det gjennomføres en koordinert igangkjøring av alle tekniske systemer med uttesting og integrasjon av infrastruktur knyttet til flere grensesnitt. Dokumentert egenkontroll er den vanligste kontrollformen for denne fasen.

Idriftsettelsen av bygget krever derimot en tverrfaglig innsats, og en koordinering mellom fagene, da det som regel ikke er tilfredsstillende at ytelsene for de enkelte systemer er uttestet hver for seg. For oppnåelsen av funksjonskravene i et bygg kreves derfor en idriftsettelsesfase der alle systemer integreres med hverandre før ytelsene og funksjonene kan dokumenteres. Gjennomføringen av idriftsettelsesfasen bør derfor ledes av én ansvarlig ressurs for denne integreringen. Opplæring av driftspersonell planlegges og gjennomføres som en del av idriftsettelsesfasen der driftsrelaterte parametere sammen med beskrivende tekster av funksjoner og tekniske data overleveres driftspersonell samt byggherre. Idriftsettelsesfasen avsluttes når alle funksjoner og ytelser som er beskrevet i kravspesifikasjonen er oppfylt og bygget overtas av byggherren.

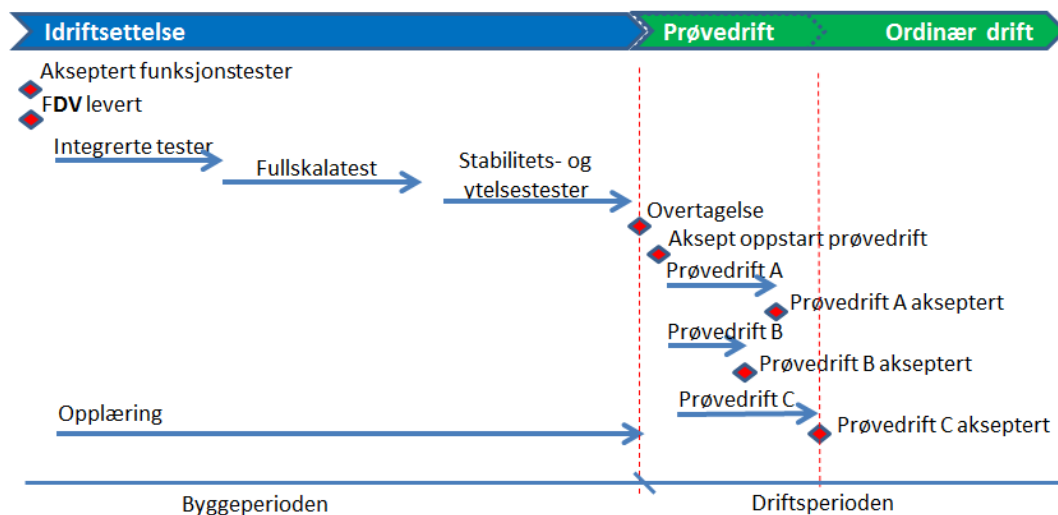
Da mange av funksjonene og ytelsene som er beskrevet i en funksjonsbeskrivelse er avhengig av forhold knyttet til utetemperaturer og bruk av bygget, kan det være vanskelig å kontrollere samt dokumentere alle funksjoner i idriftsettelsesfasen. Som en del av kontraktsforpliktelsene kan byggherre og entreprenør derfor gjøre en avtale om en prøvedriftsperiode der systemene testes ut for spesifiserte ytelser, kvalitet og funksjonalitet når bygningen er tatt i bruk slik at

driftsparametere kan justeres og optimaliseres (Novakovic et al., 2007, Standard Norge, 2015).

2.6.4 Prøvedrift

Standard Norge har utarbeidet et forslag til ny Norsk Standard (NS 6450) for prøvedrift av tekniske installasjoner i bygninger. Målsetningen med standarden er blant annet å etablere entydige definisjoner som sikrer lik forståelse av premissene for prøvedriftsperioden og hva dette omfatter. Forslaget til standard presiserer også viktigheten av å involvere ressurser knyttet til integrering av tekniske bygningsinstallasjoner (ITB- ansvarlig) før oppstart av prøvedriftsperioden. I utkastet til standarden beskrives byggherrens-, driftspersonellets- samt entreprenørens forpliktelser før, i og etter prøvedriftsperioden, hvor betydningen av å involvere bygningens driftsforvaltning i dette arbeidet vektlegges. (Standard Norge, 2015)

Figur 8 viser prosesser og milepæler knyttet til idriftsettelse og prøvedrift av tekniske systemer:



Figur 8: Prosesser og milepæler i idriftsettelse og prøvedriftsfasen (Standard Norge 2015)

2.7 Driftsforvaltning og energiledelse

2.7.1 Facilities Management

Facilities Management (FM) beskrives som ledelsesoppgaver i bygg- og eiendomsforvaltningen, samt koordinering og ledelse av tjenesteyting som har til hensikt å dekke behov hos brukerne, enten som eier eller som leietaker av bygg eller arealer (Sæbøe og Blakstad, 2009). Utviklingen for FM har gått i retninger som altså omfatter et mye bredere område innenfor strategisk-, taktisk- og operativ forvaltning, og omfatter i dag mange komplekse oppgaver innen forvaltning, drift og vedlikehold for å kunne sikre et optimalt resultat for brukerne i bygget (Atkin og Brooks, 2009).

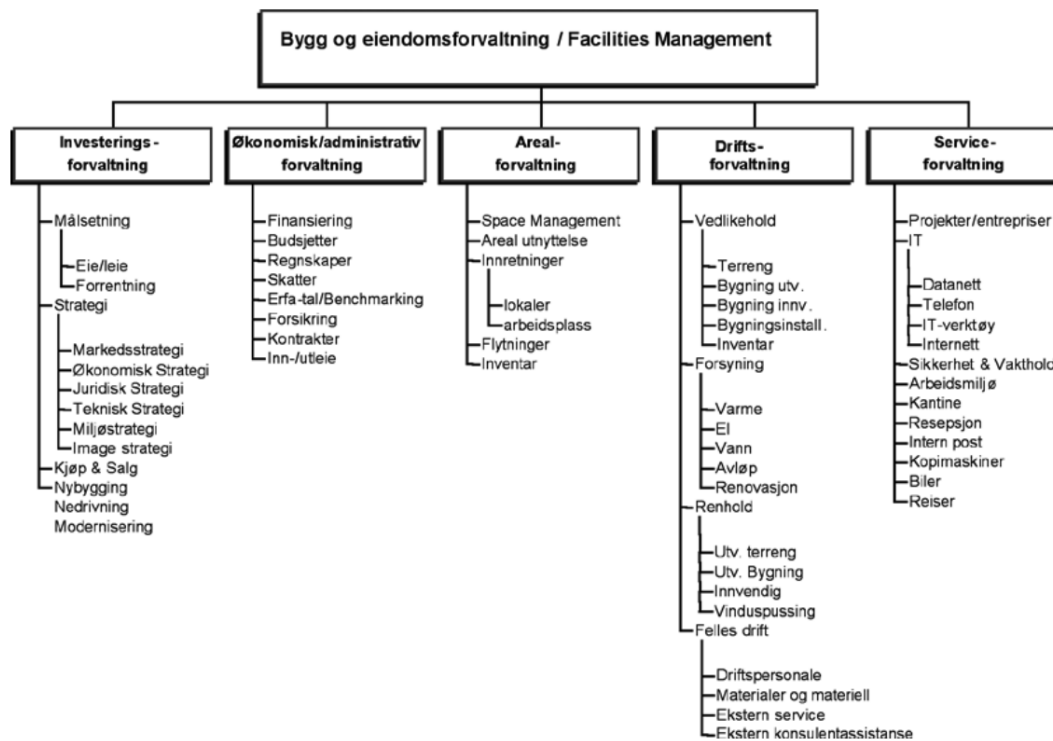
The International Facility Management Association definerer FM som *“a profession that encompasses multiple disciplines to ensure functionality of the built environment by integrating people, place, process and technology”* (International Facility Management Association, 2014)

I følge Atkin og Brooks (2009) beskriver definisjonen et fagområde som krever både tverrfaglig og analytisk kunnskap, og evnen til å kombinere dette med forståelse av menneskelige- og organisatoriske prosesser, samt prosesser innen eiendomsdriften for kunne integrere både byggets mennesker og organisasjoner med byggets teknologi, funksjonaliteter og prosesser.

2.7.2 Driftsforvaltning

Den mest tradisjonelle oppbyggingen av FM- virksomhetene er en inndeling i to hovedfunksjoner som skiller mellom økonomisk forvaltning og teknisk forvaltning. Driftsforvaltning inngår i den tekniske forvaltningen med ansvar for planlegging og gjennomføring av alle drifts- og vedlikeholdsoppgaver i bygget. Driftsforvaltningen som tradisjonelt har blitt ansett som en vaktmesteroppgave har utviklet seg til at brukerne av bygget settes i fokus, og skal i tillegg til å fokusere på drift- og vedlikehold også bidra til at rammen om brukernes kjernevirksomhet til en hver tid er optimal (Haugen, 2008).

Figur 9 viser hvordan driftsforvaltning er plassert som et av hovedområdene innenfor FM:



Figur 9: Hovedområder og oppgaver innenfor FM

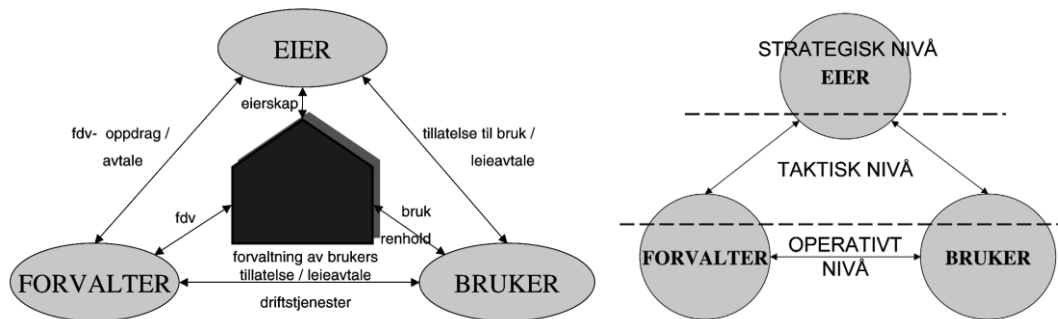
Organisering og oppbyggingen av en forvalterorganisasjon er avhengig av type bygg, virksomheten i bygget samt de kravene som stilles til teknisk standard, funksjonalitet og inneklima. Det er også mange ulike roller, interesser og behov knyttet til et bygg der partene har ulike målsetninger og prioriteringer. Organiseringen av driftsforvaltningen skal legge til rette for at samspillet mellom eier, bruker, forvalter, innleid arbeidskraft og myndighetene skal fungere best mulig. Utgangspunktet for en organisering starter derfor med å definere rollefordelingen og hvilke oppgaver og ansvar som er knyttet til de ulike aktørene, samt hvilken strategi som ligger til grunn. Oppgavene er gjerne inndelt i tre ulike nivåer hvor det skilles mellom strategisk-, taktisk- og operativt nivå.

På strategisk nivå tas beslutninger av langsiktig karakter om mål og strategi for forvaltningsvirksomheten. Dette kan f. eks. være beslutninger om nybygging, ombygging, utflytting, salg eller andre politisk- eller økonomiske beslutninger. På taktisk nivå skal driftsforvaltningen ledes, organiseres og iverksette beslutninger som er tatt på strategisk nivå, før operativt nivå gjennomfører utførelsen av drifts- og vedlikeholdsoppgavene eller delegerer dette. Når rollefordelingen er tilknyttet de ulike nivåene kan organisasjonsmodellene

bestemmes på bakgrunn av dette (Haugen, 2008). Sæbøe og Blakstad (2009) beskriver følgende organisasjonsmodeller som de mest vanlige for eiere til å organisere driftsforvaltningen:

- intern organisering av driftsforvaltning
- selvstendig selskap i virksomheten
- kjøp av driftsforvaltning (eller total FM) hos en leverandør

Figur 10 illustrerer de ulike rollene samt nivåene i eiendomsforvaltningen:



Figur 10: Roller og nivåer i eiendomsforvaltningen (NOU 2004:22)

2.7.3 FM- strategi

Utgangspunktet for en FM- strategi starter med å definere rollefordelingen i eiendomsforvaltningen. Når det gjelder forvaltning- og drift av bygg så vil de ulike eierskapsmodellene være avgjørende for hvilket nivå de ulike aktørene faller under og hvilket ansvarsnivå som er tilknyttet rollen. Selv om eierrollen i all hovedsak er strategisk, forvalterrollen taktisk og brukerrollen operativ, så vil rollene kunne tilknyttes de ulike nivå basert på FM- strategien som velges. I tilfeller hvor eierrollen er av ren finansiell karakter med ønsket av kun å oppnå høyest mulig avkastning av investert kapital, så vil strategiske analyser og vurderinger også kunne bli overført til forvalterrollen eller brukerrollen avhengig av FM- strategien eier har valgt. Ansvarer knyttet til driftsplanlegging og daglige drifts- og vedlikeholdsrutiner for å sikre optimalisering av driftstilstand, samt planlagte resultater knyttet til arbeids- og innemiljø, energibruk, levetider etc., vil derfor være prisdrevet eiers FM- strategi med det kvalitetsnivå som prioriteres for disse tjenestene.

Atkin og Brooks (2009) beskriver to ulike måter å se på fasilitetstjenester knyttet til eiendomsdrift. Den ene strategien ser på FM- oppgaver i et perspektiv med dagens tjenestebehov, mens den andre strategien tar inn over seg et mulig fremtidssenario med de endringer det kan gi for organisasjonen. Å opprettholde og forbedre FM- tjenestene ut fra dagens behov for kjernevirksomheten er selvfølgelig viktig, men en slik strategi overser den uunngåelige utvikling at endringer i forutsetningene for kjernevirksomheten vil skje. En FM- strategi ut fra dagens behov kan altså medføre feilslåtte beslutninger i et lengre perspektiv hvor markedet og samfunnet er dynamiske. De organisasjoner som evner å se slike utviklingstrekk i omgivelsene, og som leder organisasjonen mot det man ønsker å være i en tenkt fremtid, vil mest sannsynlig være de som oppnår høyest stabilitet og riktig nivå på de fasilitetstjenester man etterspør.

Atkin og Brooks (2009) viser til 3 hovedfaser i utviklingen av en FM- strategi;

1. strategiske analyser
2. utvikle løsningsalternativer
3. implementering

Sæbø og Blakstad (2009) utdypet videre pkt. nr. 1 og 2 med følgende underfaser;

- evaluere og ta beslutninger
- utforme et strategidokument

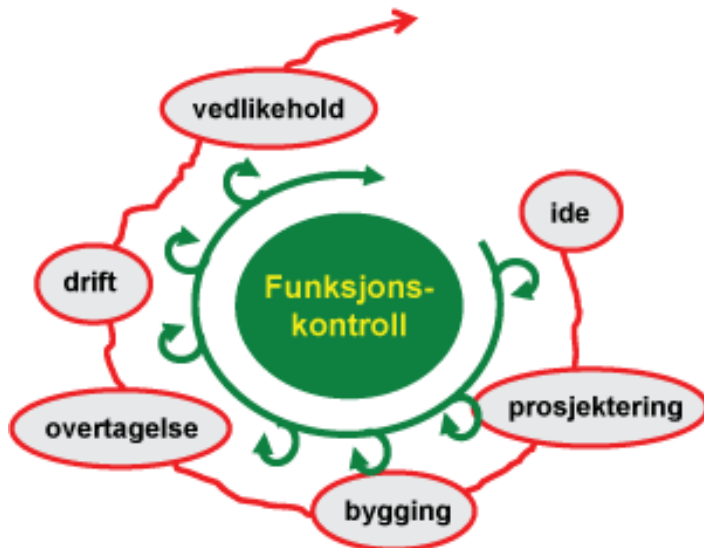
Selv med ulike modeller for eierskap med ulikt behov for eiendomsforvaltning vil det være behov for en planlagt FM- strategi dersom eiendomsforvaltningen skal være verdiskapende, samt støtte opp under behovene til kjernevirksomheten som eiendommen huser (Sæbø og Blakstad, 2009).

2.7.4 Driftsplanlegging og kontinuerlig funksjonskontroll

Planer for tilsyn og overvåkning vil legge grunnlaget for at målsetningene som er definert i FM- strategien oppnås. Dette vil være planer for tilsyn og overvåking av tekniske anlegg, men også planer for oppfølging av energibruk i bygget. Novakovic et al. (2007) skriver at en viktig måte å kvalitetssikre at riktige funksjoner blir oppnådd i praksis er en kontinuerlig

funksjonskontroll av byggets energi- og inneklimateilstander. Kontinuerlig funksjonskontroll sammenligner de reelle tilstandene med de forutsatte tilstandene som ble definert, enten fra planleggingsfasen, eller med lagrede data fra tidligere tilstander og beregnede forventede tilstander. Når bygninger er brukt over tid kan driftseffektiviteten for utstyr, endret bruksmønster og ombygginger forandre bygningens funksjon. Gjennom å anvende SD-anlegg og EOS som er dataverktøy for overvåkning og drift, vil man kunne kombinere relevant informasjon fra prosjektering, igangsetting, loggede data fra daglig drift, øyeblikksverdier samt prognoser for utviklingene. Ved å gjennomføre en avansert behandling av denne informasjonen er det da mulig å effektivisere driften og gi et redusert behov for fysiske kontroller, samt ligge i forkant for å hindre en negativ utvikling. En kontinuerlig kontroll av energi- og inneklimateilstander setter derimot nye krav til kompetanse i driftsforvaltningen enn det som har vært vanlig tidligere. Bruk av systemer for SD- anlegg gir muligheter for å realisere et betydelig potensiale for energibesparelser gjennom å oppnå en rasjonell drift. Dette oppnås ved hjelp av rutiner for presentasjon av driftsstatus, driftstilstander og forbruk. For å realisere dette potensialet må det tilpasses det aktuelle bygget med ressurspersoner som har kompetanse til dette.

Figur 11 viser prinsippene i kontinuerlig funksjonskontroll som kan gjennomføres i alle fasene fra planlegging til fast drift:



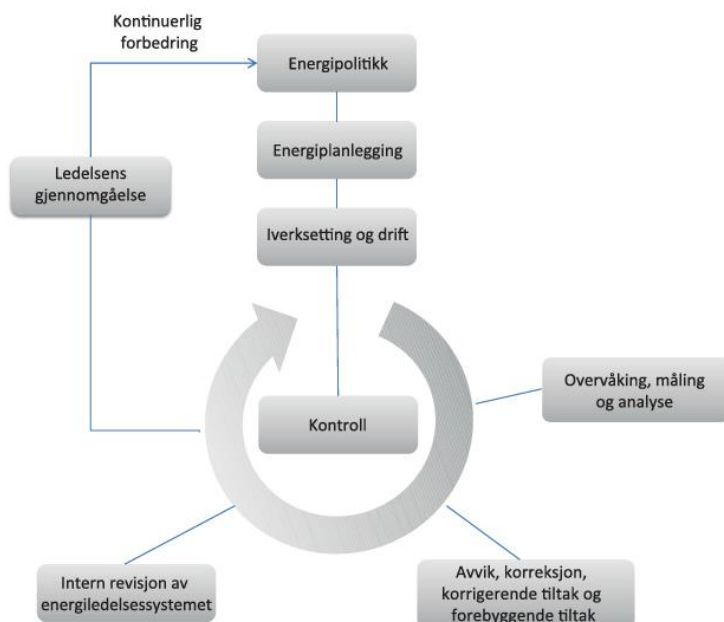
Figur 11: Kontinuerlig funksjonskontroll (Novakovic et al. (2007))

2.7.5 Energiledelse

En kontinuerlig energioppfølging ved systematisk å kontrollere energitilstanden i en bygning kan bidra til å redusere energibruk og kostnader. Ved å sammenligne faktisk energibruk med energibudsjettet for bygningen kan det avdekkes om det er anlegg eller funksjoner som har unødvendig energibruk som gir økte kostnader (Novakovic et al., 2007). For å oppnå en optimal energiforvaltning påpeker derimot Haugen (2008) at man må ligge i forkant og involvere flere aktører og nivåer der både brukere, driftsforvaltning og byggeier er en del av det totale bildet. Det må etableres et samlet fokus på energibruken i bygget fra strategisk til operativt nivå og etableres en energiledelse som leder prosessen og aktivt sikrer at energien utnyttes effektivt. Energiledelse kan være en egen separat ledelsesoppgave i en bedrift, men i eiendomsforvaltningen vil dette ivaretas på strategisk nivå.

Norsk Standard NS-EN ISO 50001 (Standard Norge, 2011) beskriver energiledesystemer med krav og veiledning som gjør det mulig for organisasjoner å etablere standardiserte systemer og prosesser som er nødvendige for å forbedre energiytelse, energieffektivitet, energianvendelse og energibruk. Gjennom en kontinuerlig forbedring beskrives metoden ”Planlegg- Utfør- Kontroller- Korriger” (PDCA).

Figur 12 viser en modell for et energiledesystem etter prinsippene i metoden PDCA:



Figur 12: Modell for energiledesystem (Standard Norge)

2.7.6 Kunnskap og kompetanse i driftsforvaltningen

I følge Haugen (2008) kreves en organisert og planlagt eiendomsforvaltning, samt en forsvarlig drift av bygg og eiendommer, for å sikre at verdier eller arbeidsmiljø til eier og kjernevirksomheter ikke forringes. For å oppnå funksjonaliteten til det bygde miljø har derfor driftsplanlegging og driftsforvaltning en sentral rolle. Funksjonen må derimot planlegges, ledes og utføres av personer eller organisasjoner som innehar kompetanse for dette arbeidet dersom bygget til en hver tid skal kunne levere den optimale driftstilstanden som ble planlagt i prosjekteringsfasen. Driftsforvaltningen skal også innhente avvik samt endrede forutsetninger som kan medføre at resultatene ikke blir som ønsket. Gjennom driftsplanlegging, samt den daglige driften, skal alle krav og forventninger knyttet til arbeids- og innemiljø, energibruk, levetider for bygningsdeler og komponenter sikres. Driftsplanleggingen skal derav gi kunnskap og erfaring som danner grunnlaget for videre FDV- planlegging.

Atkin og Brooks (2009) beskriver begrepene ”informed client” og ”intelligent client” som understreker behovet for rett kompetanse også hos bestiller for å kunne forstå og spesifisere de målbare kriteriene som ligger til grunn i avtale med en FM- leverandør. Sæbøe og Blakstad (2009) viser til at både bestiller og FM- organisasjonen må besitte nødvendig kompetanse for å kunne informere om spesifikasjoner og krav som forventes for å oppnå forventede resultater knyttet til bygg- og eiendomsdriften. I dag er FM knyttet til bygg- og eiendomsdrift mer enn bare å gjennomføre tilsyn av eiendommen, men en forvaltning for å optimalisere byggets funksjoner. For å kunne gjennomføre fasilitetstjenesten for å oppnå forventede resultater, må FM- leverandøren, i tillegg til å være informert, også være intelligent nok ved å inneha nødvendig kompetanse for å kunne levere beskrevne resultatkrav. Dette blir derimot en svært vanskelig oppgave dersom kvalitetskrav og forventede resultater ikke er beskrevet eller er upresise.

Sæbø og Blakstad (2009) beskriver også FM som en klar ledelsesoppgave knyttet til å skaffe til veie, koordinere og forvalte støttetjenester. Med nødvendig kunnskap om organisasjonene og menneskene i bygget, byggets teknologi, funksjonalitet og forutsetninger vil FM gi forventede resultater og verdiskapning for eier, samt levere nødvendige resultater som bidrar til å tilfredsstille brukerne og virksomhetenes kjerneprosesser.

3 METODE

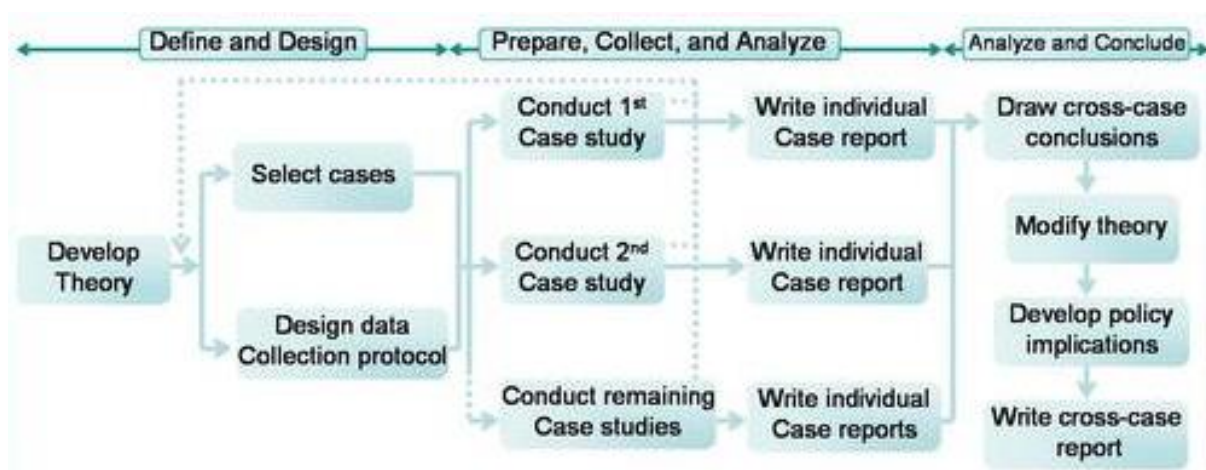
I dette kapitlet beskrives tilnærmingen og fremgangsmåten som er anvendt i casestudiene for å samle inn empiri og derav å besvare forskningsspørsmålene som skal lede til oppgavens konklusjon. Ifølge Olsson (2011) så underbygges konklusjonene bedre gjennom metodebeskrivelsen slik at leseren kan vurdere grunnlaget for det som blir presentert.

3.1 Valg av undersøkelsesdesign

Undersøkelsesdesignet i oppgaven er basert på en deduktiv tilnærming med utgangspunkt i en forventning om at teoretiske forutsetninger knyttet til energibehov i yrkesbygg ikke omdannes til praksis i FDVU- fasen.

Undersøkelsene følger metodikken for «Multiple Case Design» beskrevet av Yin (1994), der tre utvalgte yrkesbygg i kategorien lavenergibygge og passivhus er valgt for å undersøke de forventede effektene. Dette undersøkelsesdesignet gir muligheter for å avdekke om de samme forholdene gjentas innenfor hvert enkelt case, eller om dette varierer. Undersøkelsene gir også muligheter for å sammenligne de enkelte casene med hverandre, noe som utfyller konklusjonene ved at det kan trekkes paralleller eller forskjeller på bakgrunn av funnene i undersøkelsene.

Fremgangsmåten for casestudiene er fremstilt i figur 13:



Figur 13: Case Study Method (Yin 1994)

Metodikken følger en kopierende struktur der undersøkelsene går i dybden for hvert casebygg. Basert på casebeskrivelser fra hvert casebygg drøftes empirien mot eksisterende litteratur og teorier for å sjekke ut om forventningene i problemstillingen stemmer. Kritikken mot denne tilnærmingen er at det kun undersøkes et svært avgrenset område av en problemstilling og at det er risiko for at man kun finner det man leter etter (Jacobsen, 2005). Det er derfor valgt en mer åpen form i denne oppgaven der problemstillingen ser på flere sider og utfordringer knyttet til energibruk i bygg.

3.2 Valg av metode

Teorien skiller mellom kvalitative og kvantitative metoder for innsamling av informasjon. En kvantitativ metode er ofte basert på et ønske om å undersøke mange tilfeller ved å gå i bredden og å finne et omfang, hyppighet eller utstrekning av et fenomen, mens en kvalitativ metode baseres på en problemstilling med ønske om å gå i dybden og få frem nyanser hos noen få undersøkelsesenheter.

Nyeng (2004) fremstiller de viktigste forskjellene mellom kvantitativ og kvalitativ metode med henholdsvis ønsket om å gjøre presise analyser av avgrensede fenomener og ønsket om å få frem konkrete totalsituasjoner og helhetsbeskrivelser.

Forskjeller mellom kvantitativ og kvalitativ metode er illustrert i tabell 5:

| | Kvantitativ metode | Kvalitativ metode |
|----------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Forskerens mål | Presisjon | Følsom datagjengivelse |
| Mengde data | Lite om mange | Mye om få |
| Sammenhenger | Atskilte variabler | Strukturert/ helheter |
| Forskerens stilling | Tilskuer/ observatør | Deltaker/ engasjert |
| Forhold til undersøkelsesenheter | Jeg/ det | Jeg/ du |
| Datainnsamlingsmetode | Systematisk/ strukturert | Åpen/ fleksibel |

Tabell 5: Kvantitativ og kvalitativ metode (Nyeng, 2004)

Da undersøkelsesdesignet i denne oppgaven er basert på å gå i dybden ved å samle inn data og informasjon om få enheter, og det valgt en kvalitativ metodetilnærming som undersøkelsesform i denne oppgaven.

Innsamling av empiri i oppgaven er basert på følgende ulike kilder for best mulig å besvare problemstillingen:

- litteraturstudie
- casestudier;
 - dokumentundersøkelser og analyse av sekundærdata
 - individuelle strukturerte intervjuer
 - observasjoner og datafangst gjennomført på byggene

3.2.1 Litteraturstudier

Formålet med litteraturstudiet er å presentere eksisterende teori og forutsetninger, samt en gjennomgang av hva tidligere forskning har kommet frem til på området. Da det er begrenset med yrkesbygg som er realisert som lavenergibygg eller passivhus i Norge, samt at FM er et relativt ungt fagområde, ble søkene rettet både mot nasjonal og internasjonal teori. Dette ga også et utgangspunkt for å kombinere samt diskutere om det er sammenheng mellom nasjonale og internasjonale studier og faktiske forhold i Norge.

Utgangspunktet for litteraturstudiet var å sette oppgaven i en større forskningsmessig sammenheng for å søke hva som var gjort av tidligere forskning på feltet og sette dette i sammenheng med hva problemstillingen søker svar på. Everett og Furseth (2012) beskriver denne metoden som innfallsvinkelen til et teoretisk rammeverk for å finne sammenheng, eller manglende sammenheng, med annen forskning. Denne innfallsvinkelen ga utgangspunkt for å finne eksisterende litteratur, men også for å definere sentrale begrep og nøkkelord for videre søk etter litteratur som ikke var omhandlet i kildene. En gjennomgang av forskningsrapporter og artikler, doktoravhandlinger og tidligere masteroppgaver innenfor fagområdet ga et godt utgangspunkt for videre arbeider med å finne litteratur, samt for å utvikle søkeord innenfor kategoriene til problemstillingen.

For å finne litteraturen ble litteratursøket gjennomført etter følgende metoder og kilder:

- NTNU Universitetsbiblioteket for søk i Bibsys, databaser, e- tidsskrifter, bøker, artikler, faglitteratur mm.
- Google Scholar
- generelle søk i Google, Yahoo mm.
- gjennomgang av pensumlitteratur og forelesningsunderlag
- hente litteraturtips gjennom samtaler med fagmiljøer og personer

Omfanget av teori og litteratur fra søkene var svært omfattende og litteraturstudiet omfattet derfor en kritisk gjennomgang for å begrense omfanget til litteratur som var relevant for problemstillingen. Litteraturstudiet spenner i fra teori og faglitteratur om energibruk i bygg, nasjonal og internasjonal forskning og rapporter på området, norske standarder, statistikker etc., samt en gjennomgang av offentlige forskrifter og dokumenter.

Selv om datafangsten ble stor med å søke bredt, lå styrken i denne fremgangsmåten at litteraturgjennomgangen avdekket nye søkeord og nye innfallsvinkler som igjen gjorde søkene mer spesifikke, og avdekket ny litteratur som belyser problemstillingen fra flere sider. Søkene avdekket mye teori og litteratur knyttet til de enkelte forskningsspørsmålene som ble anvendt til å skape en bred teoretisk ramme rundt problemstillingen, samt muligheter for å kombinere samt belyse problemstillingen fra ulike vinkler.

3.2.2 Casestudier

Formålet med casestudiene er å kartlegge om energibruken i de enkelte casebyggene kan relateres til effektene av kunnskapsformidling, kompetanse og organisering knyttet til driftsforvaltningen av byggene. Casebyggene er utvalgt på bakgrunn av å være lavenergibygg eller passivhus som er realisert de siste tre årene, og er i bygningskategorien Yrkesbygg/kontorbygg. Følgende bygninger er beskrevet i casebeskrivelsen i kapittel 4:

- Strindfjordvegen 1, Trondheim
- Energibygget Lerkendal, Trondheim
- Miljøhuset GK, Oslo

I undersøkelsene er det innhentet dokumentasjon og sekundærdata knyttet til byggenes energiambisjoner og beregnet energieffektivitet. Forutsetningene som ligger til grunn for de teoretiske energiberegningene er beskrevet i casebeskrivelsene. Det er ikke gjennomført nye energiberegninger for byggene da utgangspunktet for problemstillingen i oppgaven er knyttet til forutsetningene. Datagrunnlaget er derfor analysert slik det er presentert, og anvendt som et sammenligningsgrunnlag for etterprøving av den faktiske energibruken i 2014.

Som et grunnlag for å belyse bakgrunn og utfordringer med å etterprøve den faktiske energibruken er det også utført undersøkelser ved hvert casebygg for å kartlegge forutsetninger for byggenes energiytelse, samt redegjort for løsninger og valg.

For hvert bygg ble det deretter innhentet rådata fra byggenes energimålere og gjennomført en omfattende analyse for å utarbeide en oppstilling av totalt energibruk i 2014. Datagrunnlaget ble deretter bearbeidet for å kunne fremstille dette etter forutsetningene i NS 3031 som angir et felles grunnlag for å beregne samt dokumentere energiytelsen. Det er kun bygningenes oppvarmede del av BRA, dvs. den delen av BRA som tilføres varme fra bygningens varmesystem som legges til grunn for å dokumentere energiytelsen med fratrekk av energibruk til industrielle prosesser.

Teorien viser til to begreper og metoder for å beregne og måle bygningers energibruk, der det skilles mellom byggets netto energibehov og levert energi til bygget. Det kan være ulike årsaker for å velge den ene metoden fremfor den andre, men for å sammenligne energibruken i flere bygg med hverandre er det viktig å finne en felles metode. Uansett hvilken metode man velger for måling og etterprøving av energibruken vil det være usikkerheter knyttet til resultatene, og det viktigste i analysene var derfor å finne den metoden som er mest nøyaktig og som gir et felles sammenligningsgrunnlag.

