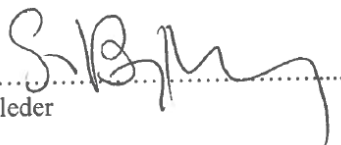


MASTEROPPGAVE I STUDIEPROGRAMMET MASTER I EIENDOMSUTVIKLING OG FORVALTNING**For****Masterstudent :** Madeleine Mittet**Fagområde:** Eiendomsutvikling og forvaltning**Utleveringsdato:** 13. januar 2017**Innlevering:** 15. juni 2017**Tittel** Samfunnsøkonomisk analyse av energieffektive bygninger**Formål** Undersøke hvorvidt barnehagebygninger med passivhusstandard er samfunnsøkonomisk lønnsomme**Følgende hovedpunkter skal behandles:**

1. Livssyklus kostnader for barnehageanlegg bygget etter passivhusstandard NS3701 og byggeteknisk forskrift TEK10
2. Brukskvalitet i barnehageanlegg bygget etter passivhusstandard NS3701 og byggeteknisk forskrift TEK10
3. Energiforbruk i passivhusbarnehager og hvorvidt det møter planlagt forbruk

Trondheim, den 12.01.17


.....
Veileder
.....
ProgramlederPostadresse
7491 TrondheimBesøksadresse
A. Getz vei 3Telefon +47 73 59 50 98
Telefaks +47 73 59 50 94

Org. nr. 974 767 880

I Forord

Denne rapporten er skrevet som besvarelse på masteroppgaven «Samfunnsøkonomisk analyse av energieffektive bygninger» 2017. Oppgaven ble gjennomført ved Senter for Eiendomsutvikling og -Forvaltning og Fakultet for Arkitektur og Design ved NTNU, og inngår som avsluttende del av masterprogrammet eiendomsutvikling og -forvaltning.

Jeg ønsker å takke ansatte ved Haukåsen friluftsbarnehage, Øya barnehage, Myra barnehage, Ladesletta barnehage og Nedre Flatåsen barnehage som har besvart undersøkelser og bidratt med informasjon til studien.

Jeg takker Geir Hansen og Svein Bjørberg for veiledning og råd tilknyttet masteroppgaven. Takk til NTNUs forelesere og eksterne gjesteforelesere som gjennom hele studieløpet har gitt god og faglig relevant informasjon - deres kunnskap og faglige engasjement har vært nyttig og motiverende. Jeg retter også en takk til kjæreste og medstudenter som har bidratt med oppmuntring og tilbakemeldinger i oppgaveprosessen.

Madeleine Mittet

25.10.2017

NTNU, Trondheim

II Sammendrag

De siste tiårene har det vært et økende politisk fokus på bærekraft og miljøhensyn, noe som har preget byggebransjen. De byggetekniske kravene blir strengere og strengere for å hindre økte klimagassutslipp både i utbygging og i bruksfasen til byggene. Drift av bygg står for 40 % av de globale klimagassutslippene, som har medført at energieffektivisering av bygninger har vært av særlig prioritet. Selv om det fremlegger mål og krav om energieffektivisering, er det også krav om å gjøre dette med hensyn til samfunnsøkonomi, helse og byggekompetanse. Denne studien undersøker hvorvidt samfunnsøkonomi og helse har blitt ivaretatt i utvalgte bygg med høy energiprestasjon.

Studien har undersøkt fem barnehageanlegg i Trondheim som case. Herav har tre av barnehageanleggene passivhusstandard, såkalte energieffektive bygg, mens to er utviklet etter byggeteknisk forskrift TEK10 og brukes som referansebygg. I sammenligning mellom bygg utviklet etter passivhusstandard og byggeteknisk forskrift avdekkes kostnader og helseeffekter tilknyttet energieffektive bygg.

Problemstilling for studien er:

«Er det samfunnsøkonomisk lønnsomt å utvikle barnehageanlegg med passivhusstandard?»

For å se på de direkte nytteeffektene har det blitt gjennomført kostnadsanalyser av byggeprosjektene som inkluderer både utbyggingskostnad og driftskostnad gjennom levetiden, ved bruk av nåverdimetoden og livssyklus-kostnadsanalyse. Indirekte nytteeffekter har blitt belyst gjennom undersøkelser blant brukerne av bygget om opplevd inneklima og helse.

Kostnadsanalysene som har blitt gjennomført viser at utvikling av barnehageanlegg med passivhusstandard har høyere kostnader enn referansebyggene. Man får ikke igjen i kroner og øre den økte utbyggingskostnaden i form av bespart energi. Undersøkelsene av inneklima og helse slår derimot positivt ut for barnehageanleggene med passivhusstandard, hvor brukere rapporterer om lavere misnøye og færre plager tilknyttet inneklimaet, samt lavere forekomst av inneklimarelaterte sykdommer, enn i referansebyggene.

Innhold

I	Forord.....	iii
II	Sammendrag	v
III	Figurliste.....	ix
IV	Tabelliste	ix
1	Bakgrunn.....	1
1.1	Klimaendringer - vår tids største utfordring.....	1
1.2	Grønt skifte i byggebransjen.....	2
1.2.1	Energieffektivisering av bygg i Trondheim kommune	3
1.3	Barnehageanlegg for barna og miljøet.....	4
1.4	Hvorfor er dette interessant?.....	5
1.5	Begrepsavklaringer	6
2	Problemstilling.....	8
2.1	Valg av problemstilling	8
2.2	Forskningsspørsmål	9
3	Teoretisk rammeverk	10
3.1	Samfunnsøkonomisk analyse	10
3.1.1	Nytte-kostnad-, kostnadseffektivitet- og kostnadsvirkningsanalyse.....	11
3.1.2	Nåverdimetoden	12
3.1.3	Livssyklus kostnadsanalyse.....	13
3.1.4	Nullalternativet.....	14
3.1.5	Indirekte nytteeffekter	14
3.2	Brukskvalitet.....	16
3.2.1	Evalueringsmetode av brukskvalitet i bygninger	16
3.2.2	Brukertilfredshet.....	17
3.3	Inneklimate og helse.....	17
3.3.1	Evalueringsmetode av inneklimate.....	18
3.3.2	Tidligere funn tilknyttet inneklimate og brukskvalitet i passivhus	19
3.4	Passivhus	20
3.4.1	Passivhus sammenlignet med byggeteknisk forskrift	20
4	Metode	21
4.1	Forskningsetikk	21
4.2	Casestudie.....	22

4.3	Kvantitative metoder	23
4.3.1	Økonomiske beregninger	24
4.3.2	Spørreundersøkelser	25
4.4	Dokumentanalyse og litteratursøk	26
5	Presentasjon av case.....	27
5.1	Barnehagens virksomhet.....	27
5.2	Barnehager med passivhusstandard.....	27
5.2.1	Haukåsen friluftsbarnehage.....	27
5.2.2	Øya barnehage.....	28
5.2.3	Myra barnehage.....	29
5.3	Barnehager med byggeteknisk standard TEK 10	29
5.3.1	Ladesletta barnehage	29
5.3.2	Nedre Flatåsen barnehage	30
6	Presentasjon av funn	31
6.1	Kostander.....	31
6.1.1	Netto nåverdi	32
6.1.2	Livssyklus kostnader	33
6.2	Opplevd inneklime	35
6.2.1	Termiske forhold	35
6.2.2	Atmosfæriske forhold.....	35
6.2.3	Akustiske forhold	36
6.2.4	Aktiniske forhold.....	36
6.2.5	Sykdom og plager.....	36
7	Diskusjon	38
7.1	Direkte nytteeffekter - Økonomi	38
7.2	Indirekte nytteeffekter – Inneklime og helse	38
8	Konklusjon.....	39
	Referanser.....	41
	Vedlegg	48
	A Spørreundersøkelse.....	48
	B Nøkkeltall fra spørreundersøkelse	54

III Figurliste

Figur 1: Flytdiagram for gjennomføring av en samfunnsøkonomisk analyse (Direktoratet for økonomistyring, 2014).	11
---	----

IV Tabelliste

Tabell 1: Konsekvensmatrise for ikke-prissatte effekter (Direktoratet for økonomistyring, 2014).	15
Tabell 2: Kriterier ved utbygging av barnehager i henhold til NS 3701, TEK 10 og TEK 17.	20
Tabell 3: Investeringskostnad for barnehager med passivhusstandard	31
Tabell 4: Investeringskostnad for barnehager med byggeteknisk forskrift TEK10	31
Tabell 5: Kalkulasjonspriser for energi	31
Tabell 6: Årlige energikostnader ved ulike energibehov	32
Tabell 7: Netto årlig nytte for passivhusbarnehager	32
Tabell 8: Resultater fra utregning av livssyklus kostnader	34

1 Bakgrunn

I 1987 definerte Brundtland bærekraftig utvikling som «*utvikling som imøtekommer dagens behov uten å ødelegge mulighetene for at kommende generasjoner får dekket sine behov*» (Brundtland, 1987). For å sikre en bærekraftig utvikling kan vi ikke fortsette «business as usual» - det må gjøres tiltak for å ivareta fremtidens behov. Et verktøy for å sikre bærekraft vil være å kartlegge miljøpåvirkningen assosiert med dagens aktiviteter, og analysere hvilke endringer som kreves for å redusere negativ påvirkning. Barnehageanlegg spiller en viktig samfunnsrolle i Norge, og de fleste barn tilbringer store deler av sine første leveår i barnehagen. Målet med denne oppgaven vil være å kartlegge hvorvidt barnehageanlegg med passivhusstandard er samfunnsøkonomisk lønnsomme. Studien er et bidrag til Norges utvikling mot mer og mer miljøvennlige og energieffektive bygningskonstruksjoner.

