

BACHELOROPPGAVE

Energieffektivisering av yrkesbygg

- En studie av Høgskulebygget i Sogndal

av

101 - Simen Henningsønn Dølgaard

103 - Espen Larsen Mikkelborg

113 - Christopher Hall Bennett

**Energy efficiency in commercial buildings – a casestudy of
Hoegskulebygget in Sogndal**

Fornybar Energi

FE-403

Juni, 2014



Avtale om elektronisk publisering i Høgskulen i Sogn og Fjordane sitt institusjonelle arkiv (Brage)

Jeg gir med dette Høgskulen i Sogn og Fjordane tillatelse til å publisere oppgaven *Energieffektivisering av yrkesbygg – en studie av Høgskulebygget i Sogndal* i Brage hvis karakteren A eller B er oppnådd.

Jeg garanterer at jeg er opphavsperson til oppgaven, sammen med eventuelle medforfattere. Opphavsrettslig beskyttet materiale er brukt med skriftlig tillatelse.

Jeg garanterer at oppgaven ikke inneholder materiale som kan stride mot gjeldende norsk rett.

Ved gruppeinnlevering må alle i gruppa samtykke i avtalen.

Fyll inn kandidatnummer og navn og sett kryss:

101 – Simen Henningsønn Dølgaard

JA NEI

103 – Espen Larsen Mikkeltborg

JA NEI

113 – Christopher Hall Bennett

JA NEI

Energieffektivisering i yrkesbygg

- en studie av Høgskulebygget i Sogndal



Bacheloroppgave Fornybar Energi - 2014

Forord

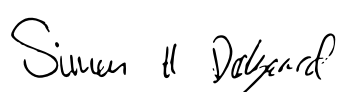
Denne bacheloroppgaven er skrevet av tre studenter ved høgskolen i Sogn og Fjordane, og vil fullføre en treårig utdanning innen fornybar energi.

Vi har valgt dette temaet fordi vi ønsker å bruke muligheten en bacheloroppgave gir oss til å utforske områder vi har ellers lite kunnskap om. Kontor- og undervisningsbygg står for en stor del av det landbaserte energibruket, og energieffektivisering kan frigjøre ressurser som kan benyttes på andre områder. Det var også viktig for oss å bruke ett reelt bygg, og det ble fort naturlig for oss å se på Høgskulen i Sogn og Fjordanes nye praktbygg.

Vi vil gjerne uttrykke vår takknemlighet til vår veileder Erling Holden for hans tålmodighet og kunnskap, statsbygg Drift ved Anne Kristine Vedvik, Jan Erik Hjelmhaug og Tom Kristoffersen for deres vilje til å hjelpe oss med driftsdata og tekniske løsninger for bygget, Sognekraft AS ved Kåre Fosse for imøtekommende hjelp for å forstå fjordvarmeanlegg, HiSF ved John Ove Berge og Arnstein Menes for brukernes tanker og erfaringer rundt bygget og LILLEFRØEN arkitektgruppe ved Pål Andersen og Mette Nortvedt for arkitektenes side av bygget.



Christopher H Bennett



Simen H Dølgård



Espen L Mikkelborg

Sogndal den 03.Juni 2014

Sammendrag

Høgskulebygget var prosjektert og planlagt med energibruk på 120 kWh/m², men forbruket ligger i dag på 192,6 kWh/m². Kan dette forklares?

Tjenesteytende næring bruker årlig 35 TWh energi, med gjennomsnittlig 230 kWh/m²år energiforbruk. Yrkesbygg står for 29 TWh av dette, med gjennomsnitt på 229 kWh/m²år. Forbruket fordeles på energipostene oppvarming (40-50 prosent), ventilasjon (15-20 prosent), belysning (15-20 prosent). Det resterende forbruket velger vi å kalle teknisk utstyr (10-30 prosent). Dette blir naturlige fokusområder for energieffektivisering.

Krav til energibruk i yrkesbygg er under stadig revidering og endring. Regjeringen har mål om passivhus-standard i 2015 og nesten-nullenergi nivå i 2020. Passivhusstandard for yrkesbygg er definert som 75 kWh/m²år, og nesten-nullenergi nivå er 55 kWh/m²år.

NVE har beregnet teknisk potensiale for energieffektivisering til 10,3 TWh, hvorav halvparten av dette kan gjennomføres økonomisk forsvarlig uten støtteordninger.

Barrierene for utførelsen av energieffektiviseringstiltak er hovedsakelig vanskelige støtteordninger, lang planleggingstid for nybygg, problemer med kompatibilitet mellom teknologier, dårlig eller manglende kunnskap, plassmangel, manglende tilgang til naturlige resurser og usikkerhet rundt tiltakenes virkningsgrad.

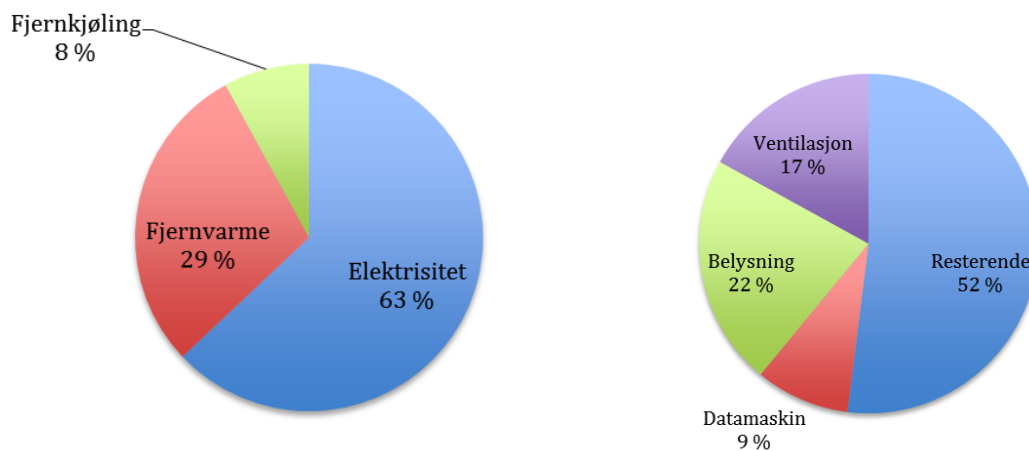
Energieffektiviserende tiltak baserer seg på å benytte energien best mulig ved å oppgradere eksisterende anlegg, optimalisere og/eller automatisere drift for god oversikt og kontroll. Vi har skissert en rekke spesifikke tiltak som alle er relevante for dette.

Vi har gjennomført eksplorerende intervjuer og gjennomgått data fra energibruk for Høgskulebygget. Data er innsamlet av Statsbygg, og vi har kontrollert og beregnet energibruk ut fra dette. Vi har digitalisert ET-kurve, og beregnet energibruk fra dette.

Vi har også intervjuet brukere av bygget for å se om dette kan avdekke overforbruket. Personbelastning er beregnet og sammenlignet med planlagt, for slik å kunne vurdere om dette var en påvirkende faktor. Det var det ikke.

Vi har estimert at realistisk energibruk for Høgskulebygget, under dagens driftsituasjon burde vært rundt 160 kWh/m².

Høgskulebygget åpnet i 2012, og samlet med dette Høgskulen i Sogn og Fjordane på Fosshaugane campus. Bygget ble planlagt med 120 kWh/m²år som energibruk, men brukte etter våre beregninger 192,6 kWh/m²år i 2013. Dårlig oversikt gjør det vanskelig å påpeke akkurat hvor overforbruket er. Vår gjennomgang viser imidlertid at urealistiske forventninger og forutsetninger til energibruk kan forklare deler av avviket, spesielt med hensyn til driftstid.



Energiposter Høgskulebygget Sogndal

Elektriske energiposter Høgskulebygget Sogndal

Overforbruket kommer fra elektriske anlegg (Figur 2.), som står for 2/3 av totalt energibruk. Halvparten av det elektriske forbruket kan vi ikke forklare med annet enn lengre driftstid enn planlagt.

Energibruken i Høgskulebygget er relativt vanlig ut ifra våre sammenligninger, selv om forbruket er under landsgjennomsnittet og ikke møter energikrav satt i forskrifter. Bygget er moderne og har automatiserte driftsanlegg, dermed lavt energiforbruk til oppvarming og nedkjøling. Det er ikke uvanlig at bygg bruker mer energi enn satt i rammekrav, men Høgskulebygget har ett større avvik mellom planlagt energibruk og faktisk energibruk enn noen andre bygg vi har sammenlignet med.

Energieffektivisering i Norge vil kunne frigjøre elektrisk energiproduksjon, som kan distribueres til områder hvor tilgangen på fornybar og utslippsfri energi er en mangelvare. Dette vil kunne være ett av Norges bidrag til en reduksjon av globale klimagassutslipp.

Summary

Service industries in Norway annually consume 35 TWh electric energy, with an average use of 230 kWh/m² per year. Commercial buildings account for 29 TWh of the total 35 TWh with an average of 229 kWh/m²year. This consumption is divided into: heating (40-50 percent), ventilation (15-20 percent) lighting (10-30 percent). We have chosen to define the remaining consumption as technical equipment (10-30 percent). These are natural areas for energy efficiency measures in commercial buildings.

Norwegian requirements for energy-use in commercial buildings are revised and updated regularly. The government want to achieve passive-house standards (75 kWh/m²) by 2016 and almost zero-energy buildings (55 kWh/m²) by 2021 for new or renovated commercial buildings.

NVE (Norwegian Water Resources and Energy Directorate) have calculated that the technical potential for energy reduction in commercial buildings is 10,3 TWh, whereby half are financially sound without financial support.

Barriers for the implementation of energy efficiency measures are: complicated financial support systems; elongated planningperiods for new buildings; compatibility issues between existing and new systems; little or no knowledge base; lack of space; lack of natural resources and uncertainties regarding efficiency-rate in energy reducing systems.

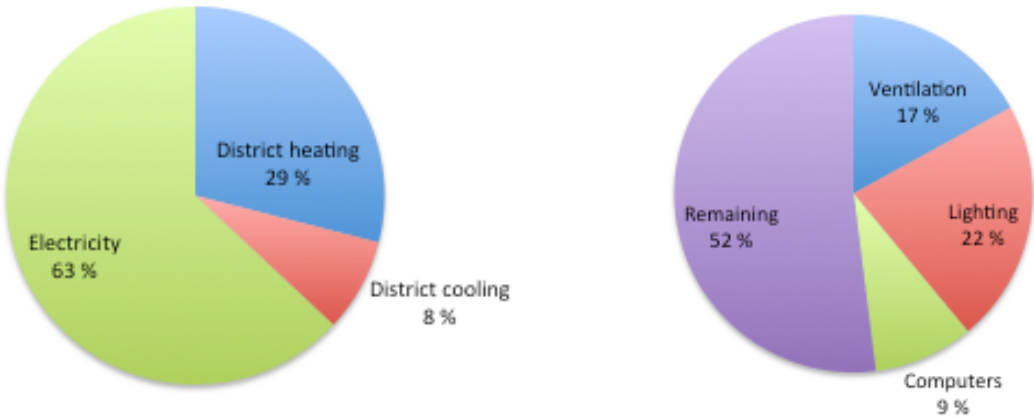
Energy efficiency measures are aimed at using energy to its full extent by upgrading existing systems, optimizing and/or automating operation for better control and overview of the system. We have outlined some specific measures in this report.

Hoegskulebygget in Sogndal opened in 2012 and gathered University College Sogn & Fjordane on Campus Fosshaugane. The building was planned with an energy consumption of 120 kWh/m², but after one year of operation the average energy consumption is 193,6 kWh/m². How can this be explained?

We have conducted exploratory interviews and controlled datasets to find the energy consumption of Hoegskulebygget in Sogndal. Datasets are from Statsbygg-Operation, and our findings are based on the buildings ET-curve.

We have also conducted interviews with users of the building, mainly Sogn & Fjordane University College, to see if this could unveil the reason actual consumption was higher than planned. User load was calculated and compared to the planned load to see if this could be a contributing factor. It was not. Lack of overview makes it hard to point out the exact reason or factors, but our findings points out that unrealistic expectations and assumptions can explain some of the deviation, in particular planned operation hours.

We have estimated that the realistic energy consumption for Hoegskulebygget with current operations should be around 160 kWh/m². This is based on a correlation between operating hours and energy usage.



Energy posts Hoegskulebygget Sogndal

Electrical energy posts Hoegskulebygget Sogndal

The overconsumption is from electrical installations (Figure), which consume 2/3 of the total energy use. We can only explain half of the total electrical energy as longer operating hours than planned. It is otherwise a modern building with automated operating systems.

Our comparisons show that Hoegskulebygget has relatively common energy consumption, were the consumption is lower then the Norwegian average for universities, but higher then energy requirements set in regulations. It is common that buildings use more energy then planned, but the deviation in Hoegskulebygget is bigger then any other building we have compared it to.

Energy reductions in Norway can free electrical energy production, allowing distribution to areas where renewable and emission free energy can help reduce emissions. This can be one of Norway’s contributions to reduce global greenhouse gases.

Ordforklaring

Energieffektivisering	Oppnå likeverdig ytelse og komfort ved lavere energiforbruk.
Yrkesbygg	Bygg som driver tjenesteyting, ekskludert vareproduksjon. Med dette menes også næringsbygg som brukes i en del litteratur.
Innemiljø	Termisk inne-komfort og luftkvalitet i en bygning.
Wh	Watt * timer= Wh. Kan benevnes med kilo (10^3), mega (10^4), giga (10^5) og terra (10^6).
Wh/m ²	Hvor mye energi ett bygg bruker per kvm. Benevnes vanligvis i kWh/m ² , og benyttes blant annet til å sammenligne bygg.
BTA	Brutto total areal for en bygningen.
Oppvarmet BRA	Oppvarmet gulvareal innenfor klimaskjell (vegger). Gjelder alle areal unntatt åpne overbygde areal
Energiposter	Overordnede områder for energibruk.
Teknisk utstyr -	Vi har valgt å definere teknisk utstyr som det resterende energibruket etter at oppvarming, belysning og ventilasjon er trukket fra.
Automatisering	automatisk og selvstyrt innhenting av informasjon og styring av for eksempel ventilasjonsanlegg.

Innholdsfortegnelse

Kapittel 1 Bakgrunn	1
1.1 Innledning.....	1
1.2 Problemstilling	2
1.3 Oppgavens oppbygning.....	2
Kapittel 2 Metode	3
Kapittel 3 Energibruk og -effektivisering i yrkesbygg	4
3.1 Hvor mye energi bruker yrkesbygg?	4
3.2 Energibruk til oppvarming.....	6
3.3 Oppvarmingssystemer.....	7
3.4 Ventilasjon - prinsipper.....	8
3.5 Belysning - prinsipper.....	9
3.6 Resterende energibruk –Teknisk utstyr.....	10
3.7 Fremtidige energikrav til yrkesbygg.....	11
3.8 Potensiale for energieffektivisering.....	14
3.9 Barrierer for energieffektivisering	15
3.10 Energieffektivisering i yrkesbygg	17
3.11 Energieffektiviserings tiltak etter energiposter.....	18
3.12 Situasjonen i Norge.....	22
Kapittel 4 Høgskulebygget	24
4.1 Generelt om Høgskulebygget.....	24
4.2 Tekniske løsninger	30
4.3 Høgskulebyggets planlagte energibruk.....	37
4.4 Høgskulebyggets realistisk energibruk.....	38
4.5 Høgskulebyggets faktiske energibruk	39
4.6 Høgskulebygget faktiske energibruk - detaljering	42
4.7 Resultat.....	44
Kapittel 5 Høgskulebygget sammenlignet	45
5.1 Landsgjennomsnitt og rammer for energibruk	45
5.2 Andre Høgskulebygg	47
5.3 Sammenlignet med fire andre bygg	48
5.4 Resultat.....	53
Kapittel 6 Diskusjon	54
Kapittel 7 Erfaringer	55
Kapittel 8 Referanseliste	56
Vedlegg 1: Fjordvarmeanlegg	63
Vedlegg 2: Driftstid soner - Høgskulebygget	65
Vedlegg 3: Persontall Høgskulebygget	66
Vedlegg 4: Beregning av energibruk – datamaskiner	71
Vedlegg 5: Sammenlignet med andre bygg	72
Vedlegg 6: Etasje og volumberegninger av Høgskulebygget	75
Vedlegg 7: Intervjuskisser	76

Figur- og tabelloversikt

Figur 1 energibruk i tjenesteytende næringer	1
Figur 2 Gjennomsnittlig energibruk basert på energiposter	4
Figur 3 Variasjon i energiposter	5
Figur 4 Energibehov - årstidsvariasjon	6
Figur 5 Energirammer - bygningskategorier	11
Figur 6 Scenario 1 - fortsettelse dagens trend.....	12
Figur 7 Scenario 2 - regjeringens forslag.....	12
Figur 8 Scenario 3 - realistisk	13
Figur 9 Effektiviserings potensialet i yrkesbygg fordelt på alder.....	14
Figur 10 Effektiviseringstiltak norske bygg (SSB, 2013)	22
Figur 11 Sogndal kommune med Fosshaugane campus	25
Figur 12 Høgskulebygget og Fossbygget sett fra sør-vest.....	26
Figur 13 Oversikt Høgskulebygget	27
Figur 14 Solforhold Sogndal sentrum	29
Figur 15 Inngang 5. Etasje. Utendørs lysmast og kantine sett fra østvendt langs side	30
Figur 16 Store vindusarealer og solskjerming Høgskulebygget.....	31
Figur 17 Solskjerming vestvendt fasade	31
Figur 18 Ventilasjonssoner Høgskulebygget.....	34
Figur 19 Kantine utsikt mot sør-vest.....	35
Figur 20 Kopirom (4. etasje) med lysstyring	36
Figur 21 Døgnåpen sone - lørdag ettermiddag.....	37
Figur 22 ET-kurve Høgskulebygget.....	39
Figur 23 Energiposter Høgskulebygget.....	41
Figur 24 Detaljering - oppvarming	42
Figur 25 Detaljering - kjøling	42
Figur 26 Detaljering - elektrisitet.....	43
Figur 27 Sammenligning planlagt, faktisk og gjeldene energirammer	44
Figur 28 Høgskulebyggets østside mot voll.....	46
Figur 29 Sammenligning planlagt vs. faktisk energibruk.....	48

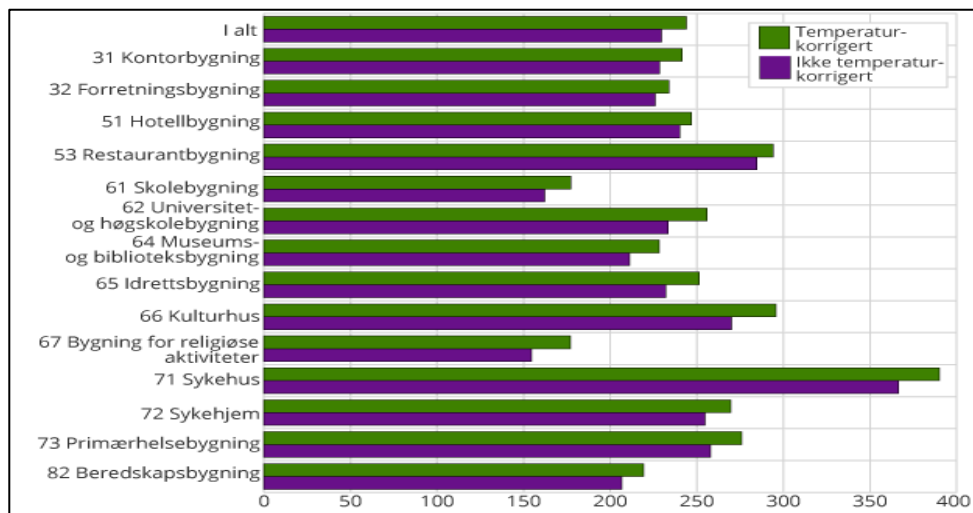
Figur 30 Energibruk	51
Figur 31 Grafisk fremstilling av Fjordvarmeanlegg	64
Figur 32 Studieplasser HiSF 1995-'2003.....	66
Figur 33 Fasadeberegninger	75
Tabell 1 Energieffektiviserende tiltak - oppvarming.....	18
Tabell 2 Energieffektiviserende tiltak - ventilasjon	19
Tabell 3 Energieffektiviserende tiltak - belysning.....	20
Tabell 4 Energieffektiviserende tiltak - teknisk utstyr	21
Tabell 5 Ventilasjonsanlegg Høgskulebygget.....	33
Tabell 6 Energiposter prosent og kWh/kvadratmeter	41
Tabell 7 Energirammer i forskrifter.....	45
Tabell 8 Energibruk etter enøk-tiltak (Enova, 2004:2) og bygningsnettverket	45
Tabell 9 Energibruk gjennomsnitt i Norge.....	46
Tabell 10 Oppvarmet BRA.....	49
Tabell 11 SFP-faktor	49
Tabell 12 Høgskulebygget og Bassengbakken.....	50
Tabell 13 Bygningsmasse og oppvarming/nedkjøling	52
Tabell 14 Fjordvarme kunder	63
Tabell 15 Driftstid forskjellige soner	65
Tabell 16 Dimensjonering forskjellige rom	66
Tabell 17 Bruksdata Grupperom Høgskulebygget	67
Tabell 18 Bruksdata Klasserom og Auditorium Høgskulebygget	68
Tabell 19 Personantall Bibliotek og døgnåpen sone.....	69
Tabell 20 Personbelastning beregning	69
Tabell 21 Generelt.....	72
Tabell 22 Ventilasjon	73
Tabell 23 Energibruk.....	73
Tabell 24 Belysning	74
Tabell 25 Areal og volum	75

Kapittel 1 Bakgrunn

1.1 Innledning

Bygninger og bygningsmasse kan spille en viktig rolle i reduksjonen av CO₂-utslipp i fremtiden med bakgrunn i at innsparing av energibruk kan føre til mindre utslipp fra produksjon av energi (Vorsatz, 2007). Norge kan her spille en viktig rolle med distribusjon av utslippsfri og fornybar elektrisitet. I klimameldingen mener regjeringen at økt tilgang på lav- og utslippsfri energi vil være utløsende for å redusere globale klimautslipp og ønsker besparelser på inntil 15 TWh innen 2020 (regjeringen,2012:1). Dette kan nåes gjennom energieffektiverende tiltak og passivhus-krav innen 2015 og nesten-nullhuskrav innen 2020. Energieffektivisering innebærer å oppnå likeverdig ytelse og komfort ved lavere energiforbruk (SNL, 2012).

I Norge var 50,2 prosent av energibruk elektrisitet (SSB, 2013). 70-80 prosent av denne elektrisiteten ble benyttet av husholdninger eller tjenesteytende næringer. Tjenesteytende næringer definerer vi som yrkesbygg uten vareproduksjon (SNL, 2009:1), og denne sektoren forbruker rundt 40 prosent av elektrisiteten, noe som tilsvarer 30 TWh (Abrahamsen, 2013).