For å dokumentere effekten av energieffektive tekniske installasjoner, som for eksempel varmepumpe eller solceller, kan det være gode argumenter for å sammenligne beregnet levert energi til byggene med målt levert energi. Forutsetningen for dette er derimot at levert energi til energiposter som ikke skal medregnes i byggets energibruk kan måles med undermålere og trekkes fra. Dette vil være energi til gatevarme, utelys, prosesser eller til arealer som ikke er

medtatt i bygningens oppvarmede dal av BRA. Ulempen med denne metoden er at beregnet levert energi etter NS 3031 fremstilles per energivare som er forskjellig fra beregnet netto energibehov fremstilles per energipost. Målt levert energi gir derfor liten mulighet for analyser da levert energi per energivare inkluderer mange energiposter.

Når det gjelder beregning og måling av en bygningens netto energibehov vil man i større grad vurdere det reelle energibehovet i bygget og se dette i sammenheng med byggets bruk og bygningskonstruksjonens prosjekterte energikvaliteter. Metoden fremstiller også beregnet netto energibehov per energipost og en mer detaljert oppstilling av energibruken kan derfor sammenlignes med beregnet netto energibehov. På bakgrunn av dette vil en måling av netto energibruk ved å multiplisere måleresultatene med distribusjon- og avgivelsesvirkningsgradene blir det mest riktige. Dette blir også mest konsistent med NS 3031 og netto energibudsjett oppgitt i beregningene. Måling av netto energibruk er også i tråd med anbefalingene til forarbeidene til ny Norsk Standard for etterprøving av bygningers energibruk (Direktoratet for byggkvalitet, 2015). I forarbeidene anbefales det å gjøre en månedstemperaturkorrigering av energibruk til oppvarming for å ta høyde for temperaturforskjeller mellom beregningspunktet og temperaturforholdene i det aktuelle måleåret. Analysene i denne oppgaven avviker derimot fra dette da det ikke var mulig å hente energibruk per måned ved alle casebyggene. Som en felles metode ble det derfor valgt å graddagkorrigere energibruken til oppvarming ved alle casebyggene.

På bakgrunn av analysene ga dette grunnlaget for en oppstilling av netto energibruk på energipostnivå hvert casebygg for en direkte sammenligning mot forutsetningene i energiberegningene for casebyggene.

3.2.3 Observasjoner

Ved å gjennomføre observasjoner ved casebyggene etter metodikken beskrevet Hansen et al. (2010) i metodehåndboken USEtool ble det gjort observasjoner om faktiske forhold knyttet til bruk, personbelastning, internlaster, samtidighet etc. Observasjonene ble gjennomført i utvalgte områder som ble ansett som representative for tilstanden i bygget. I forkant av observasjonene ble det utarbeidet en observasjonsguide der data og faktiske forhold ble

dokumentert. Dataene er brukt som grunnlag i diskusjonene for å sammenligne faktisk energibruk med forutsetningene i beregningene.

3.2.4 individuelle strukturerte intervjuer

Ved å gjennomføre individuelle intervjuer med utvalgte personer på eier- og forvalternivå ved hvert casebygg var ambisjonen å få frem et grundig bilde av bakgrunnen for energiambisjonen samt å kartlegge hvordan driftsforvaltningen gjennomføres. Målsetningen med intervjuene var å gå dypere i undersøkelsene og å få fram flere nyanser og detaljer for å se om det er spesielle faktorer knyttet til kunnskap og kompetanse samt organisering av driftsforvaltningen som er avgjørende for energibruken, for deretter å analysere om man kan se sammenhenger mellom forutsetninger og faktiske resultater.

På bakgrunn av litteraturstudiet ble det utarbeidet en strukturert intervjuguide som ble oversendt respondentene i forkant av intervjuene. Svakheten med å oversende intervjuguiden på forhånd var at respondentene var forberedt på konkrete spørsmål, samt at svarene kunne tilpasses en ønsket virkelighet. Dybdeintervjuene ble derfor gjennomført med oppmøte i lokalene til respondentene noe som ga muligheter for å avdekke om nyanser i spørsmålsstillingen og kroppsspråk hadde innvirkning på svarene. Det ble stilt oppfølgingsspørsmål dersom svarene var generelle eller ikke besvarte spørsmålet. Faren med denne tilnærmingen er da at forskeren søker en viss type svar som er tilpasset undersøkelsene. Det ble derfor valgt en passiv tilnærming i intervjusituasjonen ved at respondenten ikke ble avbrutt i sine svar og resonnement. En tilnærming med stillhet mellom spørsmålene ga respondenten muligheter til å komme med innspill på ting det ikke ble spurt om, men som respondenten mente var viktig å påpeke før oppfølgingsspørsmål ble stilt.

Ved oppmøte til intervju var det enkelte av respondentene som stilte med en ekstra respondent da de mente dette ville gi et bedre bilde av situasjonen. Dette var noe avvikende fra undersøkelsesopplegget, men kan også skyldes at forarbeidene for å kartlegge riktig respondent ikke var grundig evaluert, og at spørsmålene ikke var tilpasset respondenten som var utvalgt.

Følgende respondenter var utvalgt til intervjuer ved hvert casebygg:

- respondent for eier
- respondent for taktisk driftsforvaltning

Etter avtale med respondentene ble det tatt opp lyd fra intervjuene som ble referatført i etterkant. Referatene ble deretter oversendt respondentene for godkjenning. Alle respondentene ga tilbakemelding om at referatene var lest, og to av respondentene korrigererte referatene noe. Referatene ble revidert med respondentenes korrigeringer. Samtlige respondenter ga sin aksept på at informasjonen som ble referert kan gjengis i oppgaven.

3.3 Validitet og reliabilitet

I følge Jacobsen (2005) så bør en undersøkelse tilfredsstillende to krav, uavhengig av hvilken empiri man samler inn:

- empirien må være valid,

dvs. gyldig og relevant ved at vi måler det som ønskes undersøkt og at dette oppfattes som relevant for flere enn de få vi måler hos.

- empirien må være reliabel,

dvs. pålitelig og troverdig, og at undersøkelsen er til å stole på ved at denne er gjennomført på en troverdig måte som vekker tillit.

I oppgaven er gyldigheten av funnene kontrollert gjennom tester av intern gyldighet.

Kildematerialet er hentet fra profesjonelle fagfolk og validering av underlaget ble gjennomført ved å foreta en gjennomgang med kildene. Videre ble respondentene til intervjuene utvalgt på bakgrunn av å inneha sentrale roller for eier eller for driftsforvaltningen.

Alle data og analyser er presentert og gjennomgått med respondentene eller andre ressurspersoner tilknyttet casebyggene for å kontrollere tolkninger og at disse er gjengitt riktige. Resultatene er også kontrollert og sammenlignet med annen empiri og teori fra litteraturstudiet.

For å øke gyldigheten og troverdigheten i undersøkelsene er empiri og konklusjonene kontrollert ved å triangulere med ulike metoder for hvert casebygg. Intervjuene ble også gjennomført med to ulike aktører for hvert casebygg for å få frem nyanser i grensesnittet mellom eier og forvalter. Da resultatene fra energimålingene evalueres av forskeren før disse presenteres kan det hevdes at forskningssituasjonens refleksivitet kan være årsak til feilkilder. På bakgrunn av litteraturstudiet samt intervjuer danner SWOT- analyser ved hvert bygg derfor utgangspunktet for å diskutere Empirien. For å tilstrebe en mest mulig åpenhet i undersøkelsene er forutsetningene for analysene presentert i casebeskrivelsen slik at leseren kan danne sitt eget bilde av tolkningene.

4 EMPIRI

Empirikapittelet omfatter resultater fra casestudier av tre bygg som ble planlagt og bygget med lavt energibruk for FDVU- fasen. Byggene er av lik karakter, dvs. yrkesbygg i bygningskategorien «kontorbygg». Alle casebyggene er ferdigstilt etter 2010 og kommer inn under definisjonen «Lavenergibygge» eller «Passivhus».

Casestudiene omfatter dokumentundersøkelser, observasjoner på byggene og intervjuer med nøkkelpersoner fra eier og driftsforvaltning. Resultater fra energimålingene ved casebyggene er hentet ut fra installerte energimålere og gjennomførte målinger i 2014. Usikkerhetsfaktorer, nødvendige tilpassinger, forutsetninger og estimeringer for å få til en oppstilling etter formålsdelt energibruk på energipostnivå er beskrevet i casebeskrivelsen for hvert bygg.

Intervjuene er gjennomført som individuelle intervjuer, eller som gruppeintervju med to respondenter i samme stillingskategori. Følgende seks intervjuer er gjennomført for casebyggene:

Strindfjordvegen 1

| | |
|--|---|
| Intervju 1, plan- og prosjekteringsfase: | Gruppeintervju med byggeiers prosjektledere |
| Intervju 2, driftsforvaltning: | Gruppeintervju med to driftsforvaltere på bygget. |

Energibygget

| | |
|--|--|
| Intervju 3, plan- og prosjekteringsfase: | Individuelt intervju med byggeier |
| Intervju 4, driftsforvaltning: | Individuelt intervju med driftsforvalter på bygget |

Miljøhuset GK

| | |
|--|---|
| Intervju 5, plan- og prosjekteringsfase: | Individuelt intervju med byggeier |
| Intervju 6, driftsforvaltning: | Gruppeintervju med driftsforvalter på bygget og prosjektleder energiledelse |

4.1 Strindfjordvegen 1

Strindfjordvegen 1 er lokalisert på Grilstad Marina, ca. 5 km øst for Trondheim sentrum. Bygget er designet som et kombinasjonsbygg som består av et kontorbygg og et industri/lagerbygg, men denne casestudien er avgrenset til å omfatte kontorbygget. Bygget eies av Grilstadfjæra 1 AS og ble ferdigstilt og fullt ut tatt i bruk av leietakerne i mai 2012.

Figur 14 viser bygget med tre etasjer over terreng samt en underetasje for parkering. Arealene i parkeringskjelleren inngår ikke som en del av byggets oppvarmede BRA da temperaturkravet i kjelleren avviker fra temperaturkravene i byggets øvrige arealer. Byggets oppvarmede andel av BRA er beregnet til 10 233 m².



Figur 14: Strindfjordvegen 1 (Koteng.no, 2015)

4.1.1 Beskrivelse av teoretiske forutsetninger for energibruk ved casebygget

Energiambisjon

Eierens energiambisjon for bygget var å prosjektere et bygg med lavenergikvaliteter og tekniske løsninger som skulle resultere i et bygg med lavere energibehov enn hva TEK 10 tillater, samt med målsetning om å oppnå energiklasse B.

Byggets energirapport viser et beregnet netto spesifikt energibehov på 92,5 kWh/ m²år (Koteng AS, 2010).

Tabell 6 viser årlig netto energibudsjett iht. NS 3031:

| Energibudsjett | | |
|--|--------------------|---|
| Energipost | Energibehov kWh | Spes. energibehov kWh/m ² |
| 1a Romoppvarming | 74 935 | 7,3 |
| 1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier) | 126 366 | 12,4 |
| 2 Varmtvann (tappevann) | 51 249 | 5,0 |
| 3a Vifter | 118 893 | 11,6 |
| 3b Pumper | 10 317 | 1,0 |
| 4 Belysning | 204 957 | 20,0 |
| 5 Teknisk utstyr | 352 284 | 34,5 |
| 6a Romkjøling | 0 | 0,0 |
| 6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier) | 7 264 | 0,7 |
| Totalt netto energibehov, sum 1- 6: | 946 267 | 92,5 |

Tabell 6: Energibudsjett- beregnet netto energibehov iht. NS 3031 (Koteng AS, 2010)

Byggets energikvaliteter

For å redusere byggets netto energibehov har bygget økte kvaliteter på bygningsdeler og tekniske anlegg i forhold til TEK 10. Behovet for tilført energi reduseres med en varmepumpe i bygget, samt ved å anvende sjøvannstemperaturen til frikjøling i bygget.

Tabell 7 viser valgte energikvaliteter for bygningsdeler og komponenter sammenlignet med minstekrav i TEK 10 samt 3701:

| Beskrivelse | Energikvaliteter knyttet til bygningsdeler, materialer og komponenter | | |
|---|---|----------------------------|---------------------------------|
| | Minstekrav TEK 10 | Lavenergi NS 3701 | Strindfjordvegen 1 |
| U- verdi yttervegger (W/m ² K) | 0,22 W/m ² K | 0,18 W/m ² K | 0,13 W/m²K |
| U- verdi tak | 0,18 W/m ² K | 0,13 W/m ² K | 0,13 W/m²K |
| U- verdi gulv | 0,18 W/m ² K | 0,15 W/m ² K | 0,13 W/m²K |
| U- verdi glass/ vindu/ dør inkl. ramme | 1,20 W/m ² K | 1,20 W/m ² K | 0,8 W/m²K |
| Normalisert kuldeboverdi | 0,06 W/m ² K | 0,05 W/m ² K | 0,05 W/m²K |
| Lekkasjetall ved ΔP=50 Pa | 3 luftvekslinger/ time | 1,5 luftvekslinger/ time | 0,8 luftvekslinger/ time |
| Virkn. grad varmegjenvinner | 80 % | 80 % | 80 % |
| Spesifikk vifteeffekt (SFP) | 2,0 kW/(m ³ /s) | 1,5 kW/(m ³ /s) | 1,5 kW/(m³/s) |

Tabell 7: Energikvaliteter bygningsdeler og komponenter

Ventilasjon

Luftbehandlingsanlegget består av fire ventilasjonssystemer som betjener 1.- 3. etasje, fordelt på fire soner. Total dimensjonerende luftmengde er beregnet til 100 000 m³/h. Alle ventilasjonsaggregater er utstyrt med høyeffektive varmegjenvinnere med en beregnet temperaturvirkningsgrad på ca. 80 % ved dimensjonerende forhold.

Tilførte luftmengder behovsstyres med ”Demand Controlled Ventilation (DCV) etter behovet for romtemperatur i arealene, samt etter CO₂- konsentrasjonen i møterom. I rom eller soner som ikke er i bruk, eller som ikke har behov for tilleggsvarme eller kjøling, reduseres tilførselen av luft ned mot 30 % av dimensjonerende mengde. Viftemotorene frekvensreguleres etter behovet for luftmengder og trykk og gjennomsnittlig SFP- faktor er beregnet til 1,5 kW/ (m³/s).

Oppvarming

Oppvarming av arealene utføres med overtemperert tilluft som tilføres arealene fra ventilasjonsanleggene. Ved individuelle behov for høyere romtemperatur enn hva ventilasjonsanleggets kapasitet leverer, så løses dette med direktevirkende elektriske panelovner. Ved varmebehov utenfor ventilasjonsanleggenes normale driftstid så starter aggregatene opp i omluftsposisjon, noe som reduserer behovet for tilført energi til viftemotorer og varmebatteri i aggregatene.

Kjøling

For å begrense behovet for mekanisk kjøling anvendes fritt eksponert betong i bygget for å utnytte dens termiske masse til å akkumulere varme. I sommersesongen fjernes overskuddsenergien ved at betongdekket kjøles ned med frikjøling fra ventilasjonsanlegget om natten. Ved kjølebehov utover kapasiteten i betongens termiske masse, så fjernes overskuddsenergien vha. ventilasjonsanlegget med undertemperert luft i driftstiden. Ved utetemperaturer under 19 °C anvendes utetemperaturen direkte som ”frikjøling”. Ved høyere utetemperaturer må tilluftstemperaturen senkes vha. kjølebatterier som sirkulerer isvann. I enkelte møterom og soner med store interne laster som gir et større kjølebehov enn hva ventilasjonsanleggets kapasitet leverer, er det installert lokal tilleggskjøling.

For å redusere kjølebehovet pga. solinnstråling har bygget utvendig solavskjerming med automatisk styrte persienner på fasadene.

Lys

Lysset styres av/ på i alle soner med tilstedeværelsesfølere montert i lysarmaturene eller i sonen.

Styring og regulering

Alle VVS- anleggene styres, reguleres og overvåkes fra et SD-anlegg. Driftsstatus med alarmer og avvik overvåkes til en hver tid for å sikre en mest mulig optimal og energieffektiv drift. Byggets energimålere er integrert i SD- anlegget for avlesning av forbruket.

Inneklima og komfort

VVS- anleggene er prosjektert for å tilfredsstille følgende romklimaparameterne:

- maks operativ temperatur sommer 26 °C
- minimum operativ temperatur vinter 21 °C

Energiforsyning

Energiforsyningen til bygget består av følgende energivarer:

- levert direkte elektrisitet fra energileverandør
- levert vannbåren varme/ isvann fra varmepumpe vann- vann
- levert vannbåren varme fra fjernvarme
- levert isvann fra fjernkjøling via varmeveksling med sjøvann

Den vannbårne energiforsyningen er tilknyttet infrastrukturen til det lokale energiselskapet Grilstad Energi AS, som distribuerer vann varmevekslet med sjøvann på området til Grilstad Marina. Energien i sjøvannet utnyttes i en vann- vann varmepumpe i bygget som dekker 80 % av energibehovet til ventilasjonsvarme, samt 80 % av energibehovet til romoppvarming. Resterende behov for ventilasjonsoppvarming og romoppvarming dekkes av fjernvarme og direktevirkende elektriske panelovner som spisslast.

Ved kjølebehov i bygget utnyttes sjøvannstemperaturen til kjøling dersom temperaturen i sjøen er under 12° C. Ved høyere sjøvannstemperatur må varmepumpen produsere isvann til byggets kjøleanlegg og dumpe kondensatorvarmen til fjernkjøleanlegget.

Direkte elektrisitet anvendes til el- spesifikt energibehov til drift av vifter, pumper, varmepumpe, belysning, tekniske anlegg, samt til tappevann.

Tabell 8 viser fordelingen i energiforsyningen til Strindfjordvegen 1:

| Energikilde | El-spesifikt | Romoppvarming | Ventilasjonsbatterier | Tappevann |
|-------------|--------------|---------------|-----------------------|-----------|
| Varmepumpe | | 80 % | 80 % | 0 % |
| Fjernvarme | | 15 % | 20 % | 0 % |
| Direkte el | 100 % | 5 % | 0 % | 100 % |

Tabell 8: Energiforsyning Strindfjordvegen 1

4.1.2 Etterprøving av energibruken

Byggets målerstruktur for energimåling er bygd opp av hovedmålere for levert elektrisitet og fjernvarme, samt undermålere for ulike energiposter. Målerstrukturen gjenspeiler ikke fullt ut inndelingen i energibudsjettet med energiposter iht. NS 3031, da flere energiposter måles samlet i en felles undermåler.

Byggets målerstruktur illustreres i tabell 9:

| Undermålere energivare | Energipost | Betjener |
|------------------------|------------|--|
| Vannbåren varme | 1a og 1 b | Ventilasjonsvarme og romoppvarming |
| Elektrisitet | 3a og 3b | Vifter og pumper |
| Elektrisitet | 2, 4 og 5 | Varmt vann, lys, teknisk utstyr inkl. panelovner |
| Vannbåren kjøling | 6a | Romkjøling |
| Vannbåren kjøling | 6b | Ventilasjonskjøling |

Tabell 9: Energimålerstruktur, Strindfjordvegen 1:

Følgende poster er ikke målt:

- energi til pumper i varmesentralen

Systemvirkningsgrader

For å regne om målt energi til netto energibehov viser tabell 10 veiledende systemvirkningsgrader som er oppgitt i NS 3031:

| Beskrivelse | $\eta_{\text{distribusjon}}$ | $\eta_{\text{regulering}}$ | η_{system} |
|----------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------|
| Luftbåren varme | 0,94 | 0,91 | 0,86 |
| Vann- og luftbåren kjøling | 0,96 | 0,91 | 0,87 |

Tabell 10: Systemvirkningsgrad varme og kjøling, Strindfjordvegen 1

Temperaturkorrigering, graddagstall:

Energi som går til rom- og ventilasjonsoppvarming korrigeres for endrede meteorologiske forhold i 2014 i forhold til referanseperioden² 1981-2010.

Vagt metode er korrigerings av graddagstallet i 2014 i forhold til referanseperioden der måleresultatene korrigeres med korreksjonsfaktor 1,16 iht. tabell 11:

| Beskrivelse | N81-10 | 2014 | E_{korr} |
|--------------------------------------|--------|-------|-------------------|
| Normal energi graddagstall 1981-2010 | 4 208 | 3 624 | |
| Korreksjonsfaktor E_{korr} | | | 1,16 |

Tabell 11: Korrigerings graddagstall

4.1.3 Resultater av målt netto energibruk på energipostnivå

Resultatene fra casestudiet viser at Strindfjordvegen 1 hadde en totalt netto energibruk på 114,1 kWh/ m², en økning på 21,6 kWh/ m² i forhold til netto energibudsjet. På energipostnivå ble det målt lavere energibruk til oppvarming, og økt energibruk til de øvrige energipostene.

Energipost 1a og 1b hadde en reduksjon med 8,8 kWh/m²år i forhold til energibehovet.

Energipost 3a og 3b hadde en økning med 8,6 kWh/ m²år i forhold til energibehovet.

Energipost 2, 4 og 5 hadde en økning med 18,4 kWh/ m²år i forhold til energibehovet.

Energipost 6a, hadde en økning med 0,1 kWh/ m²år i forhold til energibehovet.

Energipost 6b, hadde en økning med 3,3 kWh/ m²år i forhold til energibehovet.

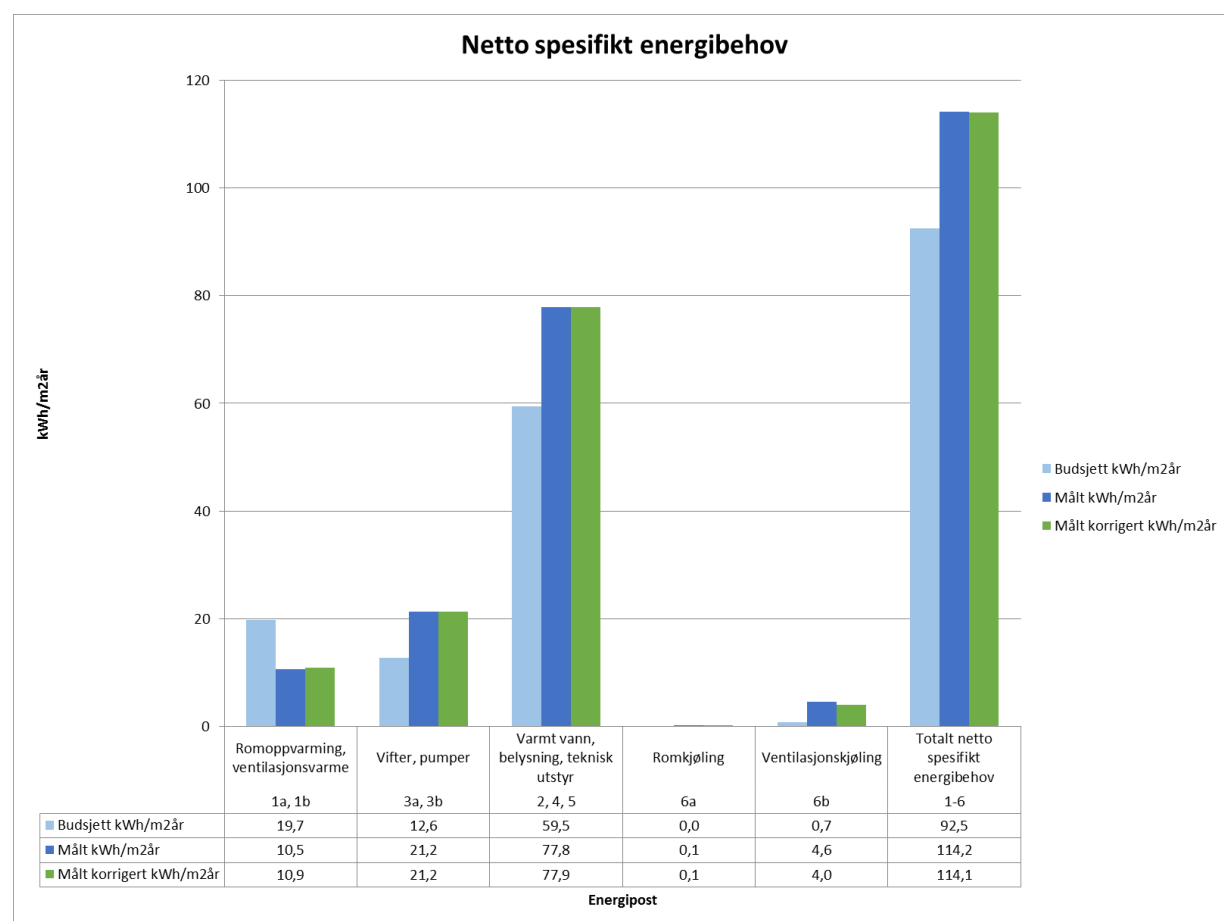
² Referanseperiode 1981-2010 anvendes av temperaturkorrigering ifm. Enovas byggstatistikk

Tabell 12 viser beregnet og målt netto spesifikt energibehov for byggets ulike energiposter:

| Energipost | | Budsjett kWh/m2år | Målt kWh/m2år | Målt korrigert kWh/m2år | Avvik kWh/m2år % | |
|------------|---|----------------------|------------------|----------------------------|---------------------|-----------|
| 1a, 1b | Romoppvarming, ventilasjonsvarme | 19,7 | 10,5 | 10,9 | -8,8 | -45 |
| 3a, 3b | Vifter, pumper | 12,6 | 21,2 | 21,2 | +8,6 | +68 |
| 2, 4, 5 | Varmt vann, belysning, teknisk utsty | 59,5 | 77,8 | 77,9 | +18,4 | +31 |
| 6a | Romkjøling | 0,0 | 0,1 | 0,1 | +0,1 | - |
| 6b | Ventilasjonskjøling | 0,7 | 4,6 | 4,0 | +3,3 | +460 |
| 1-6 | Totalt netto spesifikt energibehov | 92,5 | 114,2 | 114,1 | +21,6 | 23 |

Tabell 12: Netto spesifikt energibehov 2014, Strindfjordvegen 1

Figur 15 viser en sammenstilling av beregnet netto spesifikt energibehov og målte verdier:



Figur 15: Netto spesifikt energibehov, Strindfjordvegen 1

4.1.4 Resultater fra observasjon og datafunn på bygget

Registrerte driftstider for ventilasjonsanleggene:

For beregning av netto energibehov er det beregnet 12 timers drift iht. NS 3031. De faktiske driftstidene på bygget avviker totalt med en time lengre drift.

Tabell 13 viser ventilasjonsanleggenes driftstid:

| Ventilasjonssystem | Driftstid | Driftstid | Driftstid NS 3031 |
|--------------------|------------|-----------|-------------------|
| Nr. | Kl. | Timer | Timer |
| 360.01 | 0630- 2100 | 14,5 | 12 |
| 360.02 | 0630- 1800 | 11,5 | 12 |
| 360.06 | 0630- 1800 | 11,5 | 12 |
| 360.07 | 0630- 1800 | 11,5 | 12 |

Tabell 13: Registrerte driftstider for ventilasjonsanleggene, Strindfjordvegen 1

Ventilasjonsanleggene starter opp utenfor normal driftstid ved oppvarmings- eller kjølebehov i bygget. Innstilt romsettpunkt er 22 °C med følgende avvik:

- i vinterdrift starter ikke anleggene ved kjølebehov selv om romtemperaturen er over 22 °C
- i sommerdrift starter ikke anleggene for kjølebehov dersom utetemperaturen er under 12 °C

Registrerte internlaste og romtemperaturer

Målte innetemperaturen i 2. og 3. etasje: 23 °C- 25 °C.

Arealeffektiviteten i store deler av bygget er høy med landskapssoner og 3-7 m²/ person. I kontorlandskap og møterom er varmetilskuddet fra personer samt installerte effekter fra teknisk utstyr og data høyere enn normerte verdier i NS 3031. Teknisk utstyr blir ikke avslått, men står i ”stand by” og avgir varme til bygget døgnet rundt.

Tabell 19 viser observerte internlaste i bygget, samt registrerte innetemperaturer:

| Romtype | Person W/m² | Teknisk utstyr W/m² | Temperatur °C | Settpkt. °C |
|----------------|-----------------------------------|---|--------------------------|------------------------|
| Kontorlandskap | 20 | 70 | 24 | 22 |
| Kontor | 10 | 11 | 23 | 22 |
| Møterom | 60 | 90 | 25 | 22 |
| NS 3031 | 4 | 11 | 21 | 21 |

Tabell 19: Interne laster og romtemperaturer, Strindfjordvegen 1

Registrert funksjon for behovsstyringen:

I vinterdrift reduseres luftmengdene ved romtemperaturer over 22 °C i kontor- og landskapssoner. Vinterdrift tillater ikke økte luftmengder for å redusere temperaturen.

I sommerdrift øker luftmengdene ved romtemperaturer over 22 °C i kontor- og landskapssoner.

På grunn av høye temperaturer i møterommene er funksjonen med behovsstyring deaktivert i disse rommene. Rommene ventileres med konstant luftmengde for å holde temperaturen så lav som mulig.

4.1.5 Resultater fra intervjuer knyttet til organisering og kunnskapsinvolvering i prosjekt- og gjennomføringsfasen

Utgangspunktet for kunnskap- og kompetansebehovet i designfasen for Strindfjordvegen 1 var basert på en rekke faste valg og beslutninger byggherren hadde gjort på forhånd knyttet til arealutforming, bæresystem og materialvalg. Bakgrunnen for valgene var basert på erfaring fra andre prosjekter og et ønske om et mest mulig arealeffektivt bygg.

I designfasen ønsket byggherren å arbeide med byggets utforming på tomta, og behovet for kompetanse var knyttet til arkitektur og byggteknikk. Involverte ressurser i denne fasen var byggherrens prosjektleder med kompetanse innen byggteknikk samt arkitekten. Byggherren så ikke behovet for ytterligere kompetanse i denne fasen for å starte arbeidet med å realisere bygget.

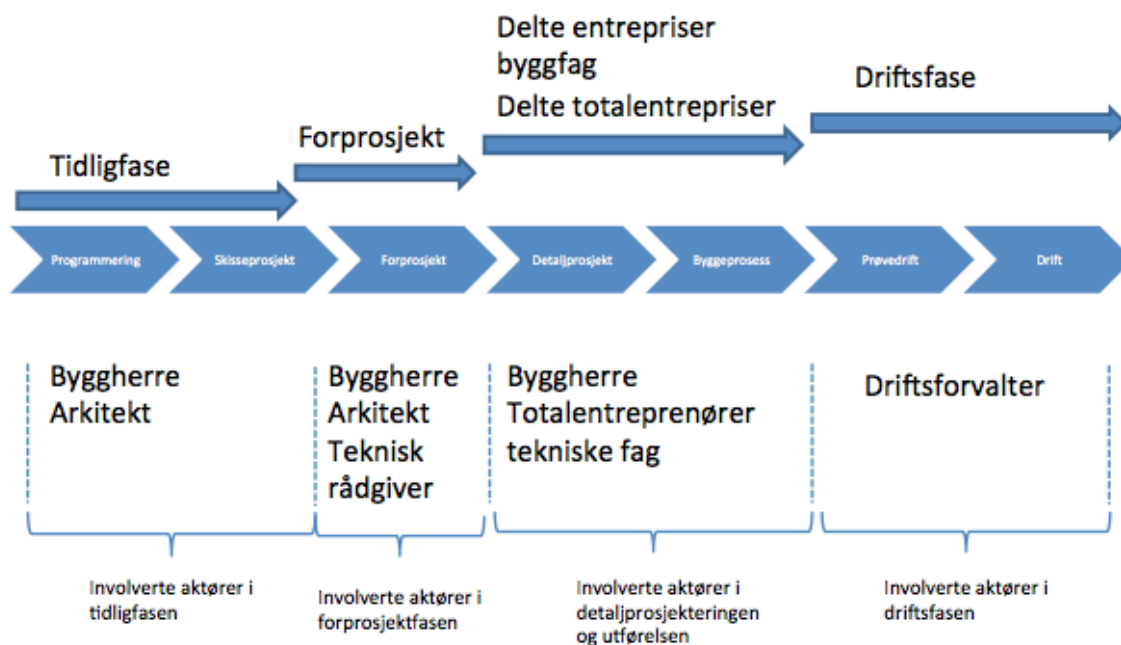
Da byggets form var bestemt tilførte byggherren prosjektet ny kompetanse i form av en teknisk prosjektleder samt noe rådgiverbistand innenfor tekniske fag. Løsningene fra designfasen ble nå kontrollert og forbedret, og energiambisjonene ble økt til å realisere et bygg med lavenergikvaliteter og Energiklasse B. Basert på disse beslutningene ble det utarbeidet et forprosjekt med spesifikke funksjonskrav samt bestemte konsepter for energiforsyning, infrastruktur og energikvalitet.

Etter en tilbudskonkurranse gikk prosjektet over i detaljprosjekteringsfasen, som ble gjennomført etter delte totalentrepriser for å inkludere spisskompetanse på produkter og løsninger fra utførende entreprenører. Ansvar for å prosjektere de tekniske løsningene ble overtatt av de sidestilte totalentreprenørene innenfor tekniske fag, mens byggherren valgte å beholde prosjekteringsansvaret for arkitekt- og byggfagene som ble gjennomført etter byggherrestyrte delte entrepriser. Byggets infrastruktur knyttet til energiforsyning, føringsveier og tekniske rom var fastsatt i denne fasen, og derav ikke mulig å endre. Med ny kompetanse kom det likevel forslag til endringer innenfor de fastsatte rammene som ytterligere forbedret energieffektiviteten i bygget. Endringsforslagene hadde ingen konsekvenser for fremdriften i prosjektet og ble derfor tatt til følge av byggherren.

Byggherren sikret kontinuiteten og kunnskapsflyten i prosjektet ved selv å være representert med prosjektledere i alle prosjektets faser. Byggherren hadde også prosjekteringsansvaret for arkitekt- og byggetekniske fag, samt ansvaret for fremdrift, koordinering og styring av alle fag. Byggherrens prosjektledere var også kontaktleddet mot leietakerne som ikke var direkte involvert i prosjektutviklingen av bygget. Leietakernes involvering var begrenset til spesifisering av spesielle behov knyttet til data og strøm.

Driftsforvaltningen var lite involvert i prosjektutviklingen annet enn å gi innspill til praktiske løsninger og behov til vaktmesterdriften og renhold. Det ble ikke gjennomført en prøvedriftsperiode for bygget, og operativ driftsforvaltning ble ikke involvert før etter overtakelsen. Ved overtakelsen ble FDVU- underlaget overlevert byggherren, men denne dokumentasjonen med tilhørende driftsdata ble ikke gjennomgått med operativ ressurs i driftsforvaltningen. I driftsfasen ble det gjennomført en omfattende opplæring i anvendelse av byggets SD- anlegg med ressurspersoner på taktisk nivå i driftsforvaltningen. Operativ ressurs på bygget var derimot ikke delaktig i denne opplæringen.