1.1 Klimaendringer - vår tids største utfordring

“It is our collective and individual responsibility to preserve and tend to the environment in which we all live.”

- Dalai Lama XIV (Herbert, et al., 2015)

FNs klimapanel (IPCC) oppgir at global oppvarming er entydig, og at mennesker utvilsomt påvirker klimasystemet. Temperaturøkning siden 1950-tallet har medført varmere hav og atmosfære, smelting av is og snø, havnivåstigning og økt konsentrasjon av klimagasser (IPCC, 2013). Konsekvensene av dette er blant annet tap av naturmangfold, redusert matproduksjon, spredning av sykdommer, endrede levevilkår, og tap og skade grunnet ekstremvær og tørke (Miljødirektoratet, 2016). Mange omtaler klimaendringene som vår tids største utfordring (Fanelli, 2013). Videre er reduksjon i utslipp av CO₂ og andre klimagasser nødvendig for å dempe den globale oppvarmingen (IPCC, 2013). På bakgrunn av dette har tiltak tilknyttet klimagassutslipp fått stor oppmerksomhet fra både forskningsmiljøer, media, politikere, næringslivet og privatpersoner.

Energisektoren står for minst 2/3 av globale klimagassutslipp (International Energy Agency, 2016). Det internasjonale energibyrådet (IEA) oppgir at 54 % av klimagassreduksjonene frem mot 2030 må skje gjennom energieffektivisering (Dokka et al., 2009). Gjennom Parisavtalen som trådte i kraft november 2016 har Norge forpliktet seg til å gjennomføre tiltak for å redusere

energirelaterte klimagassutslipp (International Energy Agency, 2016). Blant de nasjonale miljømålene satt av Regjeringen og Stortinget er mål om at Norge frem til 2020 skal kutte utslipp av klimagasser tilsvarende 30 % av 1990-nivå, og innen 2030 være karbonnøytralt (Miljødirektoratet, u. å.). Disse målene er ambisiøse, og vurderinger gjennomført av Miljødirektoratet (2015) viser ingen tegn til reduksjon i landets klimagassutslipp. Det kreves altså større tiltak enn det som gjøres i dag for å nå miljømålene og innfri forkliknelsene i Parisavtalen.

1.2 Grønt skifte i byggebransjen

«De globale klima- og miljøutfordringene krever omstilling til et samfunn hvor vekst og utvikling skjer innen naturens tålegrenser. Det må skje en overgang til produkter og tjenester som gir betydelig mindre negative konsekvenser for klima og miljø enn i dag. Samfunnet må igjennom et grønt skifte.»

- Klima- og miljødepartementet, 2014

I et globalt perspektiv står drift av bygninger for 40 % av alle klimagassutslipp, og i Norge brukes 40 % av all energi i bygninger (Husbanken, 2013; Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2015). FN's klimapanel viser til at ingen klimatiltak er like effektive som energieffektivisering i byggsektoren (Dokka et al., 2009). Som del av «det grønne skiftet» gjennomføres det stadige tiltak for å gjøre bygninger mer energieffektive. Disse tiltakene skal sikre klimavennlige bygninger som sparer både natur og miljø. Samtidig hører man utbyggere som hevder tiltakene har marginal eller ingen gevinst, fagfolk i byggebransjen som mener det mangler kompetanse for å utvikle gode energieffektive bygninger, og helseaktører som er bekymret for at energikravene går på bekostning av brukernes helse (Seehusen, 2011a; Seehusen, 2011b; Gildestad, 2015).

I Sundvolden-plattformen fastslo Regjeringen at de «vil føre en offensiv klimapolitikk og forsterke klimaforliket» (Regjeringen, 2013). I klimaforliket er det blant annet mål om å skjerpe energikravene i byggeteknisk forskrift (TEK 10) til passivhusnivå i 2015 og nesten nullenerginivå i 2020 (St.meld. 21 (2011–2012)). Regjeringen har fulgt opp dette med å revidere byggeteknisk forskrift (TEK 17) med nye energikrav på passivhusnivå. Den nye byggetekniske forskriften har blitt implementert med en overgangsperiode fra 1.1.2016 til 1.1.2017.

Energikravene skal sikre 20-25 % energieffektivisering i nye bygg sammenlignet med TEK 10, noe som skal oppnås gjennom blant annet isolasjon og tekniske oppvarming- og

ventilasjonssystemer. Alle nye bygninger skal i tillegg benytte klimavennlig energi til oppvarming (Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2015).

1.2.1 Energieffektivisering av bygg i Trondheim kommune

Trondheim er Norges tredje største by, og med sitt brede forskning- og utdanningsmiljø omtales byen som «Norges teknologiske hovedstad». Med tilgang på høy kompetanse og med politisk endringsvilje har Trondheim mulighet til å bli en av verdens mest klimavennlige byer.

Kommunen setter ambisiøse klimamål og har visjon om å bli en utslippsfri og klimarobust by. De konkrete målene omfatter blant annet at virksomheten innen 2020 skal ha redusert energibruk med 7 % fra 2017, og redusert direkte klimagassutslipp med 50 % fra 2012. (Trondheim kommune, 2016a).

Trondheim kommune eier om lag 900 000 m² bygningsmasse som omfatter ulike offentlige tjenestebygninger samt boliger (Trondheim kommune, 2016b). I arbeidet med å redusere kommunens klimafotavtrykk er bygg øverst på prioriteringslisten. I 2012 sto bygg og infrastruktur for 40 % av klimafortavtrykket i Trondheim. Videre viser målinger fra 2013 at elektrisitet står for 58 % av energibruken i byen (Trondheim kommune, 2016a). Disse tallene tilsier at reduksjon i elektrisitetsforbruk i bygninger kan ha stor betydning for Trondheims totale klimaregnskap.

I Trondheims kommunedelplan for energi og klima (2016a) oppgis det at bygg- og anleggssektoren er viktig i energi- og klimasammenheng på bakgrunn av forbruk av stasjonær energi, at bygningsmassen etterlater klimafotavtrykk, samt at lokalisering av bygg er avgjørende for transportbehovet. De siste årene har kommunen hatt en tydelig satsing på nybygg og drift, med lang levetid på bygningene og fagmessig vedlikehold for å redusere miljøbelastningen. Nye, energieffektive bygg samt energisparetiltak resulterte i en 11 % reduksjon i energiforbruk per kvadratmeter i Trondheim kommune fra 2008 til 2016. Behovsstyring av ventilasjon, belysning og oppvarming, samt klimavennlige energiløsninger, er eksempler på effektive tiltak. Siden 2010 har lavenergistandard normalt ligget i grunn for nybygg, og kommunen har hatt høye ambisjoner ved utbygging av barnehager, skoler, boliger og næringsbygg. (Trondheim kommune, 2016a).

1.3 Barnehageanlegg for barna og miljøet

«Barn og unge skal forvalte og utvikle morgendagens samfunn. Fremtiden vil bli utformet innenfor rammene av deres verdier, holdninger, kunnskaper og ferdigheter. Viktige utviklingstrekk i samfunnet må derfor prege innholdet i barnehagen og skolen.»

- Kunnskapsdepartementet, 2016

Tidlig på 2000-tallet ble typiske barnehageanlegg beskrevet som enetasjes trebygg med saltak (Buvik et al., 2003). Allerede da hadde barnehagen gjennomgått en stor utvikling, fra at 2,8 % av alle barn gikk i barnehage i 1970, til at det ble etablert over 50 000 barnehageplasser bare i løpet av 90-tallet (Dronning Mauds Minne, 2015; Buvik et al., 2003). I 2003 ble barnehageforliket vedtatt, som ble beskrevet som den største reformen i barnehagesektoren noensinne (St.meld. nr. 28 (2003-2004)). Med forliket kom målsetning om full barnehagedekning, med flere plasser og reduserte priser. I 2009 ble «en milepæl i norsk barnehagehistorie» nådd da lovfestet rett til barnehageplass trådte i kraft (St.meld. nr. 41 (2008-2009)). For å nå målet om full barnehagedekning har det blitt gjennomført massiv utbygging av barnehageanlegg, samt full reorganisering av barnehagesektoren. 97 % av alle 3-5-åringer går nå i barnehage, og det har vært enorm økning i antall 1- og 2- åringer (Amundsen, 2016). I tillegg til flere barnehager har barnehageanleggene blitt betydelig større. Tradisjonelt har hver barnehage hatt 30-40 barn, mens de nå kan ha opp til 500 barn (ibid). Nye barnehageanlegg minner lite om enetasjes trebygg med saltak.