Figur 1 energibruk i tjenesteytende næringer gitt i kWh/m2 (SSB, 2013)

Vi har valgt å se nærmere på kontorbygg siden det er representativt for gjennomsnittlig energiforbruk innenfor sektoren (Figur 1) og universitet og høyskolebygg da vi skal gjøre oppgaven lett forståelig ved å se nærmere på Høgskulebygget i Sogndal kommune.

1.2 Problemstilling

Problemstillingen for oppgaven er:

1. Hvor stort er energibruket i Høgskulebygget etter 1 års drift?
2. Hva er årsaken til eventuelt avvik mellom virkelig- og planlagt energibruk?
3. Er energibruken i Høgskulebygget normal sammenliknet med andre tilsvarende bygg?

1.3 Oppgavens oppbygning

Oppgaven består av syv kapitler fra og med dette kapitlet.

Sammendrag, forord, innholdsfortegnelse og ordforklaring finnes ligger før dette kapitlet.

Kapitel 1 tar for seg innledning med innsnevring, problemstilling og oppgavens oppbygning.

Kapitel 2 er fremgangsmetoden vi har fulgt.

Kapitel 3 ser på energibruk og effektiviseringstiltak i yrkesbygg, og kan sees på som en litteraturred. Vi ser også på hva som er vanlige tiltak i Norge.

Kapitel 4 tar for seg energibruk på Høgskulebygget. Her ser vi på tekniske løsninger, planlagt energibruk, estimerer realistisk energibruk og finner det faktiske energibruket.

Kapitel 5 sammenligner funn fra forrige kapitel med landsgjennomsnitt, energirammer og andre bygg for å avgjøre om energibruken er normal.

Kapitel 6 konkluderer funn gjort i foregående kapitler.

Kapitel 7 diskuterer hvilke erfaringer vi har gjort oss gjennom oppgavens løp.

Referanseliste avslutter oppgaven, og vi har valgt å referere med navn og årstall som lett kan finnes igjen i den alfabetiske referanselisten.

Vedlegg ligger sist.

Kapittel 2 Metode

For å belyse problemstillingen har vi gjennomført en omfattende litteraturgjennomgang hvor vi har sett på hvordan energibruk fordeler seg i yrkesbygg, og hvilke energieffektiviserende tiltak som finnes. Dette er basert på rapporter og litteratur fra forskjellige kilder vi har funnet fortløpende. Rapporter skrevet på norsk har blitt vektlagt, men litteratur fra databaser som BIBsys og Academic search er også benyttet. Støtteforetak og nasjonale institusjoner som Enova, SSB og NVE har vært til god hjelp.

For å besvare problemstillingen har vi gjennomført en rekke intervjuer med representanter fra både drift, prosjekteringsfasen og brukersiden. Dette er gjort med bakgrunn i rapporter, beskrivelser og andre skriftlige kilder tilgjengelig for offentligheten, samt spørsmål som har dukket opp gjennom litteraturgjennomgangen. Se vedlegg 7 for intervjuiskisser

Vi har gjennomført to intervjuer med driftspersonell fra Statsbygg Drift ved Jan Erik Hjelmhaug, Anne Kristine Vedvik og Tom Kristoffersen. Resultatet fra disse intervjuene var teknisk data om energibruk og annen informasjon. De har vært svært imøtekommende mot oss. Vi har også gjennomført et intervju med Sognekraft AS ved Kåre Fosse om det nye fjordvarmeanlegget på Fosshaugane.

For informasjon fra før bygget ble ferdigstilt har vi snakket med ARKITEKTGRUPPEN lilleføren AS ved Mette Nordtvedt og Pål Andresen. Dette resulterte i prosjektmål og teknisk data om bygget. Vi kom også i kontakt med Statsbyggs prosjektleder Britt Helene Øygard, men dette resulterte ikke i noe informasjon.

For informasjon om bruk av bygget har vi gjennomført intervju med HiSF ved John Ove Berge, Arnstein Menes. Dette resulterte i brukernes ønsker til det nye bygget, samt erfaringer etter et års drift. Vi fikk også tilgang på data om brukere ved bygget. Nina Leivdal Tandel, Bente Hatlevoll og Borgar Frøysland Grande har også vært hjelpelige med å besvare store og små spørsmål.

Intervjuer og datainnsamling har resultert i data, dokumentasjon og forståelse, som vi så har benyttet for å besvare problemstillingene vi har satt.

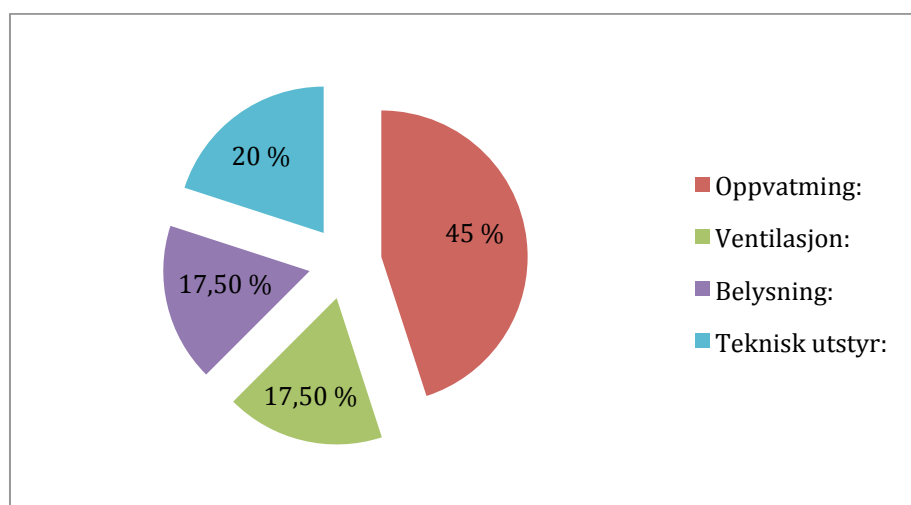
Kapittel 3 Energibruk og -effektivisering i yrkesbygg

Med kapittel 3 ønsker vi å presentere litteratur som for oss var helt nødvendig for videre forståelse og fordykning i oppgaven som helhet. Vi har lagt vekt på grunnleggende forståelse av prinsipper, metoder og fremgangsmåter avgrenset etter relevans for oppgaven videre. Terminologi ses på som et viktig punkt da fagfeltet er fullt av faguttrykk og forkortelser. Del tre er også ett ledd i å klargjøre leseren for videre forståelse av oppgaven om Høgskulebyggets energibruk etter ett års drift.

kapitelet har fem deler. Først presenteres energibruk i yrkesbygg, som videre er delt inn i de største forbrukspostene. Fremtidens utvikling blir så diskutert, før vi tar for oss potensiale for energieffektivisering av yrkesbygg. Deretter blir barrierer for energieffektivisering diskutert. Før vi til slutt går gjennom tilgjengelige tiltak for energieffektivisering basert på de viktigste forbrukspostene påpekt tidligere.

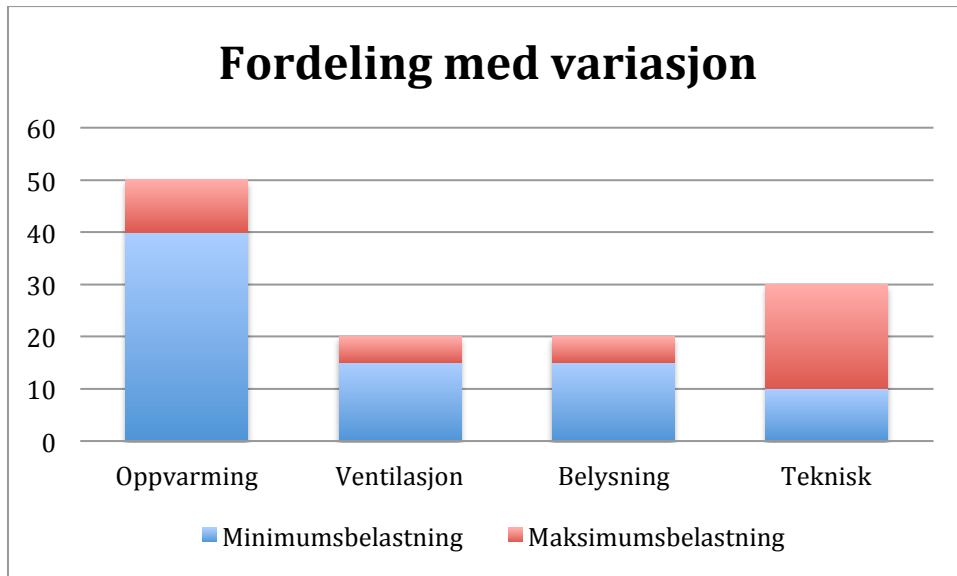
3.1 Hvor mye energi bruker yrkesbygg?

Tjenesteytende næring har et samlet årlig energiforbruk på 35 TWh, fordelt på oppvarming, ventilasjon, belysning og teknisk utstyr (Enova, 2014:1) (Figur 2). Yrkesbygg innenfor tjenesteytende næring benytter 29 TWh av dette (NVE, 2011). Dette utgjør om lag 40 prosent av det totale energibruket til den norske bygningsmassen (Abrahamsen, 2013). Gjennomsnittlig energiforbruket for bygg med tjenesteytende næring er 229 kWh/m² (Abrahamsen, 2013). Kontor bygninger, høyskoler og universiteter ligger på gjennomsnittet med et forbruk på mellom 220-230 kWh/m².



Figur 2 Gjennomsnittlig energibruk basert på energiposter

Energibruken i bygg er avhengig av byggets yteevne (Bellona, -). Yteevnen avhenger av faktorer som bygningstype, byggets kvalitet, u-verdier, valget av tekniske løsninger, type virksomhet, byggets plassering og brukstid. På bakgrunn av disse og andre faktorer kan energiforbruket og effektiviseringspotensialet variere fra bygg til bygg (Enova, 2011). Dette gjør at postene varierer fra bygg til bygg (Figur 3).

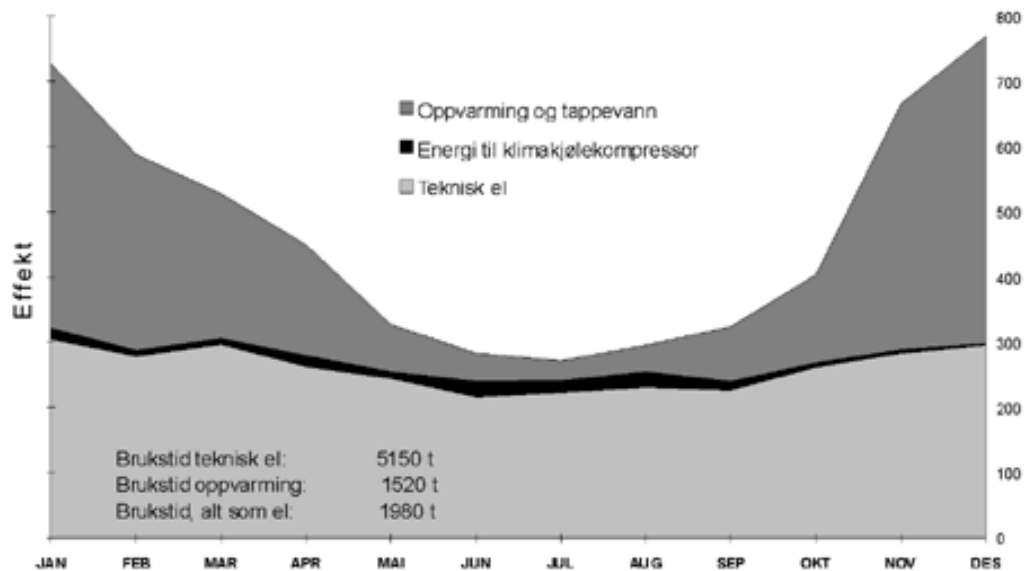


Figur 3 Variasjon i gjennomsnittlige energiposter

3.2 Energibruk til oppvarming

Om lag 40-50 prosent av energibruken i yrkesbygg går til oppvarming (NVE, 2011). De mest utbredte systemene for oppvarming er vannbåren sentralvarme, elektriske panelovner eller en kombinasjon av disse. (Naturvernforbundet, 2003)

Det er fastsatt ved lov at installasjon til oppvarming skal utføres på en måte som ivaretar krav til sikkerhet, innemiljø og energibruk (DBK, 2014). Yrkesbygg har energibruk som varierer gjennom året. Forbruket følger årstidsvariasjoner og temperatur. I figur 4 ser man de årlige svingningene av energibehovet til oppvarming. Energi til teknisk formål, som ventilasjon og belysning, ligger stabilt gjennom hele året (NOU, 1998).



Figur 4 Energiforbruk - årstidsvariasjon (NOU, 1998)

Om lag 65 prosent av yrkesbygg har oppvarming via vannbårne radiatorer. (Naturvernforbundet, 2003) Spesifikt energibruk varierer mellom type oppvarmingsanlegg og energiprodukt. Samlet for alle bygg, er energibruket lavest ved direkte elektrisk oppvarming (Enova, 2011).

Yrkesbygg bruker hovedsakelig 77 prosent elektrisitet til oppvarming, mens 18,1 prosent benytter fjernvarme. Fyringsolje, naturgass, ved, pellets og bio-olje er også vanlig, men i vesentlig mindre grad enn de førstnevnte (SSB, 2011). Elektrisk oppvarming foregår med panelovner, elektriske bredere, elektrisk oppvarming og spissing av fjernvarme anlegget.

3.3 Oppvarmingssystemer

Varmepumpe, fjernvarme og sentralvarmeanlegg er videre relevant for oppgaven, da vannbåren varme er mye brukt i yrkesbygg (Naturvernforbundet, 2003).

3.3.1 Varmepumpe

En varmpumpe transformerer varme fra en energikilde av lav temperatur til høyverdig energi.» (SNL, 2013:1). Varmepumper er en fornybar energiteknologi som henter varme fra ulike fornybare energibærere. Vanlige varmekilder er uteluft, vann, jord- og grunnvarme. Virkningsgraden på et varmpumpeanlegg varierer avhengig av hva den veksler varme med, men veiledende virkningsgrad for nyere anlegg som veksler mellom vann og luft er 2,08 (NS, 2007). Dette vil si at for hver kWh som brukes av anlegget, får man 2,08 kWh tilbake.

3.3.2 Fjernvarme

Fjernvarme er et lukket system der varme til oppvarming produseres et sted og benyttes et annet (Wikipedia, 2014). De siste årene har det vært en positiv vekst i forbruket av fjernvarme i Norge (SSB, 2012). Yrkesbygg opplever en stadig vekst innenfor bruk av fjernvarme som hoved varmekilde, og benyttes i 67 prosent av bygningsmassen.

Varmt vann eller en annen væske varmes opp i en varmesentral, for så å bli distribuert til sluttbruker (Wikipedia, 2014). Bygget som mottar fjernvarmen har ofte et eget teknisk rom for intern varmedistribusjon. I Norge er det mest utbredt å benytte seg av avfallsbrenning, flisfyring eller el-kjeler til oppvarming av væske.

Effektivitetsgraden til fjernvarme anlegg er i dag omtrent 70 prosent, men ventes å stige med rundt 5 prosent grunnet forbedring av tapsområder (NVE, 2010).

3.3.3 Sentralvarme

Sentralvarme er et punktvarme- og distribusjonssystem som kan produsere og/eller fordele varme i en bygning (SNL, 2013:2). Gjennomsnittlig energiforbruk for bygg med sentralvarme var i 2011 240 kWh/m² (SSB, 2013). Til sammenligning hadde bygg uten sentralvarme i samme periode et gjennomsnittlig forbruk på 208 kWh/m². Sentralvarme kontrolleres og styres normalt av SD-anlegget.

3.4 Ventilasjon - prinsipper

I moderne yrkesbygg brukes 15-20 prosent av det totale energibehovet til vifte og ventilasjonsdrift (Mysen, 1999). Fortrengningsventilasjon og omrøringsventilasjon er de vanligste luft utskiftnings metodene (Sintef, 2003). Det er tre overordnede ventilasjonsprinsipper, naturlig, balansert/hybrid og mekanisk. Krav til ventilasjon innebærer antall brukere, luftmengde, varmegjenvinning, støy og termisk komfort.

3.4.1 Naturlig ventilasjon

Naturlig ventilasjon er et prinsipp som baserer seg på vindtrykk og termisk oppdrift av luft ute og inne (SNL, 2009:2). Forurenset inneluft ventileres via avtrekk plassert i tak. Tilførsel av frisk luft skjer gjennom ventilåpninger i yttervegg. Naturlig ventilasjon benytter ikke elektriske anlegg. utfordringer med naturlig ventilasjon er kontroll av ventilasjonsluften, som varierer med lokale klimatiske forhold. (Awbi, 2003)

3.4.2 Mekanisk ventilasjon

Mekanisk ventilasjon er basert på vifter, varme element, kanaler og filtre (Brittanica, 2014). Vifter produserer ett overtrykk, som skaper sirkulasjon og utbytting av luft. Varmegjenvinningssystem er vanlig for å utnytte overskuddsvarmen som genereres.

3.4.3 Balansert ventilasjon

Balansert ventilasjon er en metode som baserer seg på vifter og termiske egenskaper. (Enova, 2014:2). Levering av luft med 2-3 grader lavere temperatur enn eksisterende inneluft skaper en termisk sirkulasjon, som begrenser behovet for vifter og avsug. Forutsetning for dette systemet er en tett bygningskonstruksjon, slik at ventilasjonen foregår kontrollert gjennom planlagt kanalsystem.

3.5 Belysning - prinsipper

For yrkesbygg utgjør belysning 15-20 prosent av totalt energiforbruk (Byggmiljø, 2010). Belysning deles inn i naturlig-, kunstig- og assistertbelysning. Belysning skal være tilstrekkelig i forhold til arbeidsoppgaven og arbeidstakers preferanser (TEK, 2010). Som grunnlag for prosjektering brukes lux tabell (NS, 2007).

3.5.1 Naturlig belysning

Naturlig belysning deles inn i direkte sollys og tilbakekast. Tilbakekast omfatter alt synlig lys som ikke kommer direkte fra en lyskilden.

3.5.2 Kunstig belysning

Alle lyskilder som ikke oppstår naturlig.

Tradisjonelle lysanlegg benytter ikke behovsstyrt belysning eller automatiske slukkesystemer. Lyskildene er ofte ineffektive og anlegget i seg selv energikrevende. Erfaringstall viser at om lag 50 prosent av bedrifter benytter eldre anlegg (Lyskultur, 2008).

3.5.3 Assistert belysning

Kombinerer naturlig og kunstig belysning, hvor førstnevnte normalt er primærkilden. Dette suppleres med kunstig belysning ved behov.

3.6 Resterende energibruk –Teknisk utstyr

De resterende 10-30 prosent av energibruk går til det vi definerer som teknisk utstyr. Vi forutsetter at dette er de resterende energibrukerne etter at overnevnte er trukket fra.

Med teknisk utstyr menes data- og telesystemer, tekniske anlegg som SD-systemer og vannpumper, og daglig drift som kantine og renhold.

3.6.1 Data- og telesystemer

Datamaskiner, printere, skanner, telefon, prosjektorer, konferanseutstyr, trådløs teknologi

3.6.2 Tekniske anlegg

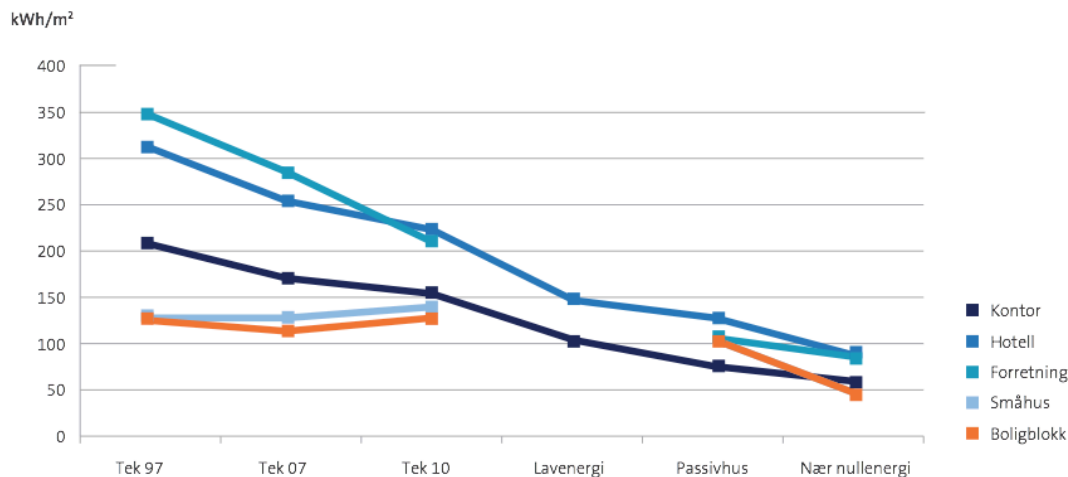
Sentrale styringssystemer for byggets driftsanlegg, vannpumper og kommunikasjonsanlegg.

3.6.3 Daglig drift

Vaskepersonell, kantinedrift med vaskemaskiner, ovner, frysere, kaffeautomater og annet som radio, tv og andre underholdnings anlegg.

3.7 Fremtidige energikrav til yrkesbygg

Krav til energibruk per kvadratmeter er innskrenket for alle bygningstyper siden energirammer i forskrift ble innført i 1997 (TEK, 97). For kontorbygg har energirammer blitt skjerpet inn fra 205 kWh/m² (TEK, 97) til 150 kWh/m² (TEK, 10). Forskriftene blir i dag revidert hvert femte år, og regjeringen ønsker å innføre passivhus-nivå i 2015 og nesten-nullenerginivå i 2020 (Figur 5) (Regjeringen, 2012:2).