Figur 16 viser prosjektets gjennomføringsfaser og involvering av ressurser:



Figur 16: Prosjektfaser og ressurser, Strindfjordvegen 1

4.1.6 Resultater fra intervjuer knyttet til organisering og gjennomføring av forvaltning

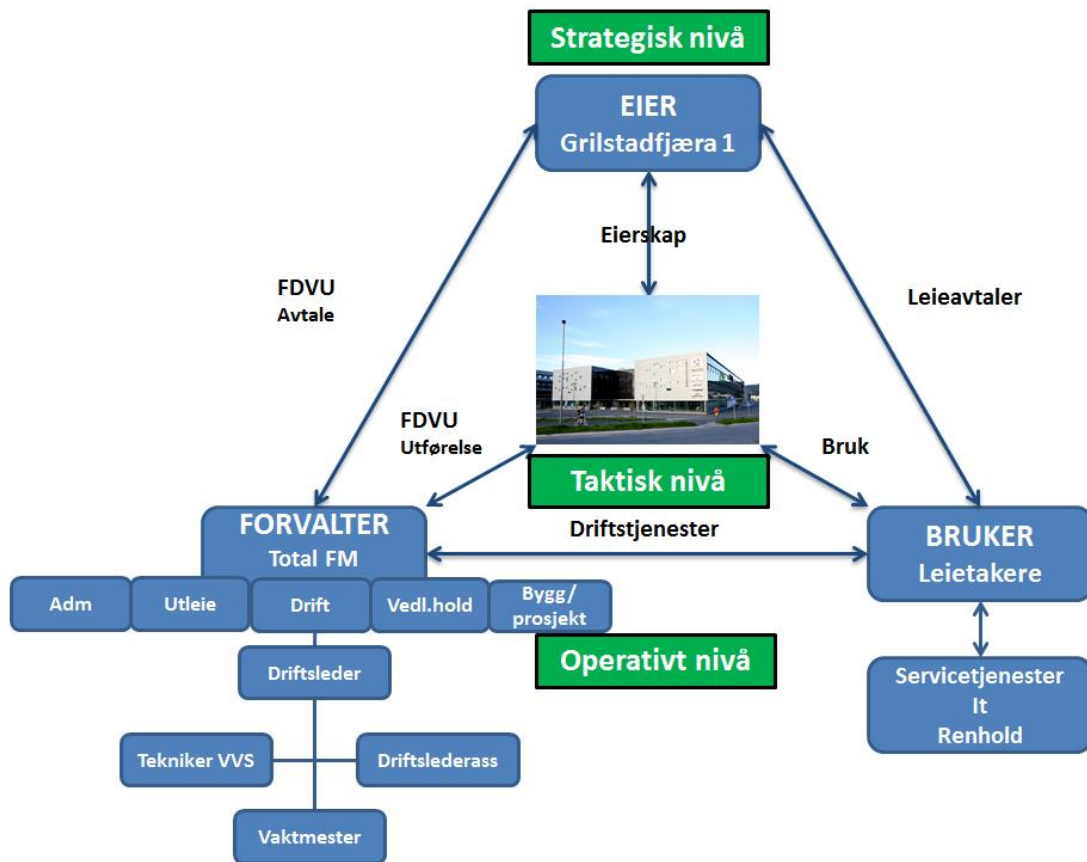
Driftsforvaltning av bygget er outsourset på taktisk og operativt nivå, der teknisk forvalter har det taktiske ansvaret for planlegging av drifts- og vedlikeholdsoppgaver, samt det operative ansvaret på bygget for gjennomføring og styring av disse. Driftsforvaltningen er organisert med taktiske og operative ressurser som er ansvarlig for organisering av faste avtaler og innkjøpte tjenester, samt operativ drift- og vedlikeholdsoppgaver. En fast vaktmester på bygget er operativ ansvarlig for å gjennomføre daglig drift og følge opp de serviceavtalene som gjennomføres på bygget. Vaktmesteren er kontaktledd mot leietakere og rapporterer til driftsleder som er taktisk ansvarlig for å organisere ressursbehovet og innkjøpte tjenester.

Driftsforvaltningen følger ingen konkret FM- strategi i form av et strategidokument med definerte fokusområder og målsetninger, utover å ha fokus på optimal drift og regulering, med en målsetning om å levere driftsresultater som kan måles mot prosjekterte verdier og krav. Resultatene er derimot avhengig av brukernes krav til inneklima og det er derfor ikke aktuelt å gjennomføre tiltak for å redusere energibruken dersom tiltakene påvirker dette. GAP-analyser gjøres dersom forbruket er stort eller etter henvendelser om avvik fra leietakerne. Driftsforvaltningen er kjent med byggets energiklasse og beregnet levert energi. Levert energi til bygget måles og kontrolleres mot energiklassen. Avvik er forventet da faktiske forhold på bygget avviker med normerte inndata i de teoretiske beregningene. Å avdekke avvik på energipostnivå er ikke en prioritet da forbruket faktureres leietaker.

Målt levert energi rapporteres til Enova på bakgrunn av økonomiske støtte til utbyggingen.

Driftsforvaltningen mener det er et potensiale i å oppnå økt energieffektiv drift med en noe annen organisering og dedikerte ressurser og arbeidsoppgaver knyttet til energioppfølgingen.

Figur 17 viser rollene i forvaltningen på taktisk og operativt nivå:



Figur 17: Roller i driftsforvaltningen, Strindfjordvegen 1

Tabell 14 viser organisering av ressursene i ulike nivå:

| Ressurser | Nivå i forvaltningen | Ansvar | Kompetanse |
|--------------|----------------------|--|--------------------------------|
| Driftsleder | Taktisk | Administrere internt ressursbehov og eksterne avtaler Innkjøp av tjenester | Erfaring |
| Vaktmester | Operativ, drift | Gjennomføre daglig drift Følge opp serviceavtaler Kontaktledd mot brukere Rapportere til Driftsleder | Elektro fra videregående skole |
| Tekniker VVS | Operativ | Gjennomføre service og vedlikehold til faste intervaller Energioppfølging Faglig støtte til vaktmester ved behov | Automatiker |

Tabell 14: Organisering av driftsforvaltning, Strindfjordvegen 1

4.1.7 SWOT- analyse Strindfjordvegen 1

Tabell 15 presenterer en swot- analyse for Strindfjordvegen 1:

| Styrker (interne) | Svakheter (interne) |
|--|---|
| Kunnskap og kompetanse i planleggingsfasen | Kunnskap og kompetanse fra teknisk forvaltning ikke anvendt i planleggingsfasen |
| Energieffektivt lavenergibygg | Ikke mulig å måle alle energiposter mot budsjett |
| Energieffektive tekniske systemer | Lvert energi fra varmepumpe ikke målt |
| Energieffektiv energiforsyning | Energi til gatevarme ikke målt |
| Utstrakt bruk av behovsstyring | Energi til pumpedrift i energisentral er ikke målt |
| Systemer for overvåkning og styring | Energi til uoppvarmet del av BRA ikke adskilt |
| Høy grad av fleksibilitet i tekniske anlegg | Flere energiposter slått sammen i felles måling |
| Kompetanse i driftsforvaltningen | Ingen klar FM- strategi |
| Energioppfølging levert energi | Ingen klar ledelse på taktisk nivå |
| Bruk av termisk masse til akkumulering av energi | |
| Muligheter (eksterne) | Trusler (eksterne) |
| Påvirke leietakernes bruksmønster | Leietakere endrer ikke bruksmønster |
| Styrke taktisk nivå | Brukstid og interne laster |
| Ombygging og tilpasning mulig | Forventninger til energikostnader |

Tabell 15: SWOT- analyse, Strindfjordvegen 1

4.2 Energibyget Lerkendal

Energibyget Lerkendal er lokalisert i Klæbuveien 118 på Lerkendal ca. 2 km sør for Trondheim sentrum. Bygget er eid av Energibyget AS og er designet i samarbeid med Trønderenergi som nytt hovedkontor for konsernet. Prosjektet ble ferdigstilt og tatt i bruk av leietakerne i 2012.

Figur 18 viser bygget med seks etasjer over terreng. Arealene i to underkjellere med arkiv, treningsrom og garderober inngår ikke som en del av byggets oppvarmede BRA da temperaturkravene avviker fra temperaturkravet i byggets øvrige arealer. Byggets oppvarmede andel av BRA er beregnet til 7372 m² (Sweco Norge AS, 2011a).



Figur 18: Energibyget Lerkendal

4.2.1 Beskrivelse av teoretiske forutsetninger for energibruk ved casebygget

Energiambisjon

Utgangspunktet for energiambisjonen til bygget var brukernes krav om et energieffektivt bygg med energikvaliteter bedre enn forskriftskravene. I designfasen ble ulike energikvaliteter vurdert, bl.a. mulighetene for å realisere bygget som Passivhus, men byggherren besluttet i samråd med brukerne å prosjektere bygget med lavenergikvaliteter for å oppnå energiklasse A. Byggets energirapport viser et netto energibehov i bygget på 90,1 kWh/ m²år og et behov for levert energi på 79,1 kWh/ m²år (Sweco Norge AS, 2011b).

Tabell 16 viser årlig netto energibehov iht. NS 3031:

| Energibudsjett | | | |
|--|--------------------|--------------------------|--|
| Energipost | Energibehov | Spes. energibehov | |
| | kWh | kWh/m2 | |
| 1a Romoppvarming | 16 036 | 2,2 | |
| 1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier) | 86 563 | 11,7 | |
| 2 Varmtvann (tappevann) | 35 129 | 4,8 | |
| 3a Vifter | 116 650 | 15,8 | |
| 3b Pumper | 8 097 | 1,1 | |
| 4 Belysning | 147 777 | 20,0 | |
| 5 Teknisk utstyr | 241 510 | 32,8 | |
| 6a Romkjøling | 0 | 0,0 | |
| 6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier) | 12 672 | 1,7 | |
| Totalt netto energibehov, sum 1- 6: | 664 434 | 90,1 | |

Tabell 16: Energibudsjett- beregnet netto energibehov iht. NS 3031 (Sweco Norge AS, 2011b)

Byggets energikvaliteter

For å redusere byggets netto energibehov har bygget økte kvaliteter på bygningsdeler og tekniske anlegg i forhold TEK 10. Behovet for tilført energi reduseres med anvendelse av flere varmpumper i byggets ventilasjonsanlegg samt med energilevering fra solcellepaneler.

Tabell 17 viser valgte energikvaliteter for bygningsdeler og komponenter sammenlignet med minstekrav i TEK 10 samt NS 3701:

| Beskrivelse | Energikvaliteter knyttet til bygningsdeler, materialer og komponenter | | |
|--|--|----------------------------|---------------------------------|
| | Minstekrav TEK 10 | Lavenergi NS 3701 | Klæbuveien 118 |
| U- verdi yttervegger (W/m2K) | 0,22 W/m2K | 0,18 W/m2K | 0,18 W/m2K |
| U- verdi tak | 0,18 W/m2K | 0,13 W/m2K | 0,13 W/m2K |
| U- verdi gulv | 0,18 W/m2K | 0,15 W/m2K | W/m2K |
| U- verdi glass/ vindu/ dør inkl. ramme | 1,20 W/m2K | 1,20 W/m2K | 0,8 W/m2K |
| Normalisert kuldeboverdi | 0,06 W/m2K | 0,05 W/m ² K | 0,04 W/m2K |
| Lekkasjetall ved ΔP=50 Pa | 3 luftvekslinger/ t | 1,5 luftvekslinger/ t | 0,45 luftvekslinger/ t |
| Virkn. grad varmegjenvinner | 80 % | 80 % | 85 % |
| Spesifikk vifteeffekt (SFP) | 2,0 kW/(m ³ /s) | 1,5 kW/(m ³ /s) | 1,9 kW/(m³/s) |

Tabell 17: Energikvaliteter for bygningsdeler og komponenter

Ventilasjon

Luftbehandlingsanlegget består av fire ventilasjonssystemer som betjener ulike soner i 1.- 6. etasje. Total dimensjonerende luftmengde er beregnet til 77 000 m³/h. Alle ventilasjonsaggregater er utstyrt med høyeffektive varmegjenvinnere med en beregnet temperaturvirkningsgrad på 85 % ved dimensjonerende forhold. Aggregatene er også utstyrt med luft- luft varmpumper som leverer energi for å varme opp tilluften til ønsket temperatur.

Tilførte luftmengder behovsstyres med DCV etter tilstedeværelse og romtemperatur i arealene, samt etter CO₂- konsentrasjonen i møterom. I rom eller soner som ikke er i bruk, eller som ikke har behov for kjøling, reduseres tilførselen av luft ned mot 30 % av dimensjonerende luftmengde. Viftemotorene frekvensreguleres etter behovet for luftmengder og trykk, og gjennomsnittlig SFP- faktor er beregnet til 1,9 kW/(m³/h).

Oppvarming

Energi til oppvarming av arealene, oppvarming av tappevann samt til spisslast for ventilasjonsvarme utføres med termisk energi fra fjernvarme. Energien distribueres fra energisentralen via byggets vannbårne varmeanlegg og forgrenes til kurser for romoppvarming, tappevann og ventilasjonsvarme. Romoppvarmingen foretas med radiatorer i kontorer og landskap, mens glassgård og hovedinngang oppvarmes med aerotempere.

Vannmengden i varmeanlegget mengdereguleres etter energibehovet i sonene, og tur/ retur-temperaturen kompenseres for utetemperaturen etter en gitt kompenseringsskurve i SD-anlegget.

Kjøling

For å begrense behovet for mekanisk kjøling i bygget anvendes fritt eksponert betong i taket i kontorarealene for å utnytte betongens termiske masse til å akkumulere varme. Ved kjølebehov utover det betongens termiske masse akkumulerer, så fjernes overskuddsenergien vha. ventilasjonsanlegget som tilfører arealene undertemperert luft i driftstiden. Ved utetemperaturer under 19 grader anvendes utetemperaturen direkte som ”frikjøling”, men ved høyere utetemperaturer senkes tilluftstemperaturen ved at varmpumpenes kjølekrets vendes slik at disse kan anvendes som kjølemaskiner.

Det er ikke installert lokal tilleggskjøling i bygget utover tilluftens kjøleeffekt. Tilluftens kjølekapasitet til å fjerne overskuddsenergi fra interne laster er prosjektert etter beskrevne internlaste fra byggherre og leietaker.

For å redusere kjølebehovet pga. solinnstråling har bygget utvendig solavskjerming med automatisk styrte persienner på fasadene mot sør, øst og vest.

Lys

Styringen av lyset er inndelt i soner og armaturene styres av/ på etter tilstedeværelsen med bevegelsesdetektorer.

Styring og regulering

Alle VVS- anleggene styres, reguleres og overvåkes fra et SD-anlegg. Driftsstatus med alarmer og avvik overvåkes til enhver tid for å sikre en mest mulig optimal og energieffektiv drift. Byggets har et EOS- system for energimålinger integrert i SD- anlegget.

Inneklima og komfort

VVS- anleggene er prosjektert for å kunne tilfredsstille følgende romklimaparametre:

- maks operativ temperatur sommer i kontorer og møterom: 26 °C
- minimum operativ temperatur vinter i kontorer og møterom: 21 °C
- maks operativ temperatur sommer vestibyle: 28 °C
- minimum operativ temperatur vinter i vestibyle: 10 °C

Energiforsyning

Energiforsyningen til bygget består av følgende energivarer:

- levert vannbåren varme fra fjernvarme
- termisk varme til ventilasjonsoppvarming fra varmepumpe
- levert direkte elektrisitet fra ekstern energileverandør
- levert direkte elektrisitet produsert fra solcellepaneler på byggets sørfasade

I energiberegningene er det forutsatt at energiandelen til oppvarming av bygget, samt til oppvarming av tappevann, skal dekkes 100 % av fjernvarme. Til oppvarming av ventilasjonsluften er det forutsatt at integrerte varmepumper i ventilasjonsaggregatene skal stå for 98 % av energibehovet, mens fjernvarmen skal stå for 2 % av det årlige energibehovet, samt som reservedekning dersom varmepumpene stopper.

Direkte elektrisitet anvendes til el- spesifikt energibehov, dvs. til drift av vifter, pumper, varmepumpe/ kjølemaskin, belysning og øvrige tekniske anlegg. I sommerdrift snur varmepumpenes kjølekrets slik at disse fungerer som kjølemaskiner ved kjølebehov i bygget.

Tabell 18 viser fordelingen i energiforsyningen:

| Energikilde | El- spesifikt | Romoppvarming | Ventilasjonsbatterier | Tappevann |
|--------------------------|---------------|---------------|-----------------------|-----------|
| Fjernvarme | | 100 % | 2 % | 100 % |
| Varmepumpe | | | 98 % | |
| Direkte el | 97 % | | | |
| Direkte el fra solceller | 3 % | | | |

Tabell 18: Energiforsyning Klæbuveien 118

4.2.2 Etterprøving av energibruken

Byggets målerstruktur for energimåling er bygd opp av hovedmålere for levert elektrisitet, levert fjernvarme, samt undermålere for ulike energiposter. Målerstrukturen gjenspeiler ikke fullt ut inndelingen i energiposter iht. NS 3031, da flere energiposter måles samlet i felles undermålere. Det må derfor gjøres teoretiske anslag for å fordele samt korrigere målte verdier.

Byggets målerstruktur illustreres i tabell 19:

| Undermålere energivare | Energipost | Betjener |
|-------------------------------|----------------|---|
| Vannbåren fjernvarme | 1 b | Ventilasjonsvarme |
| Vannbåren fjernvarme | - | Romoppvarming kjellergulv * |
| Vannbåren fjernvarme | - | Romoppvarming kjeller * |
| Vannbåren fjernvarme | - | Gatevarme * |
| Elektrisitet | 4 og 5 | Lys og teknisk utstyr |
| Elektrisitet | 1b, 3a, 3b, 6b | Vent. varme, vifter, pumper, vent. kjøling ** |
| Beregnet restverdi fjernvarme | 1a og 2 | Romoppvarming og tappevann *** |

Tabell 19: Energimålerstruktur, Energibyget Lerkendal

- * Energi skal ikke medtas i byggets netto energibruk. Anvendes til å finne restenergi som går til energipost 1a og 2, romoppvarming og tappevann
- ** Energien fordeles til de ulike energipostene etter en teoretisk fordelingsnøkkel fra beregning av netto energibehov der 15 % levert energi går til varmepumpe og 85 % levert energi går til vifter og pumper. Levert energi til varmepumpe korrigeres med produksjonsvirkningsgrad for å finne levert energi fra varmepumpen. Fordeling av andel energi mellom energipost 1b ventilasjonsoppvarming og energipost 6 ventilasjonskjøling fordeles med hhv 87 % og 13 %.
- **** Energi til romoppvarming og tappevann måles ikke i bygget. Forbruket registreres ved å beregne differansen mellom hovedmåler for fjernvarme og øvrige undermålere for oppvarming i bygget. For temperaturkorleksjon fordeles energien mellom tappevann og romoppvarming etter teoretiske fordelingsnøkler fra beregning av netto energibehov med hhv 31 % til energipost 1a oppvarming og 69 % til energipost 2 tappevann

Systemvirkningsgrader

For å regne om målt energi til netto energibehov viser tabell 20 veiledende systemvirkningsgrader som er oppgitt i NS 3031:

| Beskrivelse | $\eta_{\text{produksjon}}$ | $\eta_{\text{distribusjon}}$ | $\eta_{\text{regulering}}$ | η_{system} |
|-------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------|
| Termisk varme | 0,98 | 0,94 | 0,91 | 0,84 |
| Luftbåren varme | ----- | 0,94 | 0,91 | 0,86 |
| Luftbåren kjøling | ----- | 0,96 | 0,91 | 0,87 |
| Kjølemaskin | 2,4 | | | |
| Varmepumpe | 2,1 | | | |

Tabell 20: Systemvirkningsgrad varme og kjøling, Klæbuveien 118

Temperaturkorrigering, graddagstall:

Energi som går til rom- og ventilasjonsoppvarming korrigeres for endrede meteorologiske forhold i 2014 i forhold til referanseperioden³ 1981-2010.

Vagt metode er korrigering av graddagstallet i 2014 i forhold til referanseperioden der måleresultatene korrigeres med korreksjonsfaktor 1,16 iht. tabell 21:

| Beskrivelse | N81-10 | 2014 | E _{korr} |
|--------------------------------------|--------|-------|-------------------|
| Normal energi graddagstall 1981-2010 | 4 208 | 3 624 | |
| Korreksjonsfaktor E _{korr} | | | 1,16 |

Tabell 21: Korrigering graddagstall

4.2.3 Resultater av målt netto energibruk på energipostnivå

Resultatene fra casestudiet viser at Energibyget Lerkendal hadde en totalt netto energibruk på 106,8 kWh/ m², en økning på 16,7 kWh/ m² i forhold til netto energibudsjett.

Målerstrukturen på bygget er ikke inndelt i energipostene 1b, 3a, 3b og 6b slik det er fremstilt i figur 23 da disse energipostene måles med felles undermåler. Det er likevel valgt å teoretisk fordele denne energien for å beregne levert energi fra varmepumpe/ og kjølemaskin, samt korrigere dette for virkningsgrader og temperatur.

Energipost 1a og 2 hadde en økning i energibehovet med 30,2 kWh/m²år.

Energipost 1b hadde en reduksjon i energibehovet med 0,3 kWh/ m²år.

Energipost 3a og 3b hadde en reduksjon i energibehovet med 2 kWh/ m²år.

Energipost 4 og 5, hadde en reduksjon i energibehovet med 10,2 kWh/ m²år.

Energipost 6b, ventilasjonskjøling, hadde en reduksjon i energibehovet med 1 kWh/m²år.

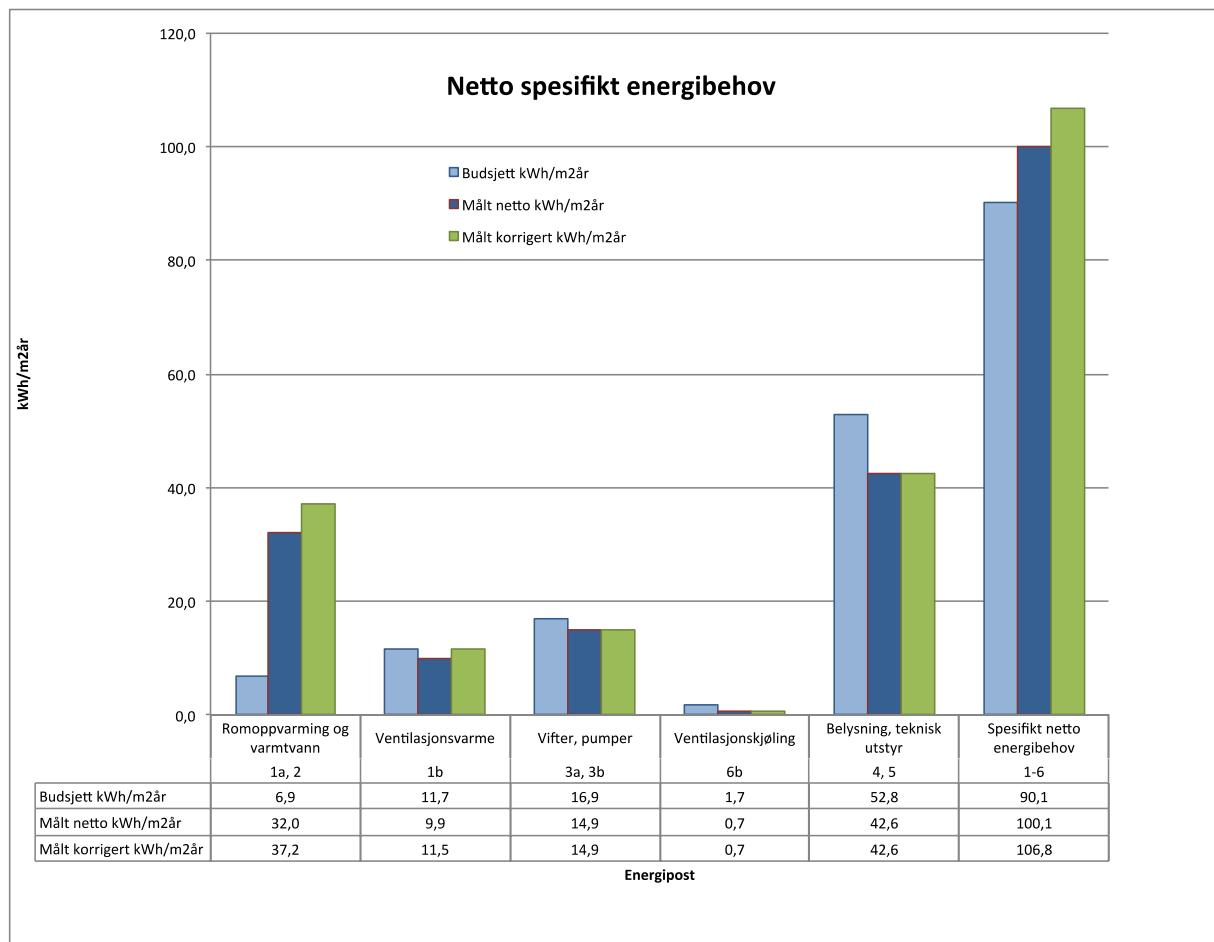
³ Referanseperiode 1981-2010 anvendes av temperaturkorrigering ifm. Enovas byggstatistikk

Tabell 22 viser beregnet og målt netto spesifikt energibehov for de ulike energipostene:

| Energi-post | | Budsjett kWh/m ² år | Målt netto kWh/m ² år | Målt korrigert kWh/m ² år | Avvik kWh/m ² år | % |
|-------------|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---|--------------------------------|-----------|
| 1a, 2 | Romoppvarming og varmtvann | 6,9 | 32,0 | 37,2 | +30,2 | 435 |
| 1b | Ventilasjonsvarme | 11,7 | 9,9 | 11,5 | -0,3 | -2 |
| 3a, 3b | Vifter, pumper | 16,9 | 14,9 | 14,9 | -2,0 | -12 |
| 6b | Ventilasjonskjøling | 1,7 | 0,7 | 0,7 | -1,0 | -59 |
| 4, 5 | Belysning, teknisk utstyr | 52,8 | 42,6 | 42,6 | -10,2 | -19 |
| 1-6 | Spesifikt netto energibehov | 90,1 | 100,1 | 106,8 | +16,7 | 19 |

Tabell 22: Netto spesifikt energibehov 2014, Energibyget

Figur 19 viser en sammenstilling av beregnet netto spesifikt energibehov og målte verdier:



Figur 19: Netto spesifikt energibehov 2014, Energibyget

4.2.4 Resultater fra observasjon og datafunn på bygget

Registrerte driftstider for ventilasjonsanleggene:

For beregning av netto energibehov er det beregnet 12 timers drift iht. NS 3031. De faktiske driftstidene på bygget avviker totalt med en 1,5 time kortere drift pr. dag.

Tabell 23 viser ventilasjonsanleggenes driftstid.

| Ventilasjonsystem | Driftstid | Driftstid | Driftstid NS 3031 |
|-------------------|------------|-----------|-------------------|
| Nr. | Kl. | Timer | Timer |
| 360.01 | 0600- 1800 | 12 | 12 |
| 360.02 | 0600- 1800 | 12 | 12 |
| 360.03 | 0600- 1730 | 11,5 | 12 |
| 360.03 | 0630- 1730 | 11 | 12 |

Tabell 23: Driftstider ventilasjonsanlegg, Strindfjordvegen 1

Ventilasjonsanleggene starter opp for frikjøling av bygget på natten.

Registrerte internlast og romtemperaturer

Målte innetemperaturer i kontorer og landskap 1.- 6. etg.: 22 °C- 24 °C.

Målte innetemperaturer i møterom.: 24 °C- 25 °C.

I kontorlandskap og møterom er varmetilskuddet fra personer samt installerte effekter fra teknisk utstyr og data høyere enn normerte verdier i NS 3031.

Tabell 24 viser observerte internlast i bygget, samt registrerte innetemperaturer:

| Romtype | Person | Teknisk utstyr | Temperatur |
|----------------|------------------|------------------|------------|
| | W/m ² | W/m ² | °C |
| Kontorlandskap | 6- 10 | 30-40 | 22-24 |
| Kontor | 10 | 20 | 22-24 |
| Møterom | 40 | 10-150 | 22-26 |
| NS 3031 | 4 | 11 | 21 |

Tabell 24: Interne laster og romtemperaturer, Strindfjordvegen 1

Andre forhold:

Direkte varmeveksling av tappevann mot fjernvarme. Betjener også arealer i underkjeller 2.

4.2.5 Resultater fra intervjuer knyttet til involvering av kunnskap og kompetanse i prosjekt- og gjennomføringsfasen

Utgangspunktet for involvering av kunnskap- og kompetanse i designfasen for Energibyget var å utnytte tidligfasen for å komme frem til de beste løsningene ut fra kravet til byggets energieffektivitet. Byggherren ønsket en bred kompetanse og et samspill for å kunne gjøre gode beslutninger i tidligfasen før mulighetene ble låst. Samspillsfasen ble gjennomført i programmerings- og forprosjektfasen med byggherren, samspillsentreprenør, arkitekt, utvalgte rådgivere og leverandører, som utredet flere tekniske konsepter før man gjorde beslutninger og utviklet et forprosjekt. Driftsforvaltningen ble inkludert i samspillsfasen med oppfordring om å komme med innspill og forslag til tekniske løsninger som burde vektlegges i prosjekteringen. Dette bidraget begrenset seg derimot til en generell befarung ved et annet bygg for å se på ulike løsninger.

Byggherren styrte samspillsfasen og involverte aktører og kompetanse etter behovene som oppsto i denne fasen.

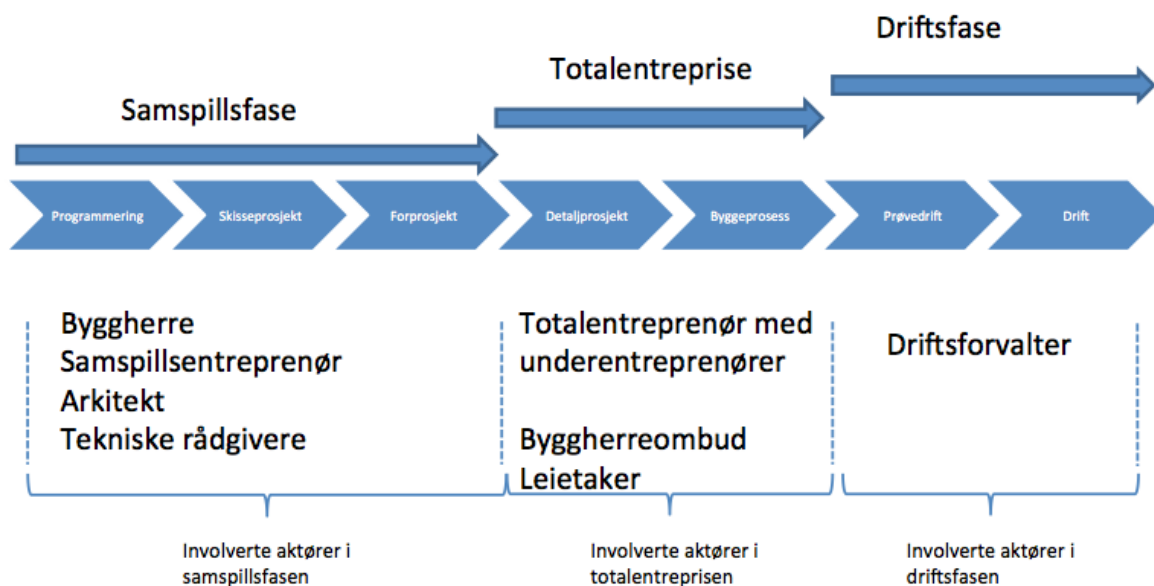
Som et resultat av samspillsfasen ble det utarbeidet et forprosjekt som dannet grunnlaget for en totalentreprisekontrakt for prosjekterings- og byggefasen. Byggherren ønsket å sikre kontinuiteten og kunnskapsflyten i prosjektet, og samspillsentreprenøren ble totalentreprenør, og overtok ansvaret for videre prosjektering og bygging. Byggherren og leietakeren var involvert i denne fasen for å sikre kontraktsansvaret. Driftsforvalteren var ikke involvert i detaljprosjekteringen av bygget.

Totalentreprenøren inkluderte ny kompetanse ved å involvere totalunderentreprenører med prosjekteringsansvar for hvert enkelt fag. I detaljprosjekteringsfasen var det fortsatt mulig å gjøre endringer innenfor valgte konsepter fra forprosjektet, men byggets infrastruktur knyttet til energiforsyning, føringsveier og tekniske rom var fastsatt. Ny kompetanse kom likevel med forslag til endringer innenfor de valgte konseptene som ble tatt til følge.

Det ble ikke gjennomført en prøvedriftsperiode på bygget, men ressurser på taktisk nivå i driftsforvaltningen ble involvert i idriftsettelsesfasen etter eget ønske. Driftsdata ble derimot i liten grad gjennomgått og overlevert før eller etter overtakelsen av bygget. Ressurs på taktisk

nivå hadde en kort gjennomgang på ca. en time med teknisk entreprenør for ventilasjon og byggautomasjon, men denne gjennomgangen opplevdes ikke som tilstrekkelig for å få overført tilstrekkelig kunnskap fra prosjekterings- og byggefasen. For rør- og elektrofagene ble ingen driftsdata dokumentert ifm. overtakelsen. Kunnskapen måtte derfor tilegnes ved å gjennomgå av FDVU- underlaget på egen hånd. Mottatt FDVU- underlag ble oppfattet som teknisk komplisert og ikke tilpasset kompetansenivå og behov. Det var derfor utfordrende å sette seg inn i forutsetningene, samt finne det som var relevant for drift av bygget.

Figur 20 viser prosjektets gjennomføringsfaser og involvering av ressurser:



Figur 20: Prosjektfaser og ressurser, Energibyget Lerkendal

4.2.6 Resultater fra intervjuer knyttet til organisering og gjennomføring av forvaltning

Driftsforvaltningen av Energibyget Lerkendal organiseres og gjennomføres av driftsselskapet Byggteknikk Drift AS på det strategiske nivået. På taktisk- og operativt nivå er forvaltningen delt i to hovedfunksjoner der det skilles mellom økonomisk forvaltning og teknisk forvaltning.

Driftsforvaltningen på bygget er organisert med en ressurs på taktisk nivå med ansvar for å planlegge og organisere gjennomføringen av drifts- og vedlikeholdsoppgaver, samt operative ressurser for å gjennomføre drifts- og vedlikeholdsoppgavene. En fast driftsteknikker på bygget er operativ ansvarlig for å gjennomføre daglig drift og følge opp de serviceavtalene som gjennomføres på bygget. Driftsteknikeren er kontaktleddet mot brukerne og rapporterer til taktisk nivå.

Driftsforvaltningen har ikke utarbeidet en konkret FM- strategi, i form av å ha utviklet et strategidokument med definerte fokusområder og målsetninger, men følger det som er definert i FDVU- underlaget til bygget der driftsforvaltningen utføres etter faste rutiner og sjekkpunkter. Det er en målsetning for forvalteren å levere driftsresultater som kan måles mot prosjekterte verdier, og interne GAP- analyser gjennomføres før avvik knyttet til drift og energibruk resulterer i tiltak.

