

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Fakultet for miljøvitenskap og teknologi
Institutt for naturforvaltning

Masteroppgave 2014
30 stp

Energibruk i skolebygg

Energieffektivitet, kritiske egenskaper, og total
energiforbruk i grunnskoler i Østfold fylke

Kia Kriens Haavi

Forord

Denne masteroppgaven skrives som avslutningen på mitt studieløp i fornybar energi ved Norges Miljø- og Biovitenskaplige Universitet (NMBU), høsten 2015.

Oppgaven er utarbeidet av meg, Kia Kriens Haavi, under veiledning av professor Ole Jørgen Hanssen. Oppgaven er en del av prosjektet KlimaReg; som skal bidra til at kommuner, fylkeskommuner og bedrifter får tilgang til metoder og verktøy som er basert på lokalt forankrede data og forutsetninger. KlimaReg er finansiert av det Regionale Forskningsfond for Oslofjorden med Østfold Fylkeskommune som prosjekteier og Østfoldforskning som faglig prosjektleder.

Hele prosessen har vært utrolig lærerik – fra begynnelse til siste slutt. Ikke bare har jeg lært masse om energibruk i bygg og alle dens faktorer som spiller inn på det totale energiforbruket, men også hvordan det er å sette seg inn i et ukjent fagfelt. Opplevelsen kan sammenlignes med å skulle løpe din lengste løpetur i ukjent terreng og bind for øynene – med fokus på målet. Det å skrive masteroppgave har også bedret mine egenskaper i analyse, fremstilling av data, og kommunikasjon.

Jeg vil gjerne rette en stor takk til veileder Ole Jørgen Hanssen, for veldig god veiledning og oppfølging gjennom hele semesteret – fra begynnelse til slutt. Det har vært en stor motivasjonsfaktor, og jeg er veldig takknemlig! Jeg vil også gjerne takke min familie og mine venner, som har vist stor forståelse for en til tider fraværende og stresset Kia, og gledelig har heiet meg frem i mål. En ekstra takk til min fantastiske Pappa, som har korrekturlest oppgaven og sparret både på temaer og gjennomføring av oppgaven.

Sammendrag

Bygg står for nær 40 % av energibruken i Norge, og en rekke offentlige utredninger viser at norske bygg bruker langt mer energi enn hva som er nødvendig (Norsk Teknologi 2013). I Østfold fylke er det totalt 123 grunnskoler, og kommunene har et ansvar for å drifte. Som et resultat av Østfold Fylkeskommune sin strategi for å nå sin del av de nasjonale klimamålene, ble Klima Østfold dannet. Klima Østfold er et regionalt samarbeidsprosjekt bestående av 16 kommuner som samarbeider om å gjennomføre tiltak for å oppnå egne vedtatte klimamål.

Med bakgrunn i Klima Østfold sine klimamål, har det i denne oppgaven blitt sett nærmere på forskjellene ved teknisk og funksjonell energieffektivitet, variasjon i energieffektivitet mellom skolenivåer samt kommuner, og hvilke faktorer som påvirker det totale energiforbruket i et skolebygg. Et utvalg på 24 skoler er lagt til grunn, med tall på energiforbruk og oppvarmet bruttoareal hentet fra energianalyser gjort av konsultentselskapet Rejlers. Supplerende informasjon om skolene har blitt gitt av 14 skoler fra utvalget. Tall på antall brukere og brukstider er hentet fra Utdanningsdirektoratet sine nettsider.

Resultatene viser at det finnes forskjeller mellom skolenes tekniske og funksjonelle energieffektivitet. I denne oppgaven måles funksjonell energieffektivitet gjennom antall brukstimer skolen er i bruk gjennom året og antall brukere av skolen. Det er uklart hvilken av metodene som passer best for å måle en skoles funksjonelle energieffektivitet, da det er relativt like store fordeler og ulemper ved begge. Det er også påvist forskjeller i energieffektivitet mellom barneskoler, ungdomsskoler, og kombinert barne- og ungdomsskoler. Størrelsen på kommunen ga liten indikator til å ha påvirkning på energieffektiviteten på utvalget, men her hadde utvalget en svakhet med skjev fordeling av små og store kommuner. Andre faktorer enn antall brukstimer og brukere som påvirker det totale energiforbruket, er arealintensitet, alder på bygget, tilbygg, gymsal, svømmehall, og eventuell støtte fra Enova til energieffektiviseringstiltak. Tidspunkt for eventuell reovering synes ikke å påvirke det totale energiforbruket.

Abstract

Buildings account for nearly 40% of the total energy use in Norway, and a number of government reports shows that Norwegian buildings use far more energy than needed (Norsk Teknologi 2013). There are a total of 123 primary schools in Østfold County, which the municipalities have a responsibility to operate. As a result of Østfold County Council's strategy to achieve its part of the national climate goals Klima Østfold was formed. Klima Østfold is a regional cooperation project consisting of 16 municipalities that cooperate to implement measures to achieve its own climate targets.

Given Klima Østfold's climate targets, this paper has studied the differences in the technical and functional energy efficiency, variations in energy efficiency between school levels as well as their municipalities, and the factors that affect the total energy consumption in a school building. There is a sample of 24 schools, with figures on energy consumption and heated gross area derived from energy analysis done by the company Rejlers. There is also supplementary information about 14 of the schools from the sample of 24. Figures on the number of users and usage times are obtained from the Directorate of Education's website.

The results show that there are differences between the schools technical and functional efficiency. In this paper the functional efficiency is measured through number of operating hours throughout the year, and number of users of the school. It is unclear, which of the methods is best suited to measure a school's functional efficiency, as their advantages and disadvantages are relatively equal. It is also presented differences in energy efficiency between primary schools, secondary schools and combined primary and secondary schools. The size of the municipality gave little indication of having influence on energy efficiency, but here the number of schools had a weakness with an uneven distribution of small and large municipalities. Other factors than the number of operating hours and number of users that affect the total energy consumption, is area intensity, age of building, annexes, gyms, swimming pools, and financial support from Enova for energy efficiency measures. The time of year for renovation of the school building does not seem to affect the total energy consumption.

INNHALDSFORTEGNELSE

Innholdsfortegnelse

FORORD	1
SAMMENDRAG	2
ABSTRACT	3
3 INNLEDNING	5
4 PROBLEMSTILLING OG FORSKNINGSSPØRSMÅL	7
5 AVGRENSING OG OPPGAVENS FOKUSOMRÅDE	8
6 KUNNSKAPSSTATUS PÅ OMRÅDET ENERGIBRUK I SKOLEBYGG	10
7 METODIKK, OG DATAGRUNNLAG	13
7.1 METODIKK	13
7.1.1 ENERGIRÅDGIVNING	13
7.1.2 ENERGIANALYSER AV BYGG	13
7.1.3 INNHENTING AV SUPPLERENDE INFORMASJON FRA DE RESPEKTIVE SKOLENE	15
7.1.4 TRENDLINJE	16
7.1.5 KORRELASJONSANALYSE	16
7.2 DATAGRUNNLAG	16
7.2.1 STUDIEOBJEKTER – SKOLER OG KOMMUNER	16
7.2.2 DATA OM ANTALL ANSATTE, ELEVER OG UNDERVISNINGSTIMER	18
8 RESULTATER	19
8.1 PROBLEMSTILLING I	19
8.2 PROBLEMSTILLING II	25
8.3 PROBLEMSTILLING III	30
9 DISKUSJON	36
9.1. PROBLEMSTILLING I	36
9.2 PROBLEMSTILLING II	36
9.3 PROBLEMSTILLING III	37
9.4 USIKKERHET I METODIKK OG DATAGRUNNLAG	38
9.4.1 METODIKK	38
9.4.2 DATAGRUNNLAG	39
9.5 VIDERE ARBEID	40
10 KONKLUSJON	41
11 REFERANSER	42
VEDLEGG 1	44

3 Innledning

I det globale arbeidet med å begrense utslipp og fremme bærekraftig forvaltning av våre naturressurser, har det blitt mange diskusjoner om hvordan hvert enkelt land skal bidra.

I 2005 ble Fornybardirektivet innlemmet i EØS-avtalen, som retningsgivende for norsk politikk. Formålet med direktivet er at andelen fornybar energi i EU totalt skal stige til 20 % (opp fra 8,7 % i 2005). Alle land har individuelle målsettinger; Norge har en fornybarandel på 64,5 % med mål om 67,5 % innen 2020 (Bergh et al. 2014).

Fra Klimameldingen kommer det frem at de to største utslippsområdene i Norge er bygg og transport (Miljøverndepartementet 2012). Bygg står for nær 40 % av energibruken i Norge, og en rekke offentlige utredninger viser at Norske bygg bruker langt mer energi enn hva som er nødvendig (Norsk Teknologi 2013). Det har blitt gjort flere potensialstudier for energieffektivisering i bygg, men tilnærmingene har i de ulike studiene vært svært ulike.

Ett av hovedmålene i EUs klima- og energipolitikk er å redusere 20 % av energiforbruket gjennom energieffektivisering, for perioden 2005 – 2020. Ifølge Norsk Teknologi, vil et slikt mål i Norge bety en innsparing på 10 TWh i husholdninger og 7 TWh i yrkesbygg. I Norge er vi i stor grad forsynt av vannkraft, noe som kan være en av grunnene til at energieffektivisering så langt likevel ikke har blitt politisk prioritert, da kraftprisen påvirker det økonomiske incentivet for energieffektivisering. Det ble imidlertid i 2010 innført en obligatorisk ordning for energimerking av bygg, med energivurdering av kjeleanlegg for fossilt brensel og ventilasjonsanlegg (Norsk Teknologi 2013).

”Det er viktig å få et bedre tallmateriale over energibruken i bygg, blant annet som grunnlag for å kunne utvikle bedre statistikk. Det vil også være nyttig å ha data som viser hvilken effekt innsatsen kan gi i en videre satsing på energieffektivisering i bygg.”

- Liv Signe Navarsete, kommunal- og regionalminister (2010)

I Enova sin potensial- og barrierestudie om energieffektivisering i norske bygg fra 2012, viser de til et teknisk potensial for energieffektivisering for yrkesbygg på 13,4 TWh innen 2020. Et realistisk potensial vil ta hensyn til de ulike barrierer, og beregnes på bakgrunn av atferd studier på individ- eller bedriftsnivå. Barrierene er blant annet rehabiliteringstakt, rammebetingelser og andre strukturelle forhold i markedet. Enova har beregnet at det innen 2020 kan utløses 3 – 4,5 TWh av det tekniske potensialet i yrkesbygg (Stortingsmelding 21 2011-2012).

I Østfold fylkeskommune er bygg, utbygging og drift deres nest største utslippsskilde. De eier, drifter og utvikler over 280 000 m² eiendomsmasse med et energiforbruk på rundt 60 GWh i året (Østfold Fylkeskommune 2014). Siden bygg er deres nest største utslippsskilde, vil tiltak i denne sektoren ha betydning nasjonalt, da energibruk i bygg er en betydelig faktor også i det nasjonale klima- og energiregnskapet.

I Østfold fylke er det totalt 123 grunnskoler, og kommunene har et ansvar for å drifte disse i samsvar med deres klima- og energistrategier. Som en del av Østfold Fylkeskommune sin strategi for å nå sin del av de nasjonale klimamålene, ble Klima Østfold dannet. Klima Østfold er et regionalt samarbeidsprosjekt bestående av 16 kommuner som samarbeider om å gjennomføre tiltak for å oppnå egne vedtatte klimamål. De ønsker å bevisstgjøre og tilrettelegge for effektive miljøtiltak for både kommunene og deres innbyggere.

For at kommuner og fylkeskommuner skal få riktige metoder og verktøy til å initiere effektive og målrettede energitiltak i skolebygg, er det viktig å forstå hvordan og hvem som trenger det mest.

4 Problemstilling og forskningsspørsmål

Arbeidet til Klima Østfold er forankret i Fylkesplanen, kommunale klima- og energiplaner, og i kommuneplanene. Hvert år utarbeides det en regional handlingsplan med utgangspunkt i de kommunale klimaplanene. Handlingsplanen er ikke en erstatning for kommunalt klima- og energiarbeid, men en styrking av arbeidet, og en ekstra ressurs for kommunene (Klima Østfold).