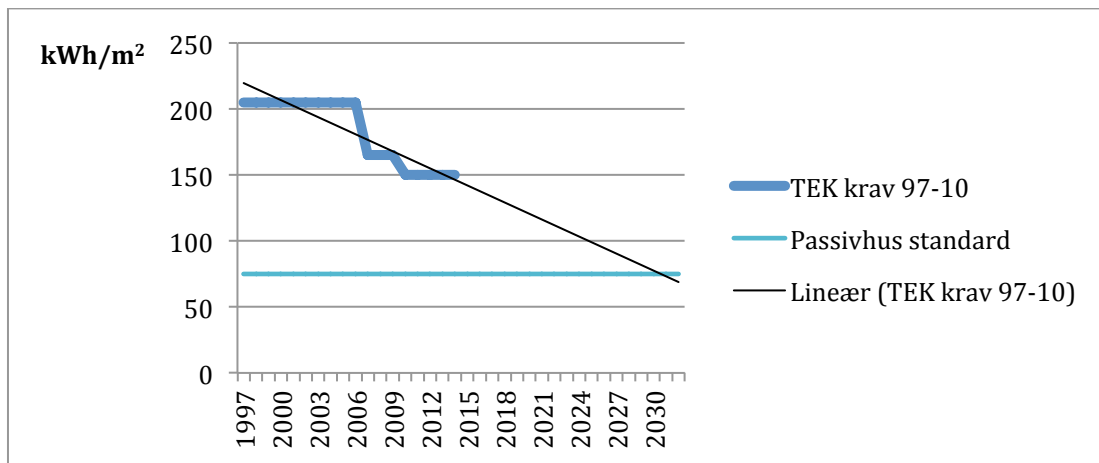


Figur 5 Energirammer - bygningskategorier (Enova, 2014:1)

I grafen ser vi at energirammene historisk sett har blitt stadig strengere, noe som også er en trend for fremtiden. For å vise mulig utviklingen videre har vi satt opp noen scenarier for fremtidige energirammer for kontorbygg, med passivhus standarder som mål. Passivhus-nivå for kontorbygg tilsvarer et energibruk på maks 75 kWh/m².

3.7.1 Senario 1 – fortsettelse av dagens gjennomsnitt

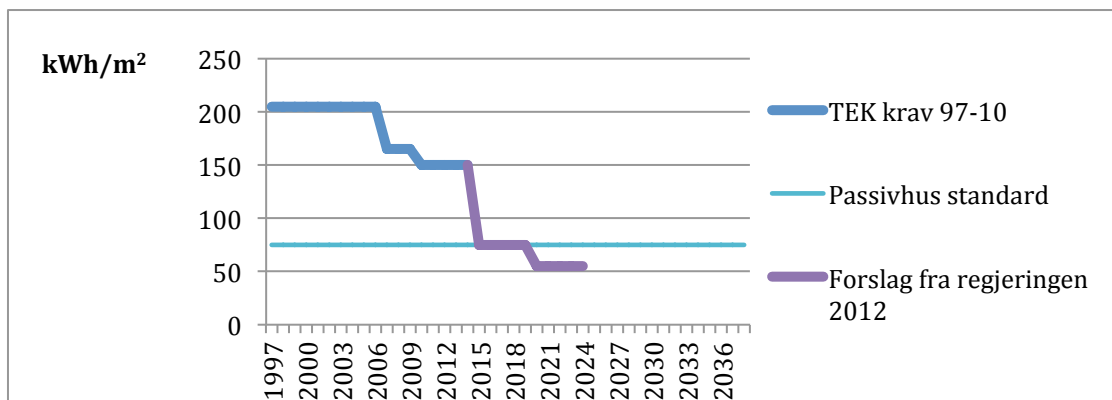
Samme trend som før, er en videreføring av dagens trend frem til passivhus krav. I diagrammet er energiramme-trenden fra perioden 1997 til 2014 videreført. Siden dette er en lineær videreføring av gjennomsnittlig trend er det i diagrammet ikke tatt høyde for at TEK kravene revideres hvert 5 år. Her vil Regjeringens passivhus-krav møtes i år 2031 (Figur 6).



Figur 6 Senario 1 - fortsettelse dagens trend (Excel: Enova, 2014:1)

3.7.2 Senario 2 - Regjeringens forslag fra 2012.

Scenarioet benytter regjeringens ønsker om passivhus-nivå i 2015 og nesten-nullenerginivå i 2020. For at dette skal nåes i kontorbygg, må dagens energirammer kuttes med 50 prosent i 2015 og 65 prosent i 2020 (Figur 7).



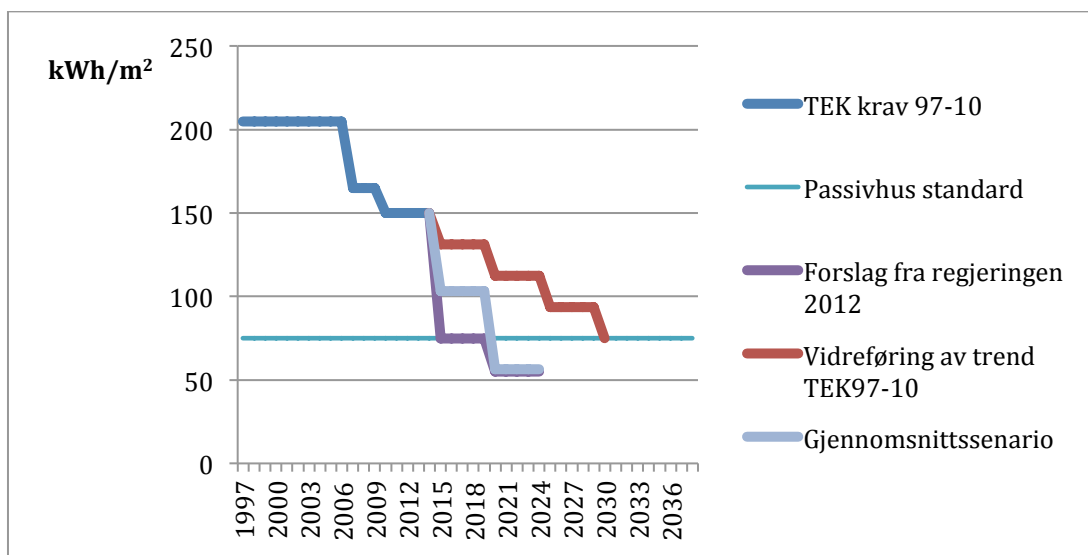
Figur 7 Senario 2 - regjeringens forslag

3.7.3 Sammenligning av scenario 1 og 2

Legger man scenario 1 og 2 til grunne, vil passivhus-nivå senest nåes innen 2031. Med dette som forutsetning, kan vi estimere at kommende energirammer vil bli innstrammet med mellom 12,5 til 50 prosent.

3.7.4 Scenario 3 – realistisk

Hvis vi bruker scenario 1 og 2 som ytre grenser kan gjennomsnittet av disse sees på som ett realistisk scenario (Figur 8). Passivhus-nivå og nesten-nullenerginivå nåes i 2020.



Figur 8 Scenario 3 - realistisk

Den store reduksjonen i energiramme i 2007, viser at det er mulig å gjennomføre store innskrenkninger. Dagens økte tilgang på teknologi, kompetanse og konkurransedyktige produkter gjør den store reduksjonen i gjennomsnittsscenariet mer realistisk.

3.7.5 Konklusjon

Dette forteller oss at fremtidige energikrav vil bli innstrammet, men usikkert med hvor mye. Strengere energikrav kan være ett virkemiddel for å tvinge frem energieffektiverende tiltak i nybygg og ved omfattende restaurering av eksisterende bygningsmasse.

Dersom energikravene blir oppfulgt vil den totale energibruken for yrkesbygg reduseres, og potensialet for reduksjonen ligger hovedsakelig i den eksisterende bygningsmassen.

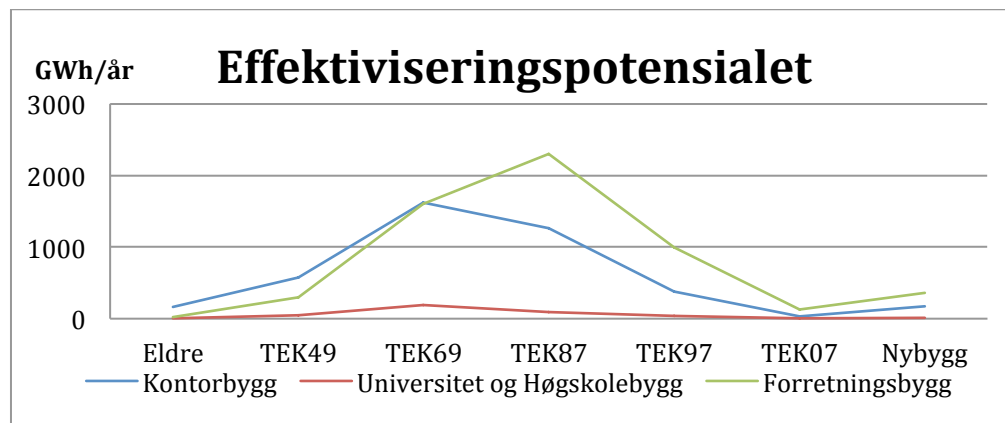
3.8 Potensiale for energieffektivisering

80 prosent av bygningsmassen som skal benyttes om 40 år er allerede bygd, noe som gjør rehabilitering til ett viktig fokusområdet (Enova, 2014:1).

3.8.2 Tekniske potensiale

Det tekniske effektiviseringspotensialet for yrkesbygg i 2020 er estimert til 10,3 TWh (Enova, 2012), noe som utgjør over 30 prosent av totalt energibruk i sektoren. Kontorbygg kan redusere sin energibruk med 4,2 TWh, Universitet og Høgskolebygg med 0,4 TWh og forretningsbygg med 5,7 TWh (Enova, 2012).

Potensiale for effektivisering avhenger av byggeår og antallet bygg fra perioden, og effekten av energieffektivisering er størst i bygg fra perioden TEK 69 til TEK 97 (figur 9). Dette er beregnet på grunnlag av at alle bygg rehabiliteres til sitt fulle potensiale, og det er tatt høyde for at noen bygg ikke kan nå gjeldende standarder (TEK, 2010).



Figur 9 Effektiviserings potensialet i yrkesbygg fordelt på alder (Excel: Enova, 2012)

3.8.3 Økonomisk potensiale

Uten støttetiltak er 50 prosent av teknisk effektiviseringspotensialet økonomisk gjennomførbare (Enova, 2012). Økonomisk potensiale er avhengig av energipris, og høyere øre/kWh gir større økonomisk energieffektiviseringspotensialet.

3.8.4 Konklusjon

Over 15 prosent av total energibruk i yrkesbygg kan reduseres på en økonomisk forsvarlig måte uten støtteordninger. Det at dette ikke er gjennomført viser at det finnes barrierer som forhindrer effektiviseringstiltak.

3.9 Barrierer for energieffektivisering

Barrierer er det som forhindrer gjennomføringen av energieffektiviseringstiltak, og vil trolig varierer mellom hvert enkelt tilfelle. Barrierer vil ofte bygge opp under hverandre, og skaper ett komplekst bilde. Under presenteres hoved barrierene.

3.9.1 Økonomiske barrierer

Økonomiske investeringer i energieffektiviserende tiltak med lang tilbakebetalingstid, høy investeringssum og lav intern gevinst er en barriere for mange bygningseiere (Enova, 2012). 50 prosent av tekniske energieffektiviseringstiltak er i dag ulønnsomme. For å endre dette finnes det støtteordninger for både offentlig og privat sektor. Støtteordningene i seg selv kan av noen ansees som en barriere, da de oppfattes som kompliserte og uoversiktlige samt at det økonomiske bidrag ikke dekker nok.

I ett barriere-studiet gjennomført av Enova, svarte en respondent

”Det økonomiske bidraget fra Enova er nice-to-have, men ikke need-to-have. Det er greit å få penger og det motiverer til å gjennomføre tiltaket, men vil nok ikke bli droppet hvis vi ikke fikk penger fra Enova.” (Enova, 2012)

3.9.2 Teknologiske barrierer

Produkters korte tid på marked og lave erfaringsgrunnlag fører til usikkerhet rundt den faktiske effektiviseringsgraden ett tiltak eller produkt gir, noe som skaper en usikkerhet for forbrukere (Enova, 2012). Planleggingstiden for ett prosjekt gjør også at løsninger og utstyr er utdatert før installasjon finner sted.

Kompatibilitet mellom ulike teknologier er også en utfordring for optimalisering av tekniske anlegg i bygg.

3.9.3 Kunnskaps barrierer

Manglende kjennskapen til, og kunnskapen om støtteordninger og teknologier, samt økonomiske sparepotensialer ved tiltak kan hindre mange energieffektiviseringstiltak.

3.9.4 Tilgjengelighets barrierer

Bygningsutformingen kan i seg selv være en barriere. Plassmangel, vindusareal og byggets spesifikke egenskaper kan begrense teknologiers effekt og økonomiske sparepotensial (Enova, 2012).

Bygningens geografiske plassering kan føre til dårlig tilgang til naturlige ressurser som sol, fjernvarme og vind, og kan opptre som en barriere for gjennomføringen av energieffektiviserende tiltak.

3.9.5 Holdnings barrierer

Mange tror at energieffektivisering går på bekostning av inneklima og komfort, og ønsker derfor ikke at slike tiltak gjennomføres (Enova, 2012). Dette antyder at brukere mener man må velge mellom energieffektive løsninger og god brukerkomfort.

3.9.6 Konklusjon

Vi ser at det er en rekke barrierer som er med på å forhindre beslutninger vedrørende energieffektivisering. Barrierene vil variere i omfang og av type i hvert enkelt tilfelle. Noen av barrierene bygger på hverandre, et eksempel kan være når manglende kunnskap om teknologiens virkningsgrad som fører til at tiltaket anses som uøkonomisk.

3.10 Energieffektivisering i yrkesbygg

Energieffektivisering går ut på å senke energibruket i et bygg, uten at brukerkomforten forringes. Metodene for effektivisering deles i to hovedkategorier, henholdsvis dynamisk som omhandler moderne teknologi, og statisk som baserer seg på isolasjon og byggets utforming.

3.10.1 Kontroll- og effektiviseringssystemer

En rekke systemer tillater kartlegging og kontroll av energibruk for å påpeke områder med effektiviseringspotensialet, og er avgjørende for å optimalisere driften i bygg.

EOS er et energioppfølgings system som følger opp energi- og effektbudsjettet til bygg (Enova, 2004:1). Dette gir en bedre kontroll og oversikt over energiflyt- og bruk, kunnskap som er viktig i implementeringen av energieffektiviserings tiltak. Tidligere erfaringer med EOS vitner om besparelser på mellom 3-10 prosent, som kan forklares med at driftspersonell kan avdekke feil og problemer på et tidlig stadium. Dette forenkler optimalisering av drift.

Sentral Drift-anlegg automatiserer driftskontrollen i ett bygg (Gjersvold, 2013). SD-anlegg er et overordnet styringssystem for tekniske anlegg, og tillater ekstern kontroll og styring av flere anlegg på ett sted. Hovedoppgaven til et SD- anlegg er å redusere og effektivisere energibruken og forenkler vedlikehold.

Informasjonen om byggets energibruk kan implementeres i strategisk energioppfølging. Et eksempel kan være ET-kurven. En ET-kurve setter et byggs energibruk opp mot lokal utetemperatur. Kurven viser hvordan energibruket påvirkes av utetemperaturen, og er unikt for bygget. Kurven beregnes teoretisk, basert på byggets konstruksjon, tekniske anlegg og bruk (Enova, 2004:1).

Energibruk plottes inn, og kan dermed sammenlignes med teoretisk forbruk.

3.11 Energieffektiviserings tiltak etter energiposter

3.11.1 Oppvarming

Energieffektiv-oppvarming benytter energieffektiv teknologi for å begrense varmetap og optimaliserer utnyttelse av energiforbruket. Et byggs varmetap defineres ut fra byggets u-verdi og er en betegnelse på varmetap per kvm fasade (W/m^2) (SNL, 2009:3).

Tabell 1 Energieffektiviserende tiltak - oppvarming (Tokvam, 2011)

Tiltak	Beskrivelse
Regulering av varmeanlegg	Riktig vannmengde på de forskjellige kursene er nødvendig for å optimalisere forbruket. En varmebehovsutregning gir bedre oversikt over forbruket
Utskifting av pumper	Nye og moderne pumper er mer effektive. Pumpeeffekten bør dimensjoneres etter byggets varmebehov
Isolering av pumper, rør og ventiler	God isolering av system minsker varmetap
Montering av termostater og fjernstyring av radiatorventiler	Riktig planlegging og dimensjonering av termostater og ventiler bedrer temperaturkontroll. Trykkstyrte pumper sikrer behovsstyrt forbruk
Installasjon av varmepumpe	Der forholdene ligger til rette for varmepumpe, er dette en energieffektiv løsning for oppvarming
Overgang til fjernvarme	Fjernvarmeanlegg erstatter eldre interne-anlegg med dårlig virkningsgrad, og gir samtidig en mulighet til å oppgradere tilhørende infrastruktur
Varmeisolering	Varmeisolasjon begrense byggets totale varmetap

Energieffektiviserende tiltak kan implementeres på to tidspunkter, enten i prosjektfasen for nybygg eller restaureringsfasen for gamle bygg. Potensiale for energieffektivisering er størst i nybygg (Naturvernforbundet, 2003)

3.11.2 Ventilasjon

Energieffektiviteten til ventilasjonsanlegg defineres ut i fra anleggets SFP-faktor, og beskriver en viftes energibruk mot forflyttet luftmengde (kW/(m³/s)). For nybygg med driftstid på under 4000 timer bør SFP-faktor være $\leq 2,0$ og for bygg med døgnkontinuerlig drift $\leq 1,5$ (Statsbygg, 2000).

Tabell 2 Energieffektiviserende tiltak - ventilasjon (Tokvam, 2011)

Tiltak	Beskrivelse
Varmegjenvinnings system (Roterende)	Henter ut opp mot 90 prosent av varmen fra spil luft
Behovsstyring av ventilasjonsanlegg (VAV-anlegg)	Automatisk mengderegulering av ventilasjonsluft styrt av sensorer i rom
Varmepumpe på ventilasjonsluft	Varmepumpe som tar ut varme fra spil luft, og varmer opp frisk luft
Isolering av kanaler	Reduserer varmetap i systemet
Solskjerming	Begrenser behovet for kjøling

Effektivisering av viftedrift, optimalisering av energibruk til temperering og begrensning av varmetap er de viktigste energieffektiviserende tiltak for ventilasjon.

3.11.3 Belysning

10-15 år gamle lysanlegg kan bruke fire ganger så mye energi som et nytt anlegg (Lyskultur, 2008). God utnyttelse av naturlige lysforhold og moderne teknologi for styring av kunstig lysnivå gir derfor ett godt potensiale for energieffektivisering i mange bygg.

Tabell 3 Energieffektiverende tiltak - belysning (Enova 2008. Tokvam, 2011)

Tiltak	Effektgrad	Beskrivelse
Lavenergi lyspærer	70-90 prosent (Energiråd, 2010)	Ved å bytte til lavenergi lyspærer kan man forlenge levetiden og begrense energiforbruk
Optimalisert armatur	42 prosent (Lyskultur, 2008)	Ved å bytte til lyseffektive armatur, kan man effektivisere energibruken uten å forringe lysforholdet
Utnytte naturlig lys		Optimalisere behovet for kunstig belysning ved bruk av sensorer som registrer og regulerer lysnivå (Enova, 2008)
Bevegelses sensor	29 prosent (Lyskultur, 2008)	Behovsstyrt belysning basert på bevegelsessensorer i rom (Enova, 2008)
Tidsavbrudd		Lyset slås automatisk av etter en forhåndsbestemt tidsperiode (Enova, 2008)
Utskiftning lysanlegg	av < 75 prosent (Lyskultur, 2008)	Bytte ut eldre lysanlegg med moderne (Lyskultur, 2008)

Effektiviseringspotensialet til belysning er estimert til å ligge mellom 10 og 50 prosent for yrkesbygg (Enova, 2008). Ved å oppgradere armatur og lyskilder samt behovsstyring, kan energiforbruket reduseres med inntil 82 prosent (Lyskultur, 2008).

3.11.4 Teknisk utstyr

Det er en vekst i bruk av teknisk utstyr (Ørnes, 2008), noe som fører til at energieffektivisering på dette feltet kan gi store kutt. Mye styres av brukerne, gode rutiner og holdninger er derfor avgjørende.

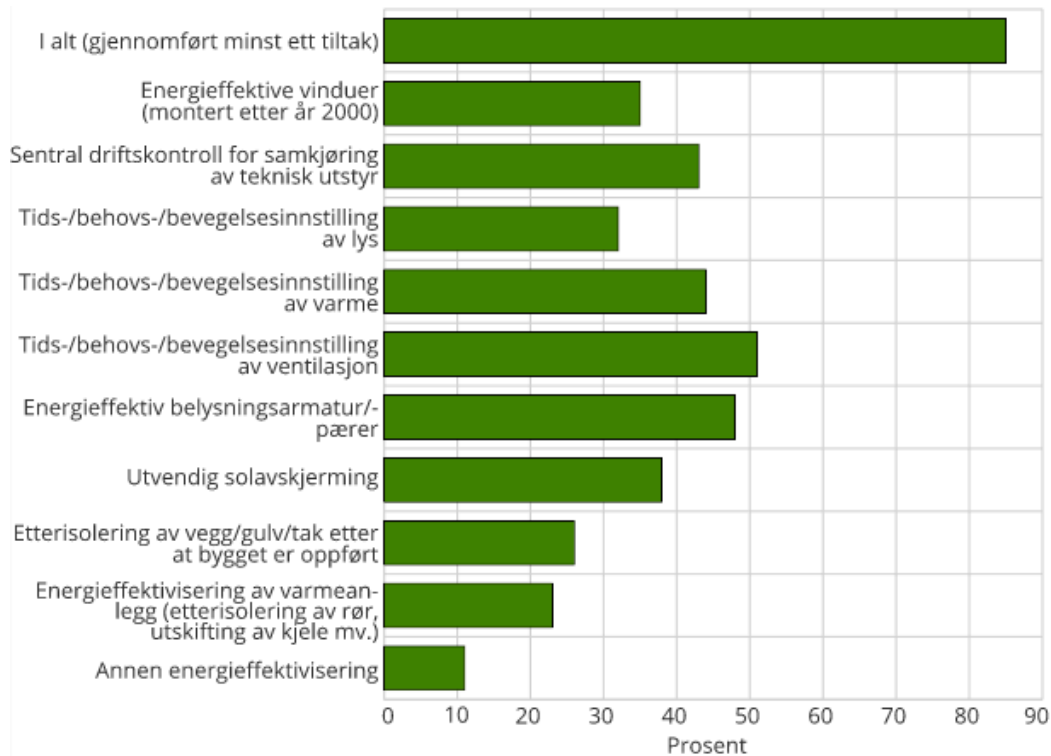
Tabell 4 Energieffektiviserende tiltak - teknisk utstyr (Tokvam, 2011)

Tiltak	Beskrivelse
Energimerking	Energimerking A til G definerer utstyrets forbruk, hvor energimerke A ansees som energieffektivt (Multiconsult, 2006)
Rutiner	Innarbeidede bruksrutiner kan begrense unødvendig driftstid og dermed begrense energiforbruket
Tidsbryter	Tidsbryter på teknisk utstyr som ikke er i kontinuerlig bruk

Teknisk utstyr og apparater er ofte frittstående noe som gjør effektiviseringstiltak komplisert, da tiltakene må gjeninnføres for hvert enkelt apparat.

3.12 Situasjonen i Norge

I figur 10 vises en prosentvis oversikt av effektiviseringstiltak blant bygg med implementerte tiltak. Statistikken er basert på 2800 bygg og er gjennomført av statistisk sentralbyrå.