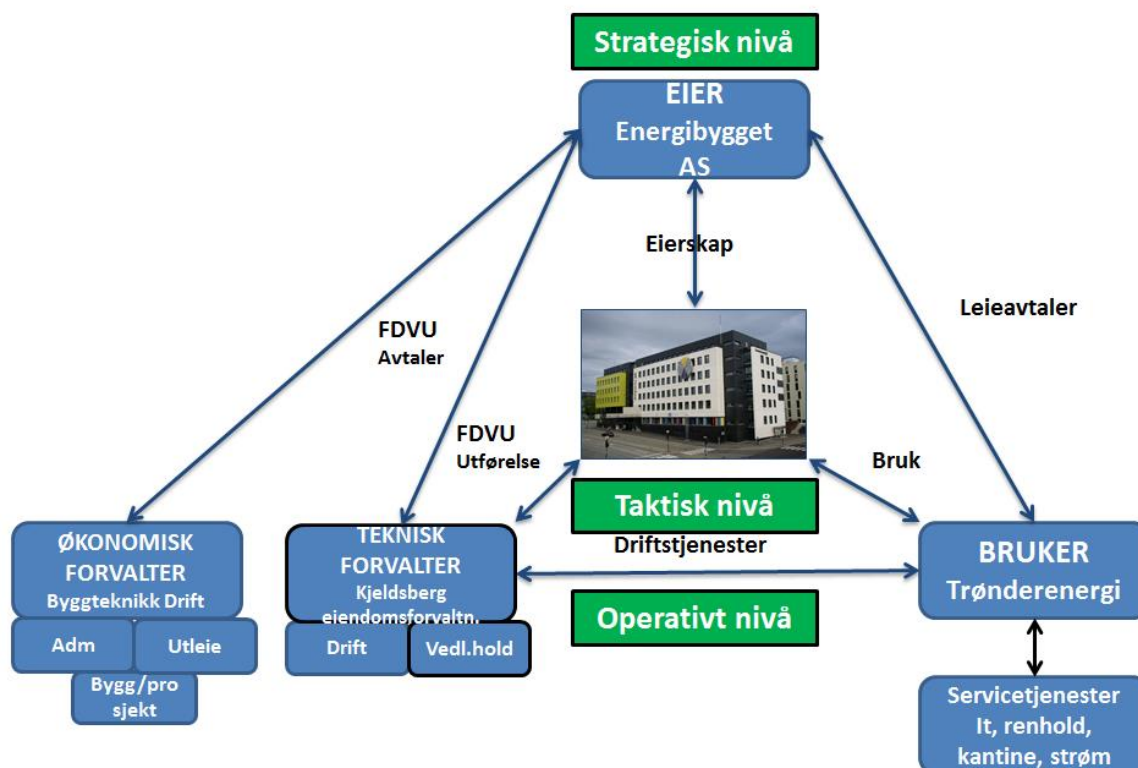
Energibruken i bygget overvåkes og registreres via byggets EOS- system i SD- anlegget. Driftssjef presenterer dette for eier og leietaker i månedlige møter der mulige forslag til tiltak legges frem. For eier er derimot leietakertilfredshet en viktig parameter og forventningen er at bygget forvaltes slik at leietakertilfredsheten er høy. Det er ikke aktuelt å gjennomføre tiltak for å redusere energibruken på bekostning av leietakers ønsker og forventninger til inn klimaet.

Driftsforvaltningen er kjent med byggets beregnede netto energibehov, levert energi og energiklassen. Energiforbruket er kjent på energipostnivå, men det er ikke mulig å måle alle energipostene da bygget ikke er utstyrt med tilstrekkelige undermålere.

Gjennom GAP- analyser av faktiske energiresultater har forvalteren avdekket at energibruk til oppvarming og direkte elektrisitet avviker i forhold til beregnede verdier. Avvikene er knyttet til problemer med varmepumpedriften samt for stort fjernvarmeforbruk, og skyldes i hovedsak valg av dårlige tekniske løsninger for bygget, samt dårlig oppfølging fra operativt driftspersonell som ikke kontrollerer fjernvarmeforbruket i forhold til temperatur- og energibehovet i bygget.

Teknisk forvaltning av bygget er outsourset til en profesjonell forvalter med ansvar for taktisk- og operativ drift. Forvalteren er organisert med en taktisk ressurs for å planlegge og gjennomføre drifts- og vedlikeholdsoppgavene, samt ressurser for operativ drift og gjennomføring av drifts- og vedlikeholdsoppgaver. Byggeier holdes orientert om byggets tilstand gjennom månedlige møter med forvalter og leietakere.

Figur 21 viser rollene i forvaltningen på strategisk, taktisk og operativt nivå:



Figur 21: Roller i forvaltningen, Klæbuveien 118

Tabell 25 viser organisering av ressursene i ulike nivå:

| Ressurser | Nivå i forvaltningen | Ansvar | Kompetanse |
|-----------------|----------------------------------|--|------------------------------------|
| Driftssjef | Taktisk | Organisere drift- og vedlikehold Administrere internt ressursbehov og eksterne avtaler Rapportere til eier | Arbeidserfaring som driftstekniker |
| Driftsteknikker | Operativ, drift | Gjennomføre daglig drift Følge opp serviceavtaler Kontaktledd mot leietakere Rapportere til Driftssjef | Erfaring |
| Serviceingeniør | Operativ, service og vedlikehold | Gjennomføre service og vedlikehold til faste intervaller Faglig støtte til driftsteknikker ved behov | Automatiker |

Tabell 25: Organisering av driftsforvaltning, Energibyget

4.2.7 SWOT-analyse Energibyget

Tabell 26 presenterer en swot- analyse for Energibyget Lerkendal:

| Styrker (interne) | Svakheter (interne) |
|--|---|
| Gjennomføringsstrategi etter beste praksis | Ingen klar FM- strategi |
| Fleksibilitet i planløsninger og teknisk infrastruktur | Ingen klar ledelse på taktisk nivå |
| Energieffektivt lavenergibygg | Liten akkumulering i termisk masse |
| Gode energikvaliteter i bygningsdeler | Ingen fleksibilitet i kjøleanlegget |
| Energieffektive tekniske anlegg | Ikke måling av levert energi fra varmpumpe |
| Utstrakt bruk av behovsstyring | Teknisk løsning for varmpumpe/ kjølemaskin |
| Høy grad av fleksibilitet i tekniske anlegg | Mangelfull energimåling på energipostnivå |
| Organisering av driftsforvaltning | Mange energiposter slått sammen i felles måling |
| Systemer for overvåking, styring og regulering | Kunnskapsoverføring til driftsfase Kompetanse i driftsforvaltningen? |
| Muligheter (eksterne) | Trusler (eksterne) |
| Ekstern bistand for drift og energioppfølging | Forventninger til energikostnader |
| Mulig å installere nye under- energimålere på energipostnivå | Interne laster og brukstid er leietakeravhengig |
| Styrke taktisk nivå | Brukstid påvirker resultatene for hele bygget |

Tabell 26: SWOT- analyse, Energibyget

4.3 Miljøhuset GK

Miljøhuset GK, lokalisert på Ryenstubben 12 i Oslo er Norges første yrkesbygg oppført som passivhus etter passivhusstandarden NS 3701. Prosjekteringen av bygget ble påbegynt i desember 2010 og bygget ble offisielt åpnet 23. august 2012. Bygget er eid av Ryenstubben Invest AS og ble planlagt og designet i samarbeid med GK Norge AS som nytt hovedkontor for konsernet. Øvrige leietakere i bygget er GK Rør AS, Kone AS, Colorplast Norge AS og Netcom bedriftssenter.

Figur 22 viser bygget med fem etasjer over terreng. I tillegg har bygget en underetasje for parkering og tekniske rom og disse arealene inngår som en del av byggets oppvarmede BRA, som er beregnet til 13 620 m² (SINTEF Byggforsk, 2013)



Figur 22: Miljøhuset GK (GK Norge AS)

4.3.1 Beskrivelse av teoretiske forutsetninger for energibruk ved casebygget

Energiambisjon

Da GK Norge AS besluttet å flytte til et nytt hovedkontor hadde bedriften ambisjoner om et bygg som reflekterte organisasjonens overordnede strategier og mål, samt misjonen ”for et bedre miljø”. Bygget skulle fungere som et utstillingsvindu for bedriftens målsetning om å bidra til en bedring av det indre og ytre miljø gjennom leveranser av tekniske anlegg i bygg

som bidrar til et godt inneklima, og et bedre ytre miljø som følge av lavere energibruk. Målsetningen var et signalbygg hvor anvendelse av tilgjengelige kommersielle produkter og teknologi skulle gi et lavt energibehov og en begrenset miljøbelastning. Samlet skulle løsningene bidra til en god totaløkonomi for leietakere og eier, både i investerings- og driftsfasen av bygget.

Fra et utgangspunkt om å realisere bygget som et lavenergibygget med energiklasse A ble ambisjonene øket til Passivhusstandard med kvaliteter etter Sintefs Prosjektrapport 42. En utløsende faktor for å realisere bygget som Passivhus var økonomisk støtte samt rådgivning fra Enova, noe som bidro til svært god lønnsomhet ved at tilleggskostnadene nedbetales etter fire til fem år.

Bygget oppfyller også kravene til miljøklassifiseringen BREEAM ”Very Good” og vil etter planen sertifiseres i 2015. Byggets energirapport viser et beregnet netto energibehov på 74,9 kWh/ m², og et behov for tilført energi på 64,8 kWh/ m². Bygget holder energiklasse A (SINTEF Byggforsk, 2013)

Tabell 27 viser årlig netto energibehov i bygget delt opp i energiposter:

| Energibudsjett | | |
|--|--------------------|--|
| Energipost | Energibehov kWh | Spes. energibehov kWh/m ² år |
| 1a Romoppvarming | 34 355 | 2,5 |
| 1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier) | 23 755 | 1,7 |
| 2 Varmtvann (tappevann) | 68 254 | 5,0 |
| 3a Vifter | 97 507 | 7,2 |
| 3b Pumper | 13 336 | 1,0 |
| 4 Belysning | 206 894 | 15,2 |
| 5 Teknisk utstyr | 469 187 | 34,5 |
| 6a Romkjøling | 0 | 0 |
| 6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier) | 106 345 | 7,8 |
| Totalt netto energibehov, sum 1- 6: | 1 019 634 | 74,9 |

Tabell 27: Energibudsjett Miljøhuset GK (GK Norge AS, 2010)

Byggets energikvaliteter

Tabell 28 viser valgte energikvaliteter for bygningsdeler og komponenter som er lagt til grunn for å oppnå ønsket energibehov i bygget:

| Beskrivelse | Energikvaliteter knyttet til bygningsdeler, materialer og komponenter | | |
|---|---|----------------------------|---------------------------------|
| | Minstekrav TEK 10 | Prosjektrapport 42 | Valgt i prosjektet |
| U- verdi yttervegger (W/m ² K) | 0,22 W/m ² K | 0,15 W/m ² K | 0,14 W/m²K |
| U- verdi tak | 0,18 W/m ² K | 0,13 W/m ² K | 0,10 W/m²K |
| U- verdi gulv | 0,18 W/m ² K | 0,15 W/m ² K | 0,07 W/m²K |
| U- verdi glass/ vindu/ dør inkl. ramme | 1,20 W/m ² K | 0,8 W/m ² K | 0,78 W/m²K |
| Normalisert kuldeboverdi | 0,06 W/m ² K | 0,03 W/m ² K | 0,03 W/m²K |
| Lekkasjetall ved ΔP=50 Pa | 3 luftvekslinger/ t | 0,6 luftvekslinger/ t | 0,23 luftvekslinger/ t |
| Virkn. grad varmegjenvinner | 80 % | 80 % | 88 % |
| Spesifikk vifteeffekt (SFP) | 2,0 kW/(m ³ /s) | 1,5 kW/(m ³ /s) | 1,2 kW/(m³/s) |

Tabell 28: Energikvaliteter for bygningsdeler og materialer

Ventilasjon

Luftbehandlingsanlegget består av seks ventilasjonssystemer som betjener ulike etasjer og soner i bygget. Total dimensjonerende luftmengde er beregnet til 80 000 m³/h. Alle ventilasjonsaggregater er utstyrt med høyeffektive varmegjenvinnere med en beregnet temperaturvirkningsgrad på ca. 88 % ved dimensjonerende forhold

Tilførte luftmengder i bygget behovsstyres med ”Demand Controlled Ventilation (DCV) etter tilstedeværelse og romtemperatur i arealene, samt etter CO₂- konsentrasjonen i møterom. Reguleringen skjer med aktive tilluftsventiler som varierer spaltehøyden i utblåsningen slik at luftens kastelengde holdes konstant uavhengig av luftmengden. DCV- systemets logg viser at gjennomsnittlig samtidig tilstedeværelse i bygget sjelden overstiger 50 %, noe som stemmer godt med andre undersøkelser (Halvarsson, 2012). Behovsstyringen reduserer energibruken betydelig da soner som ikke er i bruk, eller som ikke har behov for tilleggsvarme eller kjøling, har redusert tilførsel av luft og varme.

Oppvarming

Oppvarmingen av arealene utføres ved at overtemperert tilluft tilføres arealene fra ventilasjonsanlegget. Tilluften varmes opp av energien som produseres av varmpumpene og som igjen avgis via kombibatterier (varme- og kjølebatteri) i ventilasjonsaggregatene. Dersom det oppstår et varmebehov utenfor byggets normale driftstid så starter aggregatene i omluftsposisjon og tilfører bygget varme. Dette reduserer behovet for tilført energi til viftemotorer og varmebatterier i aggregatene.

Ved individuelle behov for høyere romtemperatur enn hva ventilasjonsanleggets kapasitet leverer, så løses dette med pådrag fra direktevirkende elektriske paneler som er integrert i grenstavene som står i oppholdssonene.

Kjøling

Utenfor fyringssesongen anvendes varmpumpene som kjølemaskiner ved at kjølekretsen snur. Ved kjølebehov i bygget leveres isvann til kombibatteriene og overskuddsenergien fjernes ved at ventilasjonsanleggene tilfører arealene undertemperert luft. Ved utetemperaturer under 19 °C anvendes utetemperaturen direkte som ”frikjøling”. For å redusere kjølebehovet pga. solinnstråling har bygget utvendig solavskjerming med automatisk styrte persienner på fasadene.

Behovet for komfortkjøling på bakgrunn av interne laster i bygget dekkes også av ventilasjonsanleggets kjølekapasitet, og det er ikke installert lokal tilleggskjøling i bygget utover dette.

Lys

Styringen av lyset er inndelt i soner og armaturene styres av/ på etter tilstedeværelsen fra DCV- systemet.

Styring og regulering

Alle VVS- anleggene styres, reguleres og overvåkes fra byggets SD-anlegg. Driftsstatus med alarmer og avvik overvåkes til enhver tid for å sikre en mest mulig optimal og energieffektiv drift. Byggets energimålere er også integrert i SD- anlegget samt i et EOS- system for å overvåke forbruket til varme- og el- anlegg.

Automatikken som styrer ventilasjonsanleggene er også integrert med DCV- systemet, og viftemotorene frekvensreguleres etter behovet for luftmengder og trykk. Dette sikrer en optimal energibruk til drift av ventilasjonsaggregatene ved å holde en gjennomsnittlig lav SFP- faktor for drift av viftemotorene.

Inneklima og komfort

VVS- anleggene er prosjektert for å kunne tilfredsstille følgende romklimaparametre:

- maks operativ temperatur sommer 25 °C
- minimum operativ temperatur vinter 21 °C

Beregnete internlaste i bygget, basert på normerte verdier oppgitt i Sintef Prosjektrapport 42(2009), vises i tabell 29:

| Byggkategori | Belysning W/m ² | Utstyr W/m ² | Personer W/m ² |
|--------------|-------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| Kontorbygg | 5 | 6 | 15 |

Tabell 29: Varmetilskudd fra interne laster, Miljøhuset GK

Energiforsyning

Energiforsyningen til bygget består av følgende energivarer:

- levert direkte elektrisitet fra ekstern energileverandør
- levert vannbåren varme/ isvann fra luft til vann varmepumpe
- levert vannbåren kondensatorvarme fra kjølemaskin for serverrom
- levert vannbåren varme fra el- kjel som spisslast og reserve

Energien fra to varmepumper leveres til ventilasjonsbatteriene og dekker 100 % av ventilasjonsvarmetapet samt 98 % av behovet for romoppvarming. Resterende 2 % av energibehovet til oppvarming dekkes av energi fra en elektrokjel (ved utetemperaturer under – 15 °C) samt med direktevirkende elektriske elementer plassert i kontorarealene.

Direkte elektrisitet anvendes til el- spesifikt energibehov, dvs. til drift av vifter, pumper, varmepumpe/ kjølemaskin, belysning og øvrige tekniske anlegg, samt til 45 % av energibehovet til oppvarming av tappevann og til 2 % av energibehovet for romoppvarming. 55 % av energibehovet til oppvarming av tappevann dekkes av kondensatorenergi produsert av kjølemaskinen for serverrommet. Resterende 45 % av energibehovet til oppvarming av tappevann dekkes av direktevirkende elektrisitet.

Tabell 30 viser fordelingen i energiforsyningen til Miljøhuset:

| Energikilde | El- spesifikt | Romoppvarming | Ventilasjonsbatterier | Tappevann |
|-----------------------|---------------|---------------|-----------------------|-----------|
| Varmepumpe | | 98 % | 100 % | |
| Varme fra kjølemaskin | | | | 55 % |
| Direkte el | 100 % | 2 % | | 45 % |

Tabell 30: Energiforsyning Miljøhuset GK

4.3.2 Etterprøving av energibruken

Byggets målerstruktur for energimåling er bygd opp av hovedmålere for levert elektrisitet og levert varme, samt undermålere for de ulike energipostene. Målerstrukturen gjenspeiler i stor grad inndelingen i energibudsjettet med energiposter iht. NS 3031, men det er noen avvik knyttet til sammenslåing av energiposter samt måling av forbruk som ikke skal medtas i byggets netto energibehov. Forutsetningene for energimålingene på bygget er gjennomført etter følgende prinsipp:

Byggets målerstruktur illustreres i tabell 31:

| Undermålere energivare | Energipost | Betjener |
|------------------------|------------|--|
| Vannbåren varme | 1a og 1b | Ventilasjonsvarme og romoppvarming |
| Vannbåren varme | 2 | Varmt vann |
| Vannbåren varme | - | Gatevarme * |
| Elektrisitet | 3a og 3b | Vifter og pumper |
| Elektrisitet | 4 og 5 | Lys og teknisk utstyr inkl. varmepaneler |
| Vannbåren kjøling | 6a | Romkjøling |
| Vannbåren kjøling | 6b | Ventilasjonskjøling |

Tabell 31: Energimålerstruktur, Energibyget Lerkendal

* Energiforbruk til gatevarme er ikke medtatt i netto energibruk.

Følgende poster er ikke målt:

- Elektrisk energi til belysning og teknisk utstyr i underetasje inneholder også forbruk til utelys samt ladepunkter for el- bil. Det er ikke mulig å skille ut andelen energi som går til utelys og ladepunkter for el- bil, og måleresultatet avviker derfor med hva som skal medtas i netto energibehov iht. NS 3031.

Systemvirkningsgrader

For å regne om målt energi til netto energibehov viser tabell 32 veiledende systemvirkningsgrader som er oppgitt i NS 3031:

| Beskrivelse | $\eta_{\text{distribusjon}}$ | $\eta_{\text{avgivelse}}$ | η_{system} |
|---|------------------------------|---------------------------|------------------------|
| Elektrisitet, direktevirkende | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| El- kjel, varmeanlegg vann, luftbåren varmeavgivelse | 0,98 | 0,90 | 0,88 |
| Varmepumpe, luft- vann, luftbåren varmeavgivelse | 0,98 | 0,90 | 0,88 |
| Kjølemaskin, luftkjølt, luftbåren kjøleavgivelse | 0,98 | 0,90 | 0,88 |
| Varmepumpe, vann-vann, vannbåren varmeavgivelse | 0,98 | 0,90 | 0,88 |
| Varmepumpe, vann-vann, tappevann vannbåren varmeavgivelse | 0,98 | ----- | 0,98 |
| Varmt tappevann, elektrisitet, direktevirkende | 1,00 | ----- | 0,98 |

Tabell 32: Veiledende virkningsgrader NS 3031:2014, tillegg B

Temperaturkorrigering, graddagstall

Energi som går til rom- og ventilasjonsoppvarming korrigeres for endrede meteorologiske forhold i 2014 i forhold til referanseperioden⁴ 1981-2010.

Valgt metode er korrigering av graddagstallet i 2014 i forhold til referanseperioden der måleresultatene korrigeres med korreksjonsfaktor 1,18 iht. tabell 33.

| Beskrivelse | N81-10 | 2014 | E_{korr} |
|-------------------------------------|--------|-------|-------------------|
| Normal energi gradtall 1981-2010 | 3 938 | 3 336 | |
| Korreksjonsfaktor E_{korr} | | | 1,18 |

Tabell 33: Korrigering graddagstall

⁴ Referanseperiode 1981-2010 anvendes av temperaturkorrigering ifm. Enovas byggstatistikk

4.3.3 Resultater av målt netto energibruk på energipostnivå

Tabell 34 viser at målt totalt netto energibruk ved Miljøhuset GK var 73,4 kWh/ m² i 2014, en reduksjon på 1,5 kWh/ m² i forhold til netto energibudsjett. Bygget er godt utstyrt med undermålere for både elektriske- og vannbårne energiposter og det er derfor mulig å måle formålsdelt energibruk mest mulig likt etter NS 3031 og sammenligne med beregnet netto energibehov. Målinger på energipostnivå viser et varierende energibehov i forhold til budsjetterte tall. Det ble målt økt energibehov knyttet til oppvarming og tekniske anlegg, og et lavere energibehov knyttet til lys, tekniske installasjoner/ el samt varmtvann.

Energipost 1a og 1b hadde en økning med 11,5 kWh/m²år i forhold til beregnet energibehov.

Energipost 2 hadde en reduksjon med 0,6 kWh/ m²år i forhold til beregnet energibehov.

Energipost 3a hadde en økning med 0,8 kWh/ m²år i forhold til beregnet energibehov.

Energipost 3b hadde en økning med 3,4 kWh/ m²år i forhold til beregnet energibehov.

Energipost 4 og 5 hadde en reduksjon med 16,2 kWh/ m²år i forhold til beregnet energibehov.

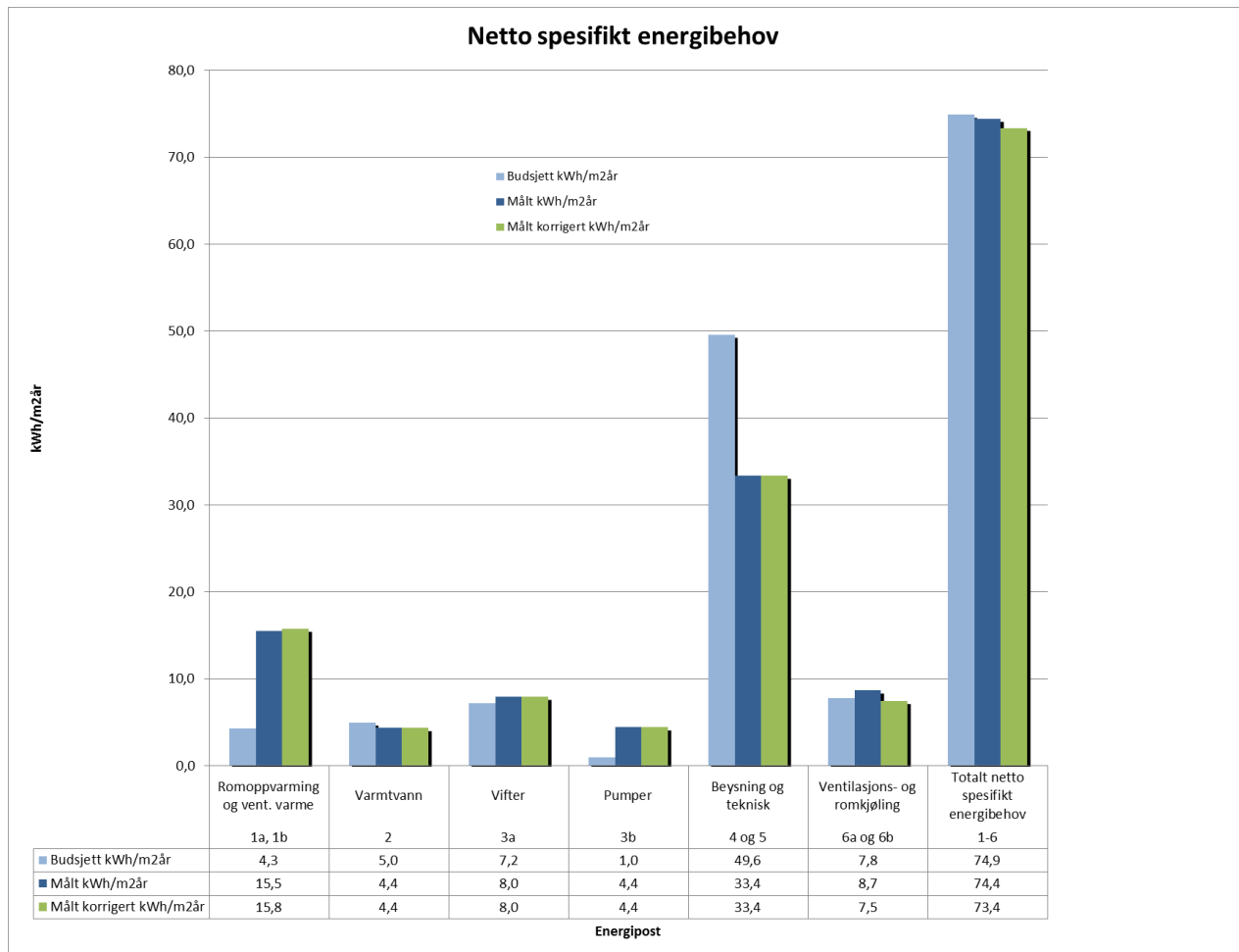
Energipost 6a og 6b hadde en reduksjon med 0,3 kWh/m²år i forhold til beregnet energibehov.

Tabell 34 viser beregnet og målt netto spesifikt energibehov for byggets ulike energiposter:

| Energipost | | Budsjett kWh/m ² år | Målt kWh/m ² år | Målt korrigeret kWh/m ² år | Avvik kWh/m ² år | % |
|------------|---|-----------------------------------|-------------------------------|--|--------------------------------|-----------|
| 1a, 1b | Romoppvarming og vent. varme | 4,3 | 15,5 | 15,8 | 11,5 | 267 |
| 2 | Varmtvann | 5,0 | 4,4 | 4,4 | -0,6 | -13 |
| 3a | Vifter | 7,2 | 8,0 | 8,0 | 0,8 | 10 |
| 3b | Pumper | 1,0 | 4,4 | 4,4 | 3,4 | 345 |
| 4 og 5 | Beysning og teknisk | 49,6 | 33,4 | 33,4 | -16,2 | -33 |
| 6a og 6b | Ventilasjons- og romkjøling | 7,8 | 8,7 | 7,5 | -0,3 | -4 |
| 1-6 | Totalt netto spesifikt energibehov | 74,9 | 74,4 | 73,4 | -1,5 | -2 |

Tabell 34: Netto spesifikt energibehov, Miljøhuset GK

Figur 23 viser en sammenstilling av beregnet netto spesifikt energibehov og målte verdier:



Figur 23: Netto spesifikt energibehov, Miljøhuset GK

4.3.4 Resultater fra observasjon og datafunn på bygget

Følgende observasjoner er gjort etter gjennomgang i bygget samt gjennomgang av logger og data hentet fra byggets SD- anlegg:

Driftstider ventilasjonsanlegg:

Driftstidene på bygget styres av tilstedeværelsen i bygget og oppvarmingsbehovet. Ventilasjonsanleggene starter opp ved oppvarmings- eller kjølebehov i bygget etter innstilt temperatursettpunkt. For de forskjellige systemene varierer settpunktet mellom 22- 23 °C.

Behovsstyring:

Luftmengdene øker eller reduseres etter behovet for temperatur i rommet, og tilgjengelig temperatur på tilluften.

Interne laster og romtemperaturer

Målte innnetemperaturer i bygget: 22 °C- 23 °C.

Arealeffektiviteten i store deler av bygget er høy med landskapssoner og 5-7 m²/ person.

I kontorlandskap og møterom er varmetilskuddet fra personer samt installerte effekter fra teknisk utstyr og data høyere enn normerte verdier i NS 3031 ved maks belastning.

Samtidigheten i bygget er ca. 50 % Teknisk utstyr slås av når rommene ikke er i bruk.

Tabell 35 viser observerte internlaste i deler av bygget, samt registrerte innnetemperaturer:

| Romtype | Person W/m ² | Teknisk utstyr W/m ² | Temperatur °C |
|-------------------|----------------------------|------------------------------------|------------------|
| Kontorlandskap | 3,7 | 8,3 | 22-23 |
| Møterom | 40-80 * | 40-80 * | 22-23 |
| NS 3031 | 4 | 11 | 21 |
| Prosj. rapport 42 | 15 | 6 | 21 |

Tabell 35: Interne laster og romtemperaturer, Strindfjordvegen 1

* Ikke registrert på befaring, men kan forekomme ved maks belastning av rommet.

Tilluftens kjøleeffekt ved dT 7°C er beregnet til 25- 35 W/m² i møterom.

Tilluftens kjøleeffekt ved dT 7°C er beregnet til 10 W/m² i kontorlandskap.

4.3.5 Resultater fra intervjuer knyttet til organisering og kunnskapsinvolvering i prosjekt- og gjennomføringsfasen

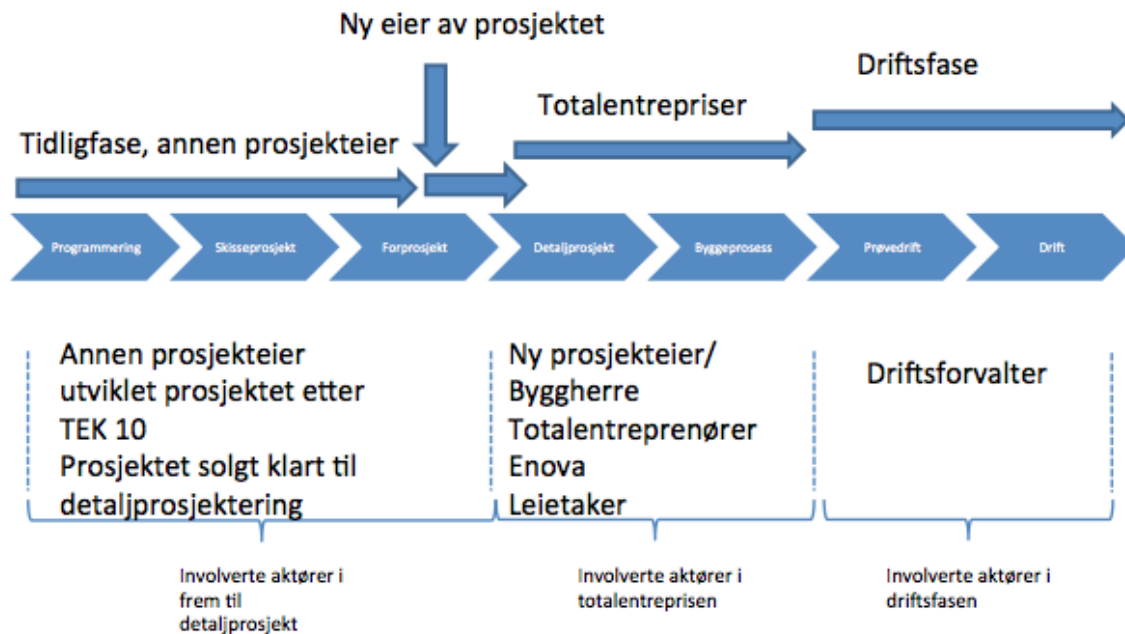
Da eierne overtok og ble involvert i planleggingsfasen for Miljøhuset GK var utgangspunktet et ferdig prosjektert bygg etter forutsetningene i TEK 10. Byggherren anvendte prosjektgrunnlaget fra forprosjektfasen som grunnlag for to separate totalentrepriser for hhv. bygg- og tekniske fag. Totalentreprisen for tekniske fag ble overtatt av GK Norge AS som var leietaker samt medeier i prosjektet. Totalentreprise for byggfagene ble overtatt av BundeBygg AS som hadde gode samarbeidstradisjoner med GK.

I prosjekteringsfasen ble det klart at GK ønsket et bygg med bedre energikvaliteter enn forutsatt, som ville gjenspeile bedriftens merkevare knyttet til godt inn klima og lavt energibehov. I prosjekteringsfasen ble det utredet flere alternativer for et mer energieffektivt bygg, og gjennom entreprenørens kompetanse samt gjennom et samarbeid med Enova, ble det besluttet å prosjektere et bygg etter Passivhusstandarden og Bream Very Good. Det var fullt mulig å realisere bygget med disse kvalitetene i denne fasen uten at dette fikk konsekvenser for betingelsene i rammesøknaden for bygget, eller for byggets arealeffektivitet.

Prosjektet ble tilført kunnskap og kompetanse i detaljprosjekteringen for å legge til rette for en teknisk forvaltning i tråd med byggets energiambisjoner. Ressurspersoner innen energiledelse ble derfor tilført i denne fasen for om best mulig å oppnå et resultat som kunne etterprøves i driftstiden.

Før overtakelsen inngikk GK en avtale om taktisk og operativ teknisk forvaltning i bygget med byggeiers totalforvalter. Det ble ikke gjennomført en prøvedriftsperiode med involvering av ansvarlige ressurser før overtakelsen, men det ble gjennomført en gjennomgang av FDVU-underlaget med tilhørende driftsdata ved oppstart av fast drift. Forvalteren opplevde FDVU-underlaget som godt tilpasset og tilrettelagt for den tekniske forvaltningen. Dokumentasjonen av forutsetninger for energioppfølgingen opplevdes som meget god.

Figur 24 viser prosjektets gjennomføringsfaser og involvering av ressurser:



Figur 24: Prosjektfaser og ressurser, Miljøhuset GK

4.3.6 Resultater fra intervjuer knyttet til organisering og gjennomføring av forvaltning

Driftsforvaltningen av bygget er organisert med en prosjektleder som fast ansvarlig ressurs for det taktiske arbeidet med å planlegge og gjennomføre drifts- og vedlikeholdsoppgavene i bygget. Operative ressurser for gjennomføring av drifts- og vedlikeholdsoppgavene hentes fra egen organisasjon eller gjennom faste avtaler med eksterne aktører. Prosjektlederen er ansvarlig for å følge opp gjennomføring og utførelse av eksterne serviceavtaler.