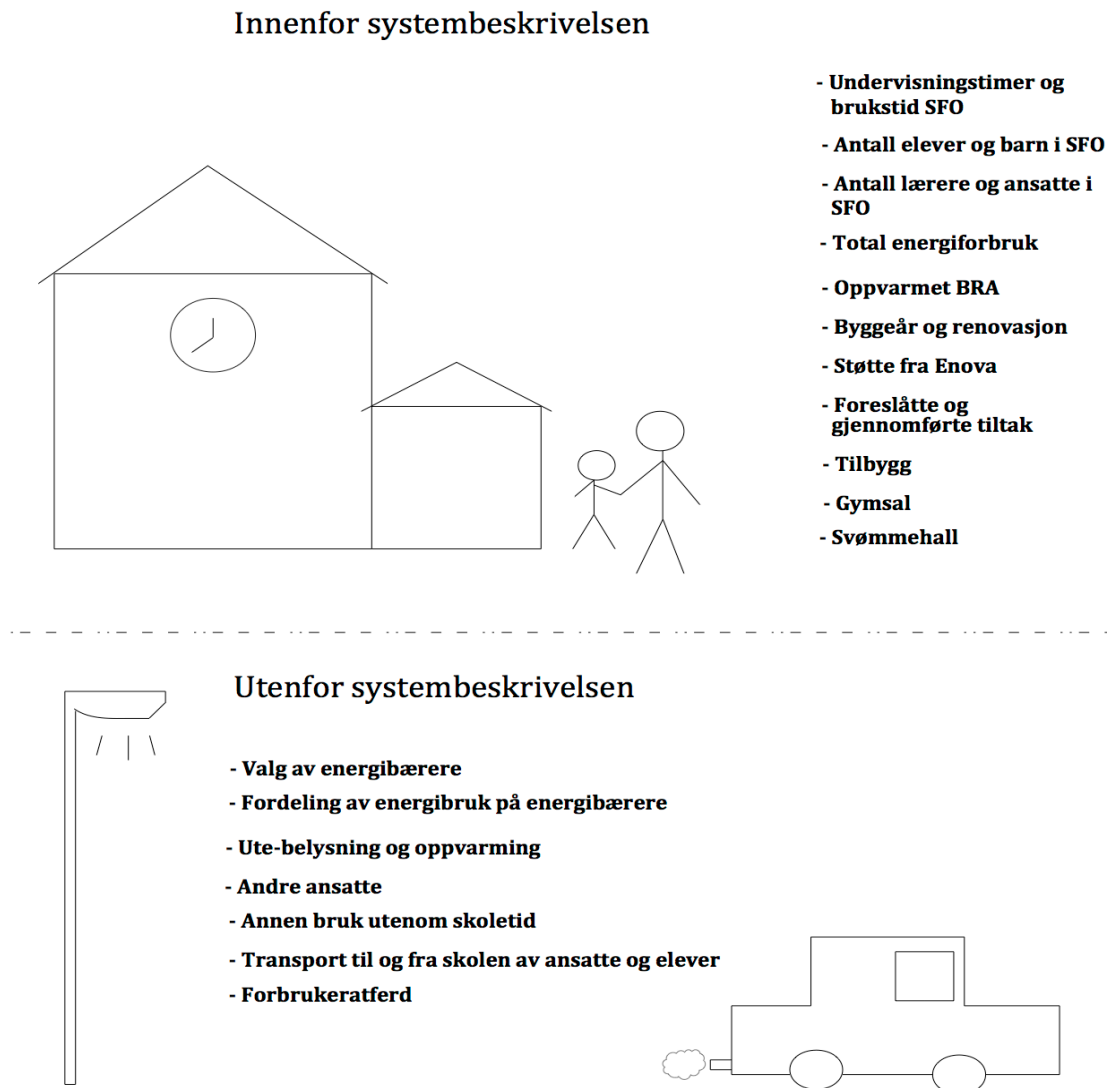
Med bakgrunn i Klima Østfold sine klimamål, og Østfold Fylkeskommune sin høye interesse for energioptimalisering av bygg, og hvordan de kan bruke datagrunnlaget, ønsker jeg i denne oppgaven å se nærmere på:

- i. Finnes det sammenhenger mellom utvalgte skoler i Østfold fylke sin tekniske og funksjonelle energieffektivitet? Hvordan beskriver man best en skoles funksjonelle energieffektivitet?
- ii. I hvor stor grad varierer teknisk og funksjonell energibruk mellom barne- og ungdomsskoler? Hvilken rolle spiller skolens areal, antall brukere, og størrelse på kommunen?
- iii. Hvilke andre faktorer forklarer variasjonen i total energiforbruk mellom skolebygg? Finnes det noen sammenheng mellom anbefalte og gjennomførte energieffektiviseringstiltak, og totalt energiforbruk?

Problemstillingene er listet i den rekkefølgen de blir behandlet i oppgaven.

5 Avgrensning og oppgavens fokusområde

Det finnes en rekke faktorer som påvirker den totale energibruken i bygg, men som ikke vil bli gjennomgått i denne oppgaven. Avgrensingen er illustrert med systemgrenser nedenfor.



Figur 1: Systembeskrivelse av hvilke faktorer som er med i oppgaven

Undervisningstimer og brukstid i skolefritidsordningen (SFO) blir brukt for å kartlegge hvor mye skolen er i bruk, for å forstå den totale energibruken til hver skole. Det hender

likevel at skolene blir brukt utenom undervisningstid og SFO tid, som for eksempel til sosiale arrangement av eksterne foreninger eller foreldremøter etter endt skoletid. Annen bruk utenom skole og SFO tid vil ikke bli inkludert i denne oppgaven og faller utenom systemgrensen.

Hvor mange som bruker skolen er en viktig del av bildet, da det er naturlig å anta at store forskjeller i antall brukere utgjør forskjell i det totale energiforbruket. Derfor er antall elever, lærere, barn og ansatte i SFO inkludert i beregningene. På grunn av utydelig informasjon om antall andre ansatte og brukere av skolen, som for eksempel administrasjon eller lærer assistenter, fra Utdanningsdirektoratet sine nettsider, er ikke disse inkludert.

Det er også listet en rekke faktorer som kan påvirke det totale energiforbruket, som oppvarmet bruttoareal (BRA), skolens alder, eventuell renovasjon, aktuelle energieffektiviseringstiltak og eventuelle tilbygg. Faktorer som valg av energibærere og fordeling av energibruk, samt transport til og fra skolen av ansatte og elever er ikke medberegnet i oppgaven og faller utenfor systemgrensen. Av oppgitt total energiforbruk for hver skole vil ikke eventuell ute-belysning samt oppvarming av utearealer bli diskutert.

6 Kunnskapsstatus på området energibruk i skolebygg

Aktuelle temaer som energimerking, passivhus og plusshus har bidratt til å øke fokuset på energibruk i bygg. Studier peker på at det er energibruk i privatboliger og kontorbygg som har fått mest oppmerksomhet. De fleste studier relatert til skolebygg avhandler byggestandarder og energisystemer (Lourenco et al 2014). Denne oppgaven vil fokusere på teknisk energieffektivitet, funksjonell energieffektivitet og hvilke kritiske faktorer som kan påvirke total energiforbruk i et skolebygg (Rønning et al 2007).

SINTEF Byggforsk har blant annet analysert 5 kontorbygg i Norge, for å identifisere de viktigste parameterne som påvirker energibruken i byggene (Grini et al. 2009). Målet er at kunnskapen om parameterne skal gjøre det enklere å iverksette energieffektiviserende tiltak nettopp der de har størst effekt. Studien ble avsluttet høsten 2009, og arbeidsgruppen kom frem til 5 kritiske suksess-faktorer som kjennetegner et energieffektivt kontorbygg:

1. Bygningskroppen minsker varmetapet
2. Ventilasjonsanlegget er energieffektivt
3. Belysningen er behovsstyrt
4. Etablert system for energioppfølging
5. Elektrisk spesifikk energibruk er moderat

Funnene kan brukes til å vekte tiltak og prioritere dem med størst effekt.

NCE Smart Energy Market listet energibruk per m² som den mest dominerende faktoren. I tillegg nevner de driftstid, antall brukere per m², set-punkt for temperaturer, type brukere, isolasjon, byggeår og ekstra energidrevne fasiliteter som for eksempel oppvarmet basseng som kritiske faktorer (NCE Smart Energy Market 2014). De har i større grad enn SINTEF tatt hensyn til byggets funksjon, noe som gjenspeiles i de kritiske faktorene som for eksempel antall brukere og energidrevne fasiliteter.

I litteraturen skilles det mellom teknisk og funksjonelt energibruk (Rønning et al 2007). Teknisk energieffektivitet sier noe om byggets spesifikke energibruk, og er gjerne målt i antall kilowattimer per m². Det vil vise potensialet for forbedringer av den tekniske standarden i bygget, som for eksempel styring av belysning eller virkningsgrad. Funksjonell energieffektivitet er energibruken relatert til bruk og funksjon. Dette er det flere måter å måle på, avhengig av byggets funksjon og hva som defineres som et godt funksjonelt bygg i hvert tilfelle.

Ved sammenligning av teknisk og funksjonell energieffektivitet, er det i tidligere studier vist store forskjeller i forbruk, både i kontorbygninger og videregående skoler (Rønning et al. 2007). Resultatene viser et stort sprik i rangeringen av bygningene når man ser på teknisk energieffektivitet mot funksjonell energieffektivitet. Den tekniske energieffektiviteten måler kWh per m², mens den funksjonelle energieffektiviteten måler kWh per bruker av bygget. Det legges vekt på at det ikke er selvsagt et det er bruker som er det beste måltallet, men at det avhenger av type bygning og hva slags funksjon denne skal oppfylle.

Et skolebygg målt med høy teknisk energieffektivitet kan ha relativt lavere funksjonell energieffektivitet når man måler totalt energiforbruk per m² mot totalt energiforbruk per bruker av bygget. Forskjellene var ment å illustrere viktigheten av å ha flere parametere å måle energibruk på enn kun det spesifikke energibruket, spesielt som beslutningsgrunnlag i energispørsmål.

Når sentrale og lokale myndigheter samt politikere skal utarbeide energi- og klimastrategi for å nå nasjonale klimamål, bør ikke bare byggenes tilstand og tekniske effektivitet ligge til grunn. Det kan være flere faktorer som spiller en viktig rolle i energibruken i bygg. Norge er et av få land i Europa som ikke har et nasjonalt mål eller handlingsplan for energieffektivisering, og selv om energimerkingen har bidratt til å sette fokus på byggenes tilstand tar den ikke hensyn til bygget funksjon (Norsk Teknologi 2013).

Østfold Fylkeskommunes Handlingsprogram for 2014 – 2017 beskriver hvilke tiltak som skal prioriteres for å følge opp ekstern samt intern miljøpolitikk i blant annet bygg;

- Jobbe systematisk og målrettet med energiforbruk i bygg
- Synliggjøre og rapportere på energiforbruk i bygg
- Kontinuerlig å arbeide med forbedring av energibruken i sine bygg
- Øke satsningen på fornybar energi

Som tidligere nevnt har Østfold Fylkeskommune ansvar for en betydelig eiendomsmasse, deriblant skolebygg (Østfold Fylkeskommune 2014). I Luxemburg ble det gjort undersøkelser og befaringer for å samle informasjon om energibruk i skolebygg. Bakgrunnen var oppfatningen om at gode klima- og energistrategier forutsetter kunnskap om tilstanden i bygg og deres karakteristika. Det ble implementert systematiske rutiner for innsamling av data, klassifisering og analyse av bygg. For best mulig sammenligningsgrunnlag, ble byggene gruppert etter funksjon:

- Førskole inkludert barnehage
- Grunnskoler
- Videregående skoler
- Gymsaler/treningsentre

Videre fant de en sterk negativ korrelasjon mellom oppvarming og alder på bygget. Overraskende nok fant de ingen sammenheng mellom oppvarming og størrelsen på bygget. Det var forventet å finne en sammenheng, da man antar at det er vanlig for store bygninger som for eksempel videregående skoler å ha et større behov og dermed forbruk av energi til oppvarming enn en mindre barneskole (Thewes et al. 2013).

I Energy consumption in schools – a review paper – blir behovet for å skille mellom byggets funksjon i et sammenligningsgrunnlag også støttet (Pereira et al 2014). Barne- og ungdomsskoler har forskjellig energiforbruk, antall brukere, brukstimer, etc. For å sikre kvaliteten og validiteten av data samt analyser, anbefaler forfatterne at det tas hensyn til forskjellene mellom barne- og ungdomsskoler.

For å koble det tilbake til målet – reduksjon av energibruk i bygg – så er det enighet fra flere studier, blant annet fra en om energibruk i skolebygg i Luxemburg (Thewes et al.

2013), at gode klima- og energistrategier krever kunnskap om spesifikke karakteristika til offentlige bygg. De anbefaler å implementere rutiner vedrørende innsamling av data, klassifisering av bygg samt energianalyser. Energibruk i skolebygg spiller en viktig rolle i veien mot å nå de nasjonale klimamålene, og nettopp derfor er det så viktig at KlimaReg allerede har startet rutinene med både innsamling, klassifisering og analyser. Hvordan man best mulig kan bruke data som beslutningsgrunnlag, gjenstår å se.