Figur 10 Effektiviseringstiltak norske bygg (SSB, 2013)

Som figur 10 viser er automatisering og oppgradering de vanligste tiltakene i norske bygg.

Om litteraturen

Litteraturen i denne delen er i stor grad basert på data hentet fra internettet. Publiseringer av rapporter, forskning og andre vitenskapelige artikler er produsert av ulike instanser. De forskjellige partene i bransjen har til tider definert og begrenset sin litteratur på varierende grunnlag. Dette er problematisk da vi kan komme til skade for å benytte litteratur som er upresis eller i verste tilfelle feil. Vi har kritisk satt oss inn i litteraturen og kildene for å minimere sjansen for misforståelser.

På noen områder har det vært vanskelig å finne litteratur, og man har blitt nødt til å ta det man finner. Dermed er noe av litteraturen vi har benyttet, bort imot og over 10 år gammel, dette er et problem da teknologien på disse feltene mest sannsynlig har utviklet seg. Dette kan ha ført til at litteraturen er utdatert.

Personlig feil og misforståelse av litteratur og utregninger er en kilde for feil.

Kapittel 4 Høgskulebygget

I dette kapitlet beskriver vi Høgskulebyggets tekniske løsninger og beregner faktisk energibruk etter første års drift sammenliknet med planlagt, realistisk og faktisk forbruk. Vi prøver her å finne ut hvordan energibruken er fordelt og om dette samsvarer med planlagt energibruk.

4.1 Generelt om Høgskulebygget

4.1.1 Innledning

Høgskulebygget ble åpnet august 2012, og samlet med dette HiSF-Sogndal på Fosshaugane i Sogndal hvor Fosshbygget, Stadionbygget og Guridalsbygget allerede er disponert av høyskolen (figur 11). Bakgrunnen for nybygget var også nettopp dette, samle HiSF-Sogndal på ett campus, samt skape en kobling mellom eksisterende bygg og fungere som ett naturlig sentralbygg. Byggets mål er å gi HiSF-Sogndal en egen identitet og ett velfungerende anlegg (Berge, 2014). Det skal utfylle tilbudet til felles bibliotek, kantine, kontorlokaler og samlokalisering av administrasjon.

Høgskulen i Sogn og Fjordane har 3800 studenter og 330 ansatte med studiesteder i Sogndal og Førde (HiSF, 2014). HiSF ble stiftet i 1994 når 98 regionale høyskoler ble slått sammen til 26 statlige høyskoler.

Bygget er 7605 kvadratmeter fordelt på fem etasjer og inneholder administrasjon, studentorganisasjon, bibliotek, kantine, undervisningslokaler, bokhandel og kontorer (Statsbygg, 2014). Prosjektet hadde en kostnadsramme på 384 millioner kroner (juli, 2011), og bygget er satt opp under ledelse av Statsbygg. Statsbygg er også eier av bygningsmassen.



Figur 11 Sogndal kommune med Fosshaugane campus (Sketchup: Norgeskart, 2014)

4.1.2 Byggeprosessen

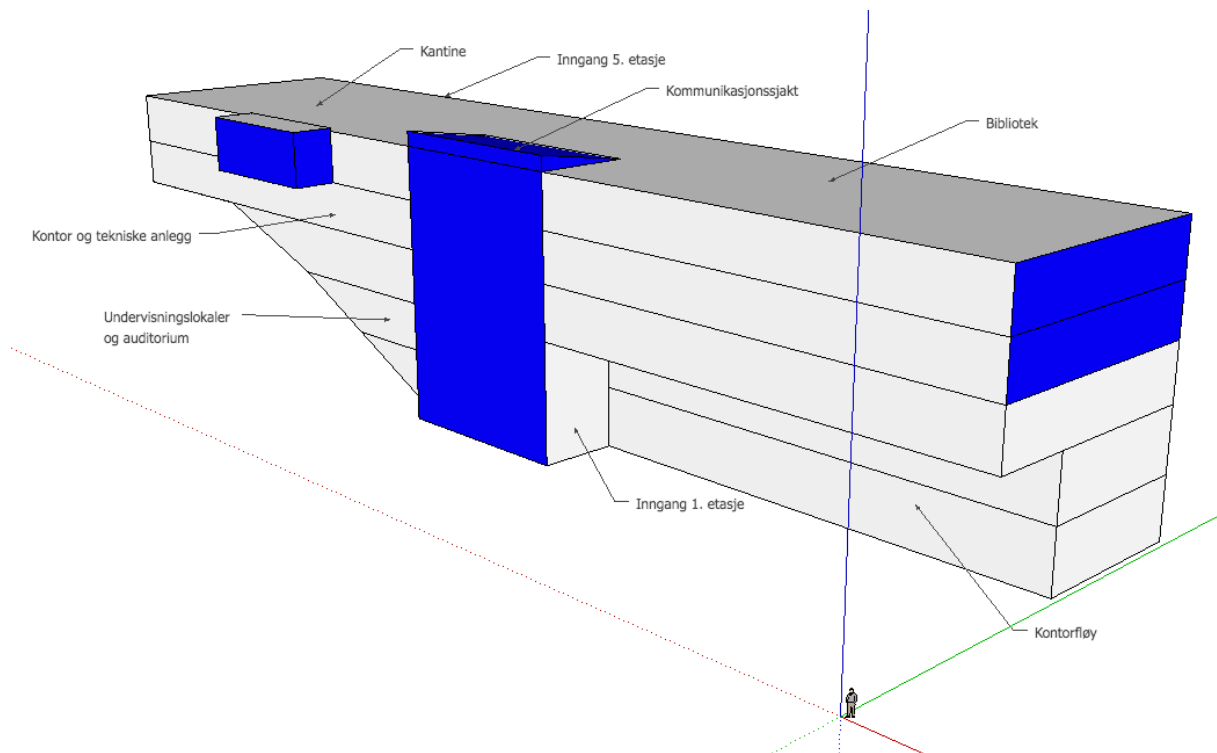
I november 2001 fikk Statsbygg i oppdrag av kirke-, utdannings- og forskningsdepartementet å starte arbeidet med å prosjektere ett eller flere nybygg som samlokaliserer HiSF-Sogndal på Fosshaugane campus (Statsbygg, 2012). Prosjekteringen av det nye sentralbygget startet i august 2006 etter at ARKITEKTGRUPPEN lillefrøen AS fikk tildelt plan- og designjobben. Finansdepartementet godkjente revidert kostnads- og styringsramme i februar 2009. Rammetillatelse ble godkjent av Sogndal kommune i september 2009, og husleieavtale ble signert i starten av 2010. Byggestart var august 2010, og ble ledet av Sogn byggconsult (Dale, 2012). Statsbygg overtok byggearbeidet 22. juni 2012, og startet en prøvedriftsperiode på seks måneder med kunnskapsoverføring fra entreprenører (Vedvik, 2014). Oppsetning og planlegging er gjort med grunnlag i teknisk forskrift 2007 (Statsbygg, 2012).



Figur 12 Høgskulebygget og Fosshbygget sett fra sør-vest (Foto: Espen Mikkellborg)

4.1.3 Om bygget

Bygget er avlangt-kvadratisk og innskutt i terrenget med langsiden dreid 35 grader mot nordvest. Byggets ligger mot Sogndalelva i vest, og delvis skjult bak en vold i øst. Bygget har 7605 kvadratmeter gulvflate, og inneholder to auditorium, to klasserom, 15 seminar- og grupperom, 100 kontorer, kantine, bokhandel og bibliotek (Figur 13) (Statsbygg, 2012). Ett åpent atrium ligger midt i bygget, og fungerer som en kommunikasjonssjakt og sentral transportåre med både trapper og heissjakt. Fasade mot sør er 23 meter høy og mot nord 5 meter høy (Statsbygg, 2007). Bygget er prosjektert for 300-1200 personer i driftstiden med ett forventet middeltall rundt 600 personer (Jensen, 2007). Persontalls-begrensning for hele bygget er 800 personer, hvorav 600 kan oppholde seg i 4. og 5. etasje (Andresen, 2014).



Figur 13 Oversikt Høgskulebygget (Sketchup: Statsbygg, 2012)

4.1.4 Byggets miljømål

Høgskulebyggets miljøprofil er basert på Statsbyggs generelle- og prosjektets miljømål. Statsbyggs generelle miljømål og -krav sier at bygget skal være miljøriktig med fremtidsrettede løsninger, for slik å redusere eventuell miljøbelastning (Statsbygg, 2010).

Prosjektet er definert som miljøklasse 2, og har dermed to miljømål hvorav det ene er energirelatert (Statsbygg, 2005-11). Det andre er å minske miljøbelastning gjennom redusert ressursbruk. Forutsetningene for å nå disse målene er en brukstid på maksimalt 10 timer per dag, 5 dager i uken og at datamaskiner skal være avstengt utenfor brukstid.

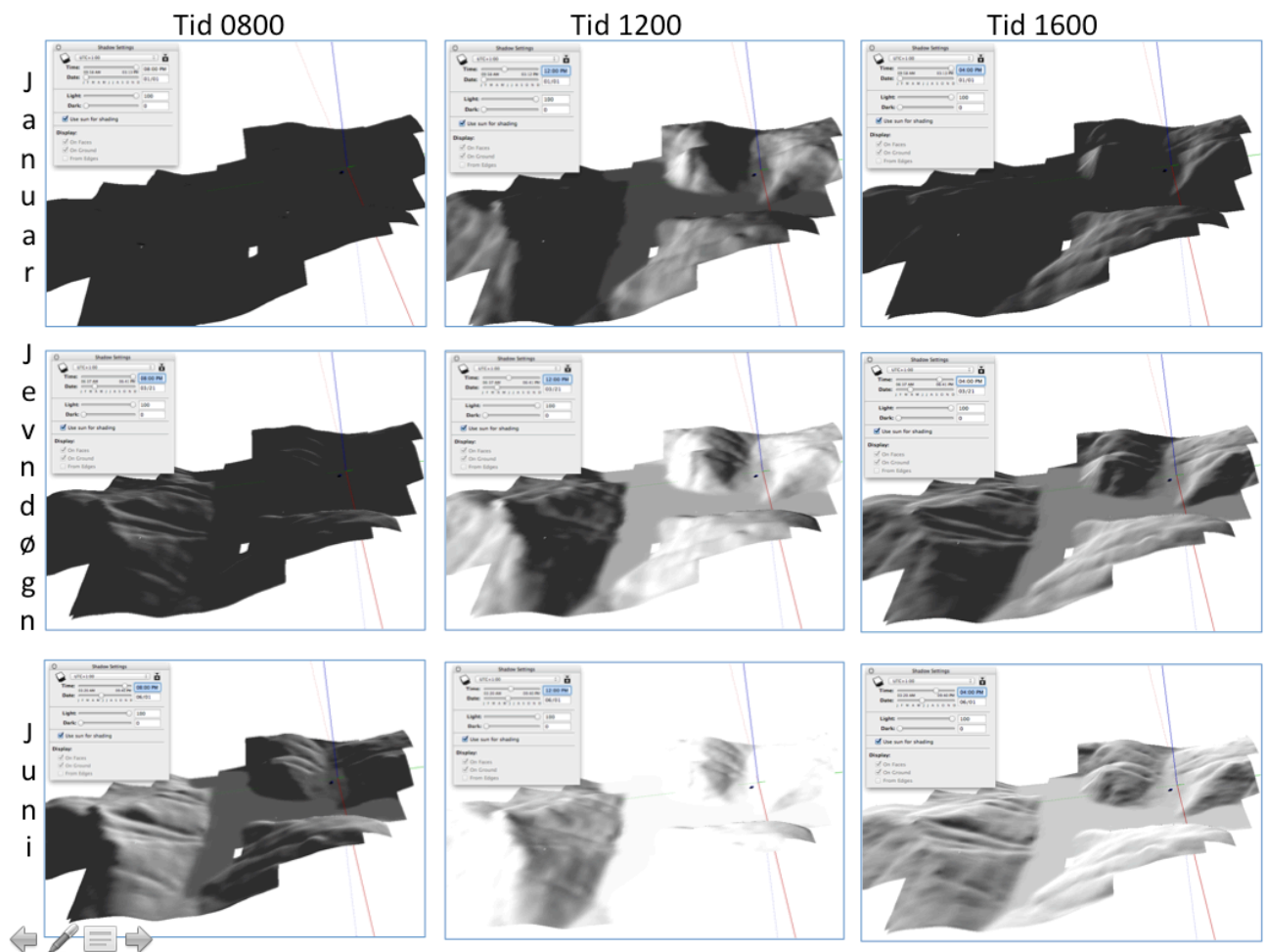
Miljømål energi sier at maksimalt årlig energiforbruk ikke skal overstige 120 kWh/m²år (BTA). To delmål er satt for å nå dette;

Utformingen av bygget skal gi minst mulig varmetap, kjølebehov og energibruk. Dette skal gjøres ved at brystninger under vindu skal være minst 70 cm, plassering av radiatorer på vegg under vindu, glassareal mindre enn 20 prosent av fasadeareal, soltransmisjon gjennom vindu skal ha g-total på maksimalt 0,1 for utvendig solskjerming og 0,72 for klart glass, termografering av bygget for å forsikre oppfylte krav i byggeforskriften og ingen glassoverbygde gater/store glassfasader skal benyttes i helt- eller halvklimaliserte områder.

Redusere bruken av energi til tekniske installasjoner. Dette skal gjøres ved å styre lys etter behov, sette maksimal SFP-faktor til 2,0 per anlegg (eller 2,5 for VAV-anlegg), minst 70 prosent virkningsgrad på varmegjenvinning av ventilasjonsluft ved minimumstemperatur, inndeling av vannbåren varmeanlegg i soner og oppdeling av anlegg ut fra driftstid, lett tilgjengelige og brukervennlige trapper, energieffektive heiser, ett system for reduksjon av effekt på bygget og vannmåler for totalforbruk.

4.1.5 Byggets klimatilpasning

Byggets plassering er basert på Sogndal kommunes reguleringsplan, hvor området rundt Fosshaugane er regulert til *Område for offentlig bebyggelse* (Sogndal kommune, 2004). Plasseringen mellom Fosshaugane mot sør og Stadionbygget mot nord gir en bindende effekt. Det finnes ingen annen dokumentasjon på at plasseringen er gjort av annet enn praktiske årsaker, noe som støttes opp av Statsbygg drift. Plasseringen gjør at bygget ligger i full solskygge 12 uker i året (Hjelmhaug, 2014), hvor Storehaugen (1132 moh.) og Stedjeåsen-Slakafjell (619-855 moh.) begrenser innstrømningen av direkte lys (Figur 14).



Figur 14 Solforhold Sogndal sentrum. Høgskulebyggets lokalisert ved blå linje (Sketchup: Statsbygg, 2012)

4.2 Tekniske løsninger

4.2.1 Belysning

Internt har bygget automatisert lysanlegg med 7- og 12-watt sparepærer. Disse tilsvarer lysstyrken fra en 60-watts glødepære (Kristoffersen, 2014). Klasserom, grupperom, kontorer og områder med varig bruk er utstyrt med bevegelsessensorer som slukker lysene etter 20 minutter uten bevegelse (Vedvik, 2014). Lyset tenes med impulsbryter lokalisert ved dører.

Rom med store glassflater er utstyrt med lysføler som tilpasser kunstig- og naturlig-lys og er styrt over SD-anlegg (Statsbygg, 2005). Styringssystemet er basert på LON (Local Operating-Network), hvor frekvensstyring i ledninger, radiosignaler eller trådløst-internett styrer komponentene.

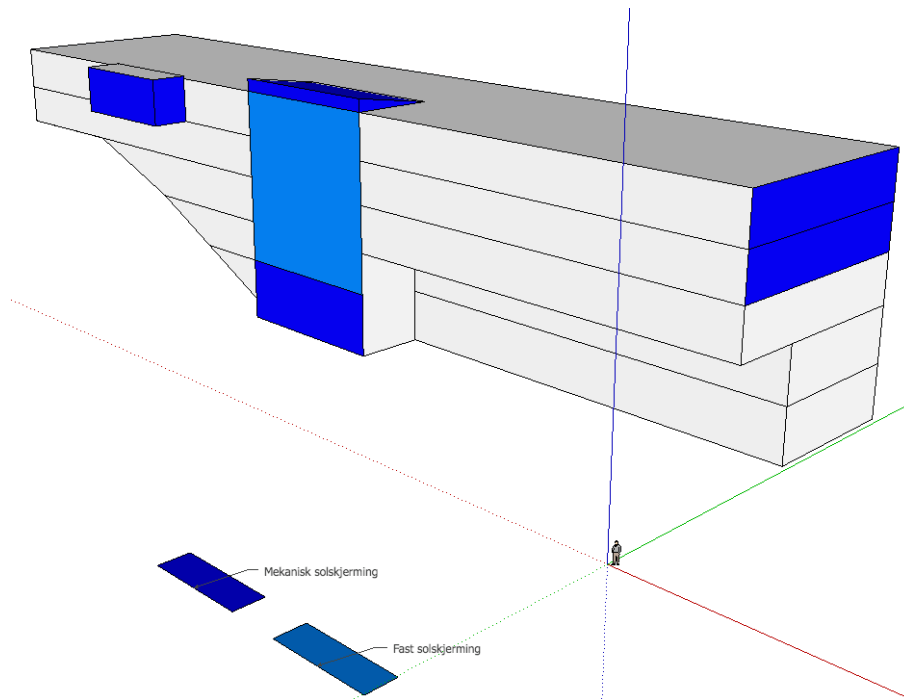
For å forlenge lyspærens levetid, har de blitt kjørt på 100 prosent lysstyrke i 100 timer for å brennes inn (Kristoffersen, 2014). Nøddlys består av LED-pærer. Utendørs er det oppført lysmaster og lyskastere innfelt i bakken, og/eller vegger.

Det er beregnet 10 W/m² til belysning på bygget (Jensen, 2007).



Figur 15 Inngang 5. Etasje. Utendørs lysmast og kantine sett fra østvendt langsida (Foto: Espen Mikkelsen)

Ekstern belysning kommer fra naturlig lys. Biblioteket, kommunikasjonssjakt og glassgård i kantine har store glassfasader som slipper inn lys. Dette er justert med mekanisk (automatisk) eller manuell (fast) solskjerming. Mekanisk solskjerming benytter sensorer for å blende lysmengde når nødvendig. De fleste solutsatte vinduer på bygget har mekanisk solskjerming (Figur 16 og 17).



Figur 16 Store vindusarealer og solskjerming Høgskulebygget (Sketchup: Statsbygg, 2012)



Figur 17 Solskjerming vestvendt fasade (Foto: Simen Dølgaard)

4.2.2 Oppvarming

Oppvarming av bygg og varmtvann leveres fra ett eksternt Fjordvarmeanlegg eid og drevet av Sognekraft AS (Vedlegg 1). Anlegget hadde oppstart 30. Mai 2013, og Sognekraft leverte varme til byggets system også før dette (Fosse, 2014)

Vannbåren varme veksles inn i Høgskulebyggets sentralvarme-anlegg med en tur-returtemperatur på 55/35°C (Fosse, 2014). Anleggets dimensjonerte effekt er 420 kW, og hovedsirkulasjonen er mengderegulert av trykkforskjell. Temperaturen reguleres over en shunt-ventil mellom tur- og returløp.

Varme fordeles internt gjennom ventilasjons- og radiatoranlegg. Radiatoranlegget er ett torørssystem med løp inn og ut, dimensjonert for lavtemperatur varme og benytter en trykkstyrt sirkulasjonspumpe. Varmebatteri i luftbehandlingsanlegg har sirkulasjonspumper for konstant vannmengde. Overnevnte styres automatisk, og overvåkes fra SD-anlegg.

Dagtemperatur i bygget er satt til mellom 20-24°C, med natt-temperatur 2-4°C under dette. Nattsenkningstidspunkt er:

- Kontorer fra 16.00-07.00
- Døgnåpen avdeling fra 00.00-06.00
- Ander arealer fra 21.00-07.00

Utvendige trapper og gangvei til Sognehallen har eget snøsmeltingsanlegg koblet til egen fjernvarmekrets med kapasitet på 100kW og en tur-returtemperatur på 35/20°C (Statsbygg, 2012).

Oppvarming av forbruksvann går gjennom en veksler på egen kurs fra energisentral (Fosse, 2014), med en kapasitet på 100 kW og skal holde 40°C med periodevis gjennomskylling på 80°C for å forhindre bakterievekst (Statsbygg, 2012).

4.2.3 Ventilasjon og kjøling

Ventilasjon

Ventilasjonsanlegg starter ved trykkforandringer i hovedsirkulasjonen og leverer både oppvarming og kjøling under drift (Novema, 2011). Driftstiden for ventilasjonsanlegget er 13 timer per dag (Vedlegg 2).

Bygget har fem luftbehandlingsanlegg dimensjonert for til sammen 95.000m³/time (Statsbygg, 2012) (Tabell 5) (Figur 18). Ventilasjonsanleggene har ikke kjølebatterier, og innblåsingstemperatur er begrenset nedad til 18°C.