Driftsforvaltningen har en FM- strategi knyttet til oppfølging av energimålene for bygget i form av definerte fokusområder og målsetninger om å levere driftsresultater som kan måles mot prosjekterte verdier. Byggets beregnede netto energibehov er kjent og er mulig å måle, men det er levert- og kjøpt energi som har fokus for å sammenligne med beregnede verdier. De faktiske energiresultatene overvåkes og registreres via byggets EOS- system i SD- anlegget, og dedikerte energiressurser gjennomfører GAP- analyser og rapporterer avvik med forslag til tiltak. Prosjektleder for teknisk forvaltning administrerer utførelsen av disse

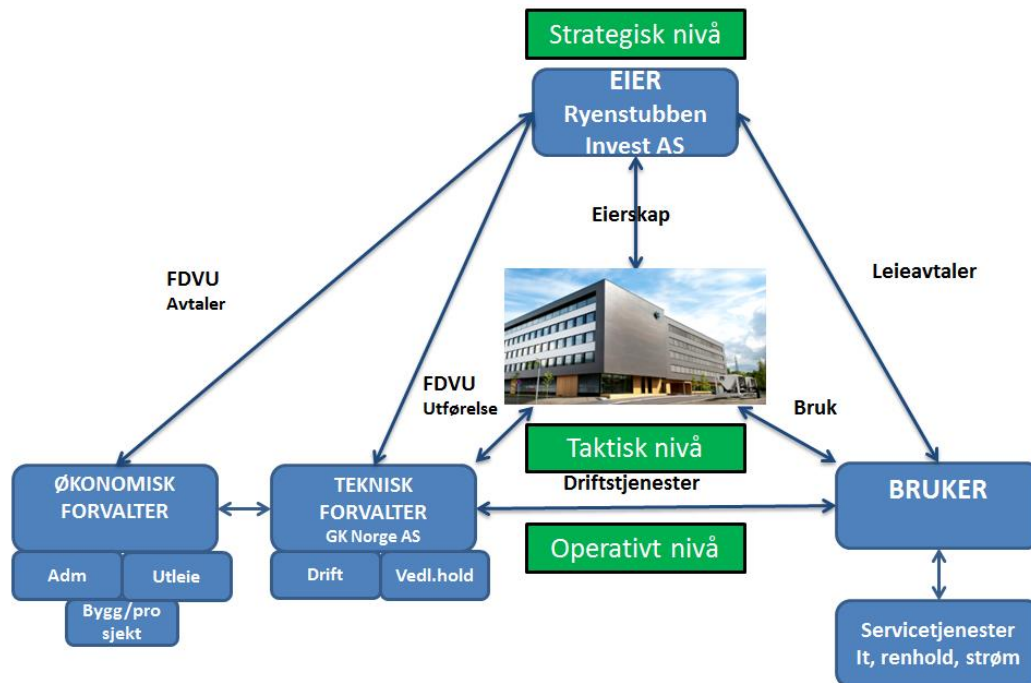
tiltakene. Eieren er ikke involvert i disse prosessene, men er orientert om byggets energieresultater og nødvendige tiltak for å nå målsetningene.

GAP- analysene har avdekt flere avvik og mangler som har påvirket energibruken i bygget etter oppstarten. Det er spesielt endrede driftsforhold og interne laster fra teknisk utstyr som avviker fra beregnet energibehov.

Det er i utgangspunktet ikke aktuelt å gjennomføre tiltak for å redusere energibruken dersom dette går ut over inneklimate i bygget. Forvalteren oppfordrer derimot brukerne av bygget til å unngå unødvendig bruk av interne laster, samt ta hensyn til egen bekledning ved endrede temperaturforhold ute før evt. tiltak om å endre settpunktsparemetrene for inneklimate gjennomføres.

Driftsforvaltningen mener driftsorganiseringen på bygget fungerer godt, men at ansvarsfordelingen mellom ressursene bør avklares og spesifiseres ytterligere. Dette vil medføre at oppfølging og utførelse av tiltak forbedres.

Figur 25 viser rollene i forvaltningen på strategisk, taktisk og operativt nivå:



Figur 25: Roller i driftsforvaltningen, Miljøhuset GK

Tabell 36 viser organisering av ressursene i ulike nivå:

| Ressurser | Nivå i forvaltningen | Ansvar | Kompetanse |
|----------------------|----------------------------------|--|--|
| Prosjektleder | Taktisk | Organisere drift- og vedlikehold Administrere internt ressursbehov og eksterne avtaler Rapportere til eier | Erfaring fra administrering av service- og vedlikehold |
| Prosjektleder energi | Operativ, drift | Gjennomføre daglig drift Følge opp serviceavtaler Kontaktledd mot leietakere Rapportere til Driftssjef | Spesialkompetanse på ingeniørnivå |
| Servicetekniker | Operativ, service og vedlikehold | Gjennomføre service og vedlikehold til faste intervaller Faglig støtte til driftstekniker ved behov | Spesialkompetanse på høyere nivå for hvert fag |

Tabell 36: Organisering av driftsforvaltning, Miljøhuset GK

4.3.7 SWOT- analyse Miljøhuset GK

Tabell 37 presenterer en swot- analyse for Miljøhuset GK:

| Styrker (interne) | Svakheter (interne) |
|---|---|
| Energikvalitet i bygningsdeler etter beste praksis | Ikke separat måling av utelys og el- bil |
| Energieffektive tekniske systemer | Energi til romoppvarming ikke målt |
| Energieffektiv energiforsyning | Måling av energi til lys og teknisk utstyr ikke adskilt |
| Utstrakt bruk av behovsstyring | Ansvarsfordeling og ledelse i driftsforvaltningen |
| Systemer for overvåking styring og regulering | Oppfølging av avvik |
| Fleksibilitet i tekniske anlegg | Ingen klar FM- strategi |
| Organisering og kompetanse i driftsforvaltning | |
| Gjennomføring av energiledelse | |
| God målerstruktur for energimåling | |
| Energibevisst eier | |
| Energibevisst bruker | |
| Muligheter (eksterne) | Trusler (eksterne) |
| Mulig å installere nye under- energimålere | Endringer som øker energibruken |
| Bygget forberedt for ytterligere energieffektive tiltak | Endringer som ikke rapporteres |
| Klargjøre FM strategien | Interne laster og brukstid er brukeravhengig |
| Klargjøre roller i FM, styrke ledelse taktisk nivå | Forventninger til energikostnader |

Tabell 37: SWOT- analyse, Miljøhuset GK

4.4 Resultater fra intervjuer vedr miljøklassifisering og bærekraft i bygg

Intervjuer med respondenter fra eiersiden gav et samlet inntrykk av ambisjoner om bærekraft i byggene, og et ønske om å bidra til en bærekraftig utvikling. Alle respondentene svarte at det er viktig for byggeier å planlegge for bærekraft i byggene, med løsninger som imøtekommer fremtidige behov, både i bygget samt i forhold til forventede innskjerpinger i myndighetskravene. Å realisere et bygg med et lavt energibehov er gjennomgående den viktigste parameteren for bærekraft i bygg hos respondentene. Dette er også den parameteren respondentene mener bidrar mest til en bærekraftig utvikling.

Alle respondentene er kjent med de vanligste klassifiseringer for bærekraft i bygg som anvendes i Norge, samt myndighetenes ambisjoner knyttet til å redusere energibruken i bygg. Respondentene mener derimot at det er først og fremst etterspørselen i markedet og bedriftsøkonomiske hensyn som er avgjørende for kvalitetsvalgene, samt hvilken klassifisering som velges for bygget. Ingen av respondentene er villige til å gå i front og velge de høyeste klassifiseringene for bærekraft uten at dette gir en økonomisk fordel.

En av respondentene påpekte at det ikke er vilje til å overgå myndighetenes minimumskrav dersom dette ikke etterspørres i leiemarkedet:

”Vi bygger til en hver tid det markedet og leietakerne etterspør, men forholder oss til myndighetskravene. Vi bygger ikke bygg med kvaliteter som overgår myndighetskrav utover det etterspørselen tilsier”

Ingen av respondentene anså det som teknisk komplisert å realisere et bygg med bærekraftige kvaliteter. Alle respondentene påpekte derimot at det krever mer nøyaktighet i planleggingsfasen for å gjøre de riktige valgene, både i prosjekteringen og i byggefasen. Respondentene mener også at den største utfordringen er knyttet til den økende kompleksiteten i tekniske anlegg som kreves for å oppnå byggets kvaliteter mht. energieffektivitet og inneklima. Alle respondentene påpekte også at det er avgjørende med en god teknisk forvaltning for å sikre gevinsten av de bærekraftige kvalitetene.

En av respondentene svarte:

«De største utfordringene er knyttet til kompleksiteten i de tekniske anleggene; All elektronikk, motorer etc. Det er utfordrende å ha full oversikt, til en hver tid, om alle tekniske anlegg og med tilhørende komponenter fungerer slik de skal...»

En annen svarte:

”Det ligger også utfordringer i at arealene ikke brukes slik som forutsatt i prosjekteringen. Dersom bl.a. personbelastningen endres kan dette gi utslag i mindre tilført energi enn det som var planlagt, og man må da endre forutsetningene i anlegget”

To av respondentene påpekte også at leietakernes manglende kompetanse og vilje til å endre bruksmønster i bygget er begrensende og utfordrende for få til en energieffektiv drift. Det er spesielt bruk av teknisk utstyr, og varmetilførsel fra interne laster, som gir utfordringer i forhold til temperaturen i bygget, og som igjen gir et økt kjølebehov.

En respondent belyste dette slik:

”Vi opplever driftsproblemer med at leietakerne ikke slår av teknisk utstyr i arealene når disse ikke er i bruk. Dette er spesielt merkbart i møterom med store internlaste i form av skjermer og PCer som avgir varme, slik at temperaturen stiger i rommet når personer ikke er til stede. Leietakerne viser liten evne til å endre bruksmønster da ekstrakostnaden man opplever ved økt energibruk som et resultat av utstyr som er påslått, eller står i ”stand by” er liten sammenlignet med for eksempel lønnskostnader. Ekstraavgiften leietakerne har knyttet til unødvendig energibruk er småpenger i den store sammenhengen. Her må det en holdningsendring til hos folk og bedrifter som ikke fokuserer på energibruken men heller sin kjernevirksomhet”

Å motta økonomisk støtte for å realisere bærekraftige elementer i byggene er en målsetning for alle respondentene. For to av respondentene var det en avgjørende faktor for å velge de energikvalitetene man ønsket i bygget. Etterspørselen i markedet er likevel å anse som den mest avgjørende faktoren hos alle respondentene for hvilke kvaliteter som velges for byggene.

Hovedfunn fra intervjuene presenteres i tabell 38:

| Kategori | Miljøklassifisering og bærekraft |
|---|---|
| Bakgrunn for valg | Etterspørres i markedet Gir økt konkurransekraft Lave energikostnader Imøtekomme fremtidige behov |
| Avgjørende faktorer for å velge bærekraftige | Gir fortrinn ved utleie God merkevare |
| Kvaliteter i bygg | Begrense energibruken Ikke komplekst å bygge Imøtekommer fremtidige behov i bygget Imøtekomme ventede innskjerping i myndighetskrav Økonomisk støtte |
| Begrensende faktorer | Økonomi og lønnsomhet, kost/ nytte |
| å velge bærekraftige | Leiemarkedet og etterspørsel |
| Kvaliteter i bygg | Vanskelig å dekke investeringen med økt leieprisen Komplekse anlegg Krever høy kompetanse for driftsforvaltning Driftssikkerhet teknisk utstyrt Lav kompetanse hos brukere Liten endringsvilje hos brukere Forholder seg til myndighetskrav |

Tabell 38: Hovedfunn fra intervjuer vedr. miljøklassifisering og bærekraft i bygg

4.5 Resultater fra intervjuer vedr. involvering i prosjektfasen

Ingen av casebyggene inkluderte driftsforvaltning som en aktiv ressurs med kunnskap og kompetanse i prosjektutviklingen. Det er enighet blant respondentene fra teknisk forvaltning at en involvering i prosjekteringen kunne tilført prosjektene mer kunnskap, og bedre forutsetninger for å gjennomføre teknisk forvaltning. Med driftserfaring i prosjekteringsfasen kunne løsninger med dårlige kvaliteter vært unngått ved casebyggene.

En av respondentene mener at; *”Når det gjelder planlegging og prosjektering av bygg så er lite av dette arbeidet tilegnet drift. Dette er noe bransjen må endre og gjøre noe med. Drift må komme mye tidligere inn i planleggingsfasen, gjerne et år i forkant. Energieffektive bygg er teknisk kompliserte bygg, og driftspersonell må derfor bidra med sin kompetanse for å oppnå best mulige løsninger”*.

Ingen av respondentene fra eiersiden hadde fokus på inkludering av ressurspersoner fra driftsforvaltning i detaljprosjekteringsfasen. Bakgrunnen for dette var bl.a. at funksjonsansvaret for de prosjekterte løsningene var flyttet over til entreprenørene, samt at eier mente å besitte tilstrekkelig kompetanse selv. Interessen for å bidra i prosjekteringen var heller ikke stor i følge flere av respondentene, og det var begrenset med tilbakemeldinger på direkte henvendelser. Manglende tillit til teknisk forvalters evner til å bli en konstruktiv partner i prosjekteringsfasen var også et argument fra en av eierrespondentene. Dette stemmer godt med tilbakemeldingene fra en av respondentene fra teknisk forvaltning, som opplever liten interesse, og små muligheter for å nå frem med anbefalinger i de tilfellene teknisk forvaltning deltar i prosjekteringen. En av respondentene fra teknisk forvaltning illustrerte dette slik; *«Vi blir ofte overprøvd av prosjekteringsgruppen som gjerne vil markere hvem som skal bestemme»*.

Det ble ikke gjennomført en prøvedriftsperiode ved noen av casebyggene før overtakelsen. Samtlige av respondentene for teknisk forvaltning fortalte at kunnskap- og erfaringsoverføringen fra prosjektfasen ble formidlet i driftsfasen på byggene. Et flertall av respondentene mente at en prøvedrift med involvering av teknisk forvaltning ville kvalitetssikret driften bedre før leietakerne flyttet inn. En av respondentene uttalte; *«Flere feil som ble avdekt i driftsfasen kunne vært avdekt i en prøvedriftsfasen»*.

4.6 Resultater fra intervjuer vedr. organisering-, kunnskap- og kompetansebehov i driftsforvaltningen

Det er bred enighet blant respondentene at det er en sammenheng mellom energibruken i bygg, og måten teknisk forvaltning organiseres på. På spørsmål om et myndighetskrav knyttet til organisering av teknisk forvaltning burde innførtøres, er respondentene ikke like enig. Det er enighet i at dette ville hatt en positiv effekt for kvaliteten på arbeidene, men respondentene er delt i synet på om dette får en netto besparelse, samt i hvilket omfang, og for hvilke bygg dette skal gjelde. Respondentene mener at et myndighetskrav knyttet til organisering vil medføre økte kostnader for byggeierne, da det er leietakerne som får gevinsten av dette i form av lavere energikostnader. Selv om kostnadene kan dekkes inn av leietakerne, eller med bedre tekniske systemer og kompetanse, er det usikkerhet blant respondentene om et slik krav til organisering vil føre til en netto besparelse.

En av respondentene som representerer driftsforvaltning uttrykker dette slik: *”Med en ressurs som fokuserer på energiforbruket vil det være mulig å redusere energibruken....Kostnaden for denne organiseringen vil øke for eier, så dette må betales av leietakeren over felleskostnadene”.*

En av respondentene som representerer eier sier: *”Generelt så vil dette være kostnadsdrivende da en større organisasjon vil ha høyere kostnader enn hva som er mulig å spare gjennom reduserte energiutgifter”.*

For å kunne utføre en god tekniske forvaltning, og derav bidra til at energimålene oppnås, fokuserer alle respondentene fra teknisk forvaltning på behovet for spesialkompetanse. Respondentene mener at et kompetansekrav for utførelse av teknisk forvaltning, enten i egen organisasjon eller fra leverandører kan gi en positiv effekt, men respondentene er delt i synet på hvordan dette skal gjennomføres. En av respondentene mener at et slikt krav ikke kan innføres generelt, men må stå i forhold til kompleksiteten på bygget. En annen mener at nytten av et kompetansekrav er avhengig av hvilket nivå i forvaltningen kompetansenivået stilles til.

Respondentene som representerer eier er enig i at et kompetansekrav vil gi en positiv effekt for oppnåelsen av målene i forvaltningen. En av respondentene mener derimot at dette er feil å innføre ved krav, da det må være opp til byggeier å vurdere nødvendigheten av organisasjon og kompetanse på bakgrunn av kostnadsvurderinger. Et annet syn på dette er at et krav bør kun gjelde for nye bygg, da dette kan bli vanskelig å innføre for eksisterende bygg. En av respondentene mener også det burde bli krav til rapportering og dokumentasjon, like gjerne som et krav til kompetanse.

Det er enighet blant respondentene at incentiv- eller støtteordninger kan bidra til å etablere en spesifikk organisering og et nødvendig kompetansenivå i driftsforvaltningen. Respondentene som representerer eier er derimot delt i synet på om støtteordninger for organisering av teknisk forvaltning vil fungere i praksis, og at dette kun kan medføre ytterligere administrasjon og unødvendig byråkrati.

En av respondentene som representerer eier sier: *”En slik ordning medfører ytterligere administrative oppgaver knyttet til søknadsprosesser og dokumentasjon, noe som mange eiendomsforvaltere ikke håndterer”*.

Respondentene som representerer driftsforvaltningen er enige i at støtteordninger kan bidra til å etablere en ordning med krav til organisering og kompetanse, men at dette er avhengig av omfanget, samt byggeiers interesse og behov.

En av respondentene uttrykker det slik: *”Det kunne være et bidrag for å etablere en FM-organisering, men helt avhengig av byggeiers interesse for dette. Flere byggeiere er opptatt av å holde kostnadsnivået nede, og ville sett på dette som enda en kostnad som måtte overføres til leietakerne. Som et ledd i å øke kompetansenivået i forvaltningsleddet ville dette være et bidrag”*.

Det er enighet blant alle respondentene som representerer eier at driftsforvaltningen på taktisk nivå er en lederfunksjon som skal lede den operative driften, samt planlegge for fremtidig drift. *”Det er en lederrolle i kraft av at rollen skal sørge for at bygget blir tatt vare på gjennom året, samt i årene fremover”* svarer en av respondentene.

Respondentene som representerer eier er også enig i at funksjonen må ha administrative og analytiske kvaliteter, i tillegg til å ha høyere kompetanse innenfor bygg eller tekniske fag. En av respondentene som representerer eier mener følgende om hvilken kompetanse som er nødvendig:

”Det er viktig å være teknisk oppdatert samt administrativ ryddig. Det er fordelaktig med teknisk kompetanse på ingeniørnivå innen el- eller VVS- faget. Jeg anser FDVU- ansvarlig på taktisk nivå som en lederfunksjon med ansvar for flere bygg, og som leder for et team av driftsteknikere på operativt nivå”

Blant respondentene som representerer driftsforvaltningen er det ikke fullstendig enighet i at driftsforvaltningen på taktisk nivå er en lederfunksjon. Dette oppfattes som en rolle som skal administrere og organisere den operative driftsforvaltningen, samt fungere som en rådgiver. Funksjonen til rollen er derimot avhengig av hvilket mandat som ligger til grunn fra byggeier og leietaker. Funksjonen er også avhengig av hvordan driftsforvalter organiserer gjennomføringen, og hvor ansvaret plasseres. En av respondentene uttaler dette slik:

”Rollen er ikke en lederrolle, men en administrativ rolle som organiserer ressursene som skal utføre de operative arbeidene. Den tekniske kompetansen skal ligge på hvert enkelt fagområde”

5 DISKUSJON

I dette kapitlet drøftes resultatene fra casestudiene og intervjuene. Empiren knyttes deretter opp mot teori og litteratur for best mulig besvarelse av problemstillingen. Kapitlet er delt inn i fire underkapittel som hver for seg diskuterer forskningsspørsmålene i problemstillingen.

5.1 Forskningsspørsmål 1; Er avvikene knyttet til spesifikke energiposter?

5.1.1 Målerstruktur

En stor andel av energibruken i bygg er avhengig av byggenes drift og bruk, og det er derfor viktig å se på hvilke faktorer som påvirker den totale energibruken. Dette kan gjøres ved å måle totalt levert energi og sammenligne dette med beregninger, men det er først når energibruken etterprøves på energipostnivå at det er mulig å avdekke sammenhenger, samt å se om eventuelle avvik kan settes i sammenheng med endrede bruksforhold i bygget.

Ved de ulike casebyggene måles energipostene i ulik grad i felles undermålinger. Ingen av casebyggene har en målerstruktur for energimålinger som er helt lik inndelingen i energiposter som er fremstilt i NS 3031, og mulighetene for en direkte sammenligning med netto energibudsjett varierer derfor for byggene. Felles måling av energiposter gir også usikkerheter knyttet til fordelingen av energibruk mellom postene. Det må derfor gjennomføres analyser, der flere forhold knyttet til byggets bruk må ses i sammenheng, før det kan avgjøres hvilke spesifikke energiposter energibruken kan knyttes til. Da det også er energiposter som heller ikke måles ved de enkelte byggene, kan det være vanskelig å definere hvor stor andel av energibruken som skal trekke fra, eller legge til de øvrige målingene. Først etter analyser kan derfor årsakssammenhenger synliggjøres, samt avdekke de mulighetene driftsforvaltningen har til å utbedre avvik.

5.1.2 Energibruk på energipostnivå

Casebygg Strindfjordvegen 1

En analyse av empirien for energibruk ved Strindfjordvegen 1 viser et klart skille i energibruk til oppvarming, som er betydelig redusert i forhold til beregnet energibehov, og energibruk til

de øvrige energipostene som har økt. Til tross for at oppvarmingsbehovet i bygget er redusert med 45 % så reduseres ikke den totale energibruken sammenlignet med netto energibehov, da økningen for de øvrige energipostene er større.

En samlet måling av energipostene 2, 4 og 5, varmt vann, belysning og teknisk utstyr, viser en økning på 18,4 kWh/ m², 31 % høyere enn beregnet energibehov. Energipostene er målt med felles energimåler, og det er derfor ikke mulig å bekrefte hvilken av disse som har størst økning. Undersøkelser (Grini et al., 2009) viser derimot at energi til oppvarming av varmt vann og lys i kontorbygg er lavere enn normerte verdier i NS 3031, og det er derfor nærliggende å anta at dette også er tilfellet i Strindfjordvegen 1, og at økningen i energibruken går til energipost 5 teknisk utstyr. Dette samsvarer med observasjonene på bygget som avdekte høye internlaste i kontorarealer og møterom i form av it- og datautstyr, samt plasmaskjermer i møterom. Mye av det tekniske utstyret var heller ikke avslått, men sto i «stand by» når utstyret ikke var i bruk. Når mye av energien til teknisk utstyr går over til varme, kan det reduserte behovet for oppvarming sees i sammenheng med temperaturen i bygget som ble målt fra 23- 25 °C.

Energi til oppvarming og kjøling leveres med ventilasjonsluften, med varierende luftmengde og temperatur, etter behovet i bygget. Når Energipost 3a og 3b, vifter og pumper hadde en økning på 8,6 kWh/ m², 68 % høyere enn beregnet, til tross for et lavere energibehov til oppvarming, kan dette sees i sammenheng med et økt kjølebehovet og økte luftmengder. Dette fremkommer også av energipost 6b ventilasjonskjøling som hadde en økning i energibruken på 3,3 kWh/ m².

For å begrense energibruk til kjøling er bygget prosjektert med utstrakt bruk av eksponert betong for å akkumulere energi. Fra observasjonene ble det derimot avdekket at det er kun i «sommerdrift» betongen avkjøles med frikjøling slik at den akkumulerte energien fjernes fra bygget om natten. Når denne funksjonen ikke utnyttes i vinterdrift, så vil akkumulert overskuddsenergi heller bidra til en ytterligere oppvarming av bygget om natten.

Oppsummering:

Funnene viser at mye av årsaken til økt netto energibruk i bygget ser ut til å ha sammenheng med internlaster og driftstid av teknisk utstyr, samt behovet for kjøling. Varme fra interne laster reduserer derfor behovet for oppvarming, men øker behovet for ventilasjon og kjøling. Da dette er knyttet til brukeratferd er det også mulig å redusere denne energibruken. Undersøkelser (Halvarsson, 2012) viser at samtidigheten i bygg er lav, og dersom it- utstyr og videoskjermer i møterom slås helt av når dette ikke er i bruk vil dette kunne redusere energibruken, samtidig som bygget tilføres mindre energi i form av varme. Ved å aktivere nattkjølingsfunksjonen for bygget også i vinterdrift, vil overskuddsenergien som lagres i byggets termiske masse også kunne fjernes med frikjøling i vintersesongen.

Casebygg Energibyget Lerkendal

En analyse av empirien for energibruk ved Energibyget Lerkendal viser ulike utfall der netto energibruk til energipost 1a og 2, romoppvarming og varmtvann hadde en økning på 30,2 kWh/ m²år, mens netto energibruk til de øvrige energiposterne var lavere.

Energipost 1a og 2 er ikke målt med egne undermålere, men energibruken fremkommer som en restverdi ved å trekke fra øvrige målinger som ikke skal medtas til oppvarming i bygget. Selv om netto energibruk til de øvrige energiposterne var lavere, kompenserte ikke dette for økningen i energibruk til romoppvarming og varmtvann.

Dokumentasjon fra Thermofotograferinger av bygget utelukker at økt energibruk til oppvarming skyldes svakheter i bygningskonstruksjonen, og derav høyere transmisjonsvarmetap enn beregnet. I forbindelse med observasjonene på bygget ble det derimot avdekt at temperatursetpunktet for romtemperaturen er 22 °C, 1 °C høyere enn hva som er beregnet i netto energibudsjett. Dette avviket bidrar noe til høyere energibruk sammenlignet med beregningene som er utført etter normerte verdier i NS 3031, som er definerer romtemperaturen til 21°C i driftstiden og 19 °C utenfor driftstiden.

Empirien viser også at energibruk til belysning og teknisk utstyr er redusert med 10,2 kWh/m²år. Varme fra internlaster er derimot medregnet i byggets netto energibehov med 20,7 kWh/m²år (Sweco Norge AS, 2011b), og en reduksjon i denne posten må derfor kompenseres med byggets oppvarmingssystem. Reduksjonen i energibruk til belysning og teknisk utstyr

tyder også på at tilstedeværelsen i bygget er lavere enn beregnet, noe som også sammenfaller med teorien (Halvarsson, 2012). En lavere tilstedeværelse gir også et lavere behov for ventilasjon og ventilasjonsoppvarming. Dette fremkommer også av resultatet til energipostene 1b, 3a og 3b ventilasjonsvarme, vifter og pumper, som hadde en reduksjon på hhv. 0,3 kWh/m²år og 2,0 kWh/m²år. Ved å kompensere for dette i energipost 1a og 2 er det derimot fortsatt et overskudd på 20,0 kWh/m² for disse postene. En analyse av energimålingene viser derimot at bygget ble tilført fjernvarme tilsvarende 13 kWh/m² i løpet av månedene mai til september 2014. I denne perioden av året er det normalt ikke behov for romoppvarming, og med 80 % av tilført energi fra fjernvarme i denne perioden målt over energipostene 1a og 2, er det derfor naturlig å anta at energien gikk til oppvarming av tappevann. Observasjonene viser at bygget ikke har akkumulering av varmtvann, men direkte varmeveksling mot fjernvarme. For å hente ut nødvendig effekt ved behov for varmtvann krever denne løsningen at varmeveksleren er dimensjonert for maks dimensjonerende effekt. Erfaringer fra energirådgiveren Entro viser at varmetap ifm. direkte varmeveksling av tappevann mot fjernvarme kan være stort, noe som kan antas å gjelde også for Energibygget Lerkendal. Casestudiet viser også at bygget har et treningsrom og garderober i underkjelleren, hvor stor tapping ifm. dusjing krever mye energi. Dette arealet er derimot ikke omfattet av bygningskategoriens netto energibehov, og energibehovet er ikke medtatt i netto energibudsjett. En sammenligning med byggets netto energibruk blir derfor ikke helt reelt.

Oppsummering:

Analysen viser at økningen i netto energibruk i forhold til netto energibehov i stor grad skyldes økt romvarming og økt energibruk til varmtvann. Et høyere settpunkt for romtemperaturer i kombinasjon med redusert varmetilførsel fra interne laster og personer øker energibruken til romoppvarming. Større varmtvannsbruk enn beregnet, i kombinasjon med et mulig energitap i varmeveksleren, kan også synes å bidra til økt energibruk.

Casebygg Miljøhuset GK

En analyse av empirien for energibruk ved Miljøhuset GK viser avvikende energibruk på energipostnivå i forhold til beregnet energibehov. Målingene viser ulike utfall mellom behovet for oppvarming i bygget og øvrige poster.

Netto energibruk til romoppvarming og ventilasjonsvarme er økt med 11,5 kWh/ m²år, en økning på 267 %. Denne økningen i oppvarmingsbehovet må sees i sammenheng med bruken av bygget og tilstedeværelsen av personer. Informasjon hentet fra byggets SD- anlegg i forbindelse med observasjoner på bygget viser at gjennomsnittlig tilstedeværelse i bygget var ca. 50 % av maks i 2014, og energitilskudd fra internlaster og personer var derfor redusert. Denne sammenhengen fremkommer også av energibruk til energipost 4 og 5, belysning og teknisk utstyr, som hadde en reduksjon på 16, 2 kWh/ m²år. Da oppvarmingsbehovet i bygget også er basert på energi i form av varme fra internlaster, vil en lavere tilstedeværelse gi et økt behov for tilført energi fra byggets varmeanlegg.

Når byggets distribusjonssystem for varme er via ventilasjonsanlegget, er dette forklaringen på økningen i energibruk til energipostene 3a vifter og 3b pumper, som har totalt økt med 4,2 kWh/ m². Økt pumpe- og vifteenergi ble anvendt til å distribuere energi i form av varmt vann og varm luft til oppvarming.

Selv om energibruken til oppvarming var høyere enn beregnet i 2014, oversteg ikke energibruken kravet til oppvarmingsbehov for Passivhus. I NS 3701 er oppvarmingsbehovet i Passivhus begrenset til 20 kWh/ m²år.

Oppsummering:

Analysen viser at avvikene i energibruk på energipostnivå i hovedsak skyldes at bruken av bygget er forskjellig fra de teoretiske beregningene. Lavere energitilførsel i form av varme fra internlaster medfører større energibruk til byggets oppvarmingssystem. Byggets totale energibruk er likevel lavere enn beregnet energibehov. Funn fra casestudiet og observasjonene viser også at ca. 1500 m² BRA fortsatt ikke utleid i bygget. Dette et forhold som påvirker den totale energibruken, da dette arealet har mindre behov for ventilasjon, oppvarming og kjøling.

5.2 Forskningsspørsmål 2; Hvordan kan forutsetningene fra planleggingsfasene påvirke mulighetene til å oppnå målsetningen om energieffektivitet?

5.2.1 Kunnskapsformidlingen fra plan- og prosjekteringsfasen til etablert drift

Teorien viser at de mest effektive prosessene for å oppnå målet om energieffektive bygg er de prosessene som involverer tverrfaglig kompetanse og spesialkunnskap allerede i de tidlige fasene. Prosessene må derimot gjennomføres slik at kunnskapen om program og målsetninger også opprettholdes i driftsfasen. Selv om casebyggene hadde ulike innfallsvinkler for gjennomføringen av program- og designfasene, involverte alle prosjektene spesialkunnskap for å legge til rette samt sikre resultatet med de mest optimale løsningene. Forskjellen mellom prosjektene var i hvilken prosjektfase, og til hvilket tidspunkt den flerfaglige kompetanse ble involvert.

Energibyget Lerkendal var det casebygget som i størst mulig grad fulgte beste praksis i utviklings- og prosjekteringsfasen. Eieren involverte tverrfaglig kompetanse for utvikling av bygget allerede i designfasen, og gjennom samspill forpliktet aktørene seg til å finne de beste løsningene. Gjennom et felles ansvar for resultatene var målsetningen å skape en felles forpliktelse og forståelse for valgene som måtte gjøres. Intervjuene og dokumentundersøkelsene tyder derimot på at prosjekteringsgruppens fokus på levert energi, samt energimerke A, låste prosjektet til konsepter for energiforsyning som i ettertid ikke er oppfattet å være de beste for en energieffektiv drift.

Til tross for en planleggingsfase etter beste praksis ved Energibyget Lerkendal, som også inkluderte ressurspersoner fra driftsforvaltningen, kan det se ut som om samspillsfasen ikke lyktes fullt ut med å hente ut alle effektene av dette. Tilbakemeldingene fra respondentene viser at kunnskapen ikke ble utnyttet fullt ut da beslutningsprosesser som omfattet tekniske konseptvalg ikke inkluderte driftsforvaltningen. En ansvarliggjøring og involvering av driftsforvaltningen i disse beslutningene kunne kanskje bidratt til at fokus for prosjekteringen i større grad hadde vært rettet mot byggets resultater i driftsfasen.

Detaljprosjekteringsfasen for Strindfjordvegen 1 og Miljøhuset GK tok utgangspunkt i ferdige forprosjekter, med ytelser og krav som var utarbeidet i byggenes designfase. Da ressursene som detaljprosjekterte byggene ikke var en del av de tidligste fasene, hvor sentrale premisser med betydning for byggenes helhet ble bestemt, måtte nye eller alternative forslag til løsninger derfor tilpasses det opprinnelige underlaget. Dokumentasjon fra intervjuene viser derimot at designfasene i prosjektene var godt tilrettelagt for endringer til tross for at de fleste konseptvalgene var besluttet da prosjektene gikk over i detaljprosjekteringsfasen. Ny kompetanse avdekket derfor at det fortsatt var rom for iterasjoner, og nødvendige endringer ble utført for å øke byggenes energi- og miljøklassifisering. Dette medførte at begge byggene ble prosjektert med teknologi og løsninger for energieffektiv drift og overvåkning. Beslutningene og valg av nye tekniske løsninger involverte derimot ikke kompetanse fra driftsforvaltningen, og endringene ble derfor ikke evaluert av ressurser med kompetanse og kunnskap knyttet til hvordan det ferdige bygget ville fungere med valgte løsninger.