7 Metodikk, og datagrunnlag

7.1 Metodikk

Oppgaven er basert på data fra eksterne kilder – konsultentselskapet Rejlers og Undervisningsdirektoratet – og sammenstilling av disse. Av metodikk som har blitt benyttet i denne oppgaven inkluderes energirådgivning, energianalyser, innhenting av supplerende informasjon fra de respektive skolene, grafisk fremstilling i Excel, trendlinjer, og korrelasjonsanalyser.

7.1.1 Energirådgivning

Enova tilbyr støtte til energirådgivning for å utarbeide en tiltaksplan og energiattest til boliger. Målet er at tiltaksplanen og energiattesten skal utgjøre et grunnlag for å bestemme og iverksette energieffektiviserende tiltak i bygget. Energirådgiveren må være kvalifisert, og det er kompetansekrav til både rådgivende firmaer og ansatte som utfører analysen for energirådgivning fra Enova (Enova 2014).

7.1.2 Energianalyser av bygg

På oppdrag fra Østfold Fylkeskommune har konsultentselskapet Rejlers foretatt en energianalyse med energimerking og vurdering av tekniske anlegg på 273 offentlige bygg. I tillegg til å kartlegge energibesparende tiltak, var målet også at energimerkingen

skulle gi motivasjon til den enkelte byggeier å redusere sine energikostnader (Rejlers 2013).

Hver rapport har samme oppsett med 1. energimerking, 2. energivurdering av tekniske anlegg, og en mer gjennomgående 3. energianalyse. Jeg har benyttet meg av deres tall for 3.1 energiforbruk som er forankret i energiforbruket som er opplyst fra de respektive kommunene. Her er også energiforbruket steds- og temperaturkorrigert ved hjelp av gradtall for gjeldende kommune. Som regel er alle tilbygg med i oppgitt forbruk siden de mest sannsynlig ligger under samme energimålere. For tall om areal for hvert bygg, har jeg brukt tallet om oppvarmet BRA i kapittel 1.

Flere av skolene bestod i tillegg av tilbygg. Disse var inkludert i energianalysen, men energibruket i hvert bygg ble summert til å gjelde hele skolen. Da tilbygg kan være en utslagsgivende egenskap, har alle skoler blitt registrert med eller uten tilbygg i Excel.

I kapittelet om energianalyse, kommer Rejlers også med anbefalinger av aktuelle tiltak for energibesparelse i bygget. Antall anbefalte tiltak med tilhørende kostnad varierer i stor grad mellom hver skole. Hensikten med anbefalingene er å velge "riktig" oppgraderende tiltak i bygget, for bedre energieffektivisering. Et eksempel på dette er innføring av energioppfølgingsystem (EOS) som faktisk samtlige skoler har fått anbefalt. Rejlers gjør forskjell mellom lønnsomme og ikke-lønnsomme tiltak i energianalysen, og på grunn av kommuners ofte trange budsjett har denne oppgaven valgt å fokusere på de tiltakene som er lønnsomme, det vil si mindre enn 10 års tilbakebetalingstid.

I utgangspunktet skal det være dokumentert total energiforbruk fra 2010, 2011 og 2012, men det viser seg at tallene fra 2010 og 2011 er svært mangelfulle. Det er derfor tallene fra 2012 som er lagt til grunn i oppgaven, for å få et tilstrekkelig utvalg av skoler. Opplysningene om energibruk er forankret i faktiske opplysninger fra de respektive kommunene. Mangelen på dokumentert energibruk i 2010 og 2011 antas derfor å være på grunn av manglende dokumentering fra kommunene sin side.

7.1.3 Innhenting av supplerende informasjon fra de respektive skolene

I tillegg til informasjon om energibruk, oppvarmet BRA, og anbefalte energiltak fra Rejlers, ønsket jeg mer informasjon om energiltak som faktisk var blitt gjennomført og litt mer om hver enkelt skole. For å få informasjon om dette, sendte jeg ut e-post til samtlige skoler med følgende spørsmål:

1. Hvilket år ble skolen bygget?
2. Har den vært gjennom renovering? I så fall når?
3. Har dere en egen Vaktmester, eller en på deltid?
4. Er det en gymsal knyttet til skolebygget?
5. Er det en svømmehall knyttet til skolebygget?
6. Har skolen deres fått støtte fra Enova?
7. Hvilke energieffektiviseringstiltak har dere gjennomført?

Av totalt 28 skoler svarte nøyaktig halvparten av dem; 14 skoler.

Det var også flere som var usikre i sine svar, og dette er så langt det lar seg gjorte blitt registrert som et usikkert svar. Den største kilden for ufullstendige data er likevel mest sannsynlig spørsmål 7: *Hvilke energieffektiviseringstiltak har dere gjennomført?*, da dette mest sannsynlig er det mest krevende området å ha oversikt over, av alle spørsmålene. En skole nevnte ikke "Miljøfyrtårnsertifisering", selv om det stod i signaturen til skolen og på deres hjemmeside.

Spørsmålene har imidlertid bidratt til en bedre kartlegging av egenskaper som kan påvirke energibruken til hver enkelt skole. Energianalysen sier noe om tilbygg og standard, men spørsmålene var ment å komplementere bildet noe bedre over hva som kan være karakteristiske egenskaper ved hver skole.

7.1.4 Trendlinje

For å forklare skolens dataverdier vil en trendlinje med tilhørende R-kvadrat (R^2) bli brukt i figur 5 og 6. Verdien nærmest 1 er den som best forklarer skolens dataverdier.

For begge figurene med skolens dataverdier ble en logaritmisk type benyttet. Den logaritmiske funksjonen beregner linjen som er gitt ved funksjonen:

$$y = c \ln x + b$$

der c og b er konstanter, og \ln er den naturlige logaritmefunksjonen (Microsoft Office).

7.1.5 Korrelasjonsanalyse

For å måle styrken og sammenhengen mellom to parametere, som for eksempel teknisk og funksjonell energieffektivitet, har jeg brukt korrelasjonsanalyser. Målet er å påvise hvorvidt og i hvor stor grad det finnes en korrelasjon mellom parameterne, gjennom resultatet (Microsoft Office).

7.2 Datagrunnlag

7.2.1 Studieobjekter – skoler og kommuner

For å fremstille den relative sammenhengen mellom data, vil en fordeling av skolene bli illustrert. Det er spesielt fordelingen av barne- og ungdomsskoler, og størrelsen på kommunene som er viktig å se i sammenheng da dette er utslagsgivende på antall brukere av skolen.

Tabell 1: Den relative sammenhengen av studieobjekter fordelt over nivå, energimerke, antall brukere samt brukstimer

Skoler	Nivå	Energimerke	Antall elever	Antall lærere	Undervisningstimer	Barn i SFO	Ansatte i SFO	Brukstid SFO
Knapstad skole	Barneskole	G	145	15	8395	43	6	1410
Knapstad ungdomsskole	Ungdomsskole	E	192	36	16308	0	0	0
Ringvoll skole	Barneskole	F	125	12	6511	48	4	1372
Tomter skole	Barneskole	D	166	17	10132	59	5	1380
Våk skole	Barneskole	D	188	21	11115	79	7	1200
Svinndal skole	Barneskole	F	77	9	5215	33	4	1175
Kirkebygden skole	Barne- og ungdomsskole	F	345	46	22177	59	6	1296
Åvangen skole	Barneskole	E	188	19	12006	58	4	1683
Bytårnet skole	Barne- og ungdomsskole	D	433	45	26944	57	5	1479
Hoppern skole	Ungdomsskole	E	405	39	19722	0	0	0
Kambo skole	Barne- og ungdomsskole	D	381	40	24132	102	8	1428
Krapfoss skole	Barneskole	D	197	13	10716	85	8	1248
Melløs skole	Barneskole	G	326	33	17517	147	5	1377
Refsnes skole	Barneskole	F	240	22	14021	113	10	1560
Reier skole	Barneskole	D	253	27	14094	144	11	1530
Verket skole	Barne- og ungdomsskole	D	618	51	28633	124	12	1326
Vestgård skole	Barneskole	D	186	17	11187	103	7	1344
Kirkelund skole	Barne- og ungdomsskole	F	322	35	18362	0	0	0
Rakkestad ungdomsskole	Ungdomsskole	E	300	34	16662	0	0	0
Os skole	Barneskole	F	248	22	13281	63	8	1274
Trøgstad ungdomsskole	Ungdomsskole	D	212	19	9462	0	0	0
Skjønhaug barneskole	Barneskole	F	213	18	11571	96	9	1269
Havnås skole	Barneskole	E	68	8	4661	34	3	1242
Båstad skole	Barneskole	D	154	13	6955	67	6	1380
Sum								
24	3		5982	611	339779	1514	128	25973

Utvalget består av totalt 24 skoler, fordelt på 3 nivåer; barneskole, ungdomsskole, og kombinert barne- og ungdomsskole. Energimerket er hentet fra Rejlers sine energianalyser, og sier noe om selve tilstanden i bygget, rangert fra A-F hvor A er best. For god ordens skyld opplyses det om at barn i SFO også regnet som elev ved skolen.

Tabell 2: Den relative sammenhengen av skolenes kommuner med tilhørende innbyggertall

Kommune	Antall innbyggere
Hobøl	3302
Våler	3010
Moss	30416
Skiptvedt	1627
Rakkestad	4683
Trøgstad	2781
Sum	
6	45819

Bakgrunnen for valg av skoler samt tilhørende kommuner, er deres engasjement i Klima Østfold og tilgangen til energianalyser fra konsultentselskapet Rejlers. Utvalget dekker alle skolene i hver kommune, og antas som rimelig representativt, men underrepresentert for større bykommuner, da kun Moss er dekket. Sarpsborg, Fredrikstad, Hvaler, Halden, Aremark, Marker, Råde, Rømskog, Eidsberg, og Rygge kommune i Østfold fylke er ikke dekket.

7.2.2 Data om antall ansatte, elever og undervisningstimer

For å finne informasjon om antall elever, lærere, undervisningstimer og SFO, brukte jeg Grunnskolens Informasjonssystem (GSI) fra Utdanningsdirektoratet sin hjemmeside. Utdanningsdirektoratet har i følge hjemmesiden ansvaret for utviklingen av barnehage, grunnskole og videregående opplæring. I GIS kan man finne tall fra hver skole, etter ønsket skoleår. På grunn av inndeling etter skoleår, valgte jeg å bruke 2011/2012 for 2012 i analysene mine.

For alle skoler med barn i SFO, har jeg valgt å legge dem til som ekstra brukere, selv om de allerede er talt som elever i skolen. De har fått en tilleggs kategori – antall elever i SFO. Grunnen er at de bruker mer oppvarmet areal enn klasserommene, så skolen er mest sannsynlig større på grunn av SFO, i tillegg til at de har ekstra brukstimer.