I Trondheim finnes det om lag 110 barnehager, som inkluderer både private og kommunale barnehager. I sammenheng med den nasjonale barnehagesatsingen vedtok Trondheim bystyre i 2003 en omfattende utbyggingsplan med mål om full barnehagedekning innen utgangen av 2006 (Amundsen et al., 2007). Dette har medført en betydelig utbygging av nybygg og oppgradering av eksisterende barnehageanlegg i Trondheim. I Trondheim *kommunes funksjons- og arealprogram for kommunale barnehageanlegg* (2014, s. 22) fremkommer det at *«barnehageanleggene skal støtte opp om kommunens mål og strategier for utvikling av en bærekraftig by som ivaretar naturens økologiske bæreevne for framtidens generasjoner. Barnehagebygget skal fremstå som et synlig miljøvennlig bygg, med sunt inn klima, bærekraftig materialbruk og lavt energiforbruk.»* I tråd med dette har flere av de nye barnehageanleggene blitt utviklet med passivhus- eller lavenergistandard.

1.4 Hvorfor er dette interessant?

Som en kommende generasjon er barna som i dag går i barnehage avhengig av en bærekraftig utvikling for å få dekket sine behov gjennom livet. Disse barna vil oppleve følgene av klimaendringene, og tiltakene som gjøres nå kan avgjøre hvilken fremtid de går i møte.

Miljøvennlige barnehageanlegg tar et ansvar for fremtiden ved å redusere klima- og miljøpåvirkningen dagens barnehagebarn må leve med følgene av.

Barnehagen er en viktig del av barns oppvekst, og nå som de fleste barn tilbringer betydelig tid i barnehager er det viktig at bygningene fungerer på en hensiktsmessig måte hvor elementære behov ivaretas. I tillegg lever vi i et samfunn med knappe ressurser, og det er nødvendig at ressursene allokeres på mest mulig effektiv måte. I klimaforliket oppgis det at beslutning om kravnivå for bygninger må gjøres på bakgrunn av utredninger av samfunnsøkonomiske og helsemessige konsekvenser samt kompetansen i byggenæringen (St.meld. 21 (2011–2012)). I overgangen til en revidert byggeteknisk forskrift vil det derfor være nødvendig å vurdere eksisterende passivhus i perspektiv av nettopp samfunnsøkonomi, helse og byggekompetanse.

1.5 Begrepsavklaringer

Under defineres noen av de mest relevante begrepene som benyttes i rapporten.

Passivhus: Bygninger som følger krav for passivhusstandard gitt i NS 3700 eller NS 3701.

Byggeteknisk forskrift TEK 10:

Byggeteknisk forskrift gjeldende fra 1.7.2010 til 1.1.2016. Byggeteknisk forskrift er en forskrift til Plan- og bygningsloven av 2008.

Byggeteknisk forskrift TEK 17:

Revidert byggeteknisk forskrift som trådte i kraft 1.1.2016. I rapporten vil denne forskriften omtales som TEK 17, men det er ikke uvanlig at den omtales som TEK 15 eller «revidert TEK 10».

Barnehageanlegg:

Bygning hvor det drives barnehagevirksomhet.

Samfunnsøkonomisk lønnsomhet:

Et tiltak er samfunnsøkonomisk lønnsomt dersom samfunnet som helhet er villig til å betale minst så mye som tiltaket koster (Direktoratet for økonomistyring, 2014).

Direkte nytteeffekter:

Prissatte nytte- eller kostnadseffekter som kan verdsettes i kroner.

Indirekte nytteeffekter:

Ikke-prissatte nytte- eller kostnadseffekter som ikke kan direkte verdsettes i kroner.

Brukskvalitet:

Effekt, effektivitet og brukertilfredshet hvor et spesifikt sett med brukere kan oppnå et spesifikt sett med oppgaver i et bestemt miljø (NS-EN ISO 9241-11:1998).

Bruker: Person som benytter et produkt (NS-EN ISO 9241-11:1998). Her vil brukere av banehageanleggene være barna og de ansatte i barnehagen, inkludert driftspersonale.

Energibruk/energibehov i bygninger:

Energi brukt i drift av bygninger, inkludert energi brukt for bygningens basisfunksjoner og energi brukt for å støtte brukernes aktiviteter (ISO 12655:2013).

Energikostnad:

Kostnadene ved å fremskaffe energien (SINTEF, 2007).

Levetid: Det skilles mellom estetisk, funksjonell og økonomisk levetid, hvor bygget oppfyller hhv. estetiske eller funksjonelle krav, eller kan utnyttes uten at det er økonomisk å rive eller ombygge (Bjørberg, 2007).

Helse: Definert av Verdens Helseorganisasjon som «en tilstand av komplett fysisk, psykisk og sosialt velvære og ikke bare fravær av sykdom eller lyte»
(World Health Organization, 1946)

Inneklima: Summen av fysiske faktorer som påvirker brukerne i en bygning, og omfatter termisk, atmosfærisk, akustisk, aktinisk og mekanisk miljø (SINTEF, 2007).

2 Problemstilling

2.1 Valg av problemstilling

Valg av tema for oppgaven er gjort på bakgrunn av forfatterens faglige interessefelt, som omfatter både klimatiltak i byggesektoren og utvikling av offentlige bygninger. Ved valg av problemstilling har det vært ønskelig å gi et bidrag til videre klimavennlig offentlig utbygging, samtidig som det dras nytte av forfatterens faglige bakgrunn innen samfunnsøkonomi.

Grunnet oppgavens omfang har det vært nødvendig med avgrensinger. Oppgaven vil ta for seg Trondheim som et begrenset geografisk område, hvor alle bygninger som undersøkes utsettes for tilnærmet likt klima. Avgrensing av byggeteknikk som skal vurderes er passivhusstandard for yrkesbygninger (NS 3701) og gjeldende byggeteknisk forskrift (TEK 10). Studien begrenses til å forske utelukkende på barnehageanlegg. Dette fordi det grunnet barnehagesatsingen finnes et relativt bredt utvalg enheter å undersøke. Videre har barnehageanlegg en tydelig definert brukergruppe. Problemstilling for studien er som følger:

«Er det samfunnsøkonomisk lønnsomt å utvikle barnehageanlegg med passivhusstandard?»

Målet med studien er å belyse hvorvidt dagens passivhusstandard for yrkesbygninger brukt i utvikling av barnehageanlegg i Trondheim kommune er samfunnsøkonomisk lønnsom sammenlignet med byggeteknisk forskrift, TEK 10. Ved gjennomføring av nytte-kostnadsanalyse vil de direkte nytteeffektene i utvikling og drift av utvalgte barnehageanlegg vurderes. I tillegg vil dokumentanalyser og spørreundersøkelser gi informasjon om indirekte nytteeffekter, hvor fokuset vil være opplevd inneklima. Slik vil både de direkte og indirekte nytte- og kostnadseffektene tilknyttet bruk av passivhusstandard i barnehageanlegg inkluderes i drøftingen.

2.2 Forskningsspørsmål

For å bygge opp under problemstillingen vil oppgaven ta for deg følgende forskningsspørsmål:

Forskingsspørsmål 1:

- *Er barnehageanlegg med passivhusstandard samfunnsøkonomisk lønnsomme med utgangspunkt i direkte nytte og kostnader?*

Dette spørsmålet belyser den rent økonomiske lønnsomheten tilknyttet bruk av passivhusstandarden fremfor TEK 10 ved utvikling av barnehageanlegg. Spørsmålet vil kunne besvares ved en samfunnsøkonomisk nytte-kostnadsanalyse.

Forskingsspørsmål 2:

- *Hvordan er opplevd inneklima i barnehageanlegg med passivhusstandard sammenlignet med byggeteknisk forskrift TEK 10?*

En indirekte nytteeffekt i bygninger er brukskvaliteten og opplevd inneklima. Siden passivhusbygninger har blitt særlig kritisert for inneklima vil dette synliggjøres her og tas med i den samlede drøftingen av samfunnsøkonomisk lønnsomhet.

3 Teoretisk rammeverk

I dette kapittelet redegjøres det for relevant teori som kan benyttes for å besvare problemstillingen. Her gjennomgås ulike verktøy for gjennomføring av samfunnsøkonomisk analyse (3.1). Videre tar kapittelet for seg brukskvalitet i bygninger (3.2), inneklima og helse (3.3) og passivhusstandard for yrkesbygninger (3.4).

3.1 Samfunnsøkonomisk analyse

«At et tiltak er samfunnsøkonomisk lønnsomt, betyr at samfunnet som helhet er villig til å betale minst så mye som tiltaket koster.»

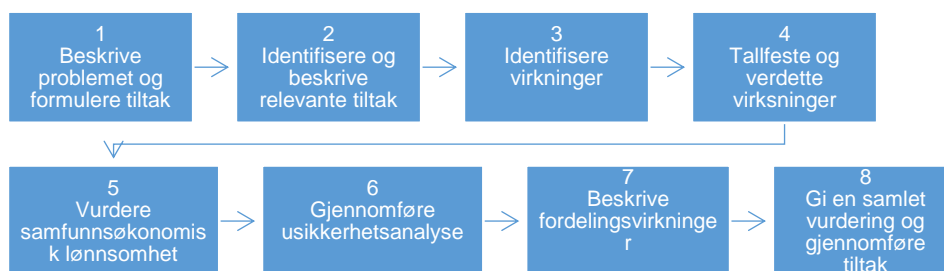
- Direktoratet for økonomistyring, 2014

Samfunnet har begrensede ressurser. Ved gjennomføring av offentlige prosjekter og investeringer er det viktig at tiltakene er effektive og velbegrunnede. Det viktigste formålet med samfunnsøkonomiske analyser er sikre effektiv utnyttelse av samfunnets knappe ressurser. Analysene skal sørge for at målrettede tiltak bevarer underliggende samfunnsbehov, og gi et godt grunnlag for evaluering i etterkant av offentlige tiltak (Direktoratet for økonomistyring, 2014).