Det er dokumentert gjennom intervjuene at kontinuiteten og kunnskapsflyten i alle prosjektene ble opprettholdt i hele prosjekteringsfasen, og aktørene som var involvert ble også ansvarlig for gjennomføring og bygging. Selv om prosjektene ble gjennomført etter tre ulike varianter av totalentrepriser, der forpliktelsene for resultatet ble overført til en totalentreprenør, hadde byggherrene også et ansvar for måloppnåelsen ut fra premissene som ble fastsatt i tidligfasen. Denne kontinuiteten kvalitetssikret målene samt prosjekteringen i alle fasene. Driftsforvaltningen var derimot ikke en del av disse prosessene, og kunnskap og erfaring om tekniske valg og detaljer ble derfor ikke overført til driftsforvaltningen før byggene kom over i FDVU- fasen. Dette medførte at forståelsen av bakgrunnen for valgene, samt kunnskap om hvordan de ferdige byggene skulle fungere, ikke var tilegnet av driftsforvaltningen da byggene ble overtatt av eierne. Da driftsforvaltningen heller ikke var involvert i idriftsettelsen ved noen av byggene måtte opplæring og informasjon om funksjoner, tekniske data og driftsrelaterte parametere overføres til driftsforvaltningen etter ferdigstillelsen. Teorien viser at idriftsettelse- samt drift av bygg krever tverrfaglig kunnskap og innsikt i de leverte systemene, og en inkludering i gjennomføringsfasene kunne bidratt til dette.

Driftsforvaltningen ved Strindfjordvegen 1 ble involvert etter idriftsettelsen av bygget. Intervjuene dokumenterer at taktiske ressurser i organisasjonen gjennomgikk et omfattende kurs med opplæring, mens operativ ressurs ikke ble gjort kjent med byggets dokumentasjon samt driftsdata fra idriftsettelsen. Operativ ressurs har heller ikke fått inngående kunnskap om dette i ettertid, og oppfattet derfor opplæringen som mangelfull.

Driftsforvaltningen ved Energibyggget Lerkendal ble involvert en god stund før idriftsettelse av bygget, men opplevde kunnskapsoverføringen og opplæringen som mangelfull. Fra intervjuene er det dokumentert at det meste av kunnskapen knyttet til dokumentasjon og driftsdata måtte tilegnes i ettertid gjennom egenlæring. Dokumentasjonen ble derimot oppfattet som svært omfattende og komplisert å sette seg inn i, og ikke tilpasset behovs- og kompetansenivået.

Driftsforvaltningen ved Miljøhuset GK ble involvert etter ferdigstillelsen av bygget. Fra å være teknisk totalentreprenør inngikk GK Norge AS en avtale med eierne om teknisk driftsforvaltning av bygget som også omfattet energioppfølging. I denne fasen ble det gjennomført opplæring, og kunnskap fra prosjekterte løsninger ble overført til nye ressurspersoner. Respondentene oppfattet denne prosessen som godt tilpasset behovene og FDV- underlaget ble ansett som godt.

Ingen av byggene gjennomgikk en prøvedriftsperiode med uttesting av systemene for spesifiserte ytelser, kvalitet og funksjonalitet over tid, slik at driftsparametere kunne justeres og optimaliseres. En slik prøvedriftsperiode kunne gitt driftsforvaltningen en grundig innføring i alle systemene før disse ble overtatt. Teorien viser at mange funksjoner og ytelser til tekniske anlegg er avhengig av forhold knyttet til utetemperaturer og bruk, og disse kan derfor være vanskelig å kontrollere samt dokumentere i idriftsettelsesfasen. Intervjuene viser at respondentene for driftsforvaltningen ved Energibyggget Lerkendal og Strindfjordvegen 1 vurderte behovet for en prøvedriftsperiode som stort, og mente dette burde vært en del av entreprenørens ansvar. I denne perioden kunne driftsparameterene blitt justert og optimalisert, samtidig som driftsforvaltningen kunne tilegnet seg nødvendig kunnskap for å drifte byggene. Respondentene mener også en slik prøvedriftsperiode ville avdekt feil og mangler som ellers ikke ville blitt oppdaget før etter en tids drift.

For Miljøhuset GK var ikke behovet for en prøvedriftsperiode tilsvarende. Intervjuene dokumenterer at driftsforvaltningen fra GK Norge AS har kunnskap om teknikken samt kompetanse for drift av byggets tekniske anlegg. Det er også tilgjengelige ressurser i organisasjonen med detaljkunnskap om leveransene dersom det oppstår behov utover det driftsforvaltningen kjenner til.

5.2.2 Forutsetninger i beregningene

Når en bygnings reelle netto energibehov skal beregnes, er det viktig at det anvendes reelle inndata og lokalt klima i beregningene, for at energibruken skal kunne etterprøves i driftstiden og sammenlignes med beregningene. Dette er til forskjell fra beregning av netto energibehov i vurderingen mot energirammekravet i TEK10, eller for vurdering av levert energi mot energimerkeordningen, der normerte data fra NS 3031 skal anvendes.

For alle casebyggene er det anvendt lokalt klima i beregningene, mens øvrige data knyttet til romtemperaturer, interne laster, driftstider, systemvirkningsgrader etc. ikke er endret fra normerte verdier i NS 3031. Fra casestudiene og observasjonene på byggene er det derimot avdekt at flere av verdiene avviker fra de normerte verdiene som ble anvendt til å beregne netto energibehov. Det er også knyttet usikkerhet til produksjonsvirkningsgradene som er anvendt til å beregne levert energi for varmepumper og kjølemaskiner.

Behovsstyrte tekniske anlegg vil også påvirke energibruken dersom disse systemene ikke fungerer som tiltenkt, eller om systemene har endrede forutsetninger i forhold til beregningene. I beregningene av netto energibehov for byggene er det lagt til grunn normerte samtidighetsfaktorer for personbelastning i bygget, men funnene fra undersøkelsene viser at samtidighetsfaktoren på byggene avviker fra normerte verdier i virkeligheten. Dette stemmer også med andre funn (Halvarsson, 2012) som viser at registrert samtidighet for personer i yrkesbygg er lavere i gjennomsnitt enn samtidighetsfaktoren som anvendes ved beregning av netto energibehov. For Miljøhuset GK viser resultatene fra tilstedeværelsesloggen i SD-anlegget at den faktiske samtidigheten var lavere i 2014 enn det som ligger til grunn for beregningene. Ved de andre to casebyggene kan man trekke tilsvarende slutninger for

tilstedeværelse i byggene basert på resultater av energibruken til lys og teknisk utstyr, som er lavere enn det som er lagt til grunn i beregningene.

Alle disse faktorene påvirker resultatet av energibruken, enten som økt eller redusert netto energibruk i forhold til beregningene, eller som bidrag til redusert energieffektivitet. For å etterprøve energibruk i bygg mot beregnet netto energibehov er det derfor viktig at variabler og inndata i beregningene avstemmes med reelle forhold. Funn fra tidligere undersøkelser (Civitas et al., 2013) viser at det ofte sammenlignes resultater som ikke er sammenlignbare, eller at det er ulikt utgangspunkt for å sammenligne beregnet og målt energibruk. Dette er faktorer som påvirker troverdigheten i resultatene.

Selv om det er ulike usikkerheter knyttet til måleresultatene så kan analysene likevel vise trender og årsakssammenhenger i energibruken. Resultatene vil derfor være et godt utgangspunkt for driftsforvaltningen og brukerne til å foreta analyser, og derav påvirke energibruken i bygget.

5.2.3 Incitament for å synliggjøre reell energibruk

Fra intervjuene kommer det frem at det strategiske målet med et energieffektivt bygg for eierne er konkurransefortrinn i et marked som etterspør energieffektive bygg. Den taktiske måloppnåelsen blir derfor vurdert hvorvidt bygget oppnår nødvendig energirammekrav eller energiklassifisering. For en bruker kan derimot en tilsvarende taktisk målsetning ha et strategisk mål om lave energikostnader og et godt inn klima. Der eierens strategiske målperspektiv er byggets teoretiske kvaliteter kan brukerens perspektiv være byggets reelle kvaliteter i driftsfasen. Dette perspektivet kan medføre en ulik oppfatning av måloppnåelsen.

Selv om plan- og prosjekteringsfasen for et bygg kun er en kort periode i byggets lange livsløp, er det tradisjonelt størst fokus på å løse de funksjonelle- og tekniske kravene som bygget skal tilfredsstillende ved overtakelsen. Forskriftenes krav til byggverk krever også dokumentasjon etter teoretiske beregninger før igangsettelse. Dersom disse forutsetningene videreføres i utførelsesbeskrivelser og kontrakter, er det risiki for at de reelle forutsetningene som dokumenterer byggets faktiske tilstand ved idriftsettelse ikke blir vurdert. Informasjon

fra intervjuene viser at eierne ikke var opptatt av å vurdere om myndighetskrav og standardiserte beregningsvariabler var avvikende fra reelle variabler og faktisk bruksmønster, da energibruken i byggene er kostnader brukerne må dekke.

Når eierens incentiver for å realisere et energieffektivt bygg ikke er knyttet til ansvar for brukerkostnader, kan dette også påvirke driftsforvaltningen og oppfølgingen av faktiske resultater. Ved Strindfjordvegen 1 og Energibyget Lerkendal viser informasjon fra intervjuene at driftsforvaltningen verken har mandat eller ambisjoner til å påvirke bruksmønsteret som medfører en høyere energibruk enn beregnet. Da dette i tillegg er energibruk brukeren selv må betale for, blir heller ikke fokus rettet inn mot å påvirke dette fra driftsforvaltningens side. Når eiernes vurdering av måloppnåelsen til driftsforvaltningen også vurderes etter hvor fornøyd brukerne er med innklimaet, kan det hende at ytelsene i de tekniske anleggene heller økes for å sikre innklimaet, fremfor å påvirke unødvendig energibruk som kan være den reelle årsaken til redusert kvalitet på innklimaet.

Intervjuene viser også at brukerne viser liten vilje til å endre sitt bruksmønster knyttet til energibruk i bygget. En teori kan være at dette skyldes ”preabound- effekten” (KLINSKI et al., 2012a) som gir sitt utslag i at sparepotensialet er lite sammenlignet med de øvrige kostnadene brukerne har knyttet til sin kjernevirksomhet. Dersom brukerne ikke rapporterer misnøye med høye energikostnader, viser informasjon fra respondentene at dette ikke får prioritet hos driftsforvalteren. Fremfor å se etter muligheter for å endre byggets bruksmønster for å få til mest mulig energieffektiv drift, fokuserer heller driftsforvaltningen på å øke ytelsene i de tekniske anleggene for å kompensere for økte temperaturer og redusert inneklima.

Når heller ingen aktører ansvarliggjøres for energibruken i byggene i form av krav, og heller ikke brukerne av byggene viser interesse for resultatene, så kan behovet for å kjenne alle detaljer i energibruken bli uinteressante for eierne. Både installasjon av målere, dokumentasjon og analyser krever ressurser og kompetanse i driftsforvaltningen, noe som også er kostnadsdrivende for eierne. Selv om dette kan gi reduserte energikostnader for brukerne tilsier informasjon fra respondentene at leiemarkedet ikke er villig til å betale høyere

leiekostnader for energieffektive bygg, og kostnadsøkningen for å sikre en energieffektiv drift tilfaller derfor eierne i sin helhet.

Når det gjelder mulighetene for analyser og etterprøving av energibruk har casebyggene også varierende teknologi og målerstruktur for dette. Fra intervjuene er det avdekt at netto energibehov samt levert energi er kjent av driftsforvaltningen ved alle casebyggene, men at oppfølging av faktisk energibruk utføres i ulik grad. Funnene i oppgaven viser at det kun er casebyggene Energibyget Lerkendal og Miljøhuset GK som har rutiner for energioppfølging, og som anvender et fullverdig energioppfølgingsystem for å se detaljer for energibruken.

5.3 Forskningsspørsmål 3; Hvilken betydning har strategi og organisering samt kunnskap og kompetanse i driftsforvaltningen?

5.3.1 Strategi og organisering

I følge teorien er FM en bestillerorientert tjeneste der behovene og kvaliteten på tjenestene fremkommer etter en analytisk prosess. Utgangspunktet for driftsforvaltningen er derfor å forstå eiers behov slik at tjenestene kan leveres med den kvaliteten som etterspørres.

Driftsforvaltningen må derfor ha kunnskap til å analysere behovene, for derav å finne riktig organisering og nødvendig kunnskaps- og kompetansebehov for å levere tjenestene.

Analysene viser at strukturen på driftsforvaltningen ved alle casebyggene er definert på taktisk- og operativt nivå, med taktiske- og operative ressurser. Organiseringen bidrar derfor til å legge grunnlaget for å sikre rammene rundt kjernevirksomheten til brukerne i bygget.

Fra intervjuene fremkommer det at eierne ser på kompleksiteten i de tekniske anleggene som den største utfordringen for å oppnå byggets planlagte kvaliteter. Endret bruksmønster og bruk av teknisk utstyr som påvirker inn klimaet er også utfordringer eierne har identifisert. Dette viser at driftsforvaltningen må evne å imøtekomme behovene gjennom teknisk kunnskap og analytiske egenskaper, men også gjennom ledelse og beslutninger for å være best mulig forberedt, og derav ligge i forkant av utviklingen. Funn fra intervjuene viser at respondentene fra eiersiden har en forventning om at ressurser på taktisk nivå har en

lederfunksjon på høyere nivå, med analytisk kompetanse for å kunne planlegge og lede driftsforvaltningen ut fra dagens behov, men også for fremtidige behov. Fra intervjuene fremkommer det derimot at respondentene fra driftsforvaltningen ikke anser ressursen på taktisk nivå som lederrolle. Rollen anses heller som en administrativ rådgiverrolle som skal organisere forvaltningen ved å fremskaffe ressurser og kompetanse ut fra dagens behov, slik at driftsforvaltningen kan levere driftsresultater som kan måles mot prosjekterte verdier. Respondentene påpeker derimot at dette er verdier som er brukeravhengig, og det vil derfor være vanskelig å oppnå målsetningene dersom bruken av bygget endres.

I følge teorien er det viktig å opprettholde og forbedre driftsforvaltningen ut fra dagens behov, men like viktig er det å kunne analysere om endringer i forutsetningene kan påvirke driftsforvaltningen, og om dette medfører endret behov for organisering og kompetanse. Da respondentenes vurdering er at det ikke er en annen strategi for driftsforvaltningen enn å administrere og gjennomføre daglig drift og tilsyn, følge opp innrapporterte avvik, samt gjennomføre planlagt service og vedlikehold ut fra dagens behov, kan det virke som det er avvik i kvaliteten på tjenestene i forhold til eiernes behov for å ligge i forkant av utviklingen på byggene.

For Strindfjordvegen 1 og Energibygget påpekte respondentene at brukertilfredsheten er utgangspunktet for organiseringen av driftsforvaltningen, der en fast operativ ressurs på bygget holder daglig kontakt med brukerne. I følge respondentene sikrer denne organiseringen nærhet mellom driftsforvaltningen og brukerne, og er derfor et godt utgangspunkt for høy brukertilfredshet. Den operative ressursen har kort responstid og kan organisere tiltak etter brukernes ønsker. Taktisk nivå er ikke tilsvarende involvert i den daglige driften, og har kun ansvaret for organisering av faste avtaler for drift og vedlikehold, samt eventuelle øvrige behov for ressurser. Denne strategien svarer opp eiers forventninger knyttet til brukertilfredshet etter dagens behov, men svarer ikke opp eiernes behov og forventninger knyttet til driftsforvaltningens evne til å ligge i forkant av utviklingen.

Informasjon fra intervjuene viser at driftsforvaltningen ved Miljøhuset GK er organisert med taktiske- og operative ressurser, der ressursene på taktisk nivå er kontaktleddet mot brukerne i bygget. Avvik som rapporteres fra brukerne analyseres på taktisk nivå før korrigerende tiltak

gjennomføres på operativt nivå. Denne innfallsvinkelen søker å finne årsaken til avvikene, og lukke disse, fremfor å gjennomføre kompenserende tiltak.

Organiseringen på taktisk nivå er delt mellom ressurser med ansvar for organisering av operativ drift og administrering av ressurser, samt ressurser med ansvar for andre analytiske oppgaver knyttet til driftsforvaltning og energioppfølging. Denne organiseringen svarer opp eierens behov og forventninger knyttet til teknisk kunnskap, analytiske egenskaper og ledelse etter dagens behov, men funn fra intervjuene tyder på at organiseringen ikke svarer opp eierens behov for å ligge i forkant av utviklingen på bygget. Da organiseringen har en uklar lederrolle, medfører dette en lavere ansvarsfølelse for å gjennomføre nødvendig tiltak slik at driftsforvaltningen kan ligge i forkant av utviklingen på bygget. De fleste tiltakene gjennomføres derfor på bakgrunn av innrapporterte avvik, eller som planlagt service og vedlikehold.

5.3.2 Kunnskap og kompetanse

For å kvalitetssikre at riktige funksjoner oppnås på bygget viser teorien til en strategi om kontinuerlig funksjonskontroll. En kontinuerlig funksjonskontroll bidrar til en kontinuerlig feilfri og energieffektiv drift, og sammenligner til enhver tid de reelle tilstandene på bygget med de forutsatte tilstandene. Denne strategien vil derfor avdekke en redusert driftseffektivitet før dette forandrer bygningens funksjon.

Det er fullt mulig å gjennomføre kontinuerlige funksjonskontroller ved alle casebyggene da alle byggene har teknologi og SD- anlegg som gjør en slik strategi mulig å gjennomføre. Dette arbeidet krever derimot teknisk kunnskap og analytisk kompetanse på høyere nivå, slik at avvik kan avdekkes og korrigeres før disse rapporteres av brukerne. Da alle casebyggene er utstyrt med komplekse systemer for regulering og behovsstyring vil en kontinuerlig funksjonskontroll også bidra til å opprettholde kvaliteten i disse systemene, og derav svare opp eiernes behov for å ligge i forkant av utviklingen.

Informasjon fra intervjuene viser at kunnskap og kompetanse ikke er begrensninger som ligger hos noen av driftsforvalterne, da kompetanse er tilgjengelig i organisasjonene dersom

det blir behov for ytterligere støtte. Skal det være mulig for driftsforvalterne å gjennomføre raske omstillinger for å sikre eiernes behov, må derimot riktig kompetanse utnyttes til riktige oppgaver. Dette forutsetter både ledelse og koordinering av oppgavene i driftsforvaltningen, samt en strategi som synliggjør hvordan kompetansen skal utnyttes.

5.4 Forskningsspørsmål 4; Kan et myndighetskrav til organisering og kompetanse i driftsforvaltningen hindre avvik i energibruken i forhold til beregnet energibehov?

5.4.1 Myndighetskrav knyttet til kompetanse og organisering av FM?

For at energimålene skal overholdes i FDVU- fasen kunne et myndighetskrav til kompetanse og organisering for driftsforvaltningen bidratt til å sikre dette. Dette kan derimot bli utfordrende å organisere da det er ulike behov knyttet til ulike oppgaver, og ulike bygg. Det er også usikkert hvor stort bidrag dette kan gi da mange bygg allerede har en profesjonell organisering. Respondentene fra eiersiden i casebyggene mener et myndighetskrav knyttet til organisering av driftsforvaltningen kan gi en positiv effekt, men at dette vil være komplisert å innføre. Respondentene fra driftsforvaltningen er også positiv til et slikt krav, men påpeker at kravet må stå i forhold til behovet på byggene.

En mulighet for hvordan et slikt myndighetskrav kan komme til sin rett er at kompetansekravet stilles til forvalterorganisasjonene, mens kravet om organisert driftsforvaltning med energioppfølging og rapportering stilles til byggeier. Organiseringskravet og nivået på kompetansen kunne i en slik sammenheng blitt knyttet opp mot byggenes tiltaksklasse. I denne prosessen kunne driftsforvaltningen også involveres i søknadsprosessene knyttet til nye tiltak, ved at det stilles krav om ansvarsrett for driftsforvaltning før det gis igangsettelsestillatelser. Dette kunne også bidratt til å sikre driftsforvaltningens involvering i prosjekteringsfasen.

En annen mulighet er å stille et kompetansekrav knyttet til rapportering av energibruken. Dette ville ansvarliggjort både eier og driftsforvalter i forhold til kunnskapsnivå og kompetansebehov for å gjennomføre oppfølging og kontroll av energibruken i byggene.

Intervjuene viser derimot at flere av respondentene er tvilende til lønnsomheten i et slikt myndighetskrav, og at dette kan føre til økte kostnader for eierne og samfunnet. En mulig løsning kan derfor være å etablere støtteordninger i en overgangsperiode før myndighetskravet trer i kraft. Enova gir i dag økonomisk støtte til flere energieffektive tiltak i nye og eksisterende bygg, samt til introduisering av energiledelse i industri og anlegg. Da denne ordningen også er med på å stimulere til energieffektivitet i bygg kunne en økonomisk støtteordning bidratt til å etablere en konkret organisering av driftsforvaltningen med dokumentasjonskrav til energieffektivitet. Respondentene fra eier og driftsforvaltning er positive til mulighetene for en støtteordning, men er redd for at dette kan skape ytterligere krav om dokumentasjon og byråkrati som kun øker kostnadene.

Teorien viser at et økt kompetansenivå i driftsforvaltningen hever statusen på fagområdet, som igjen bidrar økt til involvering i planleggingsfasene. Dette bidrar til å øke kvaliteten både i de overleverte byggene samt i driftsforvaltningen. Gjennom å øke kompetansen, og derav statusen på driftsforvaltningen, kan fagområdet også oppnå funksjonen som «lead user» og ligge i forkant av behovene knyttet til driftsforvaltningen av bygg.

6 KONKLUSJON

Formålet med denne oppgaven har vært å analysere om energibruken i tre utvalgte bygg avviker fra prosjekterte mål, og om det er en sammenheng mellom eventuelle avvik og forutsetningene for å oppnå målene. I analysene er det sett på hvilken betydning kunnskap og kompetanse har for å oppnå planlagte resultater, og om organisering av driftsforvaltningen har betydning for oppnåelsen av resultatene.

I arbeidet med oppgaven er det gjennomført litteraturstudier av teori og tidligere forskning, samt gjennomført casestudier av tre bygg som inkluderte en gjennomgang av de teoretiske forutsetningene for energiberegningene, samt datafangst av energibruken i 2014.

Analysearbeidet omfattet bearbeidelse av datafangst, observasjoner på byggene for å avdekke spesielle forhold, samt intervjuer av respondenter for eier og driftsforvaltningen.

Hovedfunnene viser to ulike resultater knyttet til avvik mellom målt netto energibruk og beregnet netto energibehov i casebyggene. Målt totalt netto energibruk ved Strindfjordvegen 1 og Energibygget Lerkendal var høyere enn beregnet, mens Miljøhuset GK hadde et resultat som var lavere enn beregnet.

Resultatene er fremstilt i tabell 39:

| Casebygg | Beregnet kWh/m ² år | Målt korrigert kWh/m ² år | Avvik % |
|--------------------------|-----------------------------------|---|------------|
| 1 Strindfjordveien 1 | 92,5 | 114,1 | 23 |
| 2 Energibygget Lerkendal | 90,1 | 106,8 | 19 |
| 3 Miljøhuset GK | 74,9 | 73,4 | -2 |

Tabell 39: Målt netto spesifikt energibehov ved casebyggene

Utfyllende konklusjoner på om det er sammenheng mellom eventuelle avvik og forutsetninger, samt hvilken betydning kunnskap, kompetanse og organisering har hatt for resultatene, besvares i de videre underkapitler.

6.1 Netto energibruk og fordeling på energiposter

Konklusjonen på forskningsspørsmål 1; «Er avvikene knyttet til spesifikke energiposter?»

er at avvikene i energibruken er knyttet til energibruk for energipostene 4 og 5 teknisk utstyr og lys, samt energipostene 1a, 1b og 2 oppvarming av rom, ventilasjonsvarme og varmtvann. Årsaken til avvikene er sammenfallende for alle byggene, men med ulikt utgangspunkt;

For Strindfjordvegen 1 viser resultatene som er presentert i tabell 16 at energibruk til energipostene 2, 4 og 5 varmt vann, belysning og teknisk utstyr var høyere enn beregnet. Energipostene er målt med felles energimåler i bygget, men observasjonene viser at store arealer i bygget har høye internlaste og resultatene med stor sannsynlighet knyttes til energipost 5 teknisk utstyr. Observasjonene viser også at energibruk til teknisk utstyr bidrar til oppvarming av bygget noe som sammenfaller med resultatene for redusert energibruk til energipostene 1a og 1b, romoppvarming og ventilasjonsvarme. Dette bidrar til økt energibruk til energipostene 3a og 3b vifter og pumper for å dekke kjølebehovet med økte luftmengder, samt energibruk til energipost 6b ventilasjonskjøling.

Overskuddsenergien akkumuleres i byggets termiske masse, men fjernes ikke med frikjøling utenfor byggets driftstid når anleggene går i vinterdrift. Bygget må derfor bruke tilleggsenergi gjennom hele driftstiden for å fjerne akkumulert energi.

For Energibyggget Lerkendal viser resultatene som er presentert i tabell 27 en vesentlig høyere energibruk til energipostene 1a og 2, romoppvarming og varmtvann og redusert energibruk til de øvrige energipostene. Funnene viser at økt energibruk til romoppvarming har sammenheng med redusert energibruk til energipost 4 og 5, lys og teknisk utstyr. Dette gir mindre varmetilskudd fra teknisk utstyr, lys og personer og øker behovet for oppvarming fra byggets varmeanlegg. I tillegg er settpunktet for innetemperaturen i bygget høyere enn hva som ligger til grunn for netto energibudsjett, noe som også bidrar til økt energibruk til oppvarming enn hva som er beregnet.

For Energibyggget Lerkendal viser også analysene at det er sannsynlighet for at mye av økningen i energibruken til energipost 1a og 2 går til energipost 2 pga. høyt energiuttak ved bruk av varmtvann i sommermånedene. Bygget har ikke akkumulering av varmtvann, men

direkte varmeveksling mot fjernvarme, noe som medfører stort energiuttak ved mye tapping, samt store energitap.

For miljøhuset GK viser resultatene som er presentert i tabell 39 en høyere energibruk til energipostene 1a og 1b, romoppvarming og ventilasjonsvarme og lavere energibruk enn beregnet til energipost 4 og 5, teknisk utstyr og lys. Dette har sammenheng med lavere samtidig tilstedeværelse av personer i bygget, og behovet for energi til lys og teknisk utstyr. Med mindre energi i form av varme fra teknisk utstyr, lys og personer øker behovet for tilført energi i form av oppvarming i bygget. I tillegg er settpunktet for innnetemperaturen i bygget høyere enn hva som ligger til grunn for netto energibudsjett, noe som også bidrar til økt energibruk til oppvarming enn hva som er beregnet.

Da Miljøhuset GK anvender ventilasjonsanlegget som distribusjonssystem for varme i bygget medfører et økt oppvarmingsbehov også økt energibruk til energipostene 3a og 3b vifter og pumper. Funnene viser at økningen i energibruk til oppvarming, vifter og pumper er nærmest identisk med reduksjonen i energibruk til belysning og teknisk utstyr.

Selv om energibruken ved Miljøhuset GK avviker fra prosjekterte verdier på energipostnivå, avviker ikke byggets totale netto energibruk. Funnene viser at dette har sammenheng med byggets prosjekterte løsninger og driftsrutiner for oppfølging av energibruken. Energibygget Lerkendal viser også avvik på energipostnivå, men selv om driftsforvaltningen kontrollerer energibruken har ikke dette bygget muligheter til å avdekke årsakssammenhenger like godt. Dette skyldes målerstrukturen på bygget, og den reelle inndelingen i energiposter, som krever helhetlige analyser før årsakene kan avdekkes.

Strindfjordvegen 1 har inndeling i energimålerne på energipostnivå men sammenligner ikke energibruken med beregnet netto energibehov for bygget. Driftsforvaltningens rutiner knyttet til energioppfølging er kun begrenset til avlesning av energibruk for viderefakturering av kostnader til brukerne. Det er kun store og åpenbare avvik som avdekkes ved dette bygget.

6.2 Forskningsspørsmål 2: Hvordan kan forutsetningene fra planleggingsfasene påvirke mulighetene til å oppnå målsetningen om energieffektivitet?

Konklusjonen på forskningsspørsmål 2 er;

- manglende involvering i plan- og prosjekteringsfasen hindrer kunnskapsoverføring
- forutsetninger i beregningene er ikke sammenlignbare med reelle forhold
- incitamentene for å synliggjøre reell energibruk fremmer ikke energieffektiv drift

6.2.1 Involvering av kunnskap i plan- og prosjekteringsfasen

Funnene viser at man i alle casebyggene lyktes med å involverte tverrfaglig kunnskap i de tidlige prosjekteringsfasene, og gjennom kontinuitet i kompetansen ble det lagt et grunnlag for å oppnå målsetningen om energieffektive bygg. Det kan derfor konkluderes med at tverrfaglig kunnskap og kontinuitet gjennom hele prosjekteringsfasen bidro til at byggene er prosjektert med kvaliteter som gir lavt varmetap, samt med teknologi og effektiv behovsstyring som gir byggene et godt utgangspunkt for en optimalt energibruk.

Det kan konkluderes med at driftsforvaltningen verken bidro med kompetanse i prosjektutviklingen, eller inntok rollen som ”lead user”, for å sikre de beste løsningene for fremtidige behov. Selv om driftsforvaltningen var involvert i deler av tidligfasene ved to av casebyggene, viser funnene at verken prosjektene eller driftsforvaltningen evnet å dra nytte av denne involveringen. Involveringen av driftsforvaltningen ved Energibyget Lerkendal, som var det bygget som i størst grad fulgte beste praksis, bidro heller ikke med kompetanse som påvirket valget av tekniske løsninger. Ved de andre casebyggene tyder også funnene på at kvalifikasjonene i driftsforvaltningen ikke var ansett som gode nok, verken til å bli involvert som ”lead user”, eller til å komme med prosjekteringskunnskap på nivå med øvrige aktører i tidligfaseplanleggingen.

Konsekvensen av manglende involvering og kunnskapsoverføring til driftsforvaltningen var at nødvendig informasjon, samt detaljer som er avgjørende for å få en forståelse av funksjoner og kapasiteter, ikke ble gjort tilgjengelig før byggene var ferdigstilte. Ved Strindfjordvegen 1 og Energibyget Lerkendal ble det uttrykt fra respondentene at manglende kunnskap om

forutsetninger påvirket mulighetene til å oppnå målsetningen om energieffektivitet. Det kan derfor konkluderes med at den største konsekvensen av manglende involvering var kunnskapsoverføringen mellom prosjektering- og byggefase til fast drift, noe som påvirker muligheten til å oppnå målsetningen om energieffektivitet.

6.2.2 Forutsetninger i beregningene

De teoretiske beregningene av netto energibehov etter NS 3031 tar utgangspunkt i flere faste normerte verdier som skal anvendes ved dokumentasjon av energirammekravet mot TEK 10. For byggenes reelle netto energibehov skal derimot reelle verdier for klima, innetemperaturer, driftstid og interne laster anvendes.

Funn og analyser viser at reelle forhold på byggene avviker fra normerte verdier for internlast, driftstid, romtemperaturer, virkningsgrader og samtidighetsfaktorer, men ingen av beregningene av netto energibehov er korrigert for dette. Det kan derfor konkluderes med at en sammenligning av netto energibruk med beregnet netto energibehov ikke blir fullstendig reelt.

Funnene i oppgaven tyder også på at eiernes fokus og incitament for å realisere et energieffektivt bygg kan være årsaken til at byggenes reelle netto energibehov ikke blir beregnet. Eierne er opptatt av at byggene skal gi et konkurransefortrinn i et marked som etterspør energieffektive bygg, men når dokumentasjonskravet for de vanligste miljø- og energiklassifiseringene er knyttet opp mot standardiserte beregningsverdier, samt at reelt energibruk ikke skal rapporteres til bygningsmyndighetene, vurderes ikke brukernes reelle bruksmønster og faktiske data for interne laster. Funnene viser at dette preget prosjekteringsgruppene som kun prosjekterer med målet om å oppfylle ramme- og /eller energikravene. Både Energibyget Lerkendal og Miljøhuset GK ble prosjektert etter standardiserte verdier til tross for ønsket om å dokumentere energiytelsen i bygget i driftsfasen.

6.2.3 Incitament for å synliggjøre reell energibruk på energipostnivå

Funnene i oppgaven viser at energibruken i casebyggene er knyttet til bruksrelaterte parametere. Når kostnader knyttet til energibruk er brukernes ansvar påvirker dette eiernes interesse for å avdekke faktisk energibruk. For å etterprøve energibruken på energipostnivå kreves også installasjoner i byggene, samt ressurser med kompetanse for å analysere resultatene.

Funnene viser at eierne og brukerne av Energibygget Lerkendal og Miljøhuset GK har størst interesse av å kjenne til energibruken. Byggene har et energioppfølgingsystem med analytiske egenskaper som gir større potensiale for måloppnåelse enn hva mulighetene er for Strindfjordvegen 1. Funn fra Strindfjordvegen 1 viser at brukerne i liten grad har interesse for å endre bruksmønster, eller begrense bruk av internlaster for å redusere energibruken. Mye tyder på at konsekvensene for avvikene i energibruk ikke er store nok sammenlignet med øvrige kostnader brukerne har knyttet til virksomhetene, og motivasjonen for å endre bruksmønsteret er derfor ikke til stede. Dette er også faktorer som påvirker eiernes behov for å beregne samt dokumentere reelt energibruk. Når brukerne heller ikke stiller spørsmål eller krav til energibruken, påvirker dette igjen driftsforvaltningens incitament til å påvirke bruksmønsteret i bygget. Når eierne ikke ser gevinsten av å redusere energibruken, men heller får økte kostnader til driftsforvaltning, viser funnene at mye av incitamentene til å prosjektere samt dokumentere energibruk ikke er til stede. Konklusjonen er at disse forutsetningene påvirker prosjekteringen ved at byggene i ulik grad blir utstyrt med energimålere som gjør det mulig å avdekke avvik.

6.3 Forskningsspørsmål 3; Hvilken betydning for resultatet har strategi og organisering samt kunnskap og kompetanse i driftsforvaltningen?

Konklusjonen på forskningsspørsmål 3 er;

- manglende kunnskapsoverføring og opplæring reduserer mulighetene for å drifte de tekniske anleggene optimalt og påvirker derfor energibruken
- manglende FM- strategi svarer ikke opp behovene for å ligge i forkant av utviklingen og dermed hindre at avvik som påvirker energibruken oppstår
- manglende ledelse hindrer gjennomføring av nødvendige tiltak for å korrigere avvik som påvirker energibruken

6.3.1 Strategi og organisering

Funnene i oppgaven viser at alle casebyggene har en driftsforvaltning som er organisert etter beste praksis med taktiske og operative ressurser. Det kan derimot konkluderes med at operativt- og taktisk nivå blandes noe ved Strindfjordvegen 1 og Energibyget Lerkendal, noe som medfører at driftsforvaltningen ved disse byggene mangler en analytisk lederrolle som beslutter og gjennomfører nødvendige tiltak. Ved Miljøhuset GK kan det konkluderes med at taktisk nivå mangler en klar lederrolle som styrer de analytiske ressursene på taktisk nivå, og som sørger for gjennomføring av tiltakene disse har kommet frem til.