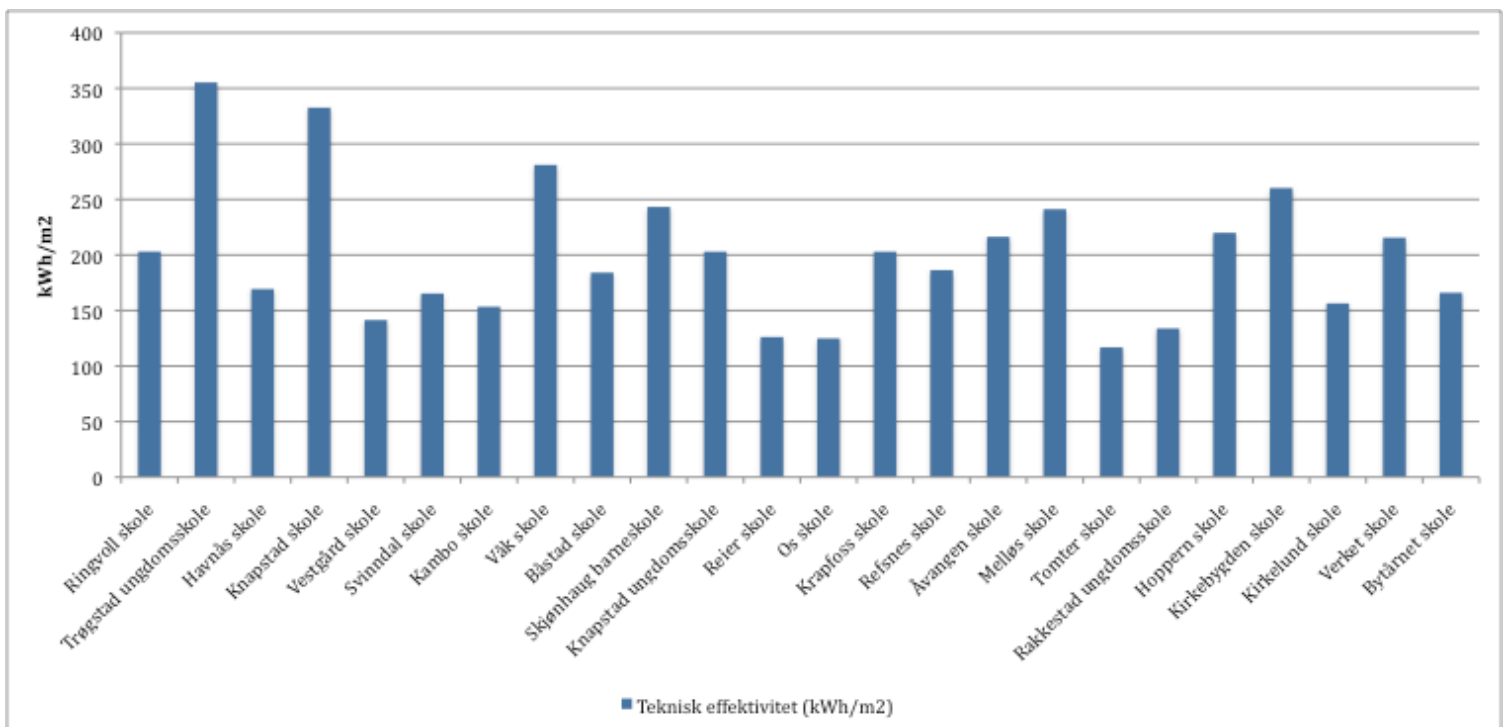
8 Resultater

8.1 Problemstilling i

Finnes det sammenhenger mellom utvalgte skoler i Østfold fylke sin tekniske og funksjonelle energieffektivitet? Hvordan beskriver man best en skoles funksjonelle energieffektivitet?

For å regne ut den tekniske energieffektiviteten, er tall om totalt energiforbruk i 2012 og oppvarmet bruttoareal (BRA) fra Rejlers sine energianalyser lagt til grunn. For funksjonell energieffektivitet ble i tillegg til totalt energiforbruk opplysninger fra Utdanningsdirektoratet om antall brukere og brukstimer, benyttet.

Den tekniske energieffektiviteten vil bli sammenlignet med to forskjellige typer funksjonell energieffektivitet – målt i antall brukere og antall brukstimer.



Figur 2: Skolenes tekniske energieffektivitet med stigende oppvarmet BRA fra venstre til høyre

Teknisk energieffektivitet vil si spesifikt energiforbruk, her illustrert per skole, sortert etter stigende oppvarmet bruttoareal (BRA). Det er med andre ord Bytårnet skole som har størst oppvarmet BRA av skolene.

Skolenes tekniske energieffektivitet sier noe om hvor mye energi de bruker i forhold til oppvarmet BRA. Man ser av grafen at det ikke er en tydelig sammenheng mellom areal og teknisk energieffektivitet. Bytårnet skole er den største skolen i utvalget, og har tilnærmet lik teknisk energieffektivitet som Havnås skole – en av de minste skolene i utvalget.

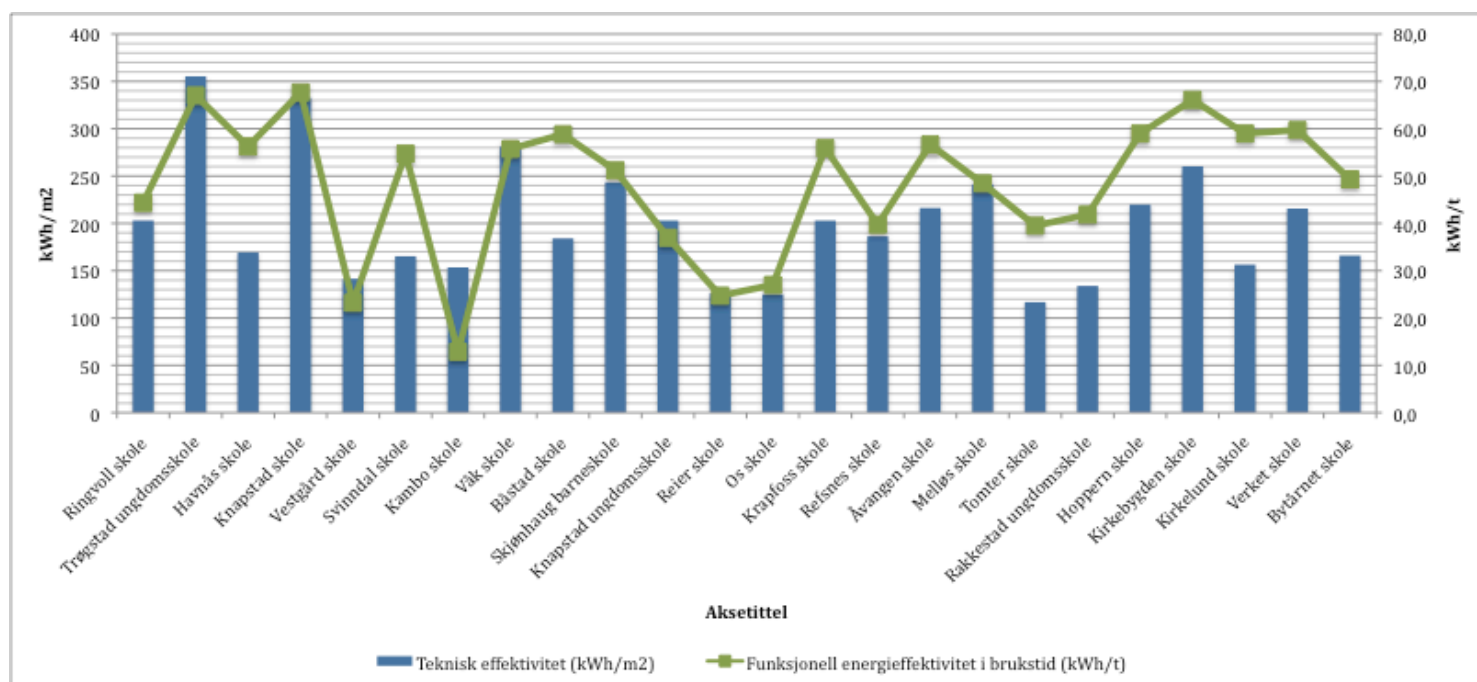
Tabell 3: De 5 beste og dårligste skolene i teknisk energieffektivitet

Best	kWh/m²	Dårligst	kWh/m²
Tomter skole	116,8	Trøgstad ungdomsskole	355,2
Os skole	124,9	Knapstad skole	332,6
Reier skole	126,1	Våk skole	281,1
Rakkestad ungdomsskole	133,9	Kirkebygden skole	260,3
Vestgård skole	141,4	Skjønhaug barneskole	243,2

Trøgstad Ungdomsskole er en av de mindre skolene i areal, men har et litt over gjennomsnittet energiforbruk. På grunn av forholdet mellom disse faktorene, kommer skolen dårligst ut i teknisk energieffektivitet. På den andre siden av skalaen har vi Tomter skole, som har et under gjennomsnittet energiforbruk og et over gjennomsnittet stort oppvarmet bruttoareal. Tomter skole bruker med andre ord mindre energi per oppvarmet BRA.

Den tekniske energieffektiviteten sier som sagt noe om den spesifikke energibruken, men inkluderer ikke byggets funksjon som en skole. En skole sitt totale energiforbruk er en funksjon av flere kritiske faktorer som antall brukere, og brukstid i tillegg til oppvarmet BRA. Det er for eksempel naturlig å tenke at en stor skole med mange undervisningstimer bruker mer energi enn en mindre skole med færre undervisningstimer. På samme måte som det er naturlig å tenke at en skole med mange elever har et større energibehov enn en skole med få elever.

Da en av de viktigste funksjoner for skolen er å være et lokale for undervisning, har jeg valgt å legge antall undervisningstimer til grunn i den første analysen. Antall timer der SFO er i bruk, er også medberegnet.



Figur 3: Skolenes tekniske energieffektivitet og funksjonelle energieffektivitet målt i brukstid med stigende oppvarmet BRA fra venstre til høyre

Som vi ser av figur 3 er det ikke sammenheng mellom teknisk og funksjonell energieffektivitet på alle skolene. Tomter skole – som var best i teknisk – har et høyere funksjonell energieffektivitet i brukstid. Trøgstad Ungdomsskole – som hadde det høyeste tekniske forbruket – har en tilnærmet relativt lik verdi i funksjonell energieffektivitet.

Tabell 4: De 5 beste og dårligste skolene i funksjonell energieffektivitet målt i brukstid

Best	kWh/t	Dårligst	kWh/t
Kambo skole	12,9	Knapstad skole	67,7
Vestgård skole	23,2	Trøgstad ungdomsskole	67
Reier skole	24,7	Kirkebygden skole	66,1
Os skole	27	Verket skole	59,7
Knapstad ungdomsskole	37	Hoppern og kirkelund skole	59

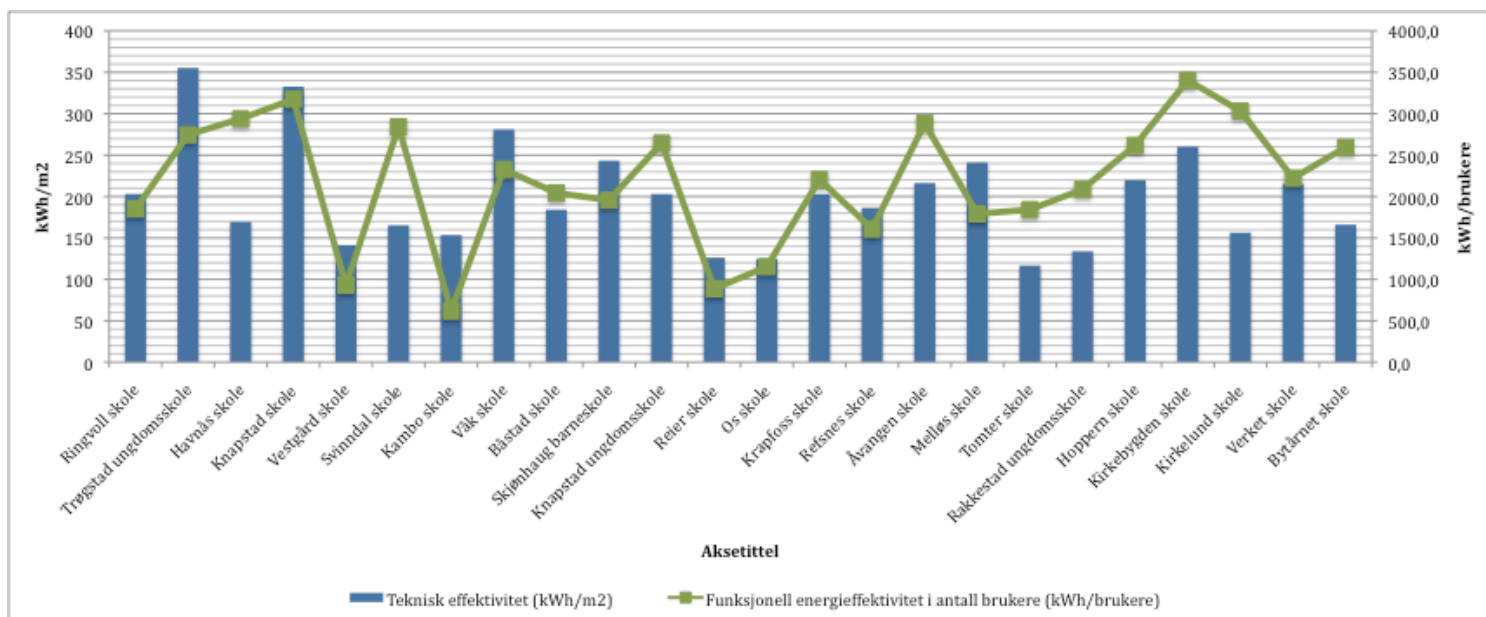
Den eneste skolen som fremdeles er på "best"-listen fra måling av teknisk energieffektivitet er Os skole. På "dårligst" listen derimot, er hele 3 av 5 skoler fortsatt med – Knapstad, Trøgstad og Kirkebygden var også blant skolene med dårligst teknisk energieffektivitet.

Årsaken til de relativt store forskjellene mellom teknisk og funksjonell energieffektivitet målt i brukstid er først og fremst at en skole bruker mer/mindre energi per undervisningstime enn per oppvarmet BRA.