Tabell 5 Ventilasjonsanlegg Høgskulebygget (Novema, 2011) (1Estimert med bakgrunn i planlagt bruk)

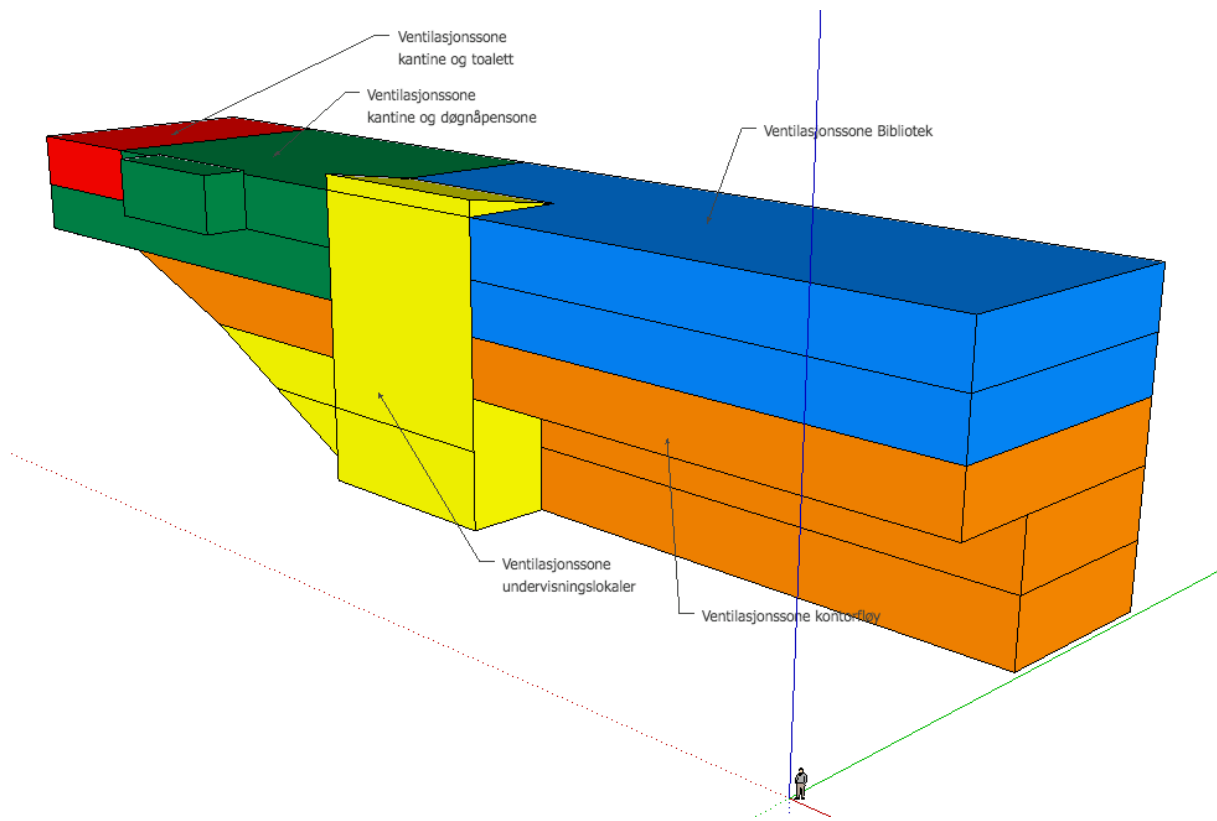
	Kapasitet	SFPV ¹	Varmeveksler
Ventilasjonsanlegg 1	24.000 m ³ /h	1,69 kW/(m ³ s)	75,2 prosent (Roterende)
Ventilasjonsanlegg 2	23.000 m ³ /h	1,60 kW/(m ³ s)	75,9 prosent (Roterende)
Ventilasjonsanlegg 3	24.000 m ³ /h	1,66 kW/(m ³ s)	75,2 prosent (Roterende)
Ventilasjonsanlegg 4	16.000 m ³ /h	1,69 kW/(m ³ s)	75,4 prosent (Roterende)
Ventilasjonsanlegg 5	8.200 m ³ /h	1,95 kW/(m ³ s)	55,0 prosent (Glass veksler)

Ventilasjonen er utstyrt med VAV-spjeld som leverer temperert luft til rom når sensorer registrer CO₂-nivå over 700 PPM (Vedvik, 2014). Sensorer er plassert i de fleste rom, og styres fra SD-anlegg.

Gjennomsnittlig oppnås det 73,6 prosent varmegjenvinning og en SFP-faktor på 1,68 i ventilasjonsanlegget (Tabell 5). Dette møter energikrav satt til anlegget (Statsbygg, 2005)

Det er i hovedsak balansert-ventilasjon i bygget, men auditoriene benytter foretrekningen ventilasjon. De forskjellige sonene har ulik driftstid basert på forventet bruk, og nattsinking av temperatur er forskjellig for sonene (Vedlegg 2).

For naturlig ventilasjon kan dører åpnes i første og femte etasje, samt lufteluker i taket over kommunikasjon-sjakt. Dette benyttes ikke til daglig drift (Vedvik, 2014).



Figur 18 Ventilasjonssoner Høgskulebygget (Sketchup: Jensen, 2007)

Kjøling

Høgskulebygget har kjølevannsforsyning fra fjordvarmeanlegget som går i to kretser, hvorav en er for nedkjøling av ventilasjonsluft og en for nedkjøling av datarom. Vannet blir tatt ut av ferskvannsløypen før energisentralen på Fosshaugane, og skal holde under 14-15°C (Fosse, 2014) (Vedlegg 1). Her blir kjølingen overført fra Sognekraft AS sin sløyfe til Høgskulebygget sin sløyfe (Statsbygg, 2012). Driftstemperatur har er nedre grense på 12°C, og anlegget har en kapasitet på 230 kW. Anlegget styres fra SD-anlegg.

Kjølebatterier i ventilasjon tar inn luft på 25°C og sender ut 17°C (Novema, 2011).

4.2.4 Personbelastning

HiSF-Sogndal har 2868 studenter (DBH, 2014) og 278 ansatte (Tandel, 2014). Dette gir en potensiell brukermasse på rundt 3000 personer. Bygget benyttes til forelesning, seminarer, arbeidsplass, kantine og bibliotek. Oppholdstid i bygget blir dermed varierende. Det er ingen installerte registreringssystemer for hele bygget, noe som gjør personbelastning til ett estimert tall. Ved beregning kan vi estimere at bygget benyttes i driftstiden av en grunnbelastning på 187 personer. Det er topper på potensielt 1000 personer, og det forventes at hoved belastningen er mellom 09.00 og 18.00. Se vedlegg 3 for utregninger og forutsetninger.

4.2.5 Driftstid

Planlagt brukstid for bygget, og en forutsetning for planlagt energibruk, er 10 timer per dag, 5 dager i uken, 52 uker i året.

Realiteten er at bygget benyttes syv dager i uken. Dette er vanskelig å generalisere grunnet lite oversikt over antall brukere. Det er perioder med lite eller ingen bruk som om sommeren, ferier eller ved planlagte høytider (Vedvik, 2014).

For beregninger har denne oppgaven benyttet seg av estimeringer i Vedlegg 2, og driftstid for bygget er satt til 13 timer per dag, 5 dager i uken, 52 uker i året.



Figur 19 Kantine utsikt mot sør-vest (Foto: Espen Mikkelborg)

4.2.6 Automatisering

SD-anlegg styrer sanitær, varme, luftbehandling og kjøling i Høgskulebygget og hvert rom får tilpasset varme-, kjøle- og luftmengde (Statsbygg, 2012). Det er også installert automatisk styring av solskjerming, belysning og sone-avlåsning.



Figur 20 Kopi rom (4. etasje) med lysstyring (Foto: Simen Dølgaard)

4.3 Høgskulebyggets planlagte energibruk

Bygget er planlagt med en total energibruk på 120 kWh/m²år. 106 kWh/m² til oppvarming og 2,5 kWh/m² til nedkjøling (Statsbygg, 2012). Vi forutsetter da at belysning, ventilasjon og teknisk utstyr er planlagt til 11,5 kWh/m². Prosjektgruppen benyttet programvaren *Energi i bygninger*, hvor beregninger viste et forventet energibruk på 115 kWh/m² innendørs og 5 kWh/m² utendørs (Statsbygg, 2005).



Figur 21 Døgnåpen sone - lørdag ettermiddag (Foto: Simen Dølgaard)

4.4 Høgskulebyggets realistisk energibruk

Prosjektgruppens beregninger for energibruk er basert på forutsetningen av at bygget skal benyttes 10 timer per dag, fem dager i uken. Dette gir en driftstid på 2600 timer per år. Standardverdier for universitet og høgskolebygg er 12 timer per dag, 5 dager i uken, 52 uker i året (NS, 2007). Realistisk middel driftstid basert på areal for Høgskulebygget er 13 timer per dag, fem dager i uken, 52 uker i året. Dette gir en årlig driftstid på 3380 timer.

Den andre forutsetningen for byggets planlagte energibruk er at datamaskiner er avskrudd utenfor driftstid. Det er regnet 50 watt per datamaskin med 19-tommer flatskjerm. Antall datamaskiner er estimert til 195 (vedlegg 4). Ved forutsatt 10 timer driftstid per døgn, gir dette 3,3 kWh/m²år for hele bygget. Denne forutsetningen er ikke møtt da alle datamaskiner står på døgnet rundt, syv dager i uken (Berge, 2014. Grande, 2014). Realistisk energibruk for datamaskiner er 11,1 kWh/m²år for bygget.

Med endret driftstid og endring i forutsetninger, samt at det forutsettes lineær energibruk ved endret driftstid blir utregningen som følger,

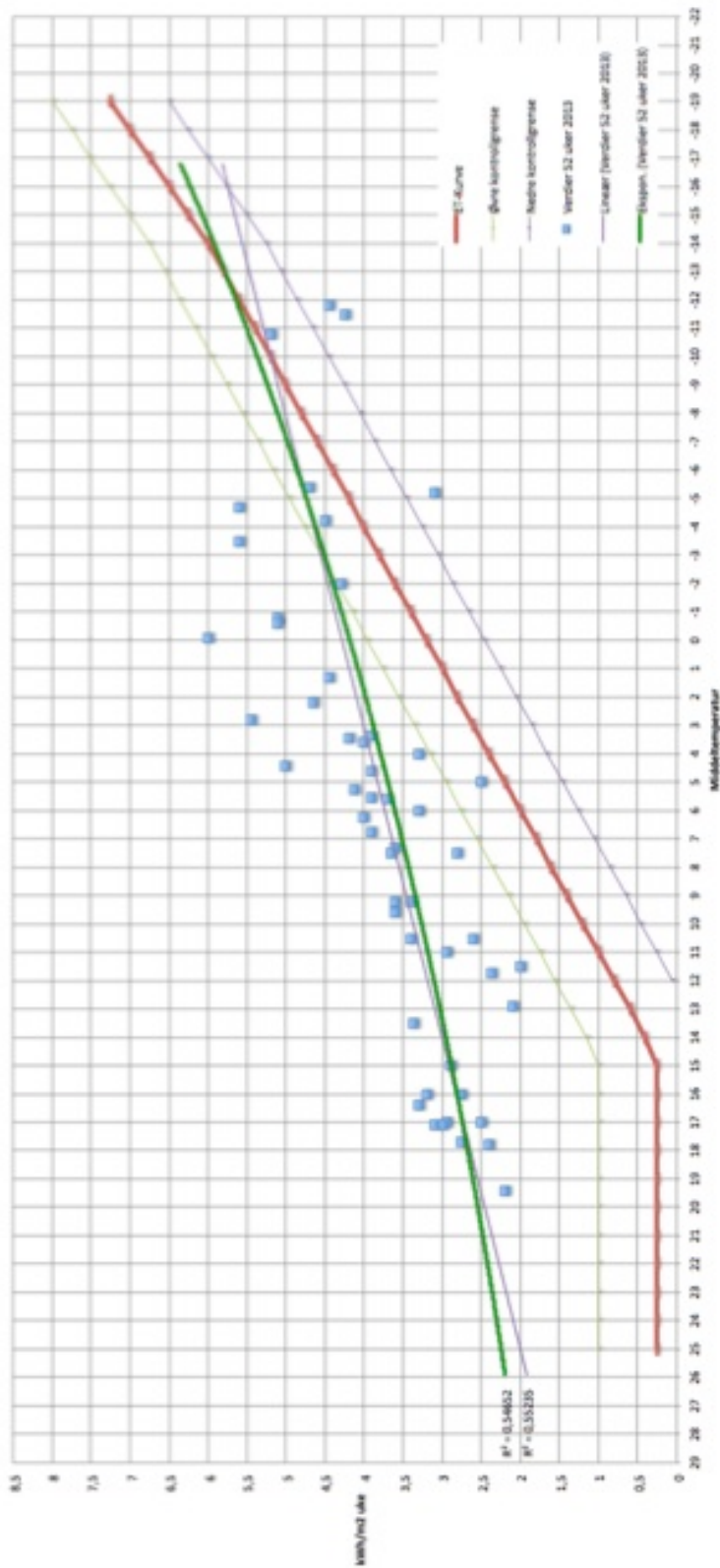
	120	kWh/m ²	planlagt energibruk
-	3,3	kWh/m ²	planlagt energibruk datamaskiner
÷	2600	timer	Driftstimer 10 timer per dag
×	3380	timer	Driftstimer 13 timer per dag
+	11,1	kWh/m ²	Realistisk energibruk datamaskiner
=	162,8	kWh/m ²	Realistisk energibruk

Feilkilder

Realistisk energibruk er veiledende, og innebærer endring i forutsetningene for planlagt energibruk. Her kan økt kjølebehov (påpekt i Jensen, 2007), minsket energibehov grunnet styringssystemer (tillatt i NS, 2007) og lignende beregninger nevnes som andre faktorer som kan endre resultatet. Dette er ikke tatt med da det er ukjent om dette er medberegnet i planlagte tall eller ikke.

4.5 Høgskulebyggets faktiske energibruk

Energibruk ET-kurve



Figur 22 ET-kurve Høgskulebygget (Excel: Statsbygg, 2014:2)

ET-kurve:

For å visualisere og kontrollere energibruken i ett gitt bygg, benyttes en ET-kurve. Her er byggets beregnede energibehov ved forskjellige temperaturer grafisk representert med en linje. ET-kurven er unik for bygget. (Enova, 2004:1) Det er lagt til en feilmargin på rundt 10 prosent for normalfordeling. Hvis verdier faller utenfor dette spekteret er det over- eller underforbruk og burde følges opp (Kristoffersen, 2014).

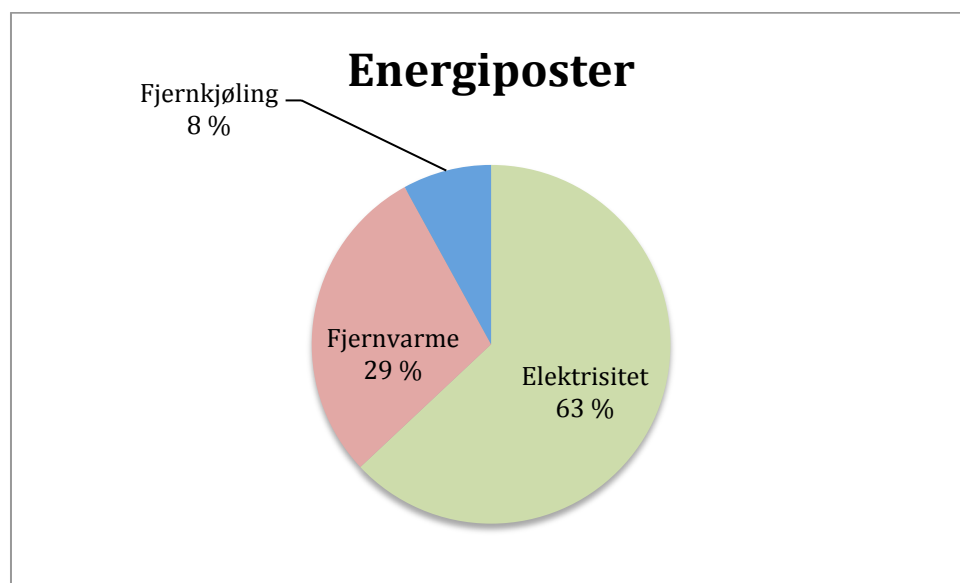
90 prosent av ukene faller utenfor forventet energibruk ved gitte temperaturer (Figur 22). Ukes verdiene varierer mellom 2-6 kWh/m²uke, med ett gjennomsnitt på 3,7 kWh/m²uke. Grafen viser en tendens til lavere energibruk ved høyere temperaturer, men denne er gradvis avtagende (lineær og eksponentiell trendlinje). Trendlinjen viser at energibruken kan ha en tendens til å treffe innenfor forventet energibruk ved temperaturer under -3°C (ned til -20°C). R²-verdiene på trendlinjene derimot er ikke høye, noe som tilsier at det er en stor feilmargin

Energibruk - totalt

I 2013 (1. januar til 31. desember) var energibruken i Høgskulebygget 192,6 kWh/m² (Statsbygg, 2014:2). Dette er bekreftet av Statsbygg Drift ved Anne Kristine Vedvik og Jon Erik Hjelmhaug.

Energibruk –fordelt på poster

Energibruk kan fordeles på tre poster: elektrisitet, fjernvarme, og fjernkjøling (figur 23) (Statsbygg, 2014:1).



Figur 23 Energiposter Høgskulebygget (Statsbygg, 2014)

Med disse forholdstallene kan postene deles inn i kWh/m² av total energibruk (tabell 6).

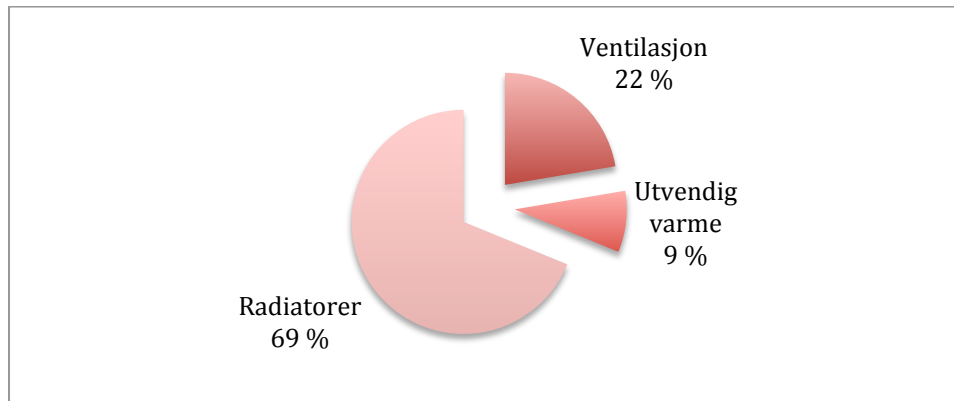
Tabell 6 Energiposter prosent og kWh/kvadratmeter (Statsbygg, 2014:1)

Post	Prosentverdi	kWh/m ²
Elektrisitet	63%	121,35
Fjernvarme	29%	55,85
Fjernkjøling	8%	15,4
<i>Sum</i>	<i>100%</i>	<i>192,62</i>

4.6 Høgskulebygget faktiske energibruk - detaljering

Oppvarming

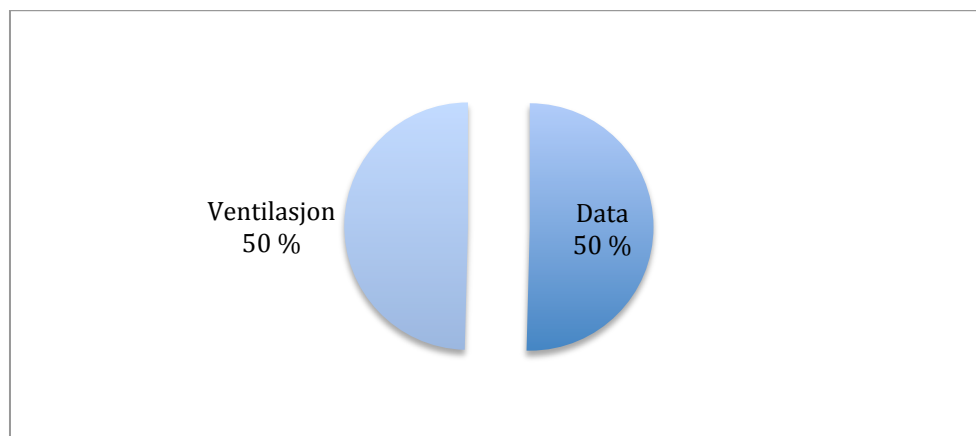
Fjernvarme benyttes til oppvarming av ventilasjonsluft, radiatorer og utvendig varme på Høgskulebygget (Vedvik, 2014). Dette er totalt 56 kWh/m²år og fordeles som vist i Figur 24.



Figur 24 Detaljering - oppvarming (Vedvik, 2014)

Kjøling

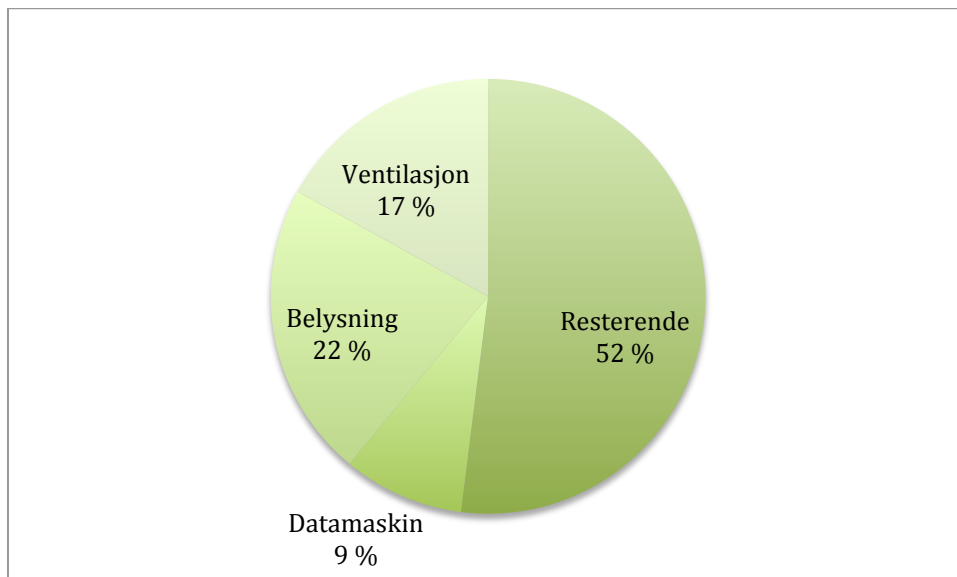
Fjernkjøling benyttes til nedkjøling av datarom og ventilasjonsluft på Høgskulebygget (Kristoffersen, 2014). Det benyttes totalt 15,4 kWh/m²år, og fordeles som vist i Figur 25.



Figur 25 Detaljering - kjøling (Statsbygg, 2014:1)

Elektrisitet

Belysning er planlagt med $10\text{W}/\text{m}^2$ (Jensen, 2007), noe som ved 3380 timer driftstid gir $33,8\text{ kWh}/\text{m}^2\text{år}$ for bygget. Siden det er installert automatisk lysstyring kan energibruk begrenses med 20 prosent (NS, 2007), noe som gir $27,04\text{ kWh}/\text{m}^2$. Energibruk til datamaskiner beregnes til $11,1\text{ kWh}/\text{m}^2$. Ventilasjon bruker gjennomsnittlig 15-20 prosent av energibruk i bygg (Byggmiljø, 2010), noe vi forutsetter at den gjør i Høgskulebygget. Disse går inn i post elektrisitet. Annen energibruk forutsettes å komme fra ikke-optimaliserte styringssystemer for lys, varme og kjøling (Vedvik, 2014) og teknisk utstyr som serverrom, kopimaskiner, interne styringssystemer samt kantine. Dette er totalt $121,3\text{ kWh}/\text{m}^2\text{år}$ og vises i figur 26.



Figur 26 Detaljering - elektrisitet

Feilkilder

Alle tall og beregninger gjort er basert på data oversendt fra Statsbygg drift. ET-kurve stemmer med høy sikkerhet, og er overført fra PDF-format til data-ark i Excel. Energibruk er basert på dette. Oppdeling i poster er basert på detaljrapporter, og har noe høyere usikkerhet. Derfor er størrelsesorden benyttet og overført til grunnberegninger i ET-kurven. Detaljeringsinndeling av elektrisitet er estimerte tall (NS, 2007 og Jensen, 2007), mens annen detaljering er faktisk fordeling basert på målinger internt (Vedvik, 2014).