Funnene i oppgaven viser også at ingen av casebyggene har en driftsforvaltning som arbeider etter en konkret FM- strategi utarbeidet i samarbeid med eierne, og som svarer opp alle målsetninger knyttet til den kvaliteten som etterspørres.

Funnene viser at driftsforvaltningen ved de ulike byggene har størst fokus på operativ drift og vedlikehold etter planlagte intervaller, samt daglige utfordringer knyttet til brukerne.

Driftsforvaltningen ved alle casebyggene svarer derav opp eierens forventninger knyttet til organisering og brukertilfredshet ut fra dagens behov. Driftsforvaltningen ved Miljøhuset GK svarer i tillegg opp eierens behov og forventninger knyttet til teknisk kunnskap og analytiske egenskaper.

Det kan konkluderes med at ingen av casebyggene har en driftsforvaltning som følger en strategi som oppfyller eiernes behov og forventninger knyttet til ledelse, samt behovet for å ligge i forkant av utviklingen på byggene. Manglende kontinuerlig funksjonskontroll reduserer mulighetene til å ligge i forkant av utviklingen, og derav avdekke avvik, feil og mangler før dette rapporteres av brukerne.

6.3.2 Kunnskap og kompetanse

Det er dokumentert at det ikke var kontinuitet i kunnskapsoverføringen til driftsforvaltningen før ferdigstillelsen av byggene. Nødvendige detaljer om driftsparametere og andre tekniske data som er avgjørende for en optimal drift ble ikke gjort tilgjengelig for driftsforvaltningen før byggene ble tatt i bruk.

Funnene i oppgaven viser at opplæringen ble gjennomført ulikt ved alle casebyggene, og at det var kun ved Miljøhuset GK at kunnskapsoverføringen til driftsforvaltningen ble oppfattet som en grundig og god prosess. For dette bygget ble opplæringsfasen oppfattet som en prøvedriftsfase da driftsparameterne ble kontinuerlig justert og endret i samarbeid med brukerne, samt med ressurser fra utførelsesfasen.

Ved de andre casebyggene viser derimot funnene at opplæringsfasen ikke var i stand til å overføre nødvendig kunnskap til driftsforvaltningen. Opplæringen av driftsforvaltningen ved Strindfjordvegen 1 og Energibygget ble gjennomført etter idriftsettingsfasen og ble oppfattet som mangelfull og komplisert. Driftsdata ble ikke gjennomgått med ressursene fra driftsforvaltningen i disse byggene, og en lengre prøvedriftsperiode for å tilegne seg nødvendig kunnskap ble opplevd som et stort behov.

Det kan konkluderes med at rutineene for opplæring og kunnskapsoverføring til driftsforvaltningen ved alle byggene har sammenheng med tilegnet kunnskap til å drifte de tekniske anleggene optimalt.

Det kan også konkluderes med at en prøvedriftsperiode, som inkluderer både utførende fra prosjektfasen samt driftsforvaltningen, ville bidratt til å øke kunnskapen om det ferdige produktet. Gjennom en grundigere opplæring og kunnskapsoverføring i denne perioden kunne

nødvendige detaljer om driftsparametere og andre tekniske data som er avgjørende for en optimal drift, blitt kontinuerlig justert og endret i tråd med inne- og uteklimaforholdene.

6.4 Forskningsspørsmål 4; Kan et myndighetskrav til organisering og kompetanse i driftsforvaltningen hindre avvik i energibruken i forhold til beregnet energibehov?

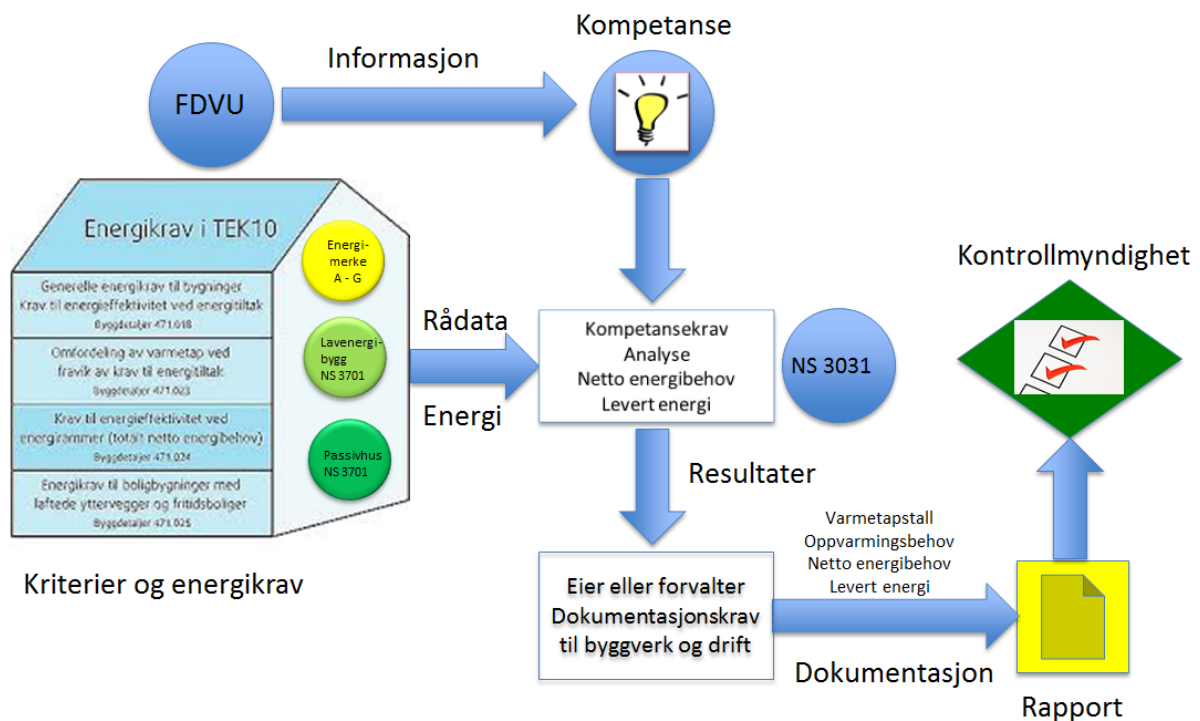
Konklusjonen på forskningsspørsmål 4 er;

Det er usikkert om et myndighetskrav knyttet til kompetanse og organisering av driftsforvaltningen vil gi en positiv effekt, og derav sikre at energibruken ikke øker i FDVU-fasen i forhold til beregningene. Funnene i denne oppgaven viser at det er mange variabler knyttet til kunnskap i plan-, prosjekterings- og idriftsettingsfasen som er avgjørende for at driftsforvaltningen skal kunne drifte og forvalte bygget etter beste praksis, for derav å oppnå planlagte resultater. I tillegg må driftsforvaltningen og eier kjenne til, samt forstå behovene i bygget, for å levere rett kvalitet i driftsforvaltningen.

Konklusjonen er derfor at et myndighetskrav isolert til organisering og kompetanse ikke vil garantere at energibruken i yrkesbygg i FDVU-fasen avviker fra beregnet energibehov. Dette må heller bli et bransjeansvar som inkluderer alle aktørene i eiendomsbransjen; fra myndighetene til eiendomsutviklere og byggherrer, arkitekter, rådgivere og entreprenører, samt forvaltere og andre aktører som er involvert i denne næringen. Det er altså en prosess som starter i de tidlige designfasene hvor tverrfaglig kunnskap utnyttes for deretter å videreformidles i alle prosjektfasene. Videre vil en prøvedriftsperiode, i tillegg til idriftsettingsfasen, være avgjørende for at kunnskapen om byggets tekniske data opprettholdes, samt at metoder og rutiner for kontinuerlig funksjonskontroll innarbeides. I prøvedriftsperioden skal også driftsparametere kontrolleres og justeres før dette ansvaret overtas av driftsforvaltningen. Byggeier bør også være involvert i prøvedriftsperioden slik at grunnlaget for FM- strategien kan utarbeides i samråd med driftsforvalter.

Et myndighetskrav til innrapportering av netto energibruk eller levert energi kan derimot bidra til å sikre at ovennevnte prosesser blir gjennomført. Dersom det også stilles dokumenterbare kompetansekrav knyttet til gjennomføringen av målinger og analyser, samt en kontrollmyndighet som følger opp innrapporterte tall, kan dette også bidra til å øke kompetansenivået i driftsforvaltningen.

Figur 26 viser metodikk og prosess for analyse og rapportering av energiretultater:



Figur 26: Metodikk og prosess for rapportering av energiretultater

6.5 OPPSUMMERING AV KONKLUSJONENE

Det kan konkluderes med at det er sammenheng mellom energibruken og forutsetningene for å oppnå energimålene i FDVU- fasen, samt kunnskap, kompetanse og organisering av driftsforvaltningen. Det er derimot ikke mulig å knytte de konkrete resultatene ved casebyggene til en enkelt årsak i forutsetningene, da det er ulike forhold som innvirker på resultatene.

Årsakene til avvikene i energibruken er sammenfallende for alle casebyggene og har sammenheng med behovet for energi til romoppvarming og ventilasjonsoppvarming, samt lys og teknisk utstyr i form av internlaster. Dette er energiposter som er avhengig av drift og bruk av bygget, men som kan reduseres dersom driftsforvaltningen ved hjelp av analyser, kunnskap og kompetanse optimaliserer av driften.

I beregningene er det anvendt normerte verdier fra NS 3031 som ikke stemmer med reelle verdier for temperatur, internlaster, driftstid, virkningsgrader og samtidighetsfaktorer. Avvik i netto energibruk i forhold til beregnet netto energibehov blir derfor ikke helt reelt.

Tverrfaglig kunnskap, samt kontinuitet i kunnskapen gjennom hele prosjekteringsfasen bidro til å sikre kvalitetene i energiytelsene til casebyggene. Driftsforvaltningen var derimot ikke involvert i prosjekteringsfasene for å bidra i evalueringene av forslag, samt med kunnskap på bakgrunn driftserfaringer.

Manglende kunnskapsoverføring fra prosjektering til driftsforvaltning, samt manglende opplæring og innføring i nødvendige driftsparametere, er en grunnleggende årsak til manglende kunnskap i driftsforvaltningen. Feil drift kan være en direkte årsak til avvik i energibruken.

Avvik i behovsforståelsen mellom driftsforvalter og eierne avslørte en manglende FM-strategi i alle driftsforvaltningene. Dette har en direkte sammenheng med avvik i flere av driftsresultatene, men kunne blitt avdekt av driftsforvaltningen med kunnskap og kompetanse om kontinuerlige funksjonskontroller.

Uklar organisering og manglende ledelse på taktisk nivå har også betydning for resultatene. Da ingen av byggene har en klar FM- strategi svarer ikke dette opp behovene for å ligge i forkant av utviklingen ved byggene, og dermed kunne hindre at avvik oppstår. Manglende ledelse hindrer også gjennomføring av nødvendige tiltak for å korrigere resultatene.

Et myndighetskrav til innrapportering av netto energibruk eller levert energi kan bidra til å sikre at avvik mellom faktisk energibruk og prosjekterte mål ikke oppstår. Dette vil også bidra til å øke kompetansenivået i driftsforvaltningen. Det bør derimot stilles dokumenterbare kompetansekrav knyttet til gjennomføringen av målinger og analyser, samt at kontrollmyndigheten følger opp innrapporterte tall, for at dette skal kunne realiseres.

REFERANSER

- AECOM LIMITED 2012. CEW 1005 The Performance Gap- Non Domestic Building: Final Report.
- ATKIN, B. & BROOKS, A. 2009. *Total facilities management*, John Wiley & Sons.
- BJØRBERG, S. 2013. Livsløpsplanlegging og LCC - erfaringer og overblikk.
- CIVITAS, SINTEF, B., MILJØANALYSE, A. & TINYMESH 2013. Erfaringer med bruk av lavenergi og passivhus yrkesbygg.
- DAMGAARD, T. & ERICHSEN, P. B. 2009. Implementering af drift i byggeri.
- DET KONGELIGE KOMMUNAL- OG REGIONALDEPARTEMENT 2012. Gode bygg for eit betre samfunn. *In: REGIONALDEPARTEMENTET, K.-O. (ed.)*.
- DET KONGELIGE MILJØDEPARTEMENT 2011-2012. Norsk klimapolitikk. *In: MILJØVERNDEPARTEMENTET (ed.)*.
- DIREKTORATET FOR BYGGKVALITET. 2015. *Høring: Nye energikrav til bygg* [Online]. Available: http://www.dibk.no/no/Om_oss/Arkiv/Aktuelle-horinger/horing-nye-energi-krav-til-bygg/ [Accessed 28. mai 2015].
- DOKKA, T. H. & GRINI, C. 2013. Etterprøving av bygningers energibruk. Oslo.
- DOKKA, T. H., KLINSKI, M. & MYSEN, M. H. O. M. 2009. Kriterier for passivhus-og lavenergi bygg—Yrkesbygg. *Sintef Prosjektrapport*.
- DOKKA, T. H., SVENSSON, A., WIGENSTAD, T., ANDRESEN, I., SIMONSEN, I. & BERG, T. F. 2011. Energibruk i bygninger. Nasjonal database og sammenligning av beregnet og målt energibruk. SINTEF Byggforsk.
- ENOVA. 2015. *Formålsdelt energibruk i energieffektive yrkesbygg* [Online]. Enova. Available: <http://www.enova.no/radgivning/naring/aktuelt/formalsdelt-energi-krav-til-bygg/> [Accessed 12. mars 2015].
- EVERETT, E. L. & FURSETH, I. 2012. *Masteroppgaven: hvordan begynne-og fullføre*, Universitetsforlaget.
- GK NORGE AS 2010. Resultater årssimulering.
- GRINI, C., MATHISEN, H.-M., SARTORI, I., HAASE, M., SØRENSEN, H. W. J., PETERSEN, A., BRYN, I. & WIGENSTAD, T. 2009. LECO- Energibruk i fem kontorbygg i Norge. SINTEF Byggforsk.

- HALVARSSON, J. 2012. *Occupancy Pattern in Office Buildings*. Doctoral theses, NTNU.
- HANSEN, G. K., BLAKSTAD, S. H. & KNUDSEN, W. 2010. *USEtool Evaluering av brukskvalitet*.
- HAUGEN, T. 2008. *Forvaltning, drift, vedlikehold og utvikling av bygninger*, Trondheim, Tapir akademisk forl.
- HESTNES, A. G. & ANDRESEN, I. 2007. Smart prosjektering. *Smarte energieffektive bygninger*. Trondheim: Tapir Akademisk Forlag.
- INTERNATIONAL FACILITY MANAGEMENT ASSOCIATION. 2014 *What is Facility Management?* [Online]. International Facility Management Association. Available: <http://www.ifma.org/about/what-is-facility-management> [Accessed 24.05 2015].
- JACOBSEN, D. I. 2005. *Hvordan gjennomføre undersøkelser? Innføring i samfunnsvitenskapelig metode*, Kristiansand, Høyskoleforlaget AS.
- JENSEN, P. A. 2008. Integration of considerations for facilities management in design. *Design Management in the Architectural Engineering and Construction Sector: CIB W096 Architectural Management & TG49 Architectural Engineering*, 191-199.
- JUNGHANS, A. 2013. Discussion of Facilities Management as lead user and innovation driver towards improvement of energy efficiency and user comfort of buildings. *Commission W070-Facilities Management and Asset Maintenance*, Publication 385.
- KLINSKI, M., BERG, T. F., MALTHA, M., MELLEGÅRD, S., KRISTJANSDOTTIR, T., BERGE, M., HOLØS, S. & DOKKA, T. H. 2012a. Systemoppfølging av erfaringer med passivhus - oppfølging. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- KLINSKI, M., THOMSEN, J., HAUGE, Å. L., JERKØ, S. & DOKKA, T. H. 2012b. Systematisering av erfaringer med passivhus. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- KOTENG AS 2010. Resultater årssimulering byggetrinn 1 og 2 kontorbygg.
- KRDS ARBEIDSGRUPPE 2010. Energieffektivisering av bygg.
- LAVENERGIPROGRAMMET. 2013. *Lavenergiprogrammet* [Online]. Available: <http://www.lavenergiprogrammet.no/om-lavenergiprogrammet/> [Accessed 20.10.14].
- MEIR, I. A., GARB, Y., JIAO, D. & CICELSKY, A. 2009. Post-Occupancy Evaluation: An Inevitable Step Toward Sustainability. *Advances in Building Energy Research*, 3, 189-219.

- NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT. 2014. *Energimerking av bygg. Energiskalaen* [Online]. Available: <http://www.energimerking.no/no/Energimerking-Bbygg/Om-energimerkesystemet-og-regelverket/Energimerkeskalaen/> [Accessed 09.05.15 2015].
- NORWEGIAN GREEN BUILDING CONSIL 2012. Teknisk manual BREEAM NOR.
- NOVAKOVIC, V., HANSEN, S. O., THUE, J. V., SKARSTEIN, Ø., GJERSTAD, F. O., ASCHEHOUG, Ø., AUNE, M., BERGERSEN, B., BJØRN, B., DALEHAUG, A., DRANGSHOLT, F., GUSTAVSEN, A., HANSEN, E. H., HAUGEN, T. I., JOHANSEN, B. S., KOLSAKER, K., LYSNE, H., MAGNUSSEN, O. M., MARTINSEN, H. M., RØDAL, E., RØKKE, N. A., SJØVOLD, O., SMÅGE, K. P., STANG, J., SØRENSEN, K. H., TODNEM, O., ULSETH, R., ULVERUD, S. E., WANGESTEEN, I. & ØVERLI, J. M. 2007. *Enøk i bygninger-Effektiv energibruk*, Oslo, Gyldendal Undervisning.
- NYENG, F. 2004. *Vitenskapsteori for økonomer*, Oslo, Abstrakt forlag.
- OLSSON, N. 2011. *Praktisk rapportskrivning*, Trondheim, Tapir akademisk.
- REGJERINGEN.NO 2015. Nye energikrav til bygg – oppsummering.
- SINTEF BYGGFORSK 2011. Byggforskserien 471.024
- Krav til energieffektivitet ved energirammer (totalt netto energibehov). Oslo: SINTEF Byggforsk.
- SINTEF BYGGFORSK 2013. Case beskrivelse Miljøhuset GK.
- STANDARD NORGE 2011. NS-EN ISO 50001 Energiledelsessystemer. Krav med brukerveiledning. Standard Norge.
- STANDARD NORGE 2014. NS 3031:2014 Beregning av bygningers energiytelse. Metode og data. *NS 3031:2014*. Standard Norge.
- STANDARD NORGE 2015. Forslag til Norsk Standard 6450. Prøvedrift av tekniske installasjoner i bygninger og tilhørende uteområder. Standard Norge.
- SWECO NORGE AS 2011a. Energibyget AS. Energimerking i Simien.
- SWECO NORGE AS 2011b. Årssimulering.
- SÆBØE, O. E. & BLAKSTAD, S. H. 2009. *Fasilitetsstyring: verdiskaping, verdiøkning, verdibevaring*, Trondheim, Tapir akademisk forl.
- XRGIA 2011. Energibruk i lavenergi- og passivbygg.
- YIN, R. K. 1994. *Case Study Research*

Design and Methods, SAGE Publications.

VEDLEGGSLISTE

Vedlegg 1: Intervjuguide

Vedlegg 2: Observasjoner og datafunn Strindfjordvegen 1

Vedlegg 3: Observasjoner og datafunn Energibygget Lerkendal

Vedlegg 4: Observasjoner og datafunn Miljøhuset GK

Vedlegg 5: Energimålere og levert energi, Strindfjordvegen 1

Vedlegg 6: Energimålere og levert energi, Energibygget Lerkendal

Vedlegg 7: Energimålere og levert energi, Miljøhuset GK

Intervjuguide; informert samtykke til respondenter ifm deltakelse i undersøkelse

Bakgrunn:

Som avsluttende oppgave ved masterprogrammet "Eiendomsutvikling og- forvaltning" ved NTNU skal jeg utarbeide en masteroppgave i løpet av høstsemesteret 2014 og vårsemesteret 2015. Tittel for oppgaven er "Energibruk i bygg; Fra overlevering av næringsbygg til FDVU fasen- når all teori skal bli praksis".

I oppgaven skal jeg se på tre casebygg, hvorav Energibygget Lerkendal er ett av dem.

Målsetning med undersøkelsen:

Som en del av arbeidene med oppgaven skal jeg gjennomføre intervjuer med nøkkelpersoner knyttet til plan- og prosjekteringsfasen samt i driftsfasen. Denne intervjuguiden oversendes som forberedelse til dette intervjuet.

Intervjuet er en del av forskningsdesignet som skal legge grunnlaget for å evaluere resultatene opp mot teoretisk kunnskap, og om mulig å se resultatene i sammenheng med forutsetninger, kunnskapsoverføring, kompetanse og organisering.

Problemstilling:

Følgende problemstilling er definert som utgangspunkt for undersøkelsene i masteroppgaven:

Hvordan ble den faktiske energibruken i utvalgte bygg i FDVU- fasen sammenlignet med prosjekterte mål, og kan avvik relateres til endrede forutsetninger samt kunnskap og kompetanse hos driftsorganisasjonen?

Intervjuet:

Intervjutiden er estimert til en time.

Lyd fra intervjuet tas opp for å spare tid dersom dette godkjennes av respondenten.

Lydopptaket slettes etter transkribering.

Intervjuet oversendes respondenten for godkjenning når dette er transkribert.

Anonymitet:

Masteroppgaven er ikke unndratt fra offentligheten, men personlige opplysninger vil ikke opplyses eller anvendes i oppgaven. Det er kun respondentens rolle og funksjon knyttet til byggforvaltningen som opplyses og anvendes i oppgaven. Respondenten kan når som helst trekke seg ut av undersøkelsen.

Jeg takker for deres bidrag ved å stille til intervju samt ved å bidra med informasjon knyttet til bygget som gjør denne oppgaven mulig å gjennomføre.

Trondheim 10.02.15
Frode Paulsen
Respondent:

| Fakta om respondenten |
|---|
| Dato for gjennomføring av intervju: |
| Respondent nr: |
| Rolle i eiendomsforvaltningen: |
| Funksjon, stillingsbetegnelse: |
| Formell bakgrunn og kompetanse: |
| Erfaring med arbeidet i nåværende stilling: |

Intervjuguide til intervju av eier eller representant for eier:

Bærekraft og klassifisering:

Bærekraft og en bærekraftig utvikling er begreper som anvendes for å beskrive en utvikling som ivaretar dagens behov uten å ødelegge mulighetene for kommende generasjoner til å realisere sine behov. I bygge- og eiendomsnæringen anvendes bærekraftbegrepet for å beskrive et byggs kvaliteter til å imøtekomme de forventninger og krav som til enhver tid stilles fra brukere og samfunnet. Bjørberg (2011b) definerer bærekraftige bygg som; ”bygg som fungerer for sitt formål over tid til lavest mulig ressursbruk”.

1. Bakgrunn for kvalitetsvalg i bygget

Er det viktig for dere å planlegge for bærekraft i byggene?

Hvordan vil bygget kunne bidra til en bærekraftig utvikling?

1 Kjenner dere til sertifiseringer og klassifiseringer for bærekraft i bygninger?

Dette bygget er prosjektert og klassifisert bedre enn minimumskravene i TEK. Hvorfor var dette viktig for dere, og hvilke klassifiseringer var vurdert i planleggingsfasen?

Er det viktig for dere å kunne tilby energieffektive bygg som er bedre enn minimumskravene i TEK?

Hva er avgjørende for å bygge bedre enn minimumskravene i TEK?

Kjenner dere til myndighetenes ambisjoner knyttet til energibruk i yrkesbygg?

Er myndighetenes ambisjoner og målsetninger knyttet til energibruk i bygg avgjørende for den klassifiseringen som velges knyttet til energieffektivitet?

Er støtteordninger avgjørende?

Kan det være andre insentiver som vil være avgjørende for hvilken energikvalitet som velges for bygget?

Etterspør leietakerne energieffektive bygg, og hva er gjengs nivå?

Er dere som eier positive eller skeptiske til ytterligere skjerping i energikravene ved at byggene skal bruke mye mindre energi i framtiden?

Hva er de største utfordringene med å bygge et energieffektivt bygg?

Hva er de største utfordringene med å drifte et energieffektivt bygg?

Prosjekterings- og byggeprosessen:

Prosjekterings- og byggeprosessen fremstilles gjerne som en lineær prosess som illustrerer hvordan prosjektet går fremover basert på beslutninger gjort i foregående fase:



2. Prosjektering og bygging

Hvordan var design- og prosjekteringsfasen lagt opp? Hvem var involvert?

Hvilke fag var involvert i prosjektets tidligfase? (programmering, skisseprosjekt, forprosjekt, detaljprosjekt)

Var det en prosjekteier med spesielle krav i denne fasen? Og i tilfelle hva var kravene?

Til hvilket tidspunkt, og i hvilken rekkefølge ble de ulike aktørene involvert i prosjekteringsfasen?

Hadde dere en plan for involvering av aktørene i prosjekteringsfasen, og hvorfor var dette viktig/ ikke viktig for dere?

Ble det utredet ulike alternative tekniske løsninger for bygget, evt. i hvilken fase, og hvem initierte dette?

Hvordan ble forutsetningene for energiberegningene vurdert? Ble normaliserte verdier i NS3031 vurdert som realistiske? Har disse endret seg i FDVU- fasen?

Kom det forslag til endringer i designet samt tekniske løsninger i prosjekteringsfasen?

Dersom det kom forslag til endringer av teknisk og/ eller økonomisk karakter, var det mulig å gjennomføre endringene i den fasen prosjektet var kommet i?

Ble endringene gjennomført, og evt. hvilke konsekvenser hadde dette for prosjektet og byggesaken?

I hvilken grad var leietaker/ bruker involvert i de ulike fasene i planleggingsprosessen? I hvilken fase ble bruker involvert?

Var FDVU et sentralt tema i plan- og byggefasen, og i hvilken sammenheng?
Var FDVU- eller FM-ansvarlig involvert i plan- og byggefasen?

Hvilken entreprisemodell ble valgt for prosjektet/ bygget?

Var bygget gjenstand for en prøvedriftsperiode?

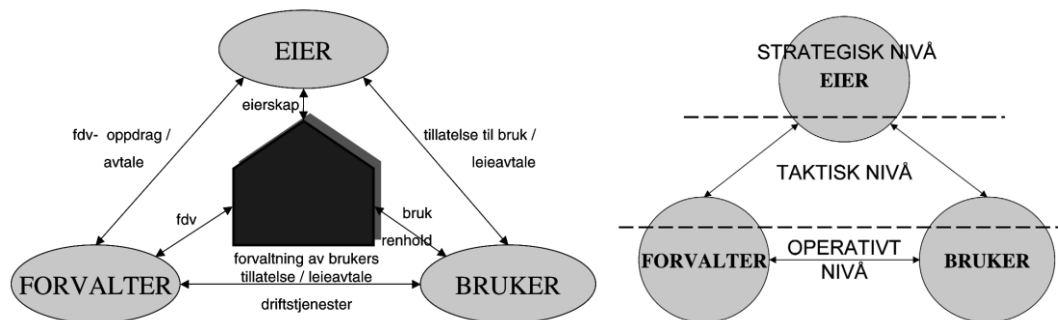
Har dere/ mottar dere en logg over energibruken med en plan for oppfølging?

Gjennomføres GAP- analyser, og evt gjennomføres tiltak basert på målt resultat?

Ble det tilbudt driftsstøtte, serviceavtale ell. ved overlevering? Hva var aktuelt for dere, og hvorfor?

Driftsforvaltning: PBL § 31-3:

Eier eller den ansvarlige plikter å holde byggverk og installasjoner som omfattes av denne lov i en slik stand at det ikke oppstår fare for skade på, eller vesentlig ulempe for person, eiendom eller miljø, og slik at de ikke virker skjemmende i seg selv eller i forhold til omgivelsene.



3. Kompetanse og organisering

Hvordan er driftsforvaltningen organisert på bygget?

Er det utarbeidet en FM- strategi for bygget, og er denne relatert til bygningsdriften og prosjekterte mål?

Hvilken kompetanse er nødvendig på strategisk og operativ nivå for FDVU-ansvarlig?

Hvis du skulle ha ansatt en FDVU ansvarlig – hvilken kompetanse hadde du etterspurt?

Anser du den taktiske og/ eller den operative FDVU- rollen som en lederrolle, evt hvorfor og hvordan?

Kan det være en sammenheng mellom kostnadene knyttet til energibruk i eiendomsdriften og måten eiendomsdriften er organisert på for dette bygget?

Er det mulig å redusere kostnadene knyttet energibruk med en annen organisering, eller vil dette ville dette bare være kostnadsdrivende?

Ville et myndighetskrav knyttet til en konkret FM organisering og eiendomsledelse bidra til at energimålene overholdes i FDVU fasen, og kan dette være et bidrag for å kunne kontrollere og evt. redusere energibruken i FDVU- fasen?

Kunne et kompetansekrav, tilsvarende det vi har i PBL for prosjektering og utførelse, også virke positivt for utførelsen av FM og operativ eiendomsledelse?

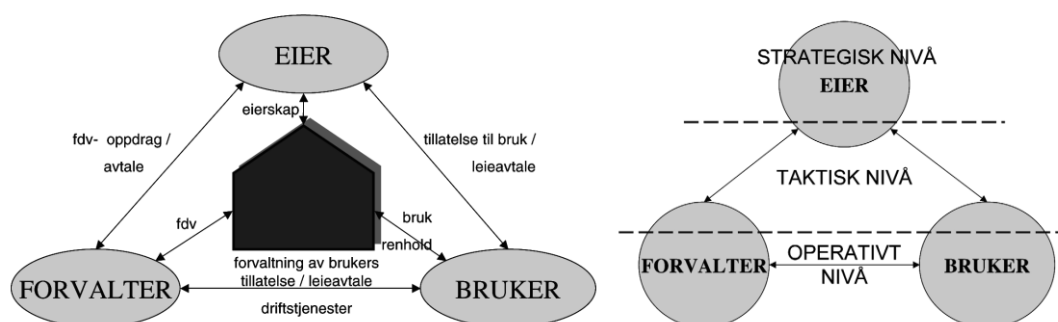
Kan incentivordninger, f.eks. støtteordninger fra Enova knyttet til FM organisering og eiendomsledelse, være med på å etablere en slik ordning?

Intervjuguide til intervju av representant for driftsforvaltning:

Driftsforvaltning:

PBL § 31-3:

Eier eller den ansvarlige plikter å holde byggverk og installasjoner som omfattes av denne lov i en slik stand at det ikke oppstår fare for skade på, eller vesentlig ulempe for person, eiendom eller miljø, og slik at de ikke virker skjemmende i seg selv eller i forhold til omgivelsene.



1. Kompetanse og organisering

Hvordan er driftsforvaltningen organisert på bygget?

Er det utarbeidet en FM- strategi for bygget, og er denne relatert til bygningsdriften og prosjekterte mål?

Hvilken kompetanse er nødvendig på strategisk og operativ nivå for FDVU-ansvarlig?

Hvis du skulle ha ansatt en FDVU ansvarlig – hvilken kompetanse hadde du etterspurt?

Anser du den taktiske og/ eller den operative FDVU- rollen som en lederrolle, evt hvorfor og hvordan?

Kan det være en sammenheng mellom kostnadene knyttet til energibruk i eiendomsdriften og måten eiendomsdriften er organisert på for dette bygget?

Er det mulig å redusere kostnadene knyttet energibruk med en annen organisering, eller vil dette ville dette bare være kostnadsdrivende?

Ville et myndighetskrav knyttet til en konkret FM organisering og eiendomsledelse bidra til at energimålene overholdes i FDVU fasen, og kan dette være et bidrag for å kunne kontrollere og evt. redusere energibruken i FDVU- fasen?

Kunne et kompetansekrav, tilsvarende det vi har i PBL for prosjektering og utførelse, også virke positivt for utførelsen av FM og operativ eiendomsledelse?

Kan incentivordninger, f.eks. støtteordninger fra Enova knyttet til FM organisering og

| |
|--|
| eiendomsledelse, være med på å etablere en slik ordning? |
| Er det noe annet du har lyst til å tilføre? |
| 2. Operativ driftsforvaltning |
| Når ble driftsforvaltning involvert i byggesaken? |
| Har bygget gjennomgått en prøvedriftsperiode før overtakelsen? |
| Ble det driftsdata dokumentert og overlevert ifm. overtakelsen? |
| Hva synes du om den dokumentasjonen du har fått på bygget? Er den tilpasset dine behov? |
| Hvordan er ansvarsfordelingen i driftsforvaltningen organisert , og hvordan gjennomføres de strategiske, taktiske og operative oppgavene? |
| Har du fått informasjon, opplæring og innføring av driftsrutiner fra byggefase? |
| Har bygget et SD- anlegg og/ eller et energioppfølgingssystem? |
| Er det utarbeidet en FM- strategi for bygget, og er denne relatert til bygningsdriften og prosjekterte mål? |
| Utarbeides jevnlige driftsrapporter til eier, og evt. hva dokumenteres? |
| Er du kjent med om det finnes konkrete myndighetskrav knyttet til dokumentasjon av energibruk i bygget? |
| Er du kjent med beregnet energibehov for bygget? |
| Er du kjent med behovet for levert energi til bygget? |
| Er du kjent med energiklassen til bygget, og hva dette innebærer? |
| Er du kjent med det virkelige energiforbruket i bygget? |
| Er du kjent med hvordan energiforbruket er fordelt på energipostnivå, og om det er evt. særskilte poster som avviker fra beregnet levert energiforbruk? |
| Dersom det er avvik i energiforbruket i forhold til beregnede verdier, hva tror du er årsaken til dette? |
| Er det en målsetning å levere driftsresultater som kan måles mot prosjekterte verdier? |
| Er det viktig for organisasjonen å måle energibruken og sammenligne dette med prosjekterte verdier, eller er dette å anse som en leietakerkostnad som ikke angår byggeier? |
| Er det mulig å etterprøve og måle energibruken opp mot prosjekterte mål? |
| Er det en målsetning for dere å overvåke energiforbruket i bygget, for om mulig å redusere dette uten at dette går på bekostning av innklimaet? Hvilke arbeidsrutiner gjennomføres ifm. dette? |
| Finnes det leverandører som kan hjelpe dere med dette? |
| Arealforvaltningen og byggene endrer seg med leietakerne. Gjennomføres GAP-analyser av faktiske energiresultater og resulterer dette i tiltak? |
| Er det mulig å oppnå bedre resultater av eiendomsdriften med en annen organisering? |
| Er det noe annet du har lyst til å tilføre? |

AAR 6990 Eiendomsutvikling og forvaltning, observasjonsguide

Eiendom: Strindfjordvegen 1**Fakta om observasjonen**

Dato for gjennomføring av observasjon: 20.03.15

Bygg: Strindfjordvegen 1

Befaring med: Driftsteknikker

Samtale med: Brukere i bygget

Måleutstyr: Globe termometer Kimo TK 112

Gjennomgang SD- anlegg:

Driftstider ventilasjon:

360.01: 0630- 2100

360.02: 0630- 1800

360.07: 0630- 1800

360.08: 0630- 1800

Settpunkt:


Avtrekkskompensert tilluftstemperatur, 18- 22

Gjennomgang av behovsstyring:

Møterom; behovsstyringen "avslått"- 100 % konstant luftmengde.