Det finnes en rekke ulike veiledere for samfunnsøkonomisk analyse i Norge, hvor metodene er relativt like. Dette inkluderer blant annet Direktoratet for økonomistyring (DFØ) sin veileder i samfunnsøkonomiske analyser (2014) som erstatter Finansdepartementets veileder (2005) og baserer seg på anbefalinger fra NOU 2012:16. Her beskriver DFØ en samfunnsøkonomisk analyse som et verktøy for å identifisere og synliggjøre konsekvenser av et tiltak for berørte grupper i samfunnet.

En samfunnsøkonomisk analyse kan fremstilles som en stegvis prosess, illustrert i figur 1 (s. 9). Etter arbeidsfase 8 i diagrammet vil det kunne fattes en beslutning. Ifølge DFØ (2014) gjør den systematiske trinninndelingen det enkelt å planlegge og gjennomføre analysen, i tillegg til å gjøre det lett i etterkant å lese og forstå analysen og hvordan den har blitt gjennomført.

Gjennomføringen av analysen vil i praksis være iterativ fremfor lineær. Det er viktig å redegjøre for datagrunnlag, forutsetninger og metoder for hvert trinn for å sikre at analysen kan etterprøves.



Figur 1: Flyttdiagram for gjennomføring av en samfunnsøkonomisk analyse (Direktoratet for økonomistyring, 2014).

Hensikten med analysen er å finne ut om et tiltak er samfunnsøkonomisk lønnsomt, altså om samlet betalingsvillighet for nytteeffektene er større enn de samlede kostnadseffektene. En samfunnsøkonomisk analyse kan gjennomføres som en *ex ante*-analyse, hvor vurdering av samfunnsøkonomisk lønnsomhet gjennomføres før et tiltak iverksettes. På bakgrunn av en *ex ante*-analyse avgjøres det gjerne hvorvidt et tiltak gjennomføres eller ikke. I denne oppgaven skal det gjennomføres en *ex post*-analyse, hvor hensikten er å vurdere hvorvidt et tiltak som allerede er gjennomført, faktisk er samfunnsøkonomisk lønnsomt.

3.1.1 Nytte-kostnad-, kostnadseffektivitet- og kostnadsvirkningsanalyse

Det skiller mellom hovedtyper av samfunnsøkonomiske analyser: nytte-kostnadsanalyse (NKA), kostnadseffektivitetsanalyse og kostnadsvirkningsanalyse. Nytte-kostnadsanalyse er det mest anvendte analyseverktøyet for vurdering av samfunnsøkonomisk lønnsomhet. I en nytte-kostnadsanalyse kartlegges alle fordeler og ulemper ved et tiltak, hvor effektene verdsettes i kroner så langt det lar seg gjøre. En fullstendig nytte-kostnadsanalyse kan gjennomføres dersom man kan sette kroneverdien av positive effekter lik det befolkningen vil være villig til å betale for å oppnå den. Tiltaket defineres som samfunnsøkonomisk lønnsomt dersom nytteeffektene er større enn de totale kostnadene. (NOU 1996:16).

I en kostnadseffektivitetsanalyse kartlegges alternative tiltak etter kostnader i kroner, med formål å finne rimeligste alternativ for å oppnå et gitt mål. Kostnadsvirkningsanalyse kartlegger kostnader og nytteeffekter, hvor nyttesiden ikke kan verdsettes i kroner. Man får ingen rangering av samfunnsøkonomisk lønnsomhet, men et verdifullt beslutningsgrunnlag. Disse analyseverktøyene kan være hensiktsmessige å anvende i tilfeller hvor vesentlige effekter ikke kan prissettes, eksempelvis i helsesektoren. (NOU 1996:16).

3.1.2 Nåverdimetoden

Nåverdimetoden er en av de viktigste metodene for rangering av lønnsomhet. Gjennom diskontering av alle tidligere og fremtidige kapitalverdier kan alle inn- og utbetalinger tilbakeføres til et gitt tidspunkt (SINTEF, 2007). Metoden benyttes til sammenligning og summering av prissatte nytte- og kostnadseffekter på påløper på ulike tidspunkter, ved å omregne disse til en nåverdi. Fremtidige effekter diskonteres til starten av analyseperioden ved bruk av en gitt kalkulasjonsrente (Direktoratet for økonomistyring, 2014).

Netto nåverdi (NNV) kan beregnes med følgende uttrykk (Direktoratet for økonomistyring, 2014):

$$NNV = -U_0 + \sum_{t=1}^n \frac{U_t}{(1+k)^t}$$

der

- U_0 er investeringsutgift i år 0
- U_t er netto nytte i år t (nytteeffekter fratrukket kostnadseffekter)
- k er kalkulasjonsrenten
- $1/(1+k)^t$ er diskonteringsfaktoren
- t er antall år tiltaket varer

Ved positiv netto nåverdi anses prosjektet eller investeringen som lønnsom (SINTEF, 2007). Dersom alle sentrale nytteeffekter og kostnadseffekter er prissatt i kroner og inkludert i beregningen, vil tiltak med positiv netto nåverdi også være samfunnsøkonomisk lønnsomme. Om det er vesentlige effekter som ikke er prissatte, vil ikke nåverdimetoden være tilstrekkelig for å vurdere samfunnsøkonomisk lønnsomhet. Det må da også vurderes i hvilken grad indirekte effekter bidrar til å gjøre tiltaket mer eller mindre lønnsomt (Direktoratet for økonomistyring, 2014).

3.1.3 Livssyklus kostnadsanalyse

Livssyklus kostnader (LCC) omfatter alle kostnader som oppstår i løpet av levetiden til et prosjekt eller en investering, inkludert investeringskostnad, FDVU-kostnader (forvaltning, drift, vedlikehold og utvikling) og eventuell rivning (Bjørberg et al., 2007). En analyse av disse kostnadene, en livssyklusanalyse eller LCC-analyse, gir et helhetlig bilde av alle kostnader forbundet med tiltaket, og kan benyttes for å rangere ulike investeringsalternativer. I en samfunnsøkonomisk analyse vil en LCC-analyse bidra til å identifisere direkte nytte- og kostnadseffekter gjennom livsløpet til en bygning.

I NS 3454 *Livssyklus kostnader for byggverk - prinsipper og klassifikasjon* beskrives kalkulasjonsmetodikk for livssyklus kostnader for byggverk, og kostnadene som inngår i beregningen defineres og forklares. For å muliggjøre sammenligning mellom ulike alternativer vil livssyklus kostnaden diskonteres til nåverdi (NS 3454:2013).

I henhold til NS 3454 kan livssyklus kostnaden (K) beregnes ved følgende uttrykk:

$$K = K_0 + \sum_{t=1}^T [(1+r)^{-t} \times FDVU_t] - R(1+r)^{-T}$$

der

- K_0 er verdien av prosjektkostnad
- $FDVU$ er kostnader til forvaltning, drift, vedlikehold og utvikling
- r er renten av binding av kapital (alternativkostnad ved alternativ investering)
- t betegner ulike tidspunkter i brukstiden
- T er brukstiden
- R er netto salgsverdi av bygningen ($R > 0$) eller rivningskostnad ($R < 0$)

For å få et uttrykk for årskostnaden ($\dot{A}K$) som en annuitet kan livssyklus kostnaden (K) multipliseres med annuitetsfaktoren (b):

$$\dot{A}K = b \times K$$

der

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

Årskostnaden uttrykker gjennomsnittlige årlige kostnader gjennom bygningens livsløp.

3.1.4 Nullalternativet

Nullalternativet skal beskrive dagens situasjon i fravær av nye tiltak, og er en sentral del av problembeskrivelsen i en samfunnsøkonomisk analyse. For å utarbeide et nullalternativ skal det inkluderes kostnader til nødvendig drift og vedlikehold, gjøres nødvendige forutsetninger om utvikling av ytre forhold, samt inkludere tilpasninger som forventes som respons på de ytre faktorene. I praksis kan utformingen av et nullalternativ være komplisert og ressurskrevende, og man må ofte nøye seg med antakelser. Nullalternativet skal beskrives og tallfestes, og skal benyttes som sammenligningsgrunnlag i identifisering og vurdering av effektene av tiltaket som analyseres. (Direktoratet for økonomistyring, 2014). I denne analysen vil nullalternativet være byggeteknisk forskrift TEK10, da dette representerer minstekravet tilknyttet energieffektivitet for bygg i perioden case-utvalget er utbygd.

3.1.5 Indirekte nytteeffekter

Siden det innenfor tids- og ressursrammen for denne oppgaven er begrensede muligheter til å verdsette alle relevante nytteeffekter i kroner, må disse effektene vurderes kvalitativt. Det er viktig at de ikke-prissatte effektene vurderes og synliggjøres i analysen, siden det ofte er helt sentrale effekter av tiltaket. Vurderingen av de indirekte effektene kan gjøres ved bruk av en pluss-minusmetode eller ved beskrivelse av effektene. Ved beskrivelse bør både omfang og betydning komme frem. (Direktoratet for økonomistyring, 2014). De indirekte nytteeffektene som ses relevant for denne oppgaven redegjøres for i avsnitt 3.2 om brukskvalitet.