4.7 Resultat

- Høgskulebygget forbruker 72,6 kWh/m²år mer enn planlagt

Høgskulebygget hadde i 2013 ett energiforbruk på 192,6 kWh/m²år. Dette er ett overforbruk i forhold til de 120 kWh/m² som var planlagt. Vi mener også at et mer realistisk energimål for bygget er rundt 160 kWh/m².

- Forutsetning for planlagt energibruk er brutt

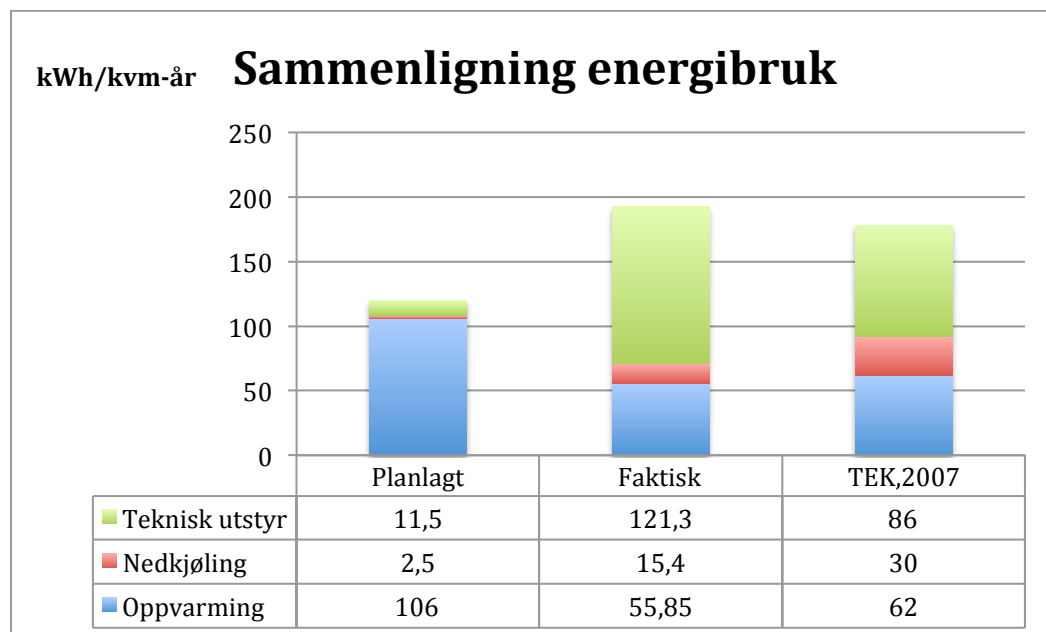
Planlagt driftstid er lavere enn anbefalt beregnet i veiledere (NS, 2007), og enda lavere enn faktisk driftstid (Figur 27). Teknisk utstyr benyttes og mer enn forutsatt. Dette bygger opp derfor synes å være urealistiske forutsetninger.

- Fordeling av planlagt energibruk avviker sterkt fra energigrammer gitt i forskrift

Figur 28 viser at faktisk energibruk stemmer bedre med energigrammer enn planlagt energibruk. Dette støtter opp muligheten for urealistisk forventninger til energibruk.

- Elektrisk energi står for mesteparten av overforbruket

På tross av at elektrisk anlegg som belysning, ventilasjon og automatisering syntes å være velfungerende og effektive, er overforbruket stort. Dette kan vise at belastning og annen uforutsett bruk er høyere enn planlagt ved lengre driftstid.



Figur 27 Sammenligning planlagt, faktisk og gjeldene energigrammer

Kapittel 5 Høgskulebygget sammenlignet

I dette kapittelet sammenlignes Høgskulebyggets energibruk og teknisk anlegg fra kapittel 4 med forskrifter, landsgjennomsnitt og andre bygg for å se om dette kan forklare byggets energibruk.

5.1 Landsgjennomsnitt og rammer for energibruk

I tekniske forskrifter er energirammer gitt for universitets- og høgskulebygg (TEK, 2010). Høgskulebygget ble bygget etter teknisk forskrift fra 2007 (TEK, 2007). Data sammenlignes i tabell 7, og viser at Høgskulebygget ikke møter energirammene.

Tabell 7 Energirammer i forskrifter (TEK, 2007 og 2010)

Universitet- og Høgskulebygg	
Energirammer(TEK, 2007)	180 kWh/m ² år
Energirammer(TEK, 2010)	160 kWh/m ² år
Høgskulebygget	192,6 kWh/m ² år

Manual for Enøk normtall gir veiledende verdier for hva energi- og effektbehov i bygninger bør være etter at lønnsomme ENØK-tiltak er gjennomført fordelt på klimasone og hvilken byggeforskrift som var gjeldene (Enova, 2004:2) (Tabell 8). Bygningsnettverkets energistatistikk dokumenterer utviklingen i energibruk for bygningsmassen som inngår i Enovas bygningsnettverk (Enova, 2007). Høgskulebygget plasserer seg mellom disse punktene.

Tabell 8 Energibruk etter enøk-tiltak (Enova, 2004:2) og bygningsnettverket (Enova, 2007)

Universitet- og Høgskulebygg	
Etter ENØK-tiltak (Enova, 2004:2)	139 kWh/m ² år
Bygningsnettverket (Enova, 2007)	260 kWh/m ² år
Høgskulebygget	192,6 kWh/m ² år

Statistisk sentralbyrå gir hvert tredje år ut statistikk om energibruk i tjenesteytende næringer (SSB, 2011 og SSB, 2008). Vi ser her at Høgskulebygget ligger mitt mellom tall fra 2008 og 2011 (Tabell 9).

Tabell 9 Energibruk gjennomsnitt i Norge (SSB, 2008 og 2011)

Universitet- og Høgskulebygg	
Energibruk (SSB, 2008)	162 kWh/m ² år
Energibruk (SSB, 2011)	233 kWh/m ² år
Høgskulebygget	192,6 kWh/m ² år



Figur 28 Høgskulebyggets østside mot voll (Foto: Espen Mikkelborg)

5.2 Andre Høgskolebygg

Høgskolen i Bergen

Statsbygg har prosjektert ett nybygg på Kronstad i Bergen som skal huse Høgskolen i Bergen med ferdigstillelse høsten 2014 (Statsbygg, 2014:3). Det nye bygget skal, i likhet med Høgskulebygget, samle HiB på ett campus. Bygget har en brutto arealramme på 51.000kvm inklusive parkering i underetasje. Oppvarming kommer fra interne borebrønner med varmepumpeanlegg. Spisser skal håndteres med ekstern fjernvarme. Bygget har like miljømål som Høgskulebygget, men det er lagt mer vekt på plassering i forhold til lokale klimaforhold og orientering. Energiramme for nybygget er 150 kWh/m²år (HiB, 2010).

Høgskolen i Sør-Trøndelag

Statsbygg har prosjektert to nybygg på Kalvskinnet i Trondheim som skal huse teknologiavdelingen ved HiST med ferdigstilling vinteren 2016 (Statsbygg, 2014:4). Byggene har et samlet areal på 15.000kvm, samt 1.000kvm rehabilitering av eksisterende bygg. Brukerne har satt 120 kWh/m²år som energiramme for bygget (Statsbygg, 2014:5). Dette skal nåes gjennom arealeffektivitet og varmepumpe/frikjøling. Det settes ingen energikrav til lokaliseringen av nybygget.

Kunst- og designhøgskolen i Bergen

Statsbygg planlegger ett nytt høgskoleanlegg for KHiB på Møllendal i Bergen med ferdigstillelse i 2017 (Statsbygg, 2014:6). Bygget skal ha ett brutto bygningsareal på 14.500kvm, og har som miljømål å overoppfylle TEK10 med 5 prosent (Statsbygg, 2014:7). Energimål er 152 kWh/m²år. For at dette skal oppnås er det satt som forutsetning at datamaskiner skal være avskrudd utenfor driftstid.

Høgskolen i Oslo, Sykepleierutdanningen

Statsbygg har prosjektert ett nybygg og rehabilitering av eksisterende bygningsmasse på Rikshospitalet i Oslo (Statsbygg, 2014:8). Bygningen ble ferdigstilt siste kvartal 2012, og har ett brutto bygningareal på 19.000kvm. Bygget skal samle sykepleierutdanningen i Oslo på et sted. Teoretisk energibruk for bygget er kalkulert til 86 kWh/m²år, men dette er beskrevet som ett ambisiøst energimål (Statsbygg, 2014:9).

5.3 Sammenlignet med fire andre bygg

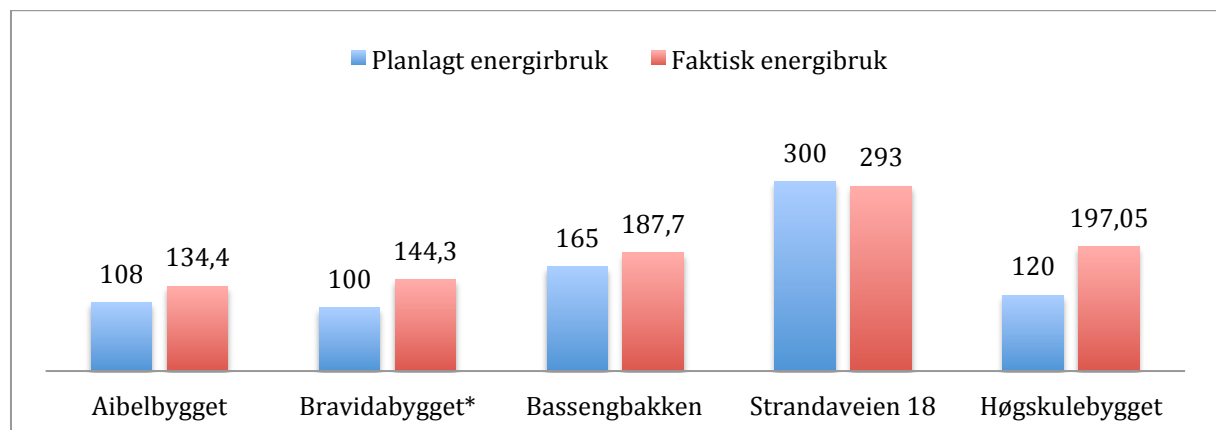
SINTEF byggforsk har gitt ut en prosjektrapport hvor de grundig beskriver energibruk i fem kontorbygg i Norge (Grini, 2009) (Vedlegg 5).

Aibelbygget i Sandnes ble bygget i 2006, og er ett energieffektivt kontorbygg med målt-levert energi på 134 kWh/m²år (2008, gradtall korrigert). Bygget har seks etasjer over bakkenivå og oppvarmet BRA på 23.300kvm. Lavt energiforbruk oppnås gjennom behovsstyrt ventilasjon. Planlagt energibruk for bygget var 100 kWh/m²år.

Bravidabygget i Fredrikstad ble bygget i 2002, og er også ett energieffektivt kontorbygg. Målt-levert energi er 144 kWh/m²år (gj.snitt 2004-2008, gradtall korrigert). Bygget består av to nesten-rektangulære fløyer med tre etasjer, knyttet sammen. Oppvarmet BRA er 5.677kvm, men syd fløyen i tredje etasje har aldri blitt tatt i bruk (982kvm). Lavt energiforbruk er oppnådd grunnet varmepumpe og lav utnyttelsesgrad. Planlagt energibruk var også her 100 kWh/m²år.

Bassengbakken 1 i Trondheim ble bygget i 2001 og rehabilitert i 2004. Bygget er 7.010kvm oppvarmet BRA fordelt på seks etasjer og leies av Trondheim kommune. Målt-levert energi er 188 kWh/m²år (2008, gradtall korrigert). Planlagt energibruk for bygget var 165 kWh/m²år.

Strandaveien 18 i Bærum ble bygget i 1996 og kan sies å være ett energi-ineffektivt bygg. Målt levert energi er 293 kWh/m²år (gj.snitt 2006-2008, gradtall korrigert). Bygget har syv etasjer og oppvarmet BRA på 15.600kvm. Nesten 30 prosent av energibruken knyttes til sentral-IT.



Figur 29 Sammenligning planlagt- mot faktisk energibruk (Grini, 2009. Statsbygg, 2012)

De fleste byggene har ett høyere energibruk en planlagt (Figur 29), men Høgskulebygget skiller seg ut med størst differanse.

Tabell 10 Oppvarmet BRA

	Aibel-bygget	Bravida-bygget	Basseng bakken	Stranda-veien 18	Høgskulebygget
Oppvarmet bruksareal	23,300 [m ²]	5,677 [m ²]	7,010 [m ²]	15,600 [m ²]	7,605 [m ²]

Oppvarmet bruksareal kan deles i to grupper; stor bygningsmasse (Aibel-bygget og Strandaveien 18) og mellomstor bygningsmasse (Bravida-bygget, Bassengbakken og Høgskulebygget) (Tabell 10). I stor bygningsgruppe har vi byggene med høyest og lavest energiforbruk per kvadratmeter.

Tabell 11 SFP-faktor

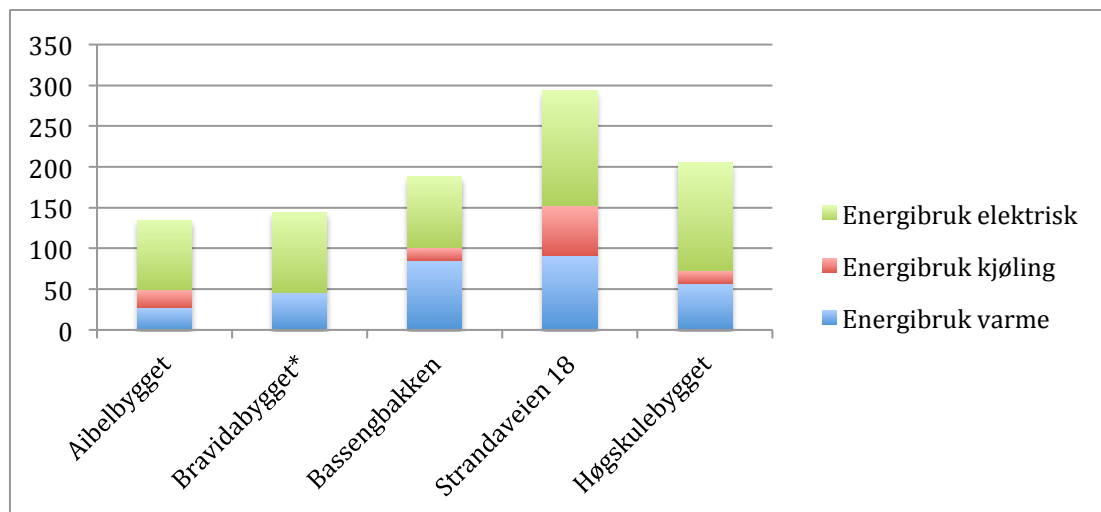
	Aibel-bygget	Bravida-bygget	Basseng bakken	Stranda-veien 18	Høgskulebygget
SFP [kW/(m³/s)]	2,0	2,0	2,98	3,0	1,6
Virkningsgrad	64 prosent	61 prosent	51 prosent	50 prosent	74 prosent
Varmegjenvinnerer	Econet	Roterende	Roterende	Batteri	Roterende

Høgskulebyggets ventilasjon er den mest effektive av de fem byggene, med en SFP-faktor på 1,6 og varmegjenvinning på 74 prosent (Tabell 11).

Tabell 12 Høgskulebygget og Bassengbakken

	Høgskulebygget	Bassengbakken
Driftstimer (uke)	65 timer	61 timer
Faste brukere	187	250
Energiforsyning	Fjernvarme-kjøling	Fjernvarme-kjøling
	Lav temperatur	Høy temperatur
Energibruk totalt	197,05 [kWh/m ² -år]	187,7 [kWh/m ² -år]
Energibruk varme	57,14 [kWh/m ² -år]	85,4 [kWh/m ² -år]
Energibruk kjøling	15,7 [kWh/m ² -år]	15,6 [kWh/m ² -år]
Elektrisitet	132,02 [kWh/m ² -år]	86,7 [kWh/m ² -år]
Lysstyring	Ja	Nei
Glassareal	0,18	0,28

Bassengbakken og Høgskulebygget har mange likheter (Tabell 12). Selv om Bassengbakken ikke har lysstyring, bruker fortsatt Høgskulebygget over halvannen gang mer elektrisitet målt i kWh/m²år. Energibruk til varme kan forklares med forskjellen i glassareal og energiforsyningsteknologi. Bassengbakken har større energiforbrukspotensiale, det er altså lettere å ha ett høyere energiforbruk på kalde dager, grunnet større vindusflater og høy-temperatur vannbåren varme. Høy-temperatur vannbåren varme har ett større forbrukspotensiale enn lav-temperatur (Fosse, 2014).



Figur 30 Energibruk - poster (Bravidabygget har ikke differensiert mellom varme og kjøling)

Ved sammenligning av energibruk, ser man at Høgskulebygget benytter relativt vanlig mengde energi til oppvarming, relativt lite til kjøling og uvanlig mye elektrisitet (Figur 30).

Elektrisk energibruk er i samme størrelsesorden i Høgskulebygget og Strandaveien 18 (Figur 31). I prosjektrapporten påpekes det at Strandaveien har en stor serverpark som bruker opp mot 30 prosent av all elektrisk energi i bygget. Hvis dette trekkes fra, får bygget samme størrelsesskala elektrisk energiforbruk som de andre byggene, og Høgskulebygget skiller seg ut med høyt elektrisk energiforbruk.

Tabell 13 Bygningsmasse og oppvarming/nedkjøling

	Aibel- bygget	Bravida- bygget	Basseng bakken	Stranda- veien 18	Høgskule- bygget
Surface-to- volume ratio ⁽²⁾ [m²/m³]	0,16	0,41	0,28	0,26	0,14 ⁽³⁾
Energibruk - Varme	27,3 [kWh/m ² -år]	45,5 [kWh/m ² -år]	⁽⁷⁾ 85,4 [kWh/m ² -år]	91,0 [kWh/m ² -år]	57,14 [kWh/m ² -år]
Energibruk - kjøling	22,0 [kWh/m ² -år]	-	15,6 [kWh/m ² -år]	62,1 [kWh/m ² -år]	15,76 [kWh/m ² -år]

Surface-to-volume ratio sammenlignet med energibruk til oppvarming og nedkjøling av Høgskulebygget, viser ett energieffektivt bygg med kompakt bygningsmasse og lavt energiforbruk til varme og kjøling (Tabell 13). Det er vanskelig å forklare hvorfor elektrisk energiforbruk er så høyt, men det kan komme av at bygget enda ikke har optimaliserte styringssystemer. Byggene fra SINTEF-rapporten hadde fått noen år til å optimalisere sine systemer på, men ingen viste lignende avvik fra planlagt energiforbruk.

5.4 Resultat

De viktigste resultatene etter å ha sammenlignet Høgskulebygget med forskrifter, gjennomsnittlig energibruk i universitet- og skolebygg og andre casestudier har vi kommet til disse konklusjonene

- Høgskulebygget møter ikke krav til energibruk
- Høgskulebygget fremstår med relativt vanlig totalt energiforbruk
- Det er stor differanse mellom planlagt og faktisk energiforbruk
- Overforbruket kommer fra elektriske anlegg
- Høgskulebygget fremstår som ett moderne og automatisert bygg

Høgskulebygget møter ikke energirammer satt i tekniske krav fra 2007 og 2010. Alt i alt skiller bygget seg lite ut blant yrkesbygg. Det benytter mindre energi enn landsgjennomsnittet i denne sektoren i 2011 men mer enn i 2008. Det kan tyde på at Høgskulebyggets planlagte energibruk ble urealistisk prosjektert. Dette støttes opp av differansen mellom planlagt og faktisk energibruk, som skiller seg ut i sammenligning med andre bygg. Overforbruket skyldes elektrisk forbruk. Dårlig kontroll gjør at dette ikke kan lokaliseres, men vi mener det kan komme av lengre driftstid og større uforutsett forbruk enn planlagt. Bygget benytter moderne teknologi, automatisering og styringssystemer.

Kapittel 6 Diskusjon

Energieffektivisering i Norge vil kunne frigjøre elektrisk energiproduksjon, som kan distribueres til områder hvor tilgangen på fornybar og utslippsfri energi er en mangelvare. Dette vil kunne være ett av Norges bidrag til en reduksjon av globale klimagassutslipp.

Potensialet for en slik effektivisering er stor innenfor tjenesteytende næring, og med flere virkemidler og verktøy vil flere tiltak bli økonomisk gjennomførbare. Dette gjør at vi kan redusere opp til 1/3 av sektorens totale energiforbruk. Med bakgrunn i at 5 TWh kan reduseres økonomisk forsvarlig i dagens situasjon, vitner dette om tydelige barrierer i tillegg til de mest åpenlyse økonomiske eller tekniske.

Regjeringens mål om innstramning av energikrav til bygg vil ytterligere øke potensialet for reduksjon av energibruk. Reduksjonen avhenger også av hvor godt energikrav vil bli etterfulgt. Vårt inntrykk av dagens situasjon er at kravene ikke vil bli etterfulgt.

Vårt arbeid med Høgskulebygget har vist oss at det er lite oversikt over hvor energiforbruket er størst, og at overforbruket ikke ansees som alvorlig. Det er flere tegn som tyder på at det har vært urealistiske planer og uforutsette hendelser i prosjekteringsperioden som har ført til redusert fokus på energikontroll i det ferdige bygget. Budsjettkutt har ført til blant annet enklere kontrollsystemer for drift. Videre energieffektivisering blir dermed vanskeligere enn nødvendig med bakgrunn i at det mangler en oppdelt oversikt over elektrisk energiforbruk.

Energibruk er unikt for hvert enkelt bygg, og planlagt energibruk er ofte lavere enn faktisk energibruk. Yrkesbyggkategorien Universitet og høgskolebygg kan sammenlignes med yrkesbyggkategorien kontorbygg på mange områder. Energiforbruk er i samme størrelsesorden, det samme gjelder driftstid, personbelastning, energikrav, tekniske anlegg og utstyr.

Energieffektiverende tiltak og strategier vil være unike for bygget, for slik å møte hvert byggs behov og potensialet.

Kapittel 7 Erfaringer

Gjennom arbeidet med denne oppgaven har vi sett viktigheten av en overordnet plan og klar strategi med gjennomførbare mål og milepæler. Vi har også sett hvordan en oppgave endrer seg i takt med tilegnet kunnskap, og at det man starter med ikke nødvendigvis er der man ender opp.

Det å arbeide i en gruppe over lengre tid krever tilpasning og avveksling. Fra oppgavens spede start i mai 2013 til dags dato har mål som tidlig ble satt, blitt endret, fjernet eller mistet viktighet. Dette har lært oss viktigheten av erfaring og kunnskap om realistisk planlegging. Uforutsette hendelser, slik som vanskelig datainnsamling, ukjente dataenheter og ulike forventninger, har ført til problemstillinger vi ikke hadde forutsett. På tross av dette sitter vi igjen med følelsen av at vi har lært mye, og jobbet godt sammen. Det har gitt oss verdifull erfaring om tidsspenn og ressursbruk en slik oppgave faktisk omfatter. Dette skal vi ta med oss videre inn i nye utfordringer som ballast.