For å måle om det finnes en sammenheng mellom en skole sin tekniske og funksjonelle energieffektivitet, kan vi utføre en korrelasjonstest. En korrelasjonstest vil vise graden av samvariasjon mellom to variabler – i dette tilfelle teknisk og funksjonell energieffektivitet målt i brukstid for å se om det finnes en statistisk sammenheng.

Testen ble gjennomført i Excel, med teknisk energieffektivitet (kWh/m²) som matrise 1 og funksjonell energieffektivitet (kWh/t) som matrise 2. Korrelasjonsverdien ble 0,8727 og er en positiv korrelasjonskoeffisient mellom de to utvalgte matrisene. Verdien forteller oss at det er sterk samvarians mellom skolene sin tekniske og funksjonelle energibruk. Det er likevel ingen fasit på dette, da korrelasjonsmålet er relativt og samvariansen vil avhenge av våre forventninger – hvor nærme 1 verdien må være for at vi skal tolke den som en sterk korrelasjon.

Vi sammenligner verdien med en annen korrelasjonsverdi om teknisk og funksjonell energieffektivitet målt i antall brukere – etter analysen med diagrammer.



Figur 4: Skolenes tekniske energieffektivitet og funksjonelle energieffektivitet målt i antall brukere med stigende oppvarmet BRA fra venstre til høyre

Også her er skolene rangert etter stigende oppvarmet bruttoareal (BRA). Brukerne er elever, lærere, barn på SFO og ansatte på SFO. Administrasjon og andre brukere er ikke medberegnet. Grunnen til å velge brukere som et mål på skolens funksjon, er deres mål om å utdanne elever.

Tabell 5: De 5 beste og dårligste skolene i funksjonell energieffektivitet målt i antall brukere

Best	kWh/bruker	Dårligst	kWh/bruker
Kambo skole	61,9	Kirkebygden skole	340,3
Reier skole	88,8	Knapstad skole	332,59
Vestgård skole	92,9	Kirkelund skole	303,3
Os skole	115,2	Havnås skole	293,9
Refsnes skole	160,9	Åvangen skole	288,3

Rangeringen av skolene er tilnærmet lik som i funksjonell energieffektivitet målt i antall brukstimer, spesielt i ytterpunktene av best og dårligst energieffektivitet.

Dersom vi utfører en korrelasjonstest mellom teknisk energieffektivitet (kWh/t) og funksjonell energieffektivitet (kWh/brukere) får vi en positiv verdi på 0,7970 som er en lavere verdi enn korrelasjonsverdien mellom teknisk og funksjonell målt i brukstid som er 0,8727. Det forteller oss at det er en noe sterkere sammenheng mellom spesifikk energibruk og antall timer skolen er i bruk, enn antall brukere.

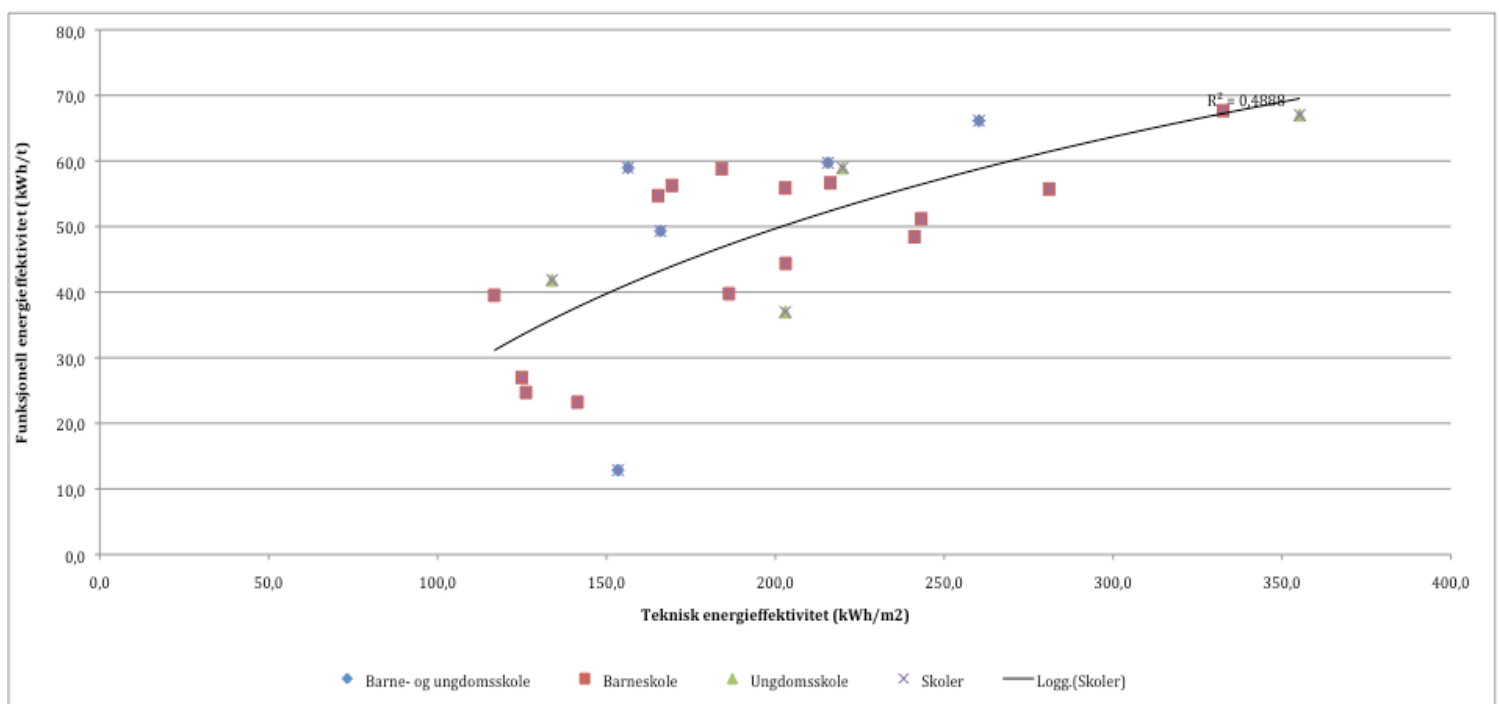
Vi har gått gjennom to forskjellige måter å måle funksjonell energieffektivitet på – målt i total brukstid av skolen (kWh/t) som er antall undervisningstimer og brukstimer i SFO, og målt i totalt antall brukere av skolen (kWh/brukere) som er antall elever, lærere, ansatte i SFO og barn i SFO. Hvilken indikator har målt skolens funksjonelle energieffektivitet best?

De forskjellige indikatorene – brukstid og antall brukere – gir forskjellige resultater. Korrelasjonsverdien mellom teknisk energieffektivitet og funksjonell energieffektivitet var høyest. Funksjonell energieffektivitet er energibruken relatert til byggets bruk og funksjon. Definisjonen av en skoles bruk kan være som tidligere nevnt i oppgaven; lokale til undervisning. Derav antall undervisningstimer som indikator. Deres funksjon kan også defineres å være et utdanningscenter for barn i grunnskolealderen. Derav antall brukere som utgjør denne funksjonen, som en annen indikator. Tilgangen på data er noe vanskeligere for antall brukere, da administrasjon, vikarer og assistenter er oppgitt med andre måltall hos Utdanningsdirektoratet sine informasjonssider på nettet. Dette er hvis man ser bort ifra brukstid utenom undervisning og SFO, samt hvem/hvor mange som da er brukere av skolebygget.

8.2 Problemstilling ii

I hvor stor grad varierer teknisk og funksjonell energibruk mellom barne- og ungdomsskoler? Hvilken rolle spiller skolens areal, antall brukere, og størrelse på kommunen?

Barneskoler og ungdomsskoler har forskjellige brukstider, fordeling av elever i klasser og ofte forskjellig type bygning. Det kan derfor være hensiktsmessig å se på deres fordelinger i energieffektivitet (Pereira et al. 2014).



Figur 5: Teknisk energieffektivitet og funksjonell energieffektivitet målt i brukstid sortert etter utdanningsnivå inkludert trendlinje

For å kartlegge variasjonen mellom teknisk og funksjonell energieffektivitet mellom ulike skolenivåer, er de fremstilt i hver sin kategori i figur 5. Det statistiske uttrykket for styrken og retningen på samvariasjonen kan uttrykkes gjennom å legge til en trendlinje for hver av skoletypene.

En trendlinje med tilhørende R-kvadrat (R^2) nærmest 1, er den som best forklarer skolens dataverdier og er mest pålitelig. I figur 5 har variablene fått en R^2 -verdi på 0,4888, tilhørende en logaritmisk trendlinje med. Verdien tilsier at funksjonen og

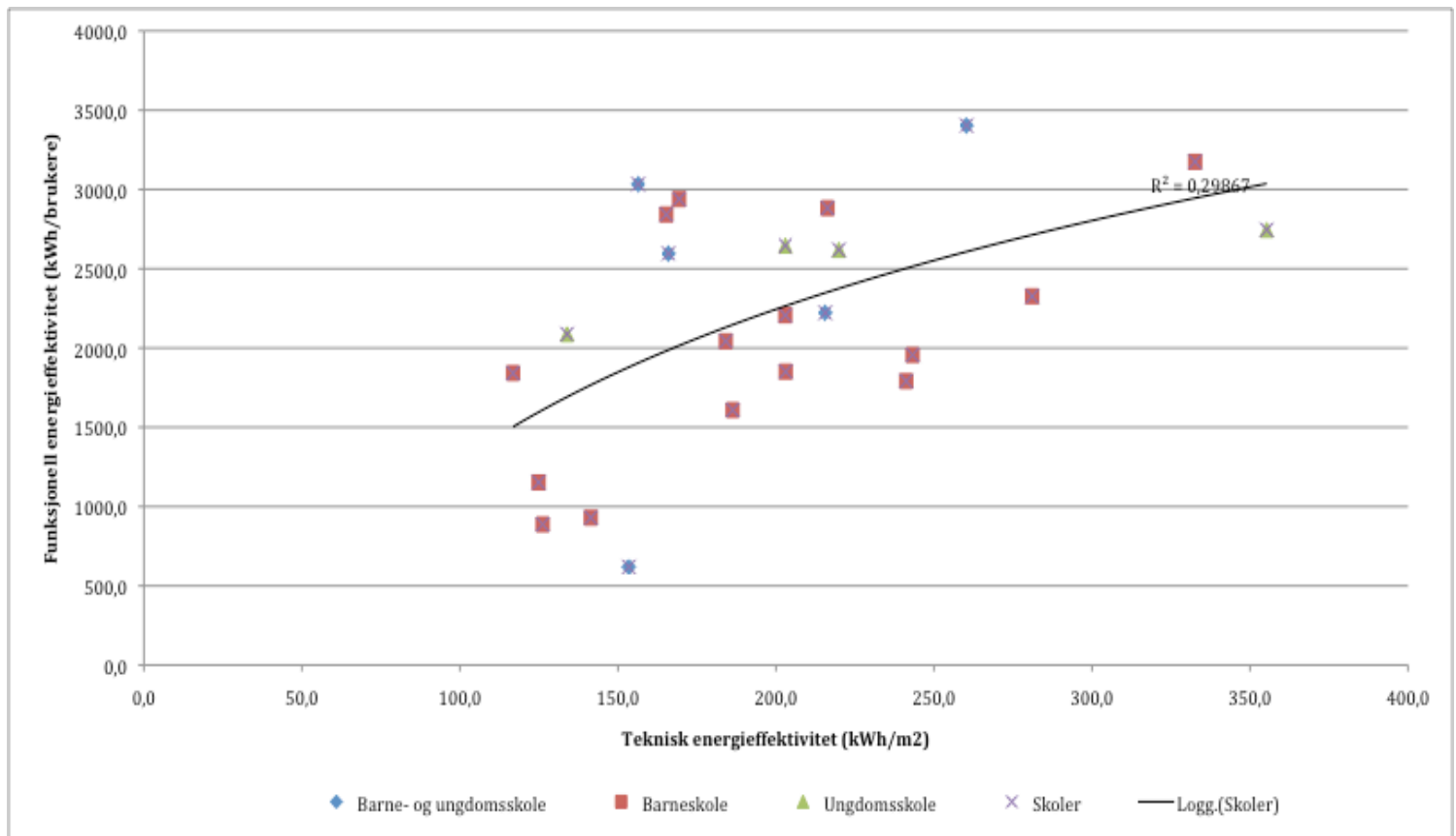
trendlinjen har en god sammenheng med dataene. Den logaritmiske trendlinjen viser at verdiene øker relativt raskt, for deretter å flate ut på toppen.

Vi ser av figuren at det er relativt flere barneskoler under trendlinjen, noe som viser at barneskoler har lavere teknisk og funksjonell energieffektivitet i brukstid enn ungdomsskoler og barne- og ungdomsskoler, basert på dette utvalget og forventet fra trendlinjen.