Pluss-minusmetoden vurderer ikke-prissatte effekter etter konsekvens, gjennom henholdsvis betydning og omfang relativt til nullalternativet. Vurderingen gjøres vanligvis i en nidelte skala basert på plusser og minuser. Skalaen spenner fra meget stor negativ konsekvens (- - -), ingen konsekvens (0), til meget stor positiv konsekvens (++++). Betydningen av tiltaket vurderes ut ifra hvilken betydning det berørte området har for enkelte samfunnsgrupper eller samfunnet som helhet. Videre vurderes omfanget ut ifra hvilken grad tiltaket påvirker dette området. *Område* kan her være et geografisk område eller et samfunnsområde (som personvern, matsikkerhet etc.). Vurdering av betydning og omfang må baseres på mest mulig objektive kriterier. Ut ifra disse vurderingene kan en konsekvensmatrise benyttes for å finne konsekvensen av tiltaket. (Direktoratet for økonomistyring, 2014).

Tabell 1: Konsekvensmatrise for ikke-prissatte effekter (Direktoratet for økonomistyring, 2014).

Omfang \ Betydning	Liten	Middels	Stor
Stort positivt	+ / ++	++ / +++	+++ / ++++
Middels positivt	0 / -	++	++ / +++
Lite positivt	0	0 / +	+ / ++
Intet	0	0	0
Lite negativt	0	0 / -	- / --
Middels negativt	0 / -	--	-- / ---
Stort negativt	- / --	-- / ---	--- / ----

Konsekvens av tiltaket vurderes ut ifra følgende nidelte skala:

- ++++ Meget stor positiv betydning
- +++ Stor positiv betydning
- ++ Middels stor positiv betydning
- + Liten positiv betydning
- 0 Ubetydelig/ ingen konsekvens
- Liten negativ konsekvens
- Middels negativ konsekvens
- Stor negativ konsekvens
- Meget stor negativ konsekvens

Pluss-minusmetoden legger opp til en systematisk, enhetlig og faglig basert vurdering, og gir en god fremstilling av de ikke-prissatte effektene i et samlet beslutningsgrunnlag. Effektene blir synligere ved pluss-minusmetoden enn ved å utelukkende beskrive dem. (Direktoratet for økonomistyring, 2014).

3.2 Brukskvalitet

«Brukskvalitet setter brukerperspektivet i fokus, og ser på hvordan bygning, organisasjon og teknologi støtter opp om brukerne og virksomheten som utøves i bygget.»

- • Geir Hansen, 2016

I NS-EN ISO 9241-11 defineres brukskvalitet som «effekt, effektivitet og brukertilfredshet hvor et spesifikt sett med brukere kan oppnå et spesifikt sett med oppgaver i et bestemt miljø» (oversatt fra engelsk). Hansen (2016) beskriver de tre aspektene av brukskvalitet som følger:

1. **Effekt:** Omhandler måloppnåelse og verdiskapning. Eksempelvis skal et barnehageanlegg legge til rette for læring, mestring og sosialisering.
2. **Effektivitet:** Omhandler tilrettelegging for effektiv drift av kjernevirksomheten.
3. **Brukertilfredshet:** Omhandler brukernes opplevelse og inntrykk av bygget.

Brukskvalitet er kontekstuell, da omgivelser har ulik betydning og oppleves og brukes forskjellig avhengig av brukerens rolle, bruksmønster, livssituasjon, kulturell bakgrunn, geografi og politiske føringer (Hansen, 2016). Brukskvaliteten i bygninger er viktig for å muliggjøre at brukerne kan arbeide målrettet, effektivt og med tilfredshet (NS-EN ISO 9241-11:1998).

3.2.1 Evaluering av brukskvalitet i bygninger

For å vurdere grad av oppnådd brukskvalitet i en bygning er det nødvendig å evaluere brukernes ytelse og tilfredshet tilknyttet bygget (NS-EN ISO 9241-11:1998). En slik evaluering kan gjennomføres etter et bygg er ferdigstilt og tatt i bruk over en periode. Evaluering av brukskvalitet er en planlagt og systematisk analyse av bygningens bruks- og opplevelseskvalitet, med fokus på brukerne av bygget og deres behov. Det finnes ulike metoder for evaluering av brukskvalitet i bygninger, hvor noen redegjøres for under.

Evaluering av brukskvalitet i bygninger starter med å utvikle et rammeverk for spesifisert brukskvalitet. Her redegjøres det for komponenter for brukskvalitet og forholdet mellom dem, og nødvendig informasjon for analysen (NS-EN ISO 9241-11:1998). Videre beskrives målene for bygningen. Her skal det ikke bare beskrives at bygningen skal brukes til drift av en barnehage, men også hvilke aktiviteter og funksjoner man ønsker skal kunne foregå i bygget (Krogstad et al., 2012). Brukerkontekst beskriver brukerne, oppgavene som gjennomføres, utstyr, og det fysiske og sosiale miljøet i bygningen. Det er vanlig å formulere minst et tiltak for hver av aspektene effekt, effektivitet og brukertilfredshet i en brukskvalitetsevaluering. Hvordan tiltakene velges og

kombineres, samt detaljnivået for hvert tiltak, er helt avhengig av brukskonteksten og den relative viktigheten av komponentene. (NS-EN ISO 9241-11:1998).

3.2.2 Brukertilfredshet

Brukertilfredshet kan spesifiseres og måles ved gjennomføring av undersøkelser hvor brukerne uttrykker sine subjektive holdninger som rangering på en skala. Her kan det eksempelvis inkluderes opplevd komfort, hvor godt de liker elementer i bygningen, tilfredshet med bruk av bygningen, aksept av arbeidsmengde eller i hvilken grad ulike konkrete mål for brukskvalitet er oppnådd. Tilfredshet kan også måles ved å registrere positive og negative kommentarer fra brukerne ved bruk av bygget. Målinger over lengre tid kan synliggjøre sykefravær, overarbeid eller underarbeid, helsetilstand eller hyppighet av brukere som bytter arbeidssted (turn-over). (NS-EN ISO 9241-11:1998).

Brukere av en bygning er de som benytter bygget til arbeid eller annen aktivitet. I et barnehageanlegg vil de kanskje mest sentrale brukerne være barna, da de er mottakere av tjenesten som tilbys i en barnehage. Barnehageanlegg er gjerne spesielt tilpasset denne brukergruppen ved å ha deler av bygningen eller inventaret tilpasset barnestørrelse. Videre er de ansatte i barnehagen brukere av bygget. Ansatte omfatter både barnehagepersonalet og driftspersonell, som renholdere og vaktmester. Deres måloppnåelse, effektivitet og tilfredshet avhenger av brukskvaliteten i barnehageanlegget.

3.3 Inneklima og helse

I velstående land har det blitt mer og mer vanlig å fokusere på helsefremming og sykdomsforebygging fremfor bare behandling av sykdom. Helsefremming og forebygging har gjerne blitt ansett som to sider av samme sak, men kan kreve ulike arbeidsmetoder selv om de utfyller hverandre. Forebyggende tiltak skal redusere forekomst av sykdom og skader, mens helsefremmende tiltak skal bedre livskvalitet og trivsel. (Espnes & Smedslund, 2009). Inneklima er et av en rekke faktorer som påvirker helsen (Skjetne, 2009).

Inneklima er summen av fysiske faktorer som påvirker brukerne i en bygning, og helger sammen med det fysiske, psykiske og sosiale miljøet man opplever (Vagn-Hansen, 1993). Verdens helseorganisasjon, WHO, definerer inneklima til å omfatte termisk, atmosfærisk, akustisk, aktinisk og mekanisk miljø. Termisk miljø omfatter temperaturforhold i omgivelsene som lufttemperatur, strålingstemperatur, luftfuktighet og lufthastighet. Atmosfærisk miljø er lukt,

partikler og gasser i luften, inkludert luftpolektrisitet. Akustisk miljø omfatter hørsel, lydopplevelse og støypåkjenninger. Aktinisk miljø er belysning og elektromagnetisk stråling. Mekanisk miljø er påvirkning fra de fysiske omgivelsene. (SINTEF, 2007).

På bakgrunn av biologisk variasjon vil det være nærmest umulig å skape et inneklima absolutt alle er fornøyde med. Gjennom inneklimaforsøk med friske personer er det blitt konkludert med at høyst en andel på 80% av ansatte i en institusjon vil oppgi at de er tilfredse med inneklimaet, uavhengig av tilrettelegging (Vagn-Hansen, 1993). Opplevd inneklima i en bygning påvirker både brukertilfredsheten og evnen til å arbeide målrettet og effektivt i bygget.