Installert el- effekt romoppvarming: 400 w i hvert hjørne, samt ved ytterdører

| | | |
|-----------------------------|-------------------------|--|
| 2. etasje, Interwell | 1. Temperatur | Samtale med brukere: Romtemperaturen oppleves som varierende, men generelt for varmt. Lokale variasjoner Målt: 23,5 operativ temperatur med Globe termometer |
| Kontor landskap | 2. Tilstedeværelse | Høy persontetthet. Landskapssoener med 6- 7 m ² / ansatt |
| | 3. Interne laster | Høy internlast PC og skjerm, flere PCer og skjermer pr ansatt |
| | 4. Installert el effekt | 1 panelovn ved dør og hjørner |

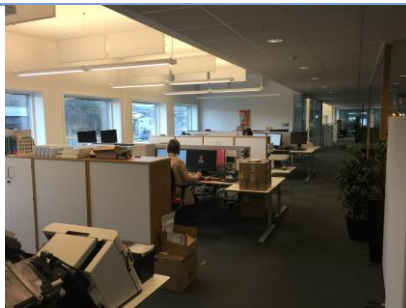
| | | |
|--|--------------------|--|
| | | |
| 2. etasje, Lab, Q- free | 1. Temperatur | 23 |
| | 2. Tilstedeværelse | Lav |
|  | 3. Interne laster | Høye interne laster, mye teknisk utstyr |
| 3. etasje, Q- free | 1. Temperatur | <p>Samtale med brukere: Romtemperaturen oppleves som varierende, men generelt for varmt.</p> <p>Inneklimaet og luften blir dårligere utover dagen.</p> |

AAR 6990 Eiendomsutvikling og forvaltning, observasjonsguide



Målt: 24 operativ temperatur med Globe termometer

Flere innglassede soner uten avtrekk (kun overstrømning) medfører mindre sirkulasjon i luften



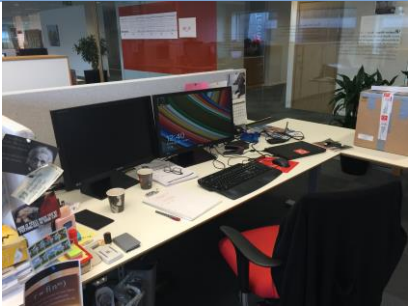


2. Tilstedeværelse

Variierende tilstedeværelse i hele etasjen. Høy tilstedeværelse i soner.



Landskapssoner med 3- 7 m² pr ansatt



AAR 6990 Eiendomsutvikling og forvaltning, observasjonsguide

| | | |
|---|--------------------------------------|---|
|  | 3. Interne laster | Høy internlast PC, skjerm og utstyr i flere soner. Flere PCer og skjermer pr ansatt |
|  | 4. Installert el effekt | |
| Møterom Trondheim | 1. Temperatur og inneklime Trondheim | Målt 25. 12 personer, fullt møterom 1 pc pr person, plasma konferanseskjermer |
|  | 2. Generelt temperatur møterom | Blir raskt høy temperatur i alle møterom pga. høye internlaster |
| | 3. Generelt ventilasjon møterom | Generelt ventilering: Ingen behovsstyring på møterom. 100 % prosjektert luftmengde konstant for å unngå |

AAR 6990 Eiendomsutvikling og forvaltning, observasjonsguide

| | | |
|--|---|---|
| | | for høy temperaturstigning grunnet interne laster. |
| | 4. Tilstedeværelse Generelt bruk av møterommene: | Samtale med brukere: Varierende belastning og tilstedeværelse |
|  | 5. Interne laster | Vanlig med 1 pc pr person. Videokonferanseutstyr i alle møterom- |
| | 6. Generelt | Plasma konferanseskjermer står med påslått effekt i "stand by" |
|  | | |



AAR 6990 Eiendomsutvikling og forvaltning, observasjonsguide

Eiendom: Energibygget Lerkendal

| | |
|--|----------|
| Dato for gjennomføring av observasjon: | 18.04.15 |
| Bygg: Energibygget Lerkendal | |
| Befaring med: Driftsforvalter, brukere | |
| Samtale med: Brukere i bygget | |

Måleutstyr: Temperaturføler internt i SD- anlegget

Gjennomgang SD- anlegg:

Driftstider ventilasjon:

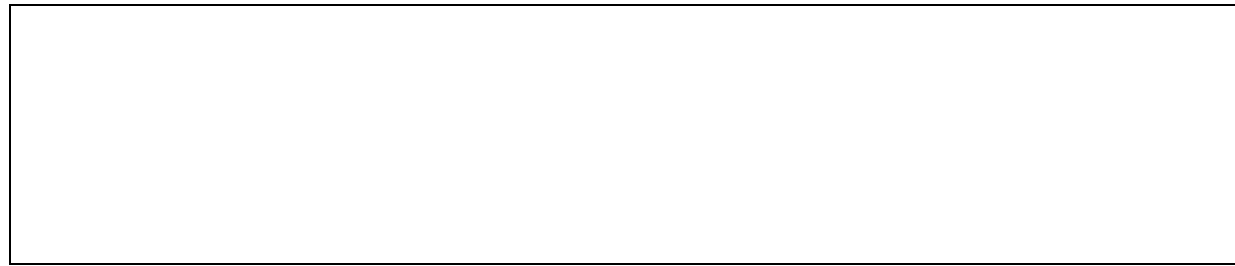
| Ventilasjonsystem Nr. | Driftstid Kl. | Driftstid Timer |
|-----------------------|---------------|-----------------|
| 360.01 | 0600- 1800 | 12 |
| 360.02 | 0600- 1800 | 12 |
| 360.03 | 0600- 1730 | 11,5 |
| 360.03 | 0630- 1730 | 11 |

Romtemperatur, settpunkt: 22 °C

Romtemperatur, målt: 21-24 °C

Utdrag fra gjennomsnittlig kontorlandskap





5. etasje, Energibygget

Kontor landskap, 300 m² Inkl korridorsoner



5. Temperatur

Samtale med brukere:
Romtemperatur
en oppleves
som veldig bra
de fleste
årstider

Målt: 22- 24°C
operativ
temperatur i
sonen

6. Tilstede- værelse

Ikke målt

Internlaster fordelt på ca. 300 m²
25 arbeidsplasser, 2500 W
25 PCer, 2500 W
75 skjermer, 7500 W
Lys

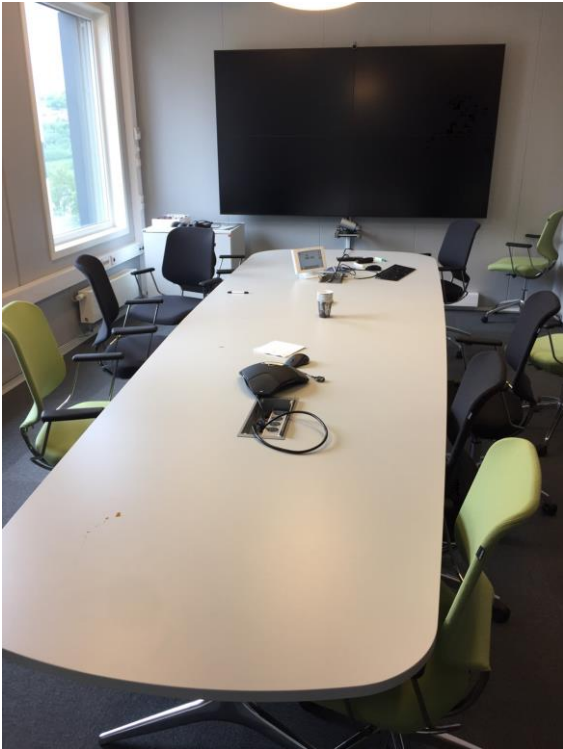
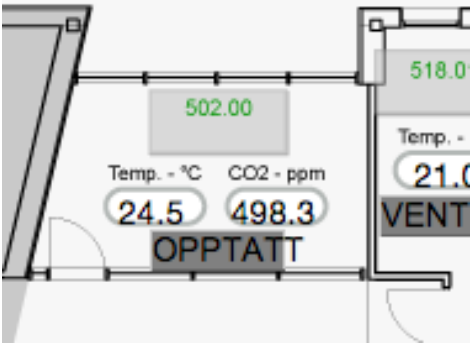
7. Interne laster

Pers: 8,3 W/m²
PC/skjermer: 33
W/m²
Lys: 3,8 W/m²
Totalt: 45,4 W/m²

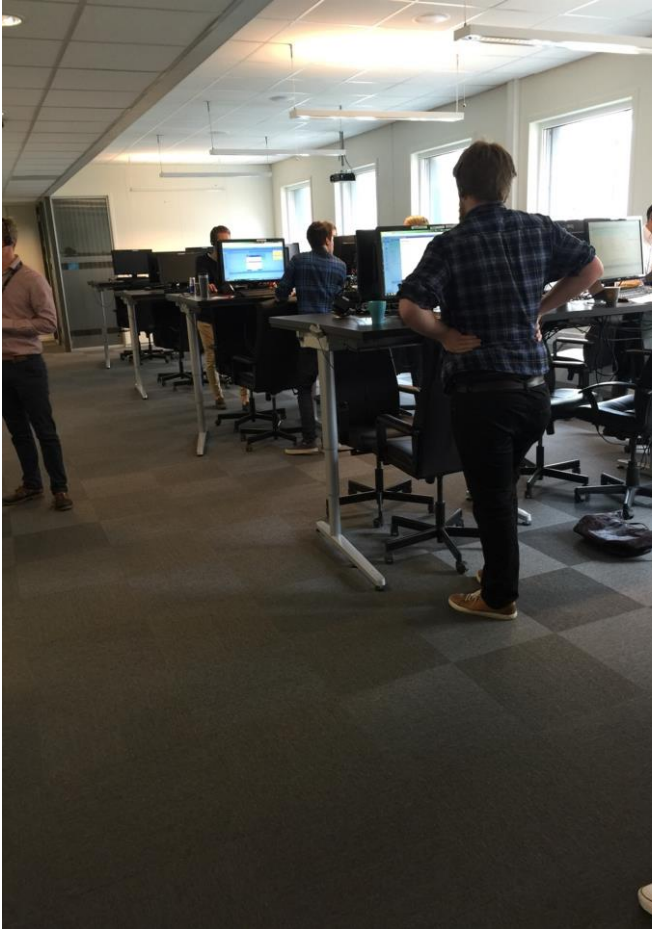
8. Installert el effekt

Ikke målt

AAR 6990 Eiendomsutvikling og forvaltning, observasjonsguide

| | | |
|---|--|--|
| | | |
| 5. etasje, Energibygget AS | | |
| <p>Møterom 5. etg ca. 25 m²</p>   <p>10 personer</p> | <p>7. Temperatur og inneklime</p> <p>8. Generelt temperatur møterom</p> <p>9. Generelt ventilasjon møterom</p> | <p>Målt 24,5 5 personer, 50 % av maks 1 pc pr person, Plasmaskjerm</p> <p>Kan bli høy ved maks internlast: 10 pers: 1000 W 10 pc: 1000 W Skjerm: 2000 W AV: 500 W Lys: 100 W Totalt: 4600 W, 184 W/m² Maks luftmengde: 500 m³/h, 20 (m³/h)/ m²</p> <p>Tilluftens kjøleeffekt ved dT 8K: 53 W/ m²</p> <p>Behovsstyring på møterom, temp/ CO₂. Maks luftmengde 20 m³/hm²</p> |

AAR 6990 Eiendomsutvikling og forvaltning, observasjonsguide

| | | |
|--|--------------------------|--|
| 1-10 PC 4 plasmaskjermer Div AV- utstyr | | |
| | 10. Tilstede- værelse | Samtale med brukere: Ofte høy temperatur |
| 2. etasje, Energibyggget | | |
| Kontor landskap, 300 m² Inkl korridorzone | 9. Temperatur | Samtale med brukere: Målt: 22- 24°C operativ temperatur i sonen |
|  | | |
| | 10. Tilstede- værelse | Ca. 50 % |
| Internlaster fordelt på ca. 300 m ² | 11. Interne | Pers: 6,7 W/m ² |

AAR 6990 Eiendomsutvikling og forvaltning, observasjonsguide

| | | |
|--|-----------------------------|---|
| 20 arbeidsplasser, 2000 W 20 PCer, 2000 W 20 skjermer, 2000 W Lys, 1000 W | laster | PC/skjerm: 13,3 W/m ² Lys: 3,8 W/m ² Totalt: 23,8 W/m ² |
| | 12. Installert el effekt | Ikke målt |

Andre forhold:

Oppvarming av varmtvann med direkte varmeveksling mot fjernvarme. Betjener areal i bygget som ikke er inkludert i bygningskategorien, bl.a. garderober i U2

AAR 6990 Eiendomsutvikling og forvaltning, observasjonsguide

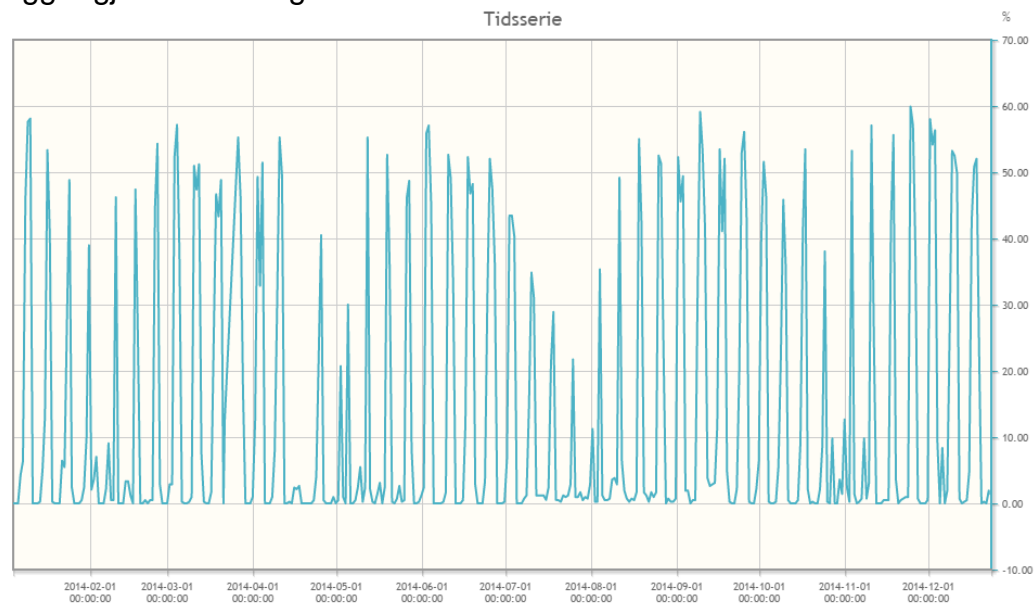
Eiendom: Miljøhuset GK

| | |
|--|----------|
| Dato for gjennomføring av observasjon: | 21.04.15 |
| Bygg: Miljøhuset GK | |
| Befaring med: Driftsforvalter, brukere | |
| Samtale med: Brukere i bygget | |
| Måleutstyr: Temperaturføler internt i behovsstyring Lindinvent | |
| <p>Gjennomgang SD- anlegg: Driftstider ventilasjon: Styres av tilstedeværelsen og temperaturen</p> <p>Settpunkt: Romtemperatur, 22- 23 °C</p> <p>Gjennomgang av behovsstyring:</p> <p>Logget gjennomsnittlig luftmengde i 2014:</p> | |
| <p style="text-align: center;">Tidsserie</p> | |

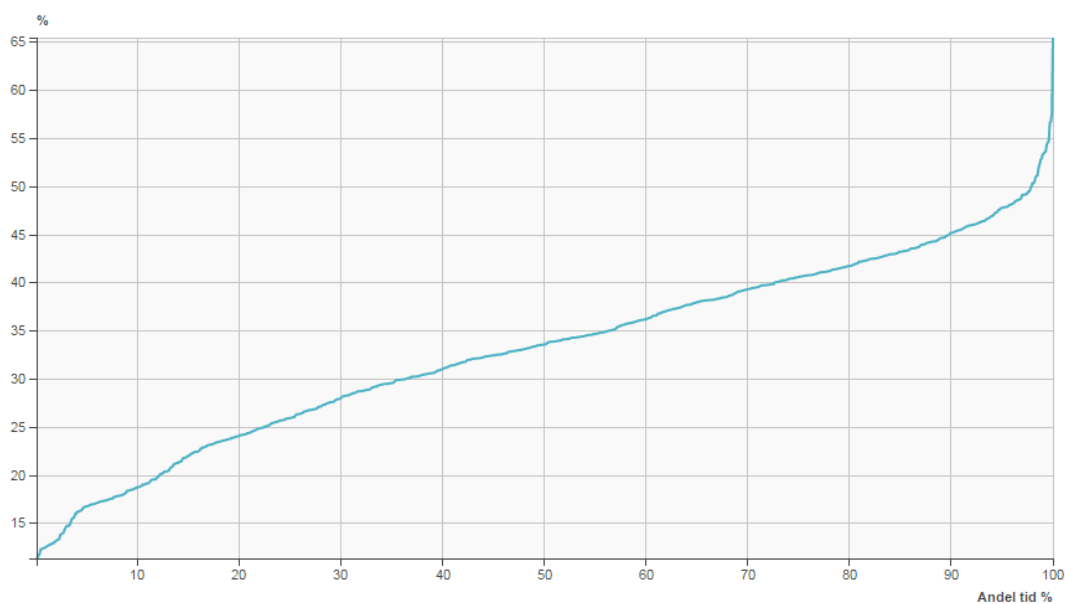
XX

AAR 6990 Eiendomsutvikling og forvaltning, observasjonsguide

Logget gjennomsnittlig tilstedeværelse i 2014:



Varighetskurve for tilførte luftmengder i 2014:



I 2014 var det i ca. 97 % av driftstiden behov for 50 % av dimensjonerende

AAR 6990 Eiendomsutvikling og forvaltning, observasjonsguide

luftmengde, eller mindre

Behovsstyringen regulerer mellom 5 % og 100 % pådrag i sonene

4. etasje, GK Norge AS

**Kontor landskap, 750 m²
Inkl korridorsoner**



Bilde fra SD- anlegg/ behovsstyring:

13. Temperatur


Samtale med brukere:
Romtemperatur en oppleves som veldig bra de fleste årstider

Målt: 22- 23°C
operativ temperatur i sonen

AAR 6990 Eiendomsutvikling og forvaltning, observasjonsguide

| | | |
|--|---|---|
| | | |
| | 14. Tilstedeværelse | Registrert under 50 % |
| <p>Internlaster fordelt på ca. 750 m² 28 arbeidsplasser, 2800 W 28 PCer, 4200 W 43 skjermer, 2000 W 16 nedhengte armaturer, 2142 W 26 downlights, 700 W</p> <p>Maks luftmengde i sonen: 3240 m³/h, 4,3 (m³/h)/ m² Tilluftens kjøleeffekt ved dT 6K: 9 W/ m²</p> | 15. Interne laster | Pers: 3,7 W/m ² PC/skjerm: 8,3 W/m ² Lys: 3,8 W/m ² Totalt: 15,8 W/m ² |
| | 16. Installert el effekt | 100 W pr grenstav |
| 4. etasje, GK Norge AS | | |
| Møterom 2. etg ca. 15 m² | 11. Temperatur og inneklime 12. Generelt | Målt 22,5 3 personer, 50 % av maks 1 pc pr person, videokanon Kan bli høy ved |

AAR 6990 Eiendomsutvikling og forvaltning, observasjonsguide

| | | |
|--|---|---|
|  | <p>temperatur møterom</p> | <p>maks internlast: 6 pers: 600 W 6 pc: 600 W Lys: 60 W Totalt: 1260 W, 84 W/m² Maks luftmengde: 180 m³/h, 12 (m³/h)/ m²</p> <p>Tilluftens kjøleeffekt ved dT 6K: 24 W/ m²</p> |
| <p>5 personer tilstede i rommet ved befaring 1 PC 1 videokanon</p> | <p>13. Generelt ventilasjon møterom</p> | <p>Behovsstyring på møterom, temp/ CO₂. Maks luftmengde 12 W/m²</p> |
| | <p>14. Tilstedeværelse</p> | <p>Samtale med brukere: Varierende belastning og tilstedeværelse</p> |

Andre forhold:

Ca. 1 500 m² BRA er ikke utleid i bygget. Arealet har lavere temperatur og ventilasjonsbehov.

Energimålere og levert energi, Strindfjordvegen 1

Levert energi

Levert energi måles av følgende undermålere på bygget som anvendes som utgangspunkt for å sammenligne med energibudsjettet og beregnet netto energibehov:

Energipost 1a og 1b, romoppvarming og ventilasjonsvarme:

| Målnr. | Energivare | Betjener | Forbruk 2014 kWh |
|--|---------------|-------------------|---------------------|
| 360.01 OE01 | Termisk varme | Ventilasjon del 1 | 49242 |
| 360.02 OE01 | Termisk varme | Ventilasjon del 2 | 13450 |
| 360.07 OE01 | Termisk varme | Ventilasjon del 7 | 17875 |
| 360.08 OE01 | Termisk varme | Ventilasjon del 8 | 27304 |
| Energipost 1a og 1b; sum ventilasjonsvarme og romoppvarming | | | 107871 |

Tabell 40: Undermålere for energipost 1a og 1b, Strindfjordvegen 1

Energipost 2, 4 og 5, varmtvann, belysning og teknisk utstyr:

| Målnr. | Energivare | Betjener | Forbruk 2014 kWh |
|---|--------------|---------------------|---------------------|
| 433.11 OE01 | Elektrisitet | 1.etg del 2 + 6 | 62659 |
| 433.12 OE01 | Elektrisitet | 1.etg del 1 | 61693 |
| 433.13 OE01 | Elektrisitet | 1.etg del 8 + 6 | 145886 |
| 433.14 OE02 | Elektrisitet | 1.etg del 5, 6 og 7 | 81682 |
| 433.21 OE01 | Elektrisitet | 2.etg del 2 + 6 | 93044 |
| 433.22 OE01 | Elektrisitet | 2.etg del 1 | 39104 |
| 433.23 OE01 | Elektrisitet | 2.etg del 8 | 67085 |
| 433.24 OE 02 | Elektrisitet | 2.etg del 7 + 5 | 49782 |
| 433.31 OE01 | Elektrisitet | 3.etg del 2 + 6 | 61750 |
| 433.32 OE01 | Elektrisitet | 3.etg del 1 | 35525 |
| 433.33 OE01 | Elektrisitet | 3.etg del 8 | 45425 |
| 433.34 OE01 | Elektrisitet | 3.etg del 7 + 5 | 52705 |
| Energipost 2, 4 og 5; sum direkte el | | | 796340 |

Tabell 41: Undermålere for energipost 2, 4 og 5, Strindfjordvegen 1

Energipost 3a og 3b vifter og pumper ventilasjonsanlegg:

| Målnr. | Energivare | Betjener | Forbruk 2014 kWh |
|---|--------------|-------------------|---------------------|
| 360.01 EO03 | Elektrisitet | Ventilasjon del 1 | 46145 |
| 360.02 EO03 | Elektrisitet | Ventilasjon del 2 | 51383 |
| 360.07 EO03 | Elektrisitet | Ventilasjon del 7 | 44460 |
| 360.08 EO03 | Elektrisitet | Ventilasjon del 8 | 75174 |
| Energipost 3a og 3b; sum el til vifter og pumper | | | 217162 |

Tabell 42: Energipost 3a og 3b, Strindfjordvegen 1

Energipost 6a romkjøling:

| Målnr. | Energivare | Betjener | Forbruk 2014 kWh |
|--------------------------------------|-----------------|--------------|---------------------|
| 350.02 OE01 | Termisk kjøling | 2. etg del 2 | 489 |
| 350.03 OE01 | Termisk kjøling | 2. etg del 5 | 207 |
| Energipost 6a; sum romkjøling | | | 696 |

Tabell 43: Energipost 6a, Strindfjordvegen 1

Energipost 6b ventilasjonskjøling:

| Målnr. | Energivare | Betjener | Forbruk 2014 kWh |
|---|-----------------|------------------------------|---------------------|
| 360.01 OE02 | Termisk kjøling | Ventilasjon del 1 | |
| 360.02 OE02 | Termisk kjøling | Ventilasjon del 2 | |
| 360.07 OE02 | Termisk kjøling | Ventilasjon del 7 | |
| 360.07 OE02 | Termisk kjøling | Ventilasjon del 8 | |
| 310.02 OE01 | Termisk kjøling | Ventilasjon del 1, 2, 7 og 8 | 46 714 |
| Energipost 6b; sum ventilasjonskjøling | | | 46 714 |

Tabell 44: Energipost 6b, Strindfjordvegen 1

Energimålere og levert energi, Energibyget Lerkendal

Energipost 1a og 2:

Energiposten er ikke målt, men kommer fram ved å trekke fra øvrige undermålinger.

| Målernr. | Energivare | Betjener | Forbruk 2014 kWh |
|---|---------------|-------------------------------------|------------------------|
| Energi 320.01-OE01 | Termisk varme | K2 Øst Fjernvarme hovedmåler | 380 560 |
| Energi 320.01-OE02 | Termisk varme | - K2 Øst fjernvarme ventilasjon | 53 748 |
| Energi 320.03-OE01 | Termisk varme | - K2 øst fjernvarme aerotempere | 26 609 |
| Energi 320.04-OE01 | Termisk varme | - K2 øst fjernvarme Snøsmelteanlegg | 12 430 |
| Energi 320.05-OE01 | Termisk varme | - K2 øst fjernvarme gulvvarme | 12 356 |
| Energipost 1a og 2; Romoppvarming og tappevann | | | 275 416 |

Tabell 45: Undermålere for energipost 1 og 2, Klæbuveien 118

Energipost 1 b:

| Målernr. | Energivare | Betjener | Forbruk 2014 kWh |
|--|------------------|--------------------------------|------------------------|
| Energi 320.01-OE02 | Termisk varme | K2 Øst fjernvarme ventilasjon* | 53 748 |
| Energipost 1b; ventilasjonsvarme* | | | 53 748 |

Tabell 46: Undermåler for energipost 1b, Klæbuveien 118

* Inkluderer ventilasjonsvarme til 360.05

Energipost 3a, 3b og 6b målt samlet:

| Målernr. | Energivare | Betjener | Forbruk 2014 kWh |
|---|--------------|-----------------------|------------------------|
| Energi 434.K21-OE01 | Elektrisitet | Ventilasjon 360.01 EL | 32 005 |
| Energi 434.K21-OE02 | Elektrisitet | Ventilasjon 360.02 EL | 35 924 |
| Energi 434.K22-OE01 | Elektrisitet | Ventilasjon 360.03 EL | 38 140 |
| Energi 434.K22-OE02 | Elektrisitet | Ventilasjon 360.04 EL | 22 942 |
| Energipost 3a, 3b og 6b; Sum direkte el pumper og vifter | | | 129 011 |

Tabell 47: Undermålere for energipost 1b, 3a, 3b og 6b, Klæbuveien 118

Energipost 4 og 5 målt samlet:

| Målnr. | Energivare | Betjener | Forbruk 2014 kWh |
|--|--------------|---------------------------------------|------------------------|
| Energi 433.11-OE01 | Elektrisitet | Kontor vest 1etg | 43 818 |
| Energi 433.21-OE01 | Elektrisitet | Kontor vest 2 etg | 14 317 |
| Energi 433.31-OE02 | Elektrisitet | Solceller | 11 794 |
| Energi 433.31-OE01 | Elektrisitet | Kontor vest 3etg | 23 526 |
| Energi 433.41-OE01 | Elektrisitet | Kontor vest 4etg | 19 298 |
| Energi 433.51-OE01 | Elektrisitet | Kontor vest 5etg | 37 313 |
| Energi 433.61-OE01 | Elektrisitet | Kontor vest 6etg | 8 836 |
| Energi 433.62-OE01 | Elektrisitet | Kontor øst 6etg + kunstverk vestibyle | 21 407 |
| Energi 433.52-OE01 | Elektrisitet | Kontor øst 5etg | 19 090 |
| Energi 433.42-OE01 | Elektrisitet | Kontor øst 4etg | 18 959 |
| Energi 433.32-OE01 | Elektrisitet | Kontor øst 3etg | 18 710 |
| Energi 433.22-OE01 | Elektrisitet | Kontor øst 2etg | 30 040 |
| Energi 433.12-OE01 | Elektrisitet | Kantine, vestibyle | 46 861 |
| Energipost 4 og 5; sum direkte el belysning og teknisk utstyr | | | 313 969 |

Tabell 48: Undermålere for energipost 4 og 5, Klæbuveien 118

Energimålere og levert energi, Miljøhuset GK

Levert energi

Tabell 1- 5 viser undermålerne som er knyttet til de ulike energipostene med forbruket i 2014:

Tabell 49: Undermålere for energipost 1a og 1b, Miljøhuset GK:

| Energimåler | Energivare | Betjener | Forbruk 2014 kWh |
|--|---------------|----------------------|------------------------|
| AU1_35002_OE04V | Termisk varme | Ventilasjon 360.01 | 17 909 |
| AU1_35002_OE05V | Termisk varme | Ventilasjon 360.02 | 54 689 |
| BU1_35002_OE08V | Termisk varme | Ventilasjon 360.03 | 39 312 |
| BU1_35002_OE09V | Termisk varme | Ventilasjon 360.04 | 0 |
| CU1_35002_OE11V | Termisk varme | Ventilasjon 360.05 | 30 597 |
| CU1_35002_OE12V | Termisk varme | Ventilasjon 360.06 | 35 708 |
| BU1_35002_OE07V | Termisk varme | Kantine, møterom, VF | 3 461 |
| Energipost 1a og 1b; sum ventilasjonsvarme og romoppvarming | | | 181 676 |

Tabell 50: Undermålere for energipost 2, Miljøhuset GK:

| Energimåler | Energivare | Betjener | Forbruk 2014 kWh |
|------------------------------------|---------------|------------|------------------------|
| CU1_35002_OE14 | Termisk varme | VV bredere | 6 219 |
| AU1_43200_OE10 | Elektrisitet | VV bredere | 54 027 |
| Energipost 2; sum varmtvann | | | 60 246 |

Tabell 51: Undermålere for energipost 3a, Miljøhuset GK:

| Energimåler | Energivare | Betjener | Forbruk 2014 kWh |
|---|--------------|--------------------|------------------------|
| AU1_43401_OE01 | Elektrisitet | Ventilasjon 360.01 | 15 620 |
| AU1_43401_OE02 | Elektrisitet | Ventilasjon 360.02 | 17 065 |
| BU1_43402_OE01 | Elektrisitet | Ventilasjon 360.03 | 13 073 |
| BU1_43402_OE02 | Elektrisitet | Ventilasjon 360.04 | 16 944 |
| CU1_43403_OE01 | Elektrisitet | Ventilasjon 360.05 | 17 342 |
| CU1_43403_OE02 | Elektrisitet | Ventilasjon 360.06 | 15 792 |
| Energipost 3a; sum el til vifter | | | 95 836 |

Tabell 52: Undermålere for energipost 3b, Miljøhuset GK:

| Energimåler | Energivare | Betjener | Forbruk 2014 kWh |
|---|--------------|-----------------------------|------------------------|
| CU1_43404_OE01 | Elektrisitet | Pumper 35001 VP | 83 |
| CU1_43404_OE02 | Elektrisitet | Pumper 35901 kjøleanlegg | 2 194 |
| Energipost 3b; sum el til pumper | | | 2 277 |

Tabell 53: Undermålere energipost 4 og 5, Miljøhuset GK:

| Energimåler | Energivare | Betjener | Forbruk 2014 kWh |
|--|--------------|--------------|------------------------|
| A01_43300_OE13 | Elektrisitet | Bygg A 1.etg | 22 267 |
| A02_43300_OE16 | Elektrisitet | Bygg A 2.etg | 31 103 |
| A03_43300_OE19 | Elektrisitet | Bygg A 3.etg | 33 829 |
| A04_43300_OE22 | Elektrisitet | Bygg A 4.etg | 668 |
| A05_43300_OE25 | Elektrisitet | Bygg A 5.etg | 40 055 |
| AU1_43300_OE10 | Elektrisitet | Bygg A U.etg | 22 320 |
| B01_43300_OE14 | Elektrisitet | Bygg B 1.etg | 7 488 |
| B02_43300_OE17 | Elektrisitet | Bygg B 2.etg | 26 179 |
| B03_43300_OE20 | Elektrisitet | Bygg B 3.etg | 27 784 |
| B04_43300_OE23 | Elektrisitet | Bygg B 4.etg | 335 |
| B05_43300_OE26 | Elektrisitet | Bygg B 5.etg | 118 |
| BU1_43300_OE11 | Elektrisitet | Bygg B U.etg | 26 734 |
| C01_43300_OE15 | Elektrisitet | Bygg C 1.etg | 36 074 |
| C02_43300_OE18 | Elektrisitet | Bygg C 2.etg | 27 926 |
| C03_43300_OE21 | Elektrisitet | Bygg C 3.etg | 32 086 |
| C04_43300_OE24 | Elektrisitet | Bygg C 4.etg | 53 228 |
| C05_43300_OE27 | Elektrisitet | Bygg C 5.etg | 32 211 |
| CU1_43300_OE12 | Elektrisitet | Bygg C U.etg | 34 275 |
| Energipost 4 og 5; sum direkte el | | | 454 679 |

Tabell 54: Undermålere for energipost 6b, Miljøhuset GK:

| Energimåler | Energivare | Betjener | Forbruk 2014 kWh |
|---|-----------------|----------------------|------------------------|
| AU1_35002_OE04K | Termisk kjøling | Ventilasjon 360.01 | 15 749 |
| AU1_35002_OE05K | Termisk kjøling | Ventilasjon 360.02 | 14 755 |
| BU1_35002_OE08K | Termisk kjøling | Ventilasjon 360.03 | 15 850 |
| BU1_35002_OE09K | Termisk kjøling | Ventilasjon 360.04 | 0 |
| CU1_35002_OE11K | Termisk kjøling | Ventilasjon 360.05 | 28 385 |
| CU1_35002_OE12K | Termisk kjøling | Ventilasjon 360.06 | 23 512 |
| BU1_35002_OE07K | Termisk kjøling | Kantine, møterom, VF | 42 |
| Energipost 6b; sum ventilasjonskjøling | | | 98 293 |

xxx