Det er lik fordeling av ungdomsskoler, mens det er flere barne- og ungdomsskoler over trendlinjen, med unntak av en barne- og ungdomsskole med desidert lavest funksjonell energieffektivitet målt i brukstid. Forklaringen kan være at skolen har et mye lavere totalt energiforbruk enn de andre barne- og ungdomsskolene i utvalget, men tilnærmet like mange undervisningstimer og brukstid i SFO.

Basert på dette utvalget, viser det at kombinerte barne- og ungdomsskoler har relativt høyere verdier for teknisk energieffektivitet og funksjonell energieffektivitet i brukstid, enn barneskoler og ungdomsskoler. Barneskolene i dette utvalget har de laveste verdiene i dette utvalget.

Vi sammenligner resultatene fra energieffektivitet i brukstid med energieffektivitet målt i antall brukere for å få en bedre forståelse av forskjellene mellom skolenivåene.



Figur 6: Teknisk energieffektivitet og funksjonell energieffektivitet målt i antall brukere sortert etter utdanningsnivå inkludert trendlinje

Også her er trendlinjen logaritmisk, med en R2-verdi på 0,298, som er lavere enn R2-verdien på 0,488 for teknisk energieffektivitet og funksjonell energieffektivitet målt i brukstid.

Fordelingen av skoler virker også å være noe annerledes i figur 6. Det er en større andel barneskoler under trendlinjen, og en større andel ungdomsskoler samt kombinert barne- og ungdomsskoler over trendlinjen enn i figur 5. En mulig forklaring på de økte forskjellene mellom nivåene, kan være kombinasjonen av at ungdomsskolene, og barne- og ungdomsskolene i utvalget har et noe høyere totalt energiforbruk enn barneskolene i utvalget. I tillegg blir antall brukere av barneskolene noe høyere da elevene som også er i SFO blir telt dobbelt – en gang som elev og en gang som elev i SFO.

Resultatet tilsier at forskjellene mellom skolenivåene sin tekniske og funksjonelle energieffektivitet er enda større når funksjonell energieffektivitet måles i antall brukere enn i brukstid.

For å se om størrelsen på kommunen spiller noen rolle skolenes energieffektivitet, er skolenes tekniske og funksjonelle energieffektivitet rangert med tilhørende kommuner og deres størrelse; liten eller stor.

Definisjonen på liten kommune varierer mellom forskningsrapporter og statlige organ, med opp til 3000 innbyggere ifølge Utdanningsdirektoratet, og til opp til 5000 innbyggere ifølge Statistisk Sentralbyrå (Utdanningsdirektoratet 2011).

Med tanke på at et ekspertutvalg på vegne av Kommunal- og moderniseringsdepartementet 1 desember 2014 la frem en sluttrapport med Kriterier for god kommunestruktur anbefalte at alle fremtidens kommuner bør ha 15.000 – 20.000 innbyggere, synes det rimelig å kun kategorisere Moss med over 30.000 innbyggere, som den eneste store kommunen i dette utvalget (Regjeringen 2014).

Tabell 6: Skoler og kommuner med best sammenheng mellom teknisk og funksjonell energieffektivitet

Skole	Nivå	Kommune	Kommune- størrelse
<i>Teknisk energieffektivitet og funksjonell energieffektivitet i brukstid</i>			
Kambo skole	Barne- og ungdomsskole	Moss	Stor
Tomter skole	Barneskole	Hobøl	Liten
Reier skole	Barneskole	Moss	Stor
Os skole	Barneskole	Rakkestad	Liten
Vestgård skole	Barneskole	Skiptvedt	Liten
<i>Teknisk energieffektivitet og funksjonell energieffektivitet i antall brukere</i>			
Tomter skole	Barneskole	Hobøl	Liten
Os skole	Barneskole	Rakkestad	Liten
Reier skole	Barneskole	Moss	Stor
Kambo skole	Barne- og ungdomsskole	Moss	Stor
Vestgård skole	Barneskole	Skiptvedt	Liten

Barneskoler er godt representert i utvalget over best energieffektivitet. Av de 10 skolene med best funksjonell energieffektivitet målt i brukstimer og brukere – så er 4 av dem i fra Moss (stor kommune).

I forhold til fordelingen mellom små og store kommuner i hele utvalget, så utgjør skoler i stor kommune (Moss) 9 av 24 (37,5 %) mot utvalget i tabell 6 – 4 av 10 (40 %). Det viser en liten økning i andel av skoler i stor kommune med bedre sammenheng mellom teknisk og funksjonell energieffektivitet enn resten av utvalget mot det samlede totale utvalget.

Tabell 7: Skoler og kommuner med dårligst sammenheng mellom teknisk og funksjonell energieffektivitet

Skole	Nivå	Kommune	Kommune- størrelse
<i>Teknisk energieffektivitet og funksjonell energieffektivitet i brukstid</i>			
Trøgstad ungdomsskole	Ungdomsskole	Trøgstad	Liten
Knapstad skole	Barneskole	Hobøl	Liten
Våk skole	Barneskole	Våler	Liten
Kirkebygden skole	Barne- og ungdomsskole	Våler	Liten
Skjønhaug barneskole	Barneskole	Trøgstad	Liten
<i>Teknisk energieffektivitet og funksjonell energieffektivitet i antall brukere</i>			
Trøgstad ungdomsskole	Ungdomsskole	Trøgstad	Liten
Knapstad skole	Barneskole	Hobøl	Liten
Kirkebygden skole	Barne- og ungdomsskole	Våler	Liten
Våk skole	Barneskole	Våler	Liten
Skjønhaug barneskole	Barneskole	Trøgstad	Liten

Av skolene med dårligst sammenheng mellom teknisk og funksjonell energieffektivitet er utvalget noe mer variert, men med tanke på det relative totale utvalget kan det se ut til at ungdomsskoler er representert i større grad her. Av totalt 10 stykker – både funksjonell energieffektivitet målt i brukstid og brukere – er 10 små kommuner.

Ut ifra disse målingene kan det se ut til at små kommuner i dette utvalget i større grad har skoler med lavere teknisk og funksjonell energieffektivitet enn den store kommunen. I dette utvalget har store kommuner og deres skoler relativt god teknisk og funksjonell energieffektivitet.

Det er naturlig å tenke seg at små kommuner har færre ressurser til å prioritere å arbeide med planlegging og gjennomføring av energiltak og -styring i skolebyggene enn i store kommuner, på grunn av størrelsen på kommunens administrasjon og budsjett.

8.3 Problemstilling iii

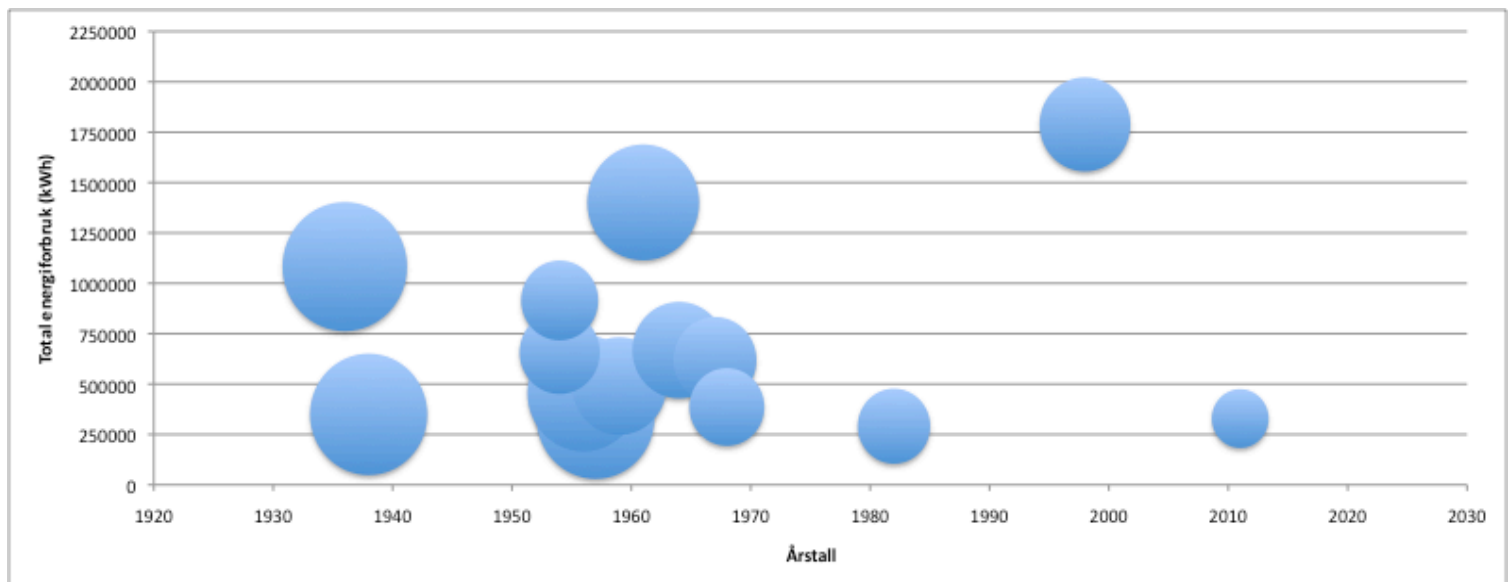
Hvilke andre faktorer forklarer variasjonen i total energiforbruk mellom skolebygg? Finnes det noen sammenheng mellom anbefalte og gjennomførte energieffektiviseringstiltak, og totalt energiforbruk?

Av faktorer som kan forklare variasjonen i energibruk mellom bygg, er alder på bygg og areal to av de mest dominerende faktorene (NCE Smart Energy Markets 2014). Arealintensitet måler i tillegg m² per bruker av bygget. Informasjonen om alder på bygg ble innhentet gjennom e-post utveksling til alle skolene. Av det samlede utvalget på 24 skoler, var det kun 14 stykker som svarte på e-postene med supplerende informasjon om deres skole. Følgende analyser for denne problemstillingen vil dermed kun inneholde et utvalg på 14 skoler.

Tabell 8: Utvalget av skoler som svarte på forespørsel om supplerende informasjon

Båstad skole	Barneskole	Trøgstad
Skoler	Nivå	Kommune
Tomter skole	Barneskole	Hobøl
Svinndal skole	Barneskole	Våler
Bytårnet skole	Barne- og ungdomsskole	Moss
Kambo skole	Barne- og ungdomsskole	Moss
Krapfoss skole	Barneskole	Moss
Melløs skole	Barneskole	Moss
Refsnes skole	Barneskole	Moss
Reier skole	Barneskole	Moss
Verket skole	Barne- og ungdomsskole	Moss
Vestgård skole	Barneskole	Skiptvedt
Kirkelund skole	Barne- og ungdomsskole	Skiptvedt
Skjønhaug barneskole	Barneskole	Trøgstad
Havnås skole	Barneskole	Trøgstad

Hypotesen er at bygg med lav arealintensitet er mer effektive og har et lavere energibruk. Den andre hypotesen er at nyere bygg har bedre standard, og dermed et lavere energibehov som resulterer i et lavere energiforbruk.



Figur 7: Forholdet mellom skolenes arealintensitet, byggeår, og totale energiforbruk

Størrelsen på de blå boblene er mål på arealintensiteten til utvalget på 14 skoler – de store har høy arealintensitet, som vil si relativt høyere grad av areal (m²) per bruker. Bruker er regnet som antall elever, lærere, barn i SFO og ansatte i SFO for de respektive skolene.

Figur 7 viser sammenhengen mellom skolebyggets alder, arealintensitet og totale energiforbruk (kWh) for å forklare mulige forskjeller i energibruk mellom skolebygg. Vi ser at de fleste utvalgets skoler er bygget før 1970, noe som tilsier at skoleutvalget i kommunene er av eldre typer. Skolen med høyest total energiforbruk er likevel en av de nyeste – bygget i 1998 og har litt større arealintensitet enn de to andre skolene bygget rundt samme tidspunkt.

Vi ser at skolene med lav arealintensitet er fordelt over i nyere tid, og i det nedre sjiktet av totalt energibruk. De fleste skolene med høy arealintensitet ser ut til å være eldre enn

40 år – med unntak av en som er bygget rett før tusenårsskiftet. Disse har større variasjon i total energiforbruk.

Andre faktorer som kan påvirke det totale energiforbruket er renovering av bygget, om skolen har tilbygg, vaktmester, gymsaler, svømmehall eller har mottatt støtte fra Enova til energieffektiviseringstiltak. Nedenfor er utvalget på 14 skoler listet med nevnte faktorer for å se om noen kan forklare variasjonene i totalt energiforbruk.