Barn er særlig sensitive ovenfor påvirkninger i inneklimaet, og da spesielt små barn (Vagn-Hansen, 1993). Inneklimaet i en barnehage er derfor av betydning når vi skal vurdere nytten av barnehageanlegget. Det vil være vanskelig å prissette inneklimaet i en barnehage, siden barns opplevelse i bygningen ikke har en direkte økonomisk effekt. Det opplevde inneklimaet for de ansatte i barnehagen kan derimot prissettes i form av sykefravær, arbeidseffektivitet og turn-over. Blant annet vil personer med luftveissykdommer, hjerte- og karsykdommer, allergier eller hudsykdommer kunne være særlig sensitive ovenfor inneklimaet. I tillegg vil inneklimaet påvirke generell trivsel og velvære (Vagn-Hansen, 1993), samt i hvilken grad man tåler ytre belastninger (SINTEF, 2007). Samtlige av disse faktorene gjør at et dårlig inneklima vil kunne øke fraværet blant de ansatte.

3.3.1 Evaluering av inneklima

Inneklima kan vurderes med tekniske måleapparater som måler de konkrete verdiene tilknyttet temperatur, luftkvalitet, fukt, radon, lydforhold og belysning. Selv om disse målingene kan være svært nøyaktige, anses de ikke som tilstrekkelige for å vurdere inneklimaet i alle sammenhenger. I flere tilfeller har man sett at brukere av en bygning klager på inneklimaet og opplever symptomer tilknyttet dette, selv om tekniske målinger konkluderer med et tilfredsstillende inneklima. (Andersson & Lindvall, 1993).

På bakgrunn av dette har det blitt utviklet spørreundersøkelser som kartlegger brukernes opplevde inneklima, og symptomer til kan knyttes til inneklimafaktorer. Ørebromodellen har blitt utviklet av Yrkesmedicinska kliniken ved Regionssjukehuset i Örebro i Sverige, og er en anerkjent modell for evaluering av opplevd inneklima blant brukerne av en bygning. Modellen presenteres i kapittel 4.3.2 om spørreundersøkelse som benyttes for denne studien.

3.3.2 Tidligere funn tilknyttet inneklima og brukskvalitet i passivhus

Civitas m.fl. gjennomførte i 2013 undersøkelser av inneklimaforhold i yrkesbygninger med passivhus- og lavenergistandard sammenlignet med byggeteknisk standard. Rapporten konkluderer med at det ikke er flere klager tilknyttet inneklima i lavenergibygge enn andre bygninger, og forfatterne har inntrykk av at brukerne generelt sett er fornøyde med inneklimaet (Civitas m.fl., 2013; Tekniske Nyheter, 2014). Det fremkom noe flere klager på støy og belysning, hvorav støy kan forklares med lokale forhold, mens belysning kan skyldes utfordringer med dagslys i lavenergibygge. Noen av bygge hadde også hatt større innkjørings- og driftsproblemer som påvirket inneklimaet (Civitas m.fl., 2013).

En amerikansk studie har vist at såkalte «grønne» kontorarealer har bedre luftkvalitet, noe som medførte bedre konsentrasjon blant de ansatte i kontorbygget (Allen, et al., 2016). «Grønne» kontorbygg var her bygninger med høyere miljø- og energikrav enn konvensjonelle bygninger.

Blant forskning på inneklima i bolig med passivhusstandard har det blitt vist at beboere i passivhus generelt sett er fornøyde med inneklimaet, men har noe misnøye tilknyttet tørr luft og varierende innetemperatur (Klinski, et al., 2012; Thomsen, et al., 2014).

3.4 Passivhus

«Passivhus er et begrep som har fått stor utbredelse og suksess i en rekke europeiske land.»

- Standard Norge, 2014

Passivhus er den verdensledende standarden for energieffektiv bygningskonstruksjon, hvor det benyttes passive tiltak for å redusere energibehovet i bygningene (Lavenergiprogrammet, 2016). I Norge benyttes standardene *NS 3700:2013 Kriterier for passivhus og lavenergibygninger – Boligbygninger*, og *NS 3701:2012 Kriterier for passivhus og lavenergibygninger – Yrkesbygninger*. Standardene tar for seg en rekke krav tilknyttet blant annet varmetap, oppvarmingsbehov, kjølebehov, energibruk til belysning og energiforsyning. Videre må byggene innfri minstekrav til bygningsdeler, komponenter, systemer og lekkasjetall (NS 3701:2012). Lavenergibygg har noe mindre strenge krav enn passivhus. Den største forskjellen på passivhusstandardene og Byggeteknisk forskrift (TEK10) er krav til isolasjon i vegger og tak (Lavenergiprogrammet, 2016).

3.4.1 Passivhus sammenlignet med byggeteknisk forskrift

Under fremkommer en sammenligning mellom energitiltak og energirammer for barnehageanlegg utviklet etter passivhusstandard (NS 3701:2012) og byggeteknisk forskrift TEK 10 (Direktoratet for byggkvalitet, 2015) og TEK 17 (Direktoratet for byggkvalitet, 2016) for barnehageanlegg.

Tabell 2: Kriterier ved utbygging av barnehager i henhold til NS 3701, TEK 10 og TEK 17.

	NS 3701		TEK 10		TEK 17	
Årlig energibehov			140	kWh/m ²	135	kWh/m ²
Maks. årlig oppvarmingsbehov	25	kWh/m ²				
Maks. årlig kjølebehov	0	kWh/m ²				
Maks. årlig energibehov til belysning	13	kWh/m ²				
Maks. årlig CO ₂ -utslipp	20	kg/m ²				
U-verdi yttervegg	0,10-0,12	W/(m ² K)	≤ 0,18	W/(m ² K)	≤ 0,18	W/(m ² K)
U-verdi gulv	0,08	W/(m ² K)	≤ 0,15	W/(m ² K)	≤ 0,10	W/(m ² K)
U-verdi tak	0,08-0,09	W/(m ² K)	≤ 0,13	W/(m ² K)	≤ 0,13	W/(m ² K)
U-verdi vindu	≤ 0,80	W/(m ² K)	≤ 1,20	W/(m ² K)	≤ 0,80	W/(m ² K)
U-verdi dør	≤ 0,80	W/(m ² K)	≤ 1,20	W/(m ² K)	≤ 0,80	W/(m ² K)
Normalisert kuldebroverdi	≤ 0,03	W/(m ² K)	≤ 0,06	W/(m ² K)	≤ 0,07	W/(m ² K)
Effektivitet for varmegjenvinner	≥ 80	%	≥ 80	%	≥ 80	%
SFP-faktor for ventilasjonssystem	≤ 1,5	kW/(m ³ /s)	≤ 2,0	kW/(m ³ /s)	≤ 1,5	kW/(m ³ /s)
Lekkasjetall ved 50 Pa	≤ 0,6	h ⁻¹	≤ 1,5	h ⁻¹	≤ 0,6	h ⁻¹

I passivhusstandard for yrkesbygninger fastsettes det ikke et krav for samlet netto energibehov, men stiller heller krav til spesifikt energibehov til oppvarming, kjøling og belysning. Det stilles også krav til bygningskomponenter som sammenlagt skal gi et lavere energibehov enn bygninger utviklet etter byggeteknisk forskrift. Utbygging av passivhusbygninger har høyere kostnader enn andre bygninger da det vanligvis tar lengre tid å konstruere, samt har dyrere komponenter (Lavenergiprogrammet, 2016).

4 Metode

Formålet med masteroppgaven er å evaluere energieffektive bygninger i et samfunnsøkonomisk perspektiv. En evaluering har som mål å vurdere effekter av tiltak og menneskelige handlinger (Johannessen et al., 2004) Til denne evalueringen skal det innhentes informasjon om både utbygging- og driftskostnader, energibehov og brukskvalitet, noe som krever ulike metoder for datainnsamling. I dette kapittelet introduseres metodene som vil benyttes for datainnsamling, hvordan de anvendes samt hvordan materialet skal bearbeides.

Metode dreier seg om hvordan man går frem for å innhente informasjon om virkeligheten, og hvordan informasjonen skal analyseres for å gi innsikt i samfunnsmessige forhold og prosesser. Empirisk forskning kjennetegnes av systematikk, grundighet og åpenhet, hvor en sentral del av forskningen dreier seg om å samle inn, analysere og tolke informasjon. (Johannessen et al., 2004). Metodebruken vil ha stor innvirkning på både prosessen og resultatet av forskningen, og den overordnede intensjonen ved undersøkelsen må derfor være nøye redegjort for ved valg av metode (Crang & Cook, 1995). En beskrivelse av metodene som benyttes vil gjøre det lettere å forsvare konklusjonene som trekkes, samt å etterprøve eller videreføre arbeidet (Olsson, 2011).

4.1 Forskningsetikk

«God forskning forutsetter frihet fra styring og kontroll, mens samfunnets tillit til forskning forutsetter ansvarlighet både fra den enkelte forskeren og fra forskningsinstitusjonene.»

- De nasjonale forskningsetiske komiteene, 2016

Universiteter har et lovpålagt ansvar for at forskning utøves i overensstemmelse med etiske prinsipper. Etikk omhandler regler, prinsipper og retningslinjer for å skille rett fra galt (Johannessen et al., 2004). De nasjonale forskningsetiske komiteene (2016) omtaler

forskningsetikk som en sammenfatning av praktisk vitenskapsmoral, og viser til et mangfold av verdier, normer og institusjonelle ordninger som bidrar til å regulere vitenskapelig virksomhet. Etikk handler først og fremst om forholdet mellom mennesker, og etiske problemstillinger oppstår når forskningen berører mennesker direkte (Johannessen et al., 2004). Dette er spesielt i sammenheng med datainnsamling. Forskeren har ansvar for å gi forskningsdeltakerne tilstrekkelig informasjon om formålet med forskningen, hvem som vil få tilgang på informasjonen, og om følgene av å delta i forskningsprosjektet. I tillegg skal forskeren respektere deltakernes autonomi, integritet, frihet og medbestemmelse. (De nasjonale forskningsetiske komiteene, 2016).