Hadde vi med dagens kunnskap måtte begitt oss ut på samme oppgave, ville nok arbeidet fordelt seg noe annerledes. Kommunikasjon om progresjon, arbeidsoppgaver og utfordringer hadde blitt vektlagt, og planleggingsfasen hadde blitt benyttet til å sette opp rammeverket i stedet for plantegninger. Med dette mener vi at vi ikke skal si «sånn skal vi gjøre det», men heller legge til rette for at det kan gjøres.

Vi ser i dag hvordan en oppgave sjeldent vil være definert fra første start, men heller være en dynamisk prosess hvor ny kunnskap endrer og definerer videre arbeid.

Kapittel 8 Referanseliste

Abrahamsen, 2013: Energibruk i bygninger for tjenesteytende virksomhet 2011. Rapport 62/2013. SSB 2013.

Andersen, 2014; Pål Andersen, Sivilarkitekt ARKITEKTGRUPPEN lillefrøen AS (pers.medd.)

Awbi, 2003: Ventilation and buildings. Second edition. Awbi, H.B., 2003.

Bellona, -: Energieffektivisering. Bellona og Siemens, -. Hentet 22 mars. 2014 fra <<http://bellona.no/assets/Energieffektivisering.pdf>>

Berge, 2014: John Ove Berge, seniorkonsulent HiSF Sogndal. (pers. Medd.)

Brittanica, 2014: Ventilating. Encyclopedia Britannica, 2014. Hentet 17. Februar 2014 fra <<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/625507/ventilating>>

Byggalliansen, 2012: Målkonflikter mellom energisparing og fjernvarme – problemsbeskrivelse og løsningsforslag. Byggalliansen, 2012. Hentet 18. Mars 2014 fra <http://www.byggalliansen.no/veiledere/dokumenter/Rapport_Maalkonflikter_fjernvarme.pdf>

Byggmiljø, 2010: Nødvendig kompetanse for prosjekterende, prosjekteringsledere og prosjektledere for miljøriktig prosjektering av bygninger. Byggmiljø, 2009. Revidert 2010.

Dale, 2012: Høgskulebygget, Fosshaugane Campus. Ole Harald Dale. Publisert 20.08.2012, lest 6. Desember 2013 på <<http://www.bygg.no/article/92573>>

DBH, 2014: Database for statistikk om høgre utdanning. Lest 10. Mars på <<http://dbh.nsd.uib.no/>>

DBK, 2014: Byggteknisk forskrift med veiledning - §13.1 generelle krav til varme- og kuldeinstallasjon. Direktoratet for byggkvalitet, 2014. Hentet 20. Mars 2014 fra <<http://dibk.no/no/BYGGEREGLER/Gjeldende-byggeregler/Veiledning-om-tekniske-krav-til-byggverk/?dyp=/dyp/content/tekniskekrav/13/1/>>

Energiråd, 2010: Energieffektiv belysning i yrkesbygg. Energiråd innland ,2010. Hentet 09. April 2014 fra <<http://www.energirad-innlandet.no/bygninger/energieffektivisering-i-yrkesbygg/belysning>>

Energy star, 2014: Energikalkulator datamaskiner, EU energy star. Benyttet 23. Mars 2014 på <http://www.eu-energystar.org/no/no_008.shtml>

Enova, 2004:1: Enova SF. Energioppfølging i næringsbygg – en innføring. Enova håndbok 2004:3. Trondheim, 2004.

Enova, 2004:2: Manual for Enøk normtall. Håndbok 2004:2. Enova, 2004

Enova, 2007: Byggningsnettverkets energistatistikk. Rapport 2007:2. Enova, 2007

Enova, 2008: Energieffektiv belysning i yrkesbygg. Birkeland, A., Bruun, G. Enova, 2008.

Enova, 2011: Byggstatistikk 2011. Enova, 2011. lest 07.04.14 på <<http://www.enova.no/innsikt/rapporter/byggstatistikk-2011/6-referanser/492/0/>>

Enova, 2012: Potensial- og barrierestudie: Energieffektivisering i Norske yrkesbygg. Rapport 2012:01.2. Multiconsult, 2012. Hentet 1. April 2014 fra <http://www.enova.no/upload_images/9F05167A14754E189F3A9591B5D7F648.pdf>

Enova, 2014:1: Resultat- og aktivitetsrapport. Rapport. Enova, 2014. Hentet 3. April 2014 på <<http://www.enova.no/innsikt/rapporter/resultatrapport-2013/729/0/>>

Enova, 2014:2: Balansert ventilasjon. Enova, 2014. Hentet 11. Mars 2014 fra <[ova.no/radgivning/privat/rad-om-produkter-og-losninger/styring-og-effektivisering/ventilasjon/energieffektiv-ventilasjon/108/131/](http://www.enova.no/radgivning/privat/rad-om-produkter-og-losninger/styring-og-effektivisering/ventilasjon/energieffektiv-ventilasjon/108/131/)>

Excel: Statsbygg, 2014:2: Digital overføring av data fra ET-kurve (Statsbygg, 2014:2)

Fosse, 2014: Kåre Fosse, prosjektleder energiutvikling Sognekraft (pers. Medd.)

Gjersvold, 2013: Automatisering, drift og arbeidsmiljø i et yrkesbygg. Gjersvold, T., 2013. Publisert våren 2013. Hentet 08. April 2014 fra <<http://www.ntnu.no/documents/10265/15853036/master+gjersvold.pdf/51051eef-dfc4-4d56-a50b-33b29e4f0818>>

Grande, 2014: Borgar Frøysland Grande, lærling IT-Hisf. (pers. Medd.)

Grini, 2009: Grini, C et al. LECO – energibruk i fem kontorbygg i Norge. Prosjektrapport 48 – 2009. SINTEF byggforsk, 2009.

Hatlevoll, 2014: Bente Hatlevoll, Spesialistbibliotekar HiSF. (pers. Medd.)

HiB, 2010: 96001 Høgskolen i Bergen – miljøplan. Miljøplan. Statsbygg, 2010.

HiSF, 2013: HiSF Studieplaner for 2013. Lest 11. Mars 2014 på <http://studiehandbok.hisf.no/no/content/view/full/10074>

HiSF, 2014: Om Høgskulen. HiSF, 2014. Hentet 5. April 2014 fra http://www.hisf.no/no/om_hoegskulen

Hjelmhaug, 2014: Jon Erik Hjelmhaug, driftsleder Statsbygg Sogndal (pers. Medd)

Jensen, 2007: Jensen, S., Johansen, D. Notat RIV-02, Sak: Inneklimaberegninger av Høgskulen i Sogndal. Ingenia. 2007. Oversendt fra ARKITEKTGRUPPEN lillfrøen AS 12. Februar 2014.

Kristoffersen, 2014: Tom Kristoffersen, drift Statsbygg Leikanger (pers. Medd.)

Lyskultur, 2008: En lysere fremtid. Lyskultur, 2008. Hentet 09. April 2014 fra

Multiconsult, 2006: Bygningsenergidirektivet- Veileder for næringsbyggrådgiver. Veileder. Multiconsult, 2006.

Mysen, 1999: Energieffektiv ventilasjon. Mads Mysen et al., Norges byggforskinstitutt, 1999.

Naturvernforbundet, 2003: Energisparetiltak i næringsbygg. Rapport2/2003. Naturvernforbundet, 2003.

NOU, 1998: Energi og kraftbalansen mot 2020. Utredning. Regjeringen, 1998.

Novema, 2011: Novema – tekniske løsninger Høgskulebygget. Novema, 2011.

NS, 2007: Norsk Standard. Beregning av bygningers energiytelse – metode og data. Standard norge. 2007

NVE, 2010: Klimagassutslipp fra fjernvarme: Tiltak og virkemidler – et innspill til klimakur 2020. Rapport. NVE, 2010.

NVE, 2011: Energibruk, energibruk i Fastlands-Norge. Rapport nr 9/2011. Magnussen, I. Spilde, D. Killingland, M. Norges Vassdrags- og energidirektorat. NVEs hutrykkeri. 2011

Regjeringen, 2012:1: Norsk klimapolitikk. Klima- og miljødepartementet. 25. April 2012.

Regjeringen, 2012:2: Endringer i statsbudsjettet 2012 under Olje- og energidepartementet. Det Kongelige olje- og energidepartement. 23. Nov 2013

Sintef, 2003: Det klimatiske laboratorium. Aarlien, R. 2003. Hentet: 10. April.2014 <<http://www.dkl.no/ventilasjon/ventilasjonsprinsipp.htm>>

Sketchup: Norgeskart, 2014: kartgrunnlag hentet 3. Mars 2014 fra <www.norgeskart.no>

Sketchup: Statsbygg, 2012: Visualisering gjort i open-source programmet Sketchup med data hentet fra Statsbygg Ferdigmelding, HiSF, 2012.

SNL, 2009:1: Tertiærnæringer. 2009. Store norske leksikon. Hentet 28. Februar 2014 fra <<http://snl.no/terti%C3%A6rn%C3%A6ringer>>

SNL, 2009:2: Naturlig ventilasjon. SNL, 2009. Hentet 4. Februar 2014 på <http://snl.no/naturlig_ventilasjon>

SNL, 2009:3: U-Verdi. SNL, 2009. Hentet 09. April 2014 fra <<http://snl.no/U-verdi>>

SNL, 2012: Energieffektivisering. 2012. Store norske leksikon. Hentet 3. Mars 2014 fra <<http://snl.no/energieffektivisering>>

SNL, 2013:1: Varmepumpe. Lorenten, G., Bredesen, A. SNL, 2013. Hentet 10. Mars 2014 fra <<http://snl.no/varmepumpe>>

SNL, 2013:2: Sentralvarme. Hofstad, K. SNL, 2013. Hentet 10. Mars 2014 fra <<http://snl.no/sentralvarme>>

Sogndal kommune, 2004: Fosshaugane – kvåle. Sogndal kommune. 2004. Lest 4. Mars 2014 på

<http://wms.sognekart.no/DATA_1420/plan_arkiv/REGPLAN/plan_orig/1420-2004005.pdfv>

SSB, 2011: Energibruk i tjensteytende næringer, 2011, endelige tall. Statistisk sentralbyrå, 2013. Lest 17. Mars 2014 på <<http://ssb.no/energi-og-industri/statistikker/entjeneste>>

SSB, 2012: Fjernvarme, 2012. Statistisk sentralbyrå, 2013. Lest 06. April.2014 på <<http://ssb.no/fjernvarme>>

SSB, 2013: Energiregnskap og Energibalanse, 2011-2012. Statistisk sentralbyrå, 2013. Hentet 3. Mars 2014 fra <<http://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/energiregn/aar/2013-11-08#content>>

Statsbygg, 2000: Energieffektiv viftedrift. Statsbygg, 2000. Hentet 10. April 2014 fra <<http://www.statsbygg.no/FilSystem/files/Dokumenter/veiledninger/EnergieffektivViftedrift.pdf>>

Statsbygg, 2005: Miljøoppfølgings skjema, Høgskulen i Sogn og Fjordane – Sentralbygg Sogndal. Statsbygg. 2005. Oversendt fra ARKITEKTGRUPPEN lillefrøen AS 12. Februar 2014.

Statsbygg. 2005-2011: Miljøklasser. Statsbygg 2005-2011 (Utrangert). Lest 3. Mars på <<http://statsbygg.no/Miljo/Miljoklasser/>>

Statsbygg, 2007: 10245 Høgskolen i Sogn og Fjordane – Statsbygg - Forprosjekt. Lesehefte. Statsbygg. 2007.

Statsbygg, 2010: TP 10245 Høgskulen i Sogn og Fjordane, sentralbygg i Sogndal. Byggeprogram versjon v.2. Utdrag oversendt fra ARKITEKTGRUPPEN lillefrøen AS 12. Februar 2014.

Statsbygg, 2012: Høgskulen i Sogn og Fjordane, Fosshaugane campus. Ferdigmelding nr.796/2012. Statsbygg. 2012. Hentet 10. Januar 2014 fra http://www.statsbygg.no/FilSystem/files/ferdigmeldinger/706_sogndal.pdf

Statsbygg, 2014:1: Statsbygg. Detaljrapport-Høgskolen i Sogn og Fjordane, Sogndal. Statsbygg drift. Oversendt fra Tom Kristoffersen 12. Februar 2014.

Statsbygg, 2014:2: ET-kurver: Høgskulen i Sogn og Fjordane, Sogndal- Energiblokk Fosshaugane/sentralbygget. Statsbygg drift. Oversendt fra Tom Kristoffersen 12. Februar 2014.

Statsbygg, 2014:3 : Nybygg på Kronstad. Fakta-ark, Høgskolen i Bergen. Statsbygg. Lest 27. Mars 2014 på <http://statsbygg.no/FilSystem/files/prosjekter/hiBergen/faktaarkHiBsep2012.pdf>

Statsbygg, 2014:4: Høgskolen i Sør-Trøndelag, nytt teknologibygge. Byggeprosjekter. Statsbygg. Lest 27. Mars 2014 på <http://statsbygg.no/Byggeprosjekter/HiST-Teknologibygge/>

Statsbygg, 2014:5 : Miljømål. Prosjekt HiST-teknologibygge. Statsbygg. Lest 27. Mars 2014 på <http://statsbygg.no/Byggeprosjekter/HiST-Teknologibygge/Miljomal/>

Statsbygg, 2014:6: Kunst- og designhøgskolen i Bergen. Byggeprosjekter. Statsbygg. Lest 27. Mars 2014 på <http://statsbygg.no/Byggeprosjekter/Kunsthogskolen-i-Bergen/>

Statsbygg, 2014:7 : Miljømål for Kunsthøgskolen i Bergen. Miljømål KHiB. Statsbygg. Lest 27. Mars 2014 på <http://statsbygg.no/Byggeprosjekter/Kunsthogskolen-i-Bergen/>

Statsbygg, 2014:8 : HiO: Sykepleierutdanningen. Ferdigstilte Byggeprosjekter, Statsbygg. Lest 27. Mars 2014 på <http://statsbygg.no/Byggeprosjekter/Hogskolen-i-Oslo/>

Statsbygg, 2014:9 : Miljømål for HiO Sykepleierutdanninga. Ferdigstilte byggeprosjekter, statsbygg. Lest 27. Mars 2014 på <http://statsbygg.no/Byggeprosjekter/Hogskolen-i-Oslo/Miljomal/>

Tandel, 2014: Nina Leivdal Tandel, seniorkonsulent HiSF. (pers. Medd.)

TEK, 2007: Veiledning til teknisk forskrift til plan- og bygningsloven 1997. 4. Utgave 2007, Statens Bygningstekniske etat. Lest 9. April 2014 på <http://www.dibk.no/Documents/Byggeregler/Tidligere_regelverk/Veiledning_til_teknisk_forskrift_4.utg.2007.pdf>

TEK, 2010: Forskrift om tekniske krav til byggverk. Kommunal og regionaldepartementet. 2010. Lest 14. Mai 2013 på <www.lovdata.no>

Timeedit, 2014: data hentet fra reservasjonstjenesten til HiSF TimeEdit 10. mars 2014 fra <https://web.timeedit.se/hisf_no/db1/timeplan/#>

Tokvam, 2011: Bærekraftig energieffektivisering av eksisterende bygninger. Tokvam, M, 2011.

Vedvik, 2014: Anne Kristine Vedvik, driftsleder Statsbygg Sogndal (pers. Medd.)

Vorsatz, 2007: Mitigating CO₂ emissions from energy use in the world's buildings. Vorsatz, Diana. Harvey, Danny. Mirasgedis, Sevastinos. Levine, Mark. Building Research & information. Volume 35, issue 4, 2007.

Wikan, 2014: Hugo Wikan, kantineleder Sisof (pers. medd.)

Wikipedia, 2014: Fjernvarme. Wikipedia, 2014. Hentet 31. Mars 2014 fra <<http://no.wikipedia.org/wiki/Fjernvarme>>

Ørnes, 2008: Analyse av energibruk og termisk inneklima i næringsbygg med kjøling. Ørnes, I, 2008. Hentet 9. April 2014 fra <<http://diva-portal.org/smash/get/diva2:350639/FULLTEXT01.pdf>>

Vedlegg 1: Fjordvarmeanlegg

Oppvarming og nedkjøling blir levert av ett eksternt fjernvarmeanlegg eid av Sognekraft AS med oppstart 30. Mai 2013. Fjordvarmeanlegget har vanninntak ved fjorden, hvor vannet blir hentet med en temperatur på 7-8 °C (Fosse, 2014). Dette blir veksles til en lukket ferskvannssløyfe som løfter vannet opp til en energisentral lokalisert på Fosshaugane. To industrivarmepumper på 1.200 kW hver tar ut 5°C fra ferskvannssløyfen (fra 7-8°C til 2-3°C), og overfører dette til en glykolsløyfe. Varmepumpene er seriekoblet og temperaturen blir hevet fra 60°C i første pumpe, og opp til 70°C i andre pumpe. For å håndtere spisser i varmebehov er en elkjel og to oljekjeler koblet til siste sløyfe (figur 31). Vannet blir varmet opp til dette nivået fordi anlegget leverer til flere kunder med ulikt varmebehov (tabell 14).

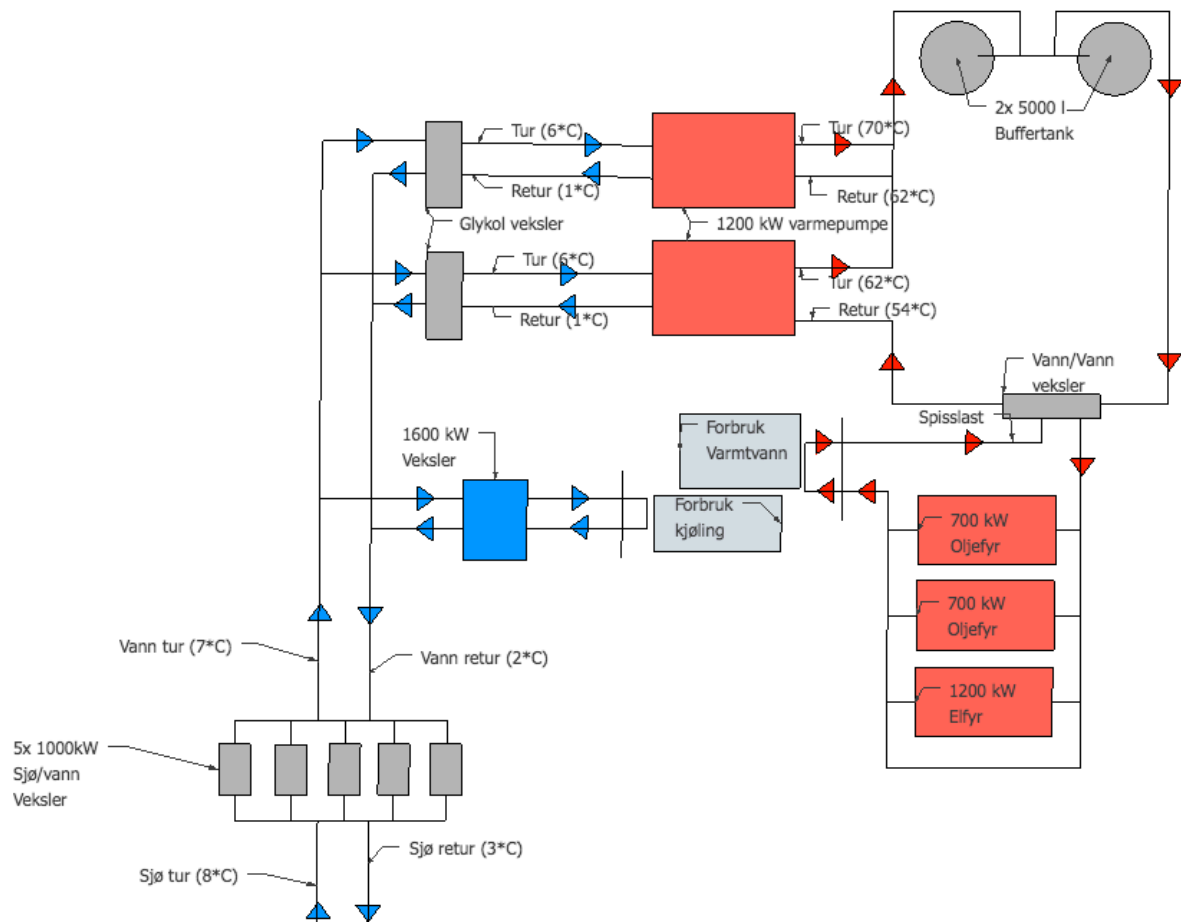
Fjordvarmeanlegget har en teoretisk virkningsgrad på 3,5. Trekker man fra energibruk til pumper og tap i vekslere har anlegget en forventet virkningsgrad på 3,0. Dette vil si at anlegget leverer 3 ganger mer energi enn det bruker.

Kjøling blir hentet rett ut av sløyfe før varmpumper, og går inn til Høgskulebygget hvor den veksles inn i ett internt anlegg.

Høytemperatur vannbårenvarme utnytter vann med 70-85°C, mens lavtemperatur vannbårenvarme utnytter 50-55°C. Høytemperatur har større potensiale for mindre virkningsgrad (Byggalliansen, 2012).

Tabell 14 Fjordvarme kunder (Fosse, 2014)

Kunde	Teknologi	Andre interne varmekilder
Høgskulebygget	Lav-temperatur vannbåren	Ingen
Campusbygget	Høy-temperatur vannbåren	Ingen
SVGS – yrkesfag	Høy-temperatur vannbåren	El. Og gas (fases ut)
Kvåle Skule	Høy-temperatur vannbåren	El. Og olje
SVGS allmennfag	Høy-temperatur vannbåren	El. Og olje



Figur 31 Grafisk fremstilling av Fjordvarmeanlegg (Sketchup: Fosse, 2014)

Vedlegg 2: Driftstid soner - Høgskulebygget

Gjennomsnittlig driftstid for bygget er beregnet på grunnlag av areal vist i tabell 15.

Tabell 15 Driftstid forskjellige soner (Jensen, 2007)

Sone	Areal	Driftstid
Undervisningslokaler og hall 1.-3. etasje	1.505 m ²	10 timer (7-17)
Kontorfløy 1.-3. Etasje	1.735 m ²	11 timer (7-18)
Kantine og døgnåpen sone	1.420 m ²	16 timer (7-23)
Bibliotek	1.337 m ²	16 timer (7-23)
Kjøkken og trykkeri	301 m ²	11 timer (7-18)
<i>Sum og gj.snitt driftstid</i>		12,95 timer (7-20)

Ved forutsetning om at bygget benyttes 5 dager i uken, 52 uker i året viser beregningen gjennomsnittlig driftstid for bygget på 13 timer. Dette gir en total driftstid på 3380 timer per år.