Tabell 9: Påvirkende faktorer til skolenes totale energiforbruk

Skoler	Energiforbruk 2012 (kWh)	Byggeår	Siste renovering	Tilbygg	Vaktmester	Gymsaler	Svømmehall	Enovastøtte
Verket skole	1789043	1998	Ingen	Nei	Deltid	2	0	Nei
Bytårnet skole	1401626	1961	2005	Ja	Deltid	2	0	Nei
Kirkelund skole	1082792	1936	2014	Nei	Fulltid	1	1	Nei
Melløs skole	915282	1954	1997	Nei	Deltid	1	0	Nei
Krapfoss skole	668510	1964	2001	Nei	Deltid	1	0	Nei
Skjønhaug barneskole	657181	1954	2004	Nei	Deltid	1	0	Nei
Refsnes skole	619417	1967	2000	Nei	Deltid	1	0	Vet ikke
Båstad skole	490314	1959	2014	Nei	Deltid	1	0	Vet ikke
Tomter skole	454915	1956	2004	Nei	Deltid	1	0	Vet ikke
Reier skole	386083	1968	1999	Nei	Deltid	1	0	Nei
Svinndal skole	349616	1938	1938	Nei	Deltid	1	0	Ja
Havnås skole	332109	1957	2006	Nei	Deltid	1	0	Nei
Kambo skole	328837	2011	Ingen	Nei	Deltid	1	0	Vet ikke
Vestgård skole	290903	1982	Ingen	Nei	Deltid	0	0	Ja

Skolen med høyest energiforbruk i 2012 var Verket skole. Skolen ble bygget rett før tusenårsskiftet, i 1998, og har ikke gjennomført noen renovering siden da. De har også 2 gymsaler, som kan være en forklaring på det høye energiforbruket. Bytårnet skole som er neste på rangeringen over høyest energiforbruk i 2012 har for øvrig også 2 gymsaler.

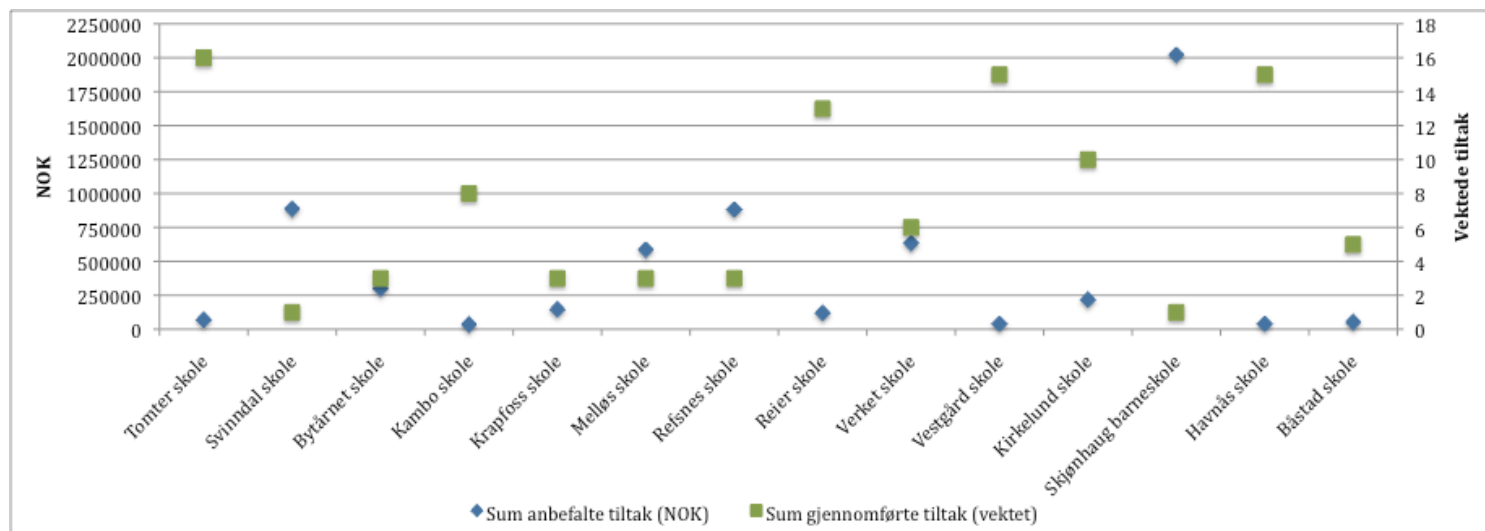
Skolen med lavest energiforbruk er Vestgård skole. Den er i tillegg til Svinndal skole, den eneste i utvalget som har fått støtte fra Enova til energieffektiviserende tiltak. De har verken tilbygg, gymsal, eller svømmehall, noe som kan være mulige årsaker til det lave totale energiforbruket.

Kirkelund skole er den eneste skolen med en vaktmester ansatt på fulltid. Det er naturlig å tenke at en vaktmester på heltid har positiv effekt på det totale energiforbruket, men skolen er rangert som nr 3 av 14 med høyest total energiforbruk. Av det totale utvalget på 24 skoler er den listet som henholdsvis nr 20 og 22 i lavest funksjonell

energieffektivitet i brukstid og antall brukere. Det vil si en av de dårligste i utvalget. Skolen ligger rangert som nummer 7 av 24 i lavest teknisk energieffektivitet, som er stor forskjell fra nr 20 og 22, i funksjonell energieffektivitet. Skolen har også laveste energimerke F på bygget. Se vedlegg 1 for total oversikt over rangeringen av de respektive skolene sitt totale energiforbruk, energieffektivitet, og tilhørende energimerket av skolebygget.

Kritiske faktorer virker ut i fra egenskapene å være tilbygg, gymsal, svømmehall, og eventuell støtte fra Enova til energieffektiviseringstiltak. Tidspunkt for eventuell renovering synes ikke å påvirke det totale energiforbruket.

For å se om det finnes noen sammenheng mellom en skoles anbefalte tiltak fra energianalyser, egne gjennomførte tiltak, og energiforbruk, vil summen av tiltakene bli gjennomgått og korrelasjonstester gjennomført.



Figur 8: Sammenhengen mellom skolenes anbefalte og gjennomførte tiltak

Figur 8 viser den relative sammenhengen mellom hver enkelt skole sine anbefalte og gjennomførte tiltak. De anbefalte tiltakene er et resultat av energianalysene til Rejlers og er summert i total investeringskostnad (NOK). De gjennomførte tiltakene er summert i antall gjennomførte tiltak – hvor hvert enkelt tiltak har blitt vektet med en

påvirkningsgrad; 1, 3, eller 5, basert på Norsk Teknologi sin case studie av 5 kontorbygninger sine funn av faktorer som beskriver et energieffektivt kontorbygg (Norsk Teknologi 2013).

Vi ser av figur 8 at det for de fleste skoler i utvalget er stor forskjell mellom sum anbefalte tiltak og sum gjennomførte tiltak. Det kan bety at en skole som ikke har gjennomført energieffektiviserende tiltak i særlig grad, dermed har et større behov for å initiere energieffektiviserende tiltak for å redusere det totale energiforbruket.

For finne et måltall på dette, har det blitt utført korrelasjonstester mellom sum anbefalte og sum gjennomførte tiltak, sum anbefalte tiltak og totalt energiforbruk, og sum gjennomførte tiltak og totalt energiforbruk. Verdien vil vise styrken og retningen på sammenhengen mellom de to variablene. Testene er utført i Excel.

Mellom sum anbefalte tiltak og sum gjennomførte tiltak, ble verdien av korrelasjonstesten $-0,6280$ som tilsier et negativt lineært forhold. Det bekrefter den visuelle tolkningen av figur 8, at en relativ høy sum av anbefalte tiltak gir en relativt lav sum av gjennomførte tiltak, og omvendt for utvalget av skoler. Av figur 8 ser vi at Skjønhaug skole er den skolen i utvalget med høyest sum av anbefalte tiltak, og færrest gjennomførte tiltak; 1.

Mellom sum anbefalte tiltak og total energiforbruk, ble det en positiv verdi på $0,1674$. Resultatet tilsier ingen eller liten lineær samvarians mellom de to variablene. Skjønhaug skole har flest anbefalte tiltak – deretter er det Svinndal. Skjønhaug er ifølge tabell 10 nr 6 og Svinndal nr 11 av 14 skoler rangert med høyeste totale energiforbruk. Dette er noe overraskende, da det er naturlig å tenke seg at en høy andel av anbefalte tiltak var reflektert i et høyt energiforbruk.

Tabell 10: Rangering av de 14 utvalgte skolene sitt totale energiforbruk (kWh) med synkende verdier

Skoler	Totalt energiforbruk (kWh)
Verket skole	1789043
Bytårnet skole	1401626
Kirkelund skole	1082792
Melløs skole	915282
Krapfoss skole	668510
Skjønhaug barneskole	657181
Refsnes skole	619417
Båstad skole	490314
Tomter skole	454915
Reier skole	386083
Svinndal skole	349616
Havnås skole	332109
Kambo skole	328837
Vestgård skole	290903

Til slutt, fikk sum gjennomførte tiltak og total energiforbruk en negativ korrelasjonsverdi på -0,3417. Det vil si at det er noe negativ samvarians mellom de to variablene, og en relativt høy sum av gjennomførte tiltak skal gi et noe lavere energiforbruk for de 14 utvalgte skolene. Av figur 8 ser vi at Tomter skole er skolen med flest gjennomførte tiltak, og havner som nr 9 av 14 over rangeringen av totalt energiforbruk i følge tabell 10.

9 Diskusjon

9.1. Problemstilling i

I problemstilling i) var spørsmålet om det finnes sammenhenger mellom utvalgte skoler i Østfold fylke sin tekniske og funksjonelle energieffektivitet, og hvordan man best kan beskrive en skoles funksjonelle energieffektivitet.

Resultatene viste at det ikke var en direkte sammenheng mellom alle skolene sin tekniske og funksjonelle energieffektivitet, og at det var relativt stor forskjell mellom enkelte skoler sin energieffektivitet.

En kan diskutere om de funksjonelle indikatorene brukstid og antall brukere er best for å måle en skole sin funksjonelle energieffektivitet, eventuelt om man burde ha testet med flere indikatorer for vurdering.

Det hadde det også vært mulig å vekte de ulike brukerne, for å skille mellom type brukere ut ifra hvem som bruker mest energi. Det er naturlig å tenke at en elev på ungdomsskolen bruker mer teknisk utstyr enn en elev i barneskolen, og dermed også mer energi, gitt at klassene er like store. Barn som også gikk i SFO kunne ha fått et lavere vekttall, da tiden i SFO ofte er kortere enn en skoledag.

9.2 Problemstilling ii

I problemstilling ii) var spørsmålet i hvor stor grad den tekniske og funksjonelle energieffektiviteten varierte mellom ulike skolenivåer, og hvilken rolle skolens areal, antall brukere, og størrelse på kommunen spilte.

I utvalget er det totalt 6 kommuner, hvorav kun 1 av dem regnes som stor. Resultatene knyttet til hvilken rolle størrelsen på kommunen har å si for skolens energieffektivitet, kan derfor ikke generaliseres, da utvalget og fordelingen av størrelsen på kommunene er for liten og skjev. Det gjør det vanskelig å si hvilken rolle en stor kommune spiller sammenlignet med små.

Man kunne ha definert grensene for hva som er liten og stor kommune slik Utdanningsdirektoratet har gjort, og sagt at alle kommuner i utvalget med opp til 3000 innbyggere er små. Alle kommuner med innbyggertall over 3000 kunne ha blitt definert som middels eller stor. Utvalget med 6 kommuner ville da ha bestått av 2 små kommuner, og resten middels/stor. Dette ville påvirket fordelingen av skolene med lavest/høyest rangering av teknisk og funksjonell energieffektivitet sin tilhørighet til en liten, middels, eller stor kommune.

9.3 Problemstilling iii

I problemstilling iii) ble det stilt spørsmål om hvilke andre faktorer som kan forklare variasjon i total energibruk mellom skolebygg, og om det finnes noen sammenheng mellom anbefalte og gjennomførte energieffektiviseringstiltak, og totalt energiforbruk.

Faktorer som allerede var blitt dekket i tidligere problemstillinger i oppgaven, som antall brukstimer, antall brukere, og skolenivå, ble ikke vurdert i dette spørsmålet.

At utvalget bare var på 14 gjør at resultatene i mindre grad kan generaliseres til å gjelde skoler i andre kommuner enn utvalgets. Av dette utvalget var det svært få skoler som var blitt bygget etter 1970, noe som gir et dårligere sammenligningsgrunnlag for nyere skoler.