Ved forskning som involverer barn skal barnas behov og interesser ivaretas på andre måter enn voksne forskningsdeltakere. For barn under 15 år må forskeren ha samtykke fra foresatte for å innhente personopplysninger om barnet. Forskeren må ha tilstrekkelig kunnskap om den deltakende aldersgruppen til å gi tilpasset informasjon om prosjektet, og å tilpasse metoden til aldersgruppen. Det gjøres oppmerksom på at et samtykke uttrykt av et barn ikke kan likestilles med et av en voksen, da barn ofte er mer villige til å adlyde autoriteter, og ikke nødvendigvis vet konsekvensene av å avgi informasjon. (De nasjonale forskningsetiske komiteene, 2016). På bakgrunn av dette har det ikke blitt samlet inn data eller gjennomført spørreundersøkelser eller intervjuer blant barna i barnehagene.

Forskning påvirker også mennesker gjennom den kunnskap og virkelighetsoppfatning den formidler (Johannessen et al., 2004). Forskeren skal følge god henvisningsskikk og sikre habilitet, og bør gjøre forskningsmaterialet tilgjengelig for etterprøving og videre forskning (De nasjonale forskningsetiske komiteene, 2016).

4.2 Casestudie

En casestudie kjennetegnes ved at det er et avgrenset fokus på den spesielle casen med en inngående beskrivelse. Det skal da samles inn mest mulig data om et avgrenset fenomen. (Johannessen et al., 2004). Det er omfattende å foreta en casestudie, fordi sjangeren gjennomsyrrer både metodedesign, innsamling og bruk av data, og presentasjonsmetode. Forskeren er gjerne tilstede og deltakende i observasjon under datainnsamlingen, og forskningen foregår i samtid. (Yin, 2012). I innhenting av informasjon kan forskeren komme over eksplorative data, noe som

kan medføre at de teoretiske antagelsene endrer seg underveis i undersøkelsen (Johannessen et al., 2004).

Denne studien har et fler-case-design med flere analyseenheter. Bruk av flere caser gir mer robuste og sammenlignbare resultater (Yin, 2012). Studien vil ta for seg fem caser, tre barnehager med passivhusstandard og to barnehager utviklet etter byggeteknisk forskrift TEK 10. Disse utgjør grunnlaget for forskningen, og det foretas en sammenligning mellom disse.

Barnehageanleggene som benyttes i studien er ferdigstilt i perioden 2012-2015, og er listet opp under. Barnehagene presenteres i kapittel 5. Metodene for innhenting av informasjon er dokumentanalyse og spørreundersøkelser.

Aktuelle barnehageanlegg, passivhus:

- Haukåsen friluftsbarnhage
- Øya barnhage
- Myra barnhage

Aktuelle barnehageanlegg, TEK 10:

- Ladesletta barnhage
- Nedre Flatåsen barnhage

4.3 Kvantitative metoder

I den samfunnsvitenskapelige metodelæren skiller det mellom kvantitative og kvalitative tilnærminger. Tradisjonelt fremstilles disse tilnærmingene som nokså forskjellige, men de er ikke uforenelige (Johannessen et al., 2004). I oppgaven vil det benyttes kvantitative metoder for innhenting av informasjon.

Kvantitativ metode opererer med data i tallform, og det er utviklet spesielle statistiske prosedyrer for metoden. Formålet er gjerne å teste en hypotese med utgangspunkt i et datasett, hvor data er innhentet gjennom tellinger eller spørreskjema. Kvantitativ metode undersøker *variabler* og *verdier* i en eller flere *enheter*. (Johannessen et al., 2004). I denne oppgaven vil de aktuelle barnehagene være enheter, mens teknisk standard er variabler. Verdiene som undersøkes er i hovedsak økonomiske størrelser. Ved bruk av kvantitative verdier kan informasjonen analyseres ved hjelp av metodene for samfunnsøkonomisk analyse, som presentert i kapittel 3.1.

4.3.1 Økonomiske beregninger

For beregning av økonomisk lønnsomhet av barnehager med passivhusstandard sammenlignet med barnehager med byggeteknisk standard TEK 10 benyttes nåverdimetoden og analyse av livssyklus kostnader, presentert i henholdsvis kapittel 3.1.2 og 3.1.3. Ved begge beregningsmetodene benyttes investeringskostnad og kostnader til energibruk som grunnlagsdata for utregningene.

Innhentet informasjon om barnehagene er følgende (Punkter tatt fra Jong & Arkesteijn, 2014):

- 1) Generell informasjon om barnehagene
- 2) Tegninger av barnehagene
- 3) Energiprestasjon
- 4) Investeringskostnader
- 5) Driftskostnader (over 1 år)

Investeringskostnad for barnehagene oppgis som kommunens kontraktsum for totalentreprise ved utbygging av barnehagene. Kostnaden uttrykkes i kroner per kvadratmeter ved bruk av oppgitt bruksareal for barnehagene. Investeringskostnad per kvadratmeter for barnehager med passivhusstandard og byggeteknisk standard TEK10 oppgis som et gjennomsnitt blant de aktuelle barnehagene.

Av driftskostnader inkluderes kun energikostnader i beregningen, ikke alle FDVU-kostnader. Dette da energibehovet utgjør den enklest målbare forskjellen mellom de byggetekniske standardene. Kostnader til energibruk uttrykkes i kroner per kvadratmeter per år. De ulike barnehagene har ulike energibærere i byggene, men som forenkling regnes hele energibehovet under ett. Den årlige kostnaden for det budsjetterte energibehovet i barnehagene beregnes med Norges Vassdrag- og Energidirektorat sine kalkulasjonspriser for kraft og nettleie (Sidelnikova, et al., 2015). Årlig energibehov for nullalternativet settes lik kravene i byggeteknisk forskrift TEK 10 (se tabell 2, kapittel 3.4.1). Det gjøres to beregninger for kostnader i passivhusbarnehager, én med årlig energibehov satt lik kravene i byggeteknisk forskrift TEK 17 (se tabell 2, kapittel 3.4.1), og én med årlig energibehov lik det budsjetterte energibehovet i Haukåsen barnehage (se kapittel 5.2.1). Slik kan både den nye byggetekniske forskriften og et faktisk eksempel på passivhusbarnehage sammenlignes i diskusjonen.

Det gjøres oppmerksom på at ulike energibærere både kan gi signifikant ulik energikostnad, i tillegg til å kunne ha løpende vedlikeholdskostnader som ikke fremkommer i utregningene i denne studien.

I henhold til finansdepartementets veiledning benyttes en kalkulasjonsrente på 4 % i beregningene (Direktoratet for økonomistyring, 2014).

Nåverdimetoden:

Ved bruk av nåverdimetoden kan vi finne ut som en investering er lønnsom eller ikke. Her anses investeringen til å være passivhusstandarden på barnehagene, med byggeteknisk standard TEK10 som nullalternativet. Investeringsutgiften i år 0 settes da lik merkostnaden for passivhusstandard, beregnet som differansen mellom kostnad per kvadratmeter ved utbygging av barnehagene med passivhusstandard og byggeteknisk standard TEK10.

Videre inkluderes netto nytte for investeringen: differansen mellom nytteeffekter og kostnadseffekter. Den prissatte nytten av å utvikle barnehager i passivhusstandard er i hovedsak energibesparelse, og netto nytte oppgis som differanse i energikostnad.

Livssykluskostnadsanalyse:

I livssykluskostnadsanalysen ser vi på kostnader gjennom byggenes levetid. Kostnadsinformasjon benyttes for å gjennomføre en LCC-utregning for en periode på 40 år, som antas å være byggenes levetid (Sidelnikova, et al., 2015). Etter dette beregnes en restverdi med antagelse om vedvarende nivå av driftskostnader gjennom hele livsløpet av bygningene. Kostnader tilknyttet slutten på bygningenes levetid, inkludert rivning, tas ikke med i beregningene. Kostnadene som inkluderes i LCC-utregningen er investeringskostnaden ved utbygging av barnehagene, oppgitt i kroner per kvadratmeter, og årlig energikostnad.

4.3.2 Spørreundersøkelser

For å belyse de ikke-prissatte effektene som skal inkluderes i studien, har det blitt gjennomført en spørreundersøkelse blant de ansatte i de aktuelle barnehagene. Spørreundersøkelsen er basert på Ørebromodellen, som tar utgangspunkt i at det er brukerne av en bygning som best kan beskrive inn klimaet (Andersson, et al., 2014). Tekniske måleapparater kan brukes for å bekrefte funnene i en undersøkelse med brukerne dersom det er nødvendig, men vil ikke benyttes her.