Ved forutsetning om at kantine og døgnåpen sone også benyttes 10 timer lørdag og søndag, gir dette en gjennomsnittlig driftstid på 13,8 timer per dag, 5 dager i uken, 52 uker i året. Dette gir total driftstid på 3600 timer per år.

Vedlegg 3: Persontall Høgskulebygget

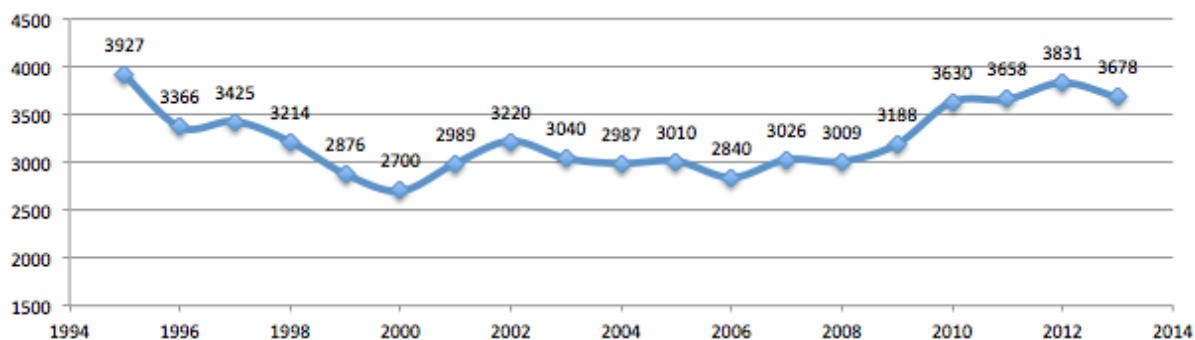
Høgskulebyggets maks persontall er 800 personer, hvorav 600 av disse kan være i 4. Og 5. Etg. (Andersen, 2014). Summasjon av byggets rom viser at det har kapasitet på 2.000 personer. Dimensjoneringen for forskjellige rom viser et utdrag av dette (Tabell 16) (Jensen, 2007).

Tabell 16 Dimensjonering forskjellige rom (Jensen, 2007)

Rom	Areal	Plasser
Glassgård (1.-5 etg.)	240 kvm	450
Auditorium (1. Og 2. Etg)	162 kvm	148
Klasserom (1. Og 2. Etg)	92 kvm	60
Grupperom (5.etg)	10 kvm	5
Bibliotek (4. Og 5. etg)	810 kvm	400
Kantine (5. Etg)	450 kvm	350

Plantegningene for Høgskulebygget viser at det har 95 kontorer, 15 seminar- og grupperom, to auditorier og to klasserom (Statsbygg, 2012).

Database for statistikk i høgre utdanning for HiSF viste følgende trend i studieplasser (figur 32). Ut av de 3.678 studieplassene i 2013, var 2.868 ved campus Fosshaugane (DBH, 2014)



Figur 32 Studieplasser HiSF 1995-'2013 (DBH, 2014)

HiSF Sogndal har 278 ansatte (per. 01.10.2013), hvorav 90 sitter på Høgskulebygget (Tandel, 2014).

Gjennomsnittstall for følgende områdene har blitt brukt;

- kontorer og administrasjon
- kantine, grupperom, klasserom og auditoriet
- bibliotek
- døgnåpen sone.

I kontor og administrasjon er 90 personer plassert på høgskulebygget. Ved forutsetning av at 90 prosent er på bygget åtte timer per dag, fem dager i uken, blir dette 81 personer.

I 2013 hadde kantinen 151.239 individuelle innslag på betalingssystemet (Wikan, 2014). Dette gir gjennomsnittlig 415 individuelle innslag hvert døgn. Av dette er det i snitt solgt 100 middager. Ved forutsetning at 60 prosent av vanlige innslagene kommer fra andre bygg enn Høgskulebygget, og at eksterne kunder benytter kantinen i 20 minutter for vanlige innslag og 1 time for middag får vi 190 eksterne kunder av 20 minutter og 100 eksterne kunder av 1 time. Hovedmassen av innslagene kommer mellom 09.00 og 15.00 med topp mellom 11.00 og 12.00.

Tallfesting av bruk av grupperom er basert på reserverasjoner av rom på Høgskulebygget. Her er månedene september (2013), november (2013) og februar (2014) lagt til grunn. Alle tall er hentet fra TimeEdit. Vi har som forutsetning at 90 prosent av reserverasjoner blir gjennomført, og at det i snitt er tre personer per reserverasjon.

Tabell 17 Bruksdata Grupperom Høgskulebygget (TimeEdit, 2014)

<i>Måned</i>	<i>Reserverte timer</i>	<i>Gj.snitt time reserverasjon</i>	<i>per Antall reserverasjoner</i>
September 2013	889 timer	5,3 timer	172
November 2013	1951 timer	5,7 timer	371
Februar 2014	851,5timer	3,76 timer	214
Snitt pr dag	41,7 timer	4,92 timer	8,5 reserverasjoner

Ved 90 prosent oppmøte og tre personer per reservasjon gir dette 7,7 reserverasjoner og 23 personer per dag (tabell 17).

For å tallfeste bruk av klasserom og auditorium har vi hentet tall fra reserverasjoner av rom på Høgskulebygget. Også her er data hentet fra TimeEdit for månedene september (2013), november (2013) og februar (2014). Her er forutsetningene 90 prosent oppmøte til alle bestillinger, og gruppestørrelse på 26 personer inkludert foreleser i klasserom og 30 personer inkludert foreleser i auditorium. Dette gjør at vi inkluderer aktivitet fra seminarer, møter og foredrag. 26 personer per klasse er gjennomsnitt ved HiSF (HiSF, 2013).

Tabell 18 Bruksdata Klasserom og Auditorium Høgskulebygget (TimeEdit, 2014)

Måned	Auditorium		Klasserom	
	<i>Timer per. Res.</i>	<i>Antall res.</i>	<i>Timer per. Res.</i>	<i>Antall res.</i>
September 2013	205 timer	71	199,5	69
November 2013	179 timer	63	202,5	67
Februar 2014	135 timer	47	166,5	69
Snitt pr dag	5,95 timer	2,1	4,28 timer	2,4

Ved 90 prosent oppmøte vil dette summere opp til 57 personer i auditoriene og 56 personer i klasserom fordelt på 2 økter på til sammen 6 timer i auditoriene og 2,5 økter på til sammen 4,5 timer i klasserommene.

Biblioteket og døgnåpen sone har eget tellingsystem basert på passering. Den er inndelt i tre tellingspunkter; hovedinngang til bibliotek, trapp mellom 4. Og 5. Etasje internt på biblioteket og dør på døgnåpen sone. Per. 11 mars 2014 hadde totalt 279.933 personer passert inn og 294.296 personer passert ut i tidsperioden mellom 1. August 2012 til dags dato (tabell 18) (Hatlevoll, 2014).

Vi deler inn i to soner, en for biblioteket (203.639 besøkende) og en for døgnåpen sone (76.294 besøkende). Dette gir i perioden 1.august 2012 og 11. Mars 2014 (588 dager) ett gjennomsnitts besøk per dag på 346 personer til biblioteket og 130 personer til

døgnåpen sone. Vi setter derfor en forutsetning av personer oppholder seg i biblioteket i 1 time, og 3 timer i døgnåpen sone (tabell 19).

Tabell 19 Personantall Bibliotek og døgnåpen sone (Hatlevoll, 2014)

	Inn	Ut	differanse
Hovedinngang	177.484	130.736	46.748
Trapp	26.155	25.480	675
Døgnåpen sone	76.294	138.080	-53.789
Totalt	279.933	294.296	

For å beregne realistisk brukermasse og persontall på Høgskulebygget benytter vi persontimer som igjen deles på byggets driftstid (tabell 20).

Tabell 20 Personbelastning beregning

Sone	Område	Brukere (døgn)	Gj.snitt (timer)	tid	Persontimer
1	Kontor og Administrasjon	81	8		648
2	Kantine (eksterne)	290	0,5		145
3	Grupperom	23	5		115
3	Auditorium	57	6		342
3	Klasserom	56	4,5		252
4	Bibliotek sone	346	1		346
4	Døgnåpen sone	130	3		390
alle	totalt	983			2.248
	Driftstid		12		187

Dette viser altså at i snitt benytter 983 personer Høgskulebygget i døgnet. Dette gir ett snitt på 187 personer per driftstime. Vi kan altså si at til enhver tid vil grunnbelastningen være 187 personer med potensielle topper helt opp mot 1100 personer. Vi går ut fra at hoved belastningen er mellom klokken 9.00 og 16.00, med en toppbelastning mellom 11.00 og 13.00.

Vedlegg 4: Beregning av energibruk – datamaskiner

Høgskulebygget benytter to typer datamaskiner; stasjonær skjerm med innebygde komponenter og stasjonært datatårn koblet opp til skjerm og eventuelt prosjektor. Antall datamaskiner for bygget er som følgende;

- Døgnåpen sone (faktisk antall): 63⁽²⁾ datamaskiner
- Seminar og møterom (estimert 1 per rom): 14⁽¹⁾ datamaskiner
- Bibliotek (faktisk antall): 17⁽²⁾ datamaskiner
- Undervisningsrom (estimert 1,5 per rom): 6⁽¹⁾ datamaskiner
- Kontorer (estimert 1 per rom): 95⁽¹⁾ datamaskiner

Dette gir totalt 195 datamaskiner for bygget.

Datamaskinene står på 24 timer i døgnet, 7 dager i uka, 52 uker i året (Berge, 2014. Grande, 2014). Dette gir 8736 timer per år. En arbeidsstasjon med 18"LCD-skjerm som aldri bli skrudd av, og benyttes 8 timer daglig til vanlig bruk, forbruker 434,1 kWh/år (Energy star, 2014).

Dette gir en energibruk på 84.649 kWh/år, og 11,1 kWh/m²år for Høgskulebygget.

Feilkilder:

Antall datamaskiner er enten telt eller estimert. Det kan være noen forskjeller. Tall benyttes som gjennomsnitt for brukskategori, og er ikke spesifikt for datamaskiner på Høgskulebygget.

(1) HP Compaq 8200 elite smal form factor Business PC (240 W)

(2) HP Compaq 8200 elite All-in-One Business PC (150 W)

Vedlegg 5: Sammenlignet med andre bygg

Sammenligninger av Høgskulebygget med fire bygg beskrevet i detalj av Grini et. Al. I 2009.

Tabell 21 Generelt (Grini, 2009)

	Aibel- bygget	Bravida- bygget	Basseng bakken	Stranda- veien 18	Høgskuleby- gget
Sted	Sandnes	Fredrikstad	Trondheim	Bærum	Sogndal
Byggeår	2006	2002	2001	1996	2012
Renovert	-	-	2004	-	-
Etasjer	6	3	6	5	5
Oppvarmet bruksareal [m²]	23,300	5,677	7,010	15,600	7,605
Driftstimer [t/uke]	85	75	61	45	65
Glass-, vindus-, og dørandel [%]	12,0	19,0	28,0	31,2	18,5 ⁽¹⁾
Surface-to- volume ratio ⁽²⁾ [m²/m³]	0,16	0,41	0,28	0,26	0,14 ⁽³⁾
Faste arbeidsplasser	1000	92	250	500	187 ⁽⁴⁾

Tabell 22 Ventilasjon (Grini, 2009)

SFP	⁽⁵⁾ 2,0	2,0	2,98	3,0	1,6
[kW/(m³/s)]					
Ønsket temperatur [°C]	20-23	23	21	22-24	20-24
Virkningsgrad	64 prosent	61 prosent	51 prosent	50 prosent	74 prosent
Varmegjenvinner	Econet	Roterende	Roterende	Batteri	Roterende

Tabell 23 Energibruk (Grini, 2009)

Energibruk planlagt	- 108	100	165	≈ 300	120
	[kWh/m²-år]	[kWh/m²-år]	[kWh/m²-år]	[kWh/m²-år]	[kWh/m²-år]
Energibruk levert ⁽⁶⁾	- 134,4	144,3	187,7	293	197,05
	[kWh/m²-år]	[kWh/m²-år]	[kWh/m²-år]	[kWh/m²-år]	[kWh/m²-år]
Differanse [%]	+ 21	+40	+7,8	-2,3	+64,2
Energi-forsyning	Fjernvarme Fjern- kjøling Elektrisitet	Varme- pumpe Oljekjel Elektrisitet	Fjernvarme Fjern- kjøling Elektrisitet	Fjernvarme Fjern- kjøling Elektrisitet	Fjernvarme Fjern- kjøling Elektrisitet
Vann temperatur [°C]	Tur: 70 Retur: 40	Tur: 32 Retur: 28	Tur: 95 Retur: 55	Tur: 55 Retur: 35	Tur: 55 Retur: 35
Energibruk Varme	- 27,3	45,5 ⁽⁷⁾	85,4	91,0	57,14
	[kWh/m²-år]	[kWh/m²-år]	[kWh/m²-år]	[kWh/m²-år]	[kWh/m²-år]
Energibruk	- 22,0	-	15,6	62,1	15,76
	[kWh/m²-år]		[kWh/m²-år]	[kWh/m²-år]	[kWh/m²-år]

<i>kjøling</i>	<i>år]</i>	<i>år]</i>	<i>år]</i>	<i>år]</i>	<i>år]</i>
<i>Elektrisitet</i>	85,0	98,7	86,7	140,1	132,02
	<i>[kWh/m²-</i>	<i>[kWh/m²-</i>	<i>[kWh/m²-</i>	<i>[kWh/m²-</i>	<i>[kWh/m²-</i>
	<i>år]</i>	<i>år]</i>	<i>år]</i>	<i>år]</i>	<i>år]</i>

Tabell 24 Belysning (Grini, 2009)

<i>Belysning</i>	10	7,1	11	10	10
<i>[W/m²]</i>					
<i>Styring</i>	Bevegelses detektor	Bevegelses detektor / manuell styring	Ingen	Tidsstyring + bevegelses detektor ⁽⁸⁾	Tidsstyring + bevegelses detektor

(1) Statsbygg, 2005

(2) Fasade over oppvarmet volum. (Lavere tall = mer kompakt bygningsmasse)

(3) Se vedlegg 6 for beregninger

(4) Estimert grunnbelastning (vedlegg 3)

(5) Specific Fan Power – angir kW/(m³/s)

(6) Graddag korrigererte tall

(7) Ikke inndelt i energi til varme og kjøling (varmepumpe)

(8) Utenom driftstid (10 timer/døgn)

Vedlegg 6: Etasje og volumberegninger av Høgskulebygget

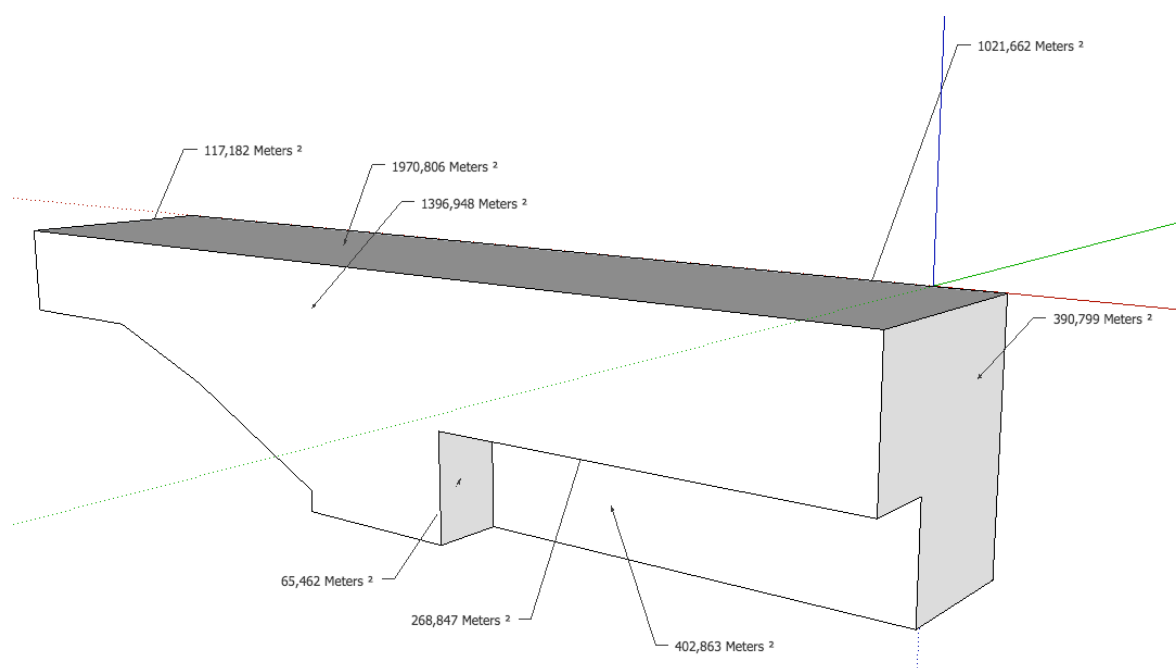
Mål og data er hentet fra Statsbyggs ferdigmelding og plantegninger oversendt fra Arkitektkontoret lillefrøen AS (tabell 25).

Tabell 25 Areal og volum (Statsbygg, 2012)

	1. etasje	2. etasje	3. etasje	4. etasje	5. etasje	Hele bygget
Areal [m²]	1232	1232	2226	2051	2209	8951
Volum [m³]	5670	5670	10 240	9436	10 161	41 177

Ved beregninger er fasadearealet beregnet til 5634 kvm (Figur 33).

Dette gir et Surface-to-Volume ratio på 0,14.



Figur 33 Fasadeberegninger (Sketchup: Plantegninger, 2010)

Vedlegg 7: Intervjuskisser

Intervju skisse – Statsbygg Drift (11. Februar 2014)

Bacheloroppgave – Energibruk i yrkesbygg

Hva vi ønsker informasjon om:

Bakgrunn

- Hvorfor høgskulebygget ble oppført og hva HiSF/Statsbygg ønsket?
- Ble bygget basert på eksisterende løsninger og andres erfaringer?
- Byggets funksjon på campus

Tekniske løsninger

- Varmesystem: type, effekt og dimensjonering
- Ventilasjonssystem: type, effekt og dimensjonering
- Belysningssystem: type, effekt, tekniske løsninger

Energibruk

- Forventet i plantegninger
 - Fordelt på overnevnte områder
- Faktisk forbruk
 - Fordelt på overnevnte områder

Andre løsninger

- Naturlig ventilasjon
- Soloppvarming / solskjerming
- Innetemperatur

Lokalt klima

- Soltimer / skygetimer
- Nedbørs data
- Temperatur/ vind data

Bacheloroppgave – energibruk Høgskulen

Hva vi ønsker informasjon om:

Bakgrunn for bygningen

- Hvilken påvirkning HiSF hadde på utformingen av bygget
- Kjente løsninger? Førde, HiVE, Hadeland vidregående
- Byggets funksjon på Campus

HiSF

- energimål og eventuelt miljørapporter for campus/høgskulebygget
 - miljø- eller energimerking
- Antall brukere Høgskulebygget
 - Estimert
 - Faktisk
- Type brukere; kontor, grupperom, undervisningsrom etc.
- Brukte man egen kompetanse under planlegging av bygget?
 - Landskapsarkitekt
 - Økonomi avd.
 - Forskningsavdeling

Høgskulebygget

- Hadde HiSF noen krav til energi- eller bygningsøkonomi?
- Tilpasning av bygg underveis, er det noen planer?
- Energibruk
 - Økonomiske rammer
 - Besparende tiltak etter bygget ble tatt i bruk

Bacheloroppgave – Energibruk i yrkesbygg

Hva vi ønsker informasjon om:

Sognekraft

- hvilke områder samarbeider dere med HiSF/Statsbygg i forbindelse med Høgskulebygget?
- I så fall, hvilken natur har avtalene mellom Sognekraft og "Høgskulebygget"?
- Avtaler/planer med Sogndal kommune?
- Eventuelt fremtidige mål for campus?
- Internrente på prosjektet

Fjernvarmeanlegg

- Teknisk data
 - Type: teknisk data
 - kapasitet og effekt/dimensjon
- Driftsdata
 - Oppstart
 - Driftstimer
 - Fornybar andel
 - kWh/år faktisk og beregnet
- er anlegget basert på tidligere erfaringer?
- Hvordan håndtere topper og bunner i området?

Kjøleanlegg

- Teknisk data
- Driftsdata
- Tidligere erfaringer / topp og bunner

Tilleggs spørsmål

Fjernvarmeanlegg

- er dette anlegget sammenliknbart med fjordvarmeanlegget i Nordjordeid?
- Er anlegget kun myntet på Høskulebygget?
 - Hvordan fordeler varme over ett så stort anlegg som campus?
- Andel fornybar energi per. kWh varme?
 - Oljekjeler
 - Elkjeler
 - Gasskjeler
- Levetid
 - Med utskiftningsplaner / oppgraderings muligheter

Kjøleanlegg

- egen kurs til Sentralbygget?
- Levetid
 - Oppgraderinger eller utskiftninger?

Bacheloroppgave – Energibruk i yrkesbygg

Hva vi ønsker informasjon om:

Bakgrunn

- Hvorfor høgskulebygget ble oppført og hva ønsket Statsbygg?
 - Energibesparende og miljøfremmende ønsker?
 - Eventuell liste med krav
- Ble bygget basert på eksisterende løsninger og andres erfaringer?
 - Internt i Statsbygg eller eksternt

Tekniske løsninger

- Varmesystem
 - hvordan koblet opp mot ekstern varmepumpe
- Ventilasjonssystem
 - Planlagt energibruk og gjenvinningsgrad
- Belysningssystem
 - type, effekt, tekniske løsninger
- Hvordan energibruken er planlagt fordelt på varme, ventilasjon og belysning

Energibruk

- Forventet i plantegninger
 - Fordelt på overnevnte områder
- Faktisk forbruk
 - Fordelt på overnevnte områder

Andre løsninger

- Naturlig ventilasjon
- Soloppvarming / solskjerming (innetemperatur)

Bacheloroppgave - Energibruk HiSF

HiSF

- Antall studenter ved HiSF, campus Sogndal
 - Deltidsstudenter
 - Heltidsstudenter
 - Frafall ila. året
- Søkertall 2008 – 2014
- Maksimal kapasitet HiSF Sogndal
 - Begrensende faktorer
 - Utløsende faktorer
- Eventuelle tendenser fremover
- Om mulig, antall ansatte ved HiSF Sogndal

Høgskulebygget

- har det nye bygget ført til høyere søkertall?
 - Var dette evt. Ett mål?
- Eventuelt antall brukere av det nye bygget (om det finnes noen tall)