Den ene faktoren som ble gjennomgått, var om skolen hadde en vaktmester eller ei, enten på fulltid eller deltid. Kirkelund skole er den eneste skolen i utvalget med en vaktmester ansatt på fulltid. Det er naturlig å tenke at en vaktmester bidrar til god drift av skolen, som bidrar til en energieffektiv drift, da en vaktmester innehar kunnskap om god drift av bygg. Likevel er Kirkelund skole nr 3 av 14 i rangering av høyest total energiforbruk. En mulig forklaring kan være at dette også er den eneste skolen med svømmebasseng, noe som er en energikrevende faktor. Skolen var også gjennom en renovering senest i 2014 – kanskje på bakgrunn av behovet om energieffektiviseringstiltak.

9.4 Usikkerhet i metodikk og datagrunnlag

9.4.1 Metodikk

Energirådgivning skal gi grunnlag for å bestemme og iverksette energieffektiviserende tiltak, men utvalgets energianalyser har ikke tatt hensyn til byggets funksjonelle energieffektivitet. Energianalysene har kun tatt hensyn til tekniske anlegg, og energiforbruk over 3 år.

Informasjonen om energiforbruket over 3 år var svært mangelfull, og det var kun 4 av 27 skoler som hadde informasjon om energiforbruk alle 3 årene. Størst utvalg var det for året 2012, hvor 24 av 27 hadde oppgitt energiforbruk.

Oppsettet på utvalgets energianalyser kunne også variere, spesielt i fremstillingen av anbefalte tiltak. Det kan være et problem når man leser mange energianalyser, da det er lett å tolke fremstillingen feil og misforstå hvilke tiltak selskapet mener er lønnsomme og ikke.

Under innhenting av supplerende informasjon fra skolene, var det kun 14 av 24 som svarte. Det har ikke blitt tatt hensyn til om det er en indikasjon på en mulig større ansvarsfølelse og dermed bedre energiledelse. Det varierte hvem som svarte på henvendelsen; det varierte mellom å være rektor, avdelingsledere, vaktmester, eller andre i administrasjonen. Flere uttrykte usikkerhet ved sine svar. Mulige svakheter kan være at personene har tolket spørsmålene ulikt, eller at jeg har mistolket deres svar.

Trendlinjene i figur 5 og 6 fikk en logaritmisk funksjon med R^2 -verdier på henholdsvis 0,4888 og 0,29867. Da det er verdien nærmest 1 som angir den beste tilpasningen til dataverdiene, kan ingen av verdiene sies å være en god tilpasning. Det var små marginer som skilte logaritmisk tilpasning mot andre alternativet som for eksempel lineær, men forklaringen av den logaritmiske tilpasningen synes å passe godt med den visuelle fremstillingen av dataverdiene i figurene. Alternativt kunne man ha gått nærmere inn i hvert skolenivå, og gjort statistiske tester innenfor hver gruppe for en bedre tilpasset trendlinje.

For å finne et mål på styrken og retningen på den lineære sammenhengen mellom flere av parameterne, ble korrelasjonsanalyse benyttet. En viktig forutsetning er at variablene representerer samme prøvetakingstidspunkt og -sted (Microsoft Office). Energiforbruket er fra 2012, og data om antall brukere samt brukstid er fra skoleåret 2011/2012.

En annen viktig forutsetning er at datamateriale med lange tidsserier. Det har ikke analysene av dette utvalget, og resultatene må leses deretter.

9.4.2 Datagrunnlag

Studieobjektene består av 15 barneskoler, 4 ungdomsskoler, og 5 kombinerte barne- og ungdomsskoler, av et utvalg på totalt 24 skoler. Fordelingen er noe ujevn, og det optimale hadde vært å ha like mange av hver.

Fordelingen av små og store kommuner er også skjev. Det er kun 1 definert stor kommune blant et utvalg på 6 stykker, og det er Moss kommune. Det er dermed vanskelig å si om resultatene vedrørende størrelsen på Moss kommune er på grunn av størrelsesfaktoren eller Moss kommune som by. Det hadde derfor vært en fordel med en jevnere fordeling av små og store kommuner i utvalget.

I data om antall brukere, er ikke andre ansatte enn lærere og ansatte ved SFO medberegnet, som for eksempel administrasjon. Disse utgår også en del av forbrukerbildet, og det er naturlig å tenke at disse ansatte har en høyere grad av teknisk energiforbruk, på grunn av mye bruk av data i løpet av arbeidsdagen.

Elever som også bruker SFO er telt en ekstra gang, og dette kan påvirke resultatet for funksjonell energieffektivitet målt i antall brukere.

Brukstid utenom undervisningstimer og SFO er ikke medberegnet; som for eksempel leie av gymsal til sosiale arrangement, foreldremøter etter endt skoletid, eller de administrasjonsansattes arbeidstimer.

9.5 Videre arbeid

Som tidligere nevnt i oppgaven, så er det enighet fra flere studier om at gode klima- og energistrategier krever kunnskap om spesifikke karakteristika av offentlige bygg (Thewes et al. 2013). For videre arbeid er det interessant å se på et større utvalg av skoler, gjerne i et annet fylke, med en jevnere fordeling av små og store kommuner. Resultatene hadde vært interessante å sammenligne med et annet fylke, for å avdekke eventuelle forskjeller, som for eksempel fylkets prioritering av energiledelse og oppfølging. For at det skal kunne gjøres videre studier på temaet energibruk i skolebygg, er det fordelaktig med en lengre tidsserie av total energiforbruk for hver skole.

Videre hadde det også vært spennende å utfordre rutinene vedrørende innsamling av data, og klassifisering av bygg i energianalyser – da disse utgjør beslutningsgrunnlag for energieffektiviseringstiltak. Hvordan vil en inkludering av skolens funksjonelle energieffektivitet påvirke anbefalte energieffektiviseringstiltak?

I tillegg er det verdt å merke seg hvilke av skolene som svarte på henvendelsen om supplerende informasjon. Kan det være en indikasjon på et bevisst forhold til skolens energiforbruk? Denne oppgaven har ikke stilt spørsmål ved hvem som har ansvaret for skolenes energiregning. Det er usikkert på hvilket ansvar som har blitt lagt på brukere og ansatte ved skolene, av kommunen. En nærmere undersøkelse på ansvarliggjøringen av brukeres energiforbruk, og energiledelse ved skolene, hadde vært interessant å se på for å undersøke et mulig forbedringspotensial. De er tross alt en av skolens viktigste funksjoner.

10 Konklusjon

Resultatene av oppgaven viser at det finnes forskjeller mellom skolenes tekniske og funksjonelle energieffektivitet. I denne oppgaven måles funksjonell energieffektivitet gjennom antall brukstimer og brukere av skolen. Det er uklart hvilken av metodene som passer best for å måle en skoles funksjonelle energieffektivitet, da det er relativt like store fordeler og ulemper ved begge.

Det er også påvist forskjeller i energieffektivitet mellom barneskoler, ungdomsskoler, og kombinert barne- og ungdomsskoler. Størrelsen på kommunen ga liten indikator til å ha påvirkning på energieffektiviteten på utvalget, men her hadde utvalget en svakhet med skjev fordeling av små og store kommuner.

Andre faktorer enn antall brukstimer og brukere som påvirker det totale energiforbruket, er arealintensitet, alder på bygget, tilbygg, gymsal, svømmehall, og eventuell støtte fra Enova til energieffektviseringstiltak. Tidspunkt for eventuell renovering synes ikke å påvirke det totale energiforbruket.

Samlet sett er det påvist forskjeller mellom skolebygg. Dersom det skal utarbeides en klima- og energistrategi for å redusere utslipp fra skolebygg, bør skolene differensieres etter nivå, egenskaper og samlet funksjon.

11 Referanser

- Bergh, M., Bleskestad, B., Bøeng, A. C. (2014). Fornybar energibruk i EU og Norge, høye mål for fornybar energi.
- Enova. (2014). Støtte til energirådgivning. Tilgjengelig fra:
<http://www.enova.no/finansiering/privat/programtekster-bolig/stotte-til-energiradgivning/409/1489/>
- Grini, C., Mathisen, H-M., Sartori, I., Haase, M., Wøhlk Jæger Sørensen, H., Petersen, A., Bryn, I., Wigenstad, T., (2009). LECO – Energibruk i fem kontorbygg i Norge, Prosjektrapport 48.
- Klima Østfold. Forpliktende samarbeid for å redusere klimagassutslipp. Tilgjengelig fra:
http://www.energiprincip.eu/download/temadage/seminar_norge/klima_Østfold_presentasjon.pdf
- Laurenco, P., Pinheiro, M. D., Heitor, T., (2014). From indicators to strategies: Key Performance Strategies for sustainable energy use in Portuguese school buildings, University of Lisbon.
- Microsoft Office. Formler for beregning av trendlinjer. Tilgjengelig fra:
<http://office.microsoft.com/nb-no/help/formler-for-beregning-av-trendlinjer-HP005207807.aspx>
- Micorsoft Office. Korrelasjon (funksjon). Tilgjengelig fra:
<http://office.microsoft.com/nb-no/excel-help/korrelasjon-funksjon-HP010342332.aspx>
- Miljøverndepartementet. (2012). Stortingsmelding 21 (2011 – 2012) – Norsk klimapolitikk.
- Navarsete. (2010). Pressemelding. Tilgjengelig fra:
www.regjeringen.no/nn/dep/krd/pressesenter/pressemeldinger/2010/300-000-kroner-til-a-kartlegge-energibr.html?id=629732
- NCE Smart Energy Markets. (2014). Smart energioptimalisering i kommunale yrkesbygg.
- Norsk Teknologi. (2013). Energibruk i bygg – rammer, krav og muligheter, hefte nr 8.
- Pereira, L., D., Raimondo, D., Corgnati, S., P., Gameiro da Silva, M., (2014). Energy consumption in schools – a review paper.

- Regjeringen. (2014). Kriterier for god kommunestruktur – sluttrapport fra ekspertutvalg.
- Rejlers. (2013). Energimerker for Østfold Fylkeskommune. Tilgjengelig fra: <http://www.rejlers.no/Projekt/Elektro-og-energi/Energimerker-for-Ostfold-Fylkeskommune/>
- Rønning, A., Modahl, I., S., Hanssen, O., J., (2007). Funksjonell energieffektivitet – nye nøkkeltall for vurdering av energieffektivitet i bygninger.
- Thewes, A., Maas, S., Scholzen, F., Waldman, D., Zürbes, A., (2013). Field study on the energy consumption of school buildings in Luxembourg.
- Utdanningsdirektoratet. Grunnskolens informasjonssystem (GSI). Tilgjengelig fra: <https://gsi.udir.no/informasjon/apne/>
- Utdanningsdirektoratet. (2011). Små kommuner og skoleeierrollen.
- Østfold Fylkeskommune. (2014). Handlingsprogram klima og energi for Østfold 2014-17.

Vedlegg 1

Tabell a: Oversikt over alle resultater for samtlige skoler inkludert numerisk rangering hvor laveste målte verdi er rangert som 1 og høyeste verdi som 24

Skoler	Kommune	Energimerke	Energiforbruk	Teknisk e.eff.	Funksjonell e.eff.	Funksjonell e.eff.
		A-F		(kWh/m ²)	Bruktid (kWh/t)	Brukere (kWh/brukere)
Knapstad skole	Hobøl	G	14	23	24	23
Knapstad ungdomsskole	Hobøl	E	10	14	5	17
Ringvoll skole	Hobøl	F	5	15	9	8
Tomter skole	Hobøl	D	8	1	6	7
Våk skole	Våler	D	16	22	14	14
Svinndal skole	Våler	F	4	8	13	19
Kirkebygden barne- og ungdomsskole	Våler	F	23	21	22	24
Åvangen skole	Moss	E	18	17	17	20
Bytårnet barne- og ungdomsskole	Moss	D	22	9	11	15
Hoppern ungdomsskole	Moss	E	21	18	19	16
Kambo barne- og ungdomsskole	Moss	D	2	6	1	1
Krapfoss skole	Moss	D	15	13	15	12
Melløs skole	Moss	G	19	19	10	6
Refsnes skole	Moss	F	11	12	7	5
Reier skole	Moss	D	6	3	3	2
Verket barne- og ungdomsskole	Moss	D	24	16	21	13
Vestgård skole	Skiptvedt	D	1	5	2	3
Kirkelund barne- og ungdomsskole	Skiptvedt	F	20	7	20	22
Rakkestad ungdomsskole	Rakkestad	E	17	4	8	11
Os skole	Rakkestad	F	7	2	4	4
Trøgstad ungdomsskole	Trøgstad	D	12	24	23	18
Skjønhaug barneskole	Trøgstad	F	13	20	12	9
Havnås skole	Trøgstad	E	3	10	16	21
Båstad skole	Trøgstad	D	9	11	18	10



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Postboks 5003
NO-1432 Ås
67 23 00 00
www.nmbu.no