Basert på Ørebromodellen har Kjell Andersson (2014) utviklet et vil et «MM-spørreskjema» som registrerer opplevelser av faktorer relatert til både innemiljø og opplevelse av symptomer som

kan knyttes til inneklima. Anderssons spørreskjema er tilpasset blant annet kontorer, skoler, barnehager, sykehus og boliger. Fra MM-spørreskjemaet for barnehager er det trukket ut relevante spørsmål tilknyttet inneklima, som er grunnlaget for spørreundersøkelsen som gjennomføres blant personalet i case-barnehagene. Spørsmål tilknyttet bakgrunnsfaktorer som alder og kjønn er utelukket av hensyn til personvern, da denne informasjonen vil kunne gjøre respondentene gjenkjennelige blant et relativt lavt antall respondenter for hver case.

Det er fordelaktig at undersøkelsene gjennomføres tidlig på våren for å rekke oppvarmingssesongen (Andersson, et al., 2014). Undersøkelsene som ble gjennomført i denne studien ble sendt ut til respondentene i april 2017.

De ansatte har rangert ulike faktorer knyttet til inneklimaet på en skala fra 1 til 5. I tillegg har undersøkelsen omfattet spørsmål om tidligere og nåværende sykdom og plager som kan være tilknyttet innemiljøet, og om de ansatte tror plagene kan skyldes innemiljøet på arbeidsplassen. Spørreundersøkelsen som ble gjennomført kan ses i vedlegg A.

4.4 Dokumentanalyse og litteratursøk

Dokumenter kan være en viktig ressurs i forskningen, men man må være kritisk i vurderingen av dokumenter som kilder. Kriterier for vurdering av dokumenter er autensitet, troverdighet, representativitet og kildekritisk tolkning (Storsul, 2011). Gjennomgang av tekstdokumenter kan være krevende, da forskeren kan mangle informasjon om hvilke data som finnes, og samtidig ha store mengder materiale å forholde seg til. Det er da nødvendig å organisere tilgjengelig materiale for at det kan gjennomgås på en systematisk måte. (Johannessen et al., 2004). Ved litteratursøk på nettet er det hensiktsmessig å benytte seg av søkemotorer som er spesielt tilrettelagt for søk av vitenskapelig sikre kilder. Dette inkluderer blant annet NTNU Universitetsbibliotek (Oria), Google Scholar og VIKO. Aktuelle dokumenter i kvantitativ analyse er budsjetter, regnskap og tallfestede planer. De viktigste dokumentene i en kvalitativ analyse vil være beslutningsgrunnlag (styredokumenter o.l.), opposisjonsutsagn, saksbeskrivelser og medieoppslag (Medalen, 2016a). I dette studiet har dokumentanalyse og litteratursøk blitt benyttet hovedsakelig til å gi et teoretisk bakteppe og grunnlag for diskusjon av kvalitativ data.

5 Presentasjon av case

5.1 Barnehagens virksomhet

“Barnehagens fysiske miljø skal utformes slik at alle barna får gode muligheter til å delta aktivt i lek og andre aktiviteter. I tilrettelegging av det fysiske miljøet må det tas hensyn til at barn i ulike aldre og med ulikt ferdighetsnivå skal bruke de samme arealene.”

- Kunnskapsdepartementet, 2011

Barnehager plikter å ivareta barnas behov for lek og omsorg, samt fremme læring og dannelse (Barnehageloven § 1). Kommunen er lokal barnehagemyndighet og skal påse at barnehagene drives i samsvar med gjeldende regelverk, og at alle barn i opplæringspliktig alder tilbys barnehageplass (Barnehageloven § 8). I Trondheim kommunes *funksjons- og arealprogram for kommunale barnehageanlegg* (2014) er det utarbeidet en veileder for prosjektering av barnehageanlegg, med retningslinjer for blant annet byggets utforming og lokalisering. Det påpekes at det fysiske miljøet er en viktig ressurs som kan fremme det pedagogiske arbeidet i barnehagen, noe som innebærer at bygningens utforming kan fremme eller hemme kjernevirksomheten i en barnehage.

5.2 Barnehager med passivhusstandard

5.2.1 Haukåsen friluftsbarnhage

Haukåsen barnehage ligger vest i Trondheim tett på skog og turområder. Barnehagen ble tatt i bruk høsten 2013 (Trondheim kommune, 2014b). Anlegget har passivhusstandard og har i tillegg gått BREEAM-NOR-klassifiseringen Very Good. BREEAM-NOR er en nordisk tilpasning av den internasjonale klassifiseringsstandarden for bærekraftige bygninger, og Haukåsen er den første barnehagen i Norge som ble klassifisert etter BREEAM-NOR (Trondheim kommune, 2013).

Info om Haukåsen friluftsbarnhage (Trondheim kommune, 2013; Pir II, u. å.; Barsnes, 2016):

- Eier: Trondheim kommune
- Adresse: Vådanvegen 65, 7024 Trondheim
- Antall barnehageplasser: 54
- Entrepriseform: Totalentreprise
- Byggeår: 2011-2013
- Areal: BRA ca. 950 m²
- Arkitekt: Pir2
- Utførelse: NCC Construction DK Trondheim
- Kontraktsum: 26,5 MNOK
- Netto energibehov: 67 kWh/m²

5.2.2 Øya barnehage

Øya barnehage ligger i sentrum av Trondheim og sto ferdigstilt desember 2015, med innflytting fra februar 2016. Barnehageanlegget er bygget i klimavennlig massivtre, i tråd med satsningen Trebyen Trondheim.

Info (Arkitektkontoret KVADRAT AS, u.d.; Betonmast, u.d.):

- Eier: Trondheim kommune
- Adresse: Harald Hardrådes Gate 18, 7030 Trondheim
- Antall barnehageplasser: 136
- Entrepriseform: Totalentreprise
- Byggeår: 2015
- Areal: BRA ca. 1730 m²
- Arkitekt: Arkitektkontoret KVADRAT
- Utførelse: Betonmast Trøndelag AS
- Kontraktsum: 40 MNOK

5.2.3 Myra barnehage

Myra barnehage ligger ved Kyvannet vest i Trondheim og ble åpnet august 2012. Barnehagen er sertifisert med grønt flagg og involverer barna i arbeid med miljø, som kildesortering og kjøkkenhage (Trondheim kommune, 2017a).

Info (NCC Construction Norge, 2011; Trondheim kommune, 2017):

- Eier: Trondheim kommune
- Adresse: Olaf Grilstads Veg 1, 7025 Trondheim
- Antall barnehageplasser: 70
- Entrepriseform: Totalentreprise
- Byggeår: 2011-2012
- Areal: BRA ca. 870 m²
- Arkitekt: Arkitektkontoret KVADRAT
- Utførelse: NCC Construction Norge
- Kontraktsum: 24 MNOK

5.3 Barnehager med byggeteknisk standard TEK 10

5.3.1 Ladesletta barnehage

Ladesletta barnehage ligger øst i Trondheim og det nye bygget ble innflyttet august 2013. Barnehagen er samlokalisert med Ladesletta Helse- og Velferdssenter.

Info (Trondheim kommune, 2017b; HUS Arkitekter, 2014):

- Eier: Trondheim kommune
- Adresse: Lade Alle 80b, 7041 Trondheim
- Antall barnehageplasser: 74
- Entrepriseform: Totalentreprise
- Byggeår: 2012-2013
- Areal: BRA 1012 m²
- Arkitekt: HUS Arkitekter
- Utførelse: Skanska AS
- Kontraktsum: 23 MNOK

5.3.2 Nedre Flatåsen barnehage

Nedre Flatåsen barnehage ligger sørvest i Trondheim og hadde innflytting i nytt bygg i 2010. Barnehageanlegget var Trondheim kommunes første prosjekt med energiklasse A.

Info (Trondheim kommune, 2017c; Veidekke, u.d.; Arkitektkontoret KVADRAT AS, 2010):

- Eier: Trondheim kommune
- Adresse: Nedre Flatåsveg 580, 7099 Flatåsen
- Antall barnehageplasser: 106
- Entrepriseform: Totalentreprise
- Byggeår: 2010
- Areal: BRA 1140 m²
- Arkitekt: Arkitektkontoret KVADRAT
- Utførelse: Veidekke AS
- Kontraktsum: 22 MNOK

6 Presentasjon av funn

Studien har undersøkt direkte og indirekte nytteeffekter i barnehager med passivhusstandard og byggeteknisk standard TEK 10. I hovedsak har studien tatt for seg direkte nytteeffekter i form av kostnader tilknyttet konstruksjon av byggene samt anslått energibruk gjennom livsløpet. De indirekte nytteeffektene dekkes her av opplevd brukskvalitet tilknyttet fysiske forhold og opplevd inneklima blant de ansatte i barnehageanleggene.

6.1 Kostander

I beregning av kostnader i de aktuelle barnehagene har det blitt benyttet et gjennomsnitt av investeringskostnader for passivhus- og TEK10-barnehager, vektet for bruksareal.

Investeringskostnad for passivhusbarnehager er oppgitt i tabell 3 og for TEK10-barnehager i tabell 4.

Tabell 3: Investeringskostnad for barnehager med passivhusstandard

	Kontraktssum [mill. NOK]	BRA [m ²]	NOK/m ²
Haukåsen barnehage	26,5	950	27894,74
Øya barnehage	40	1730	23121,39
Myra barnehage	24	870	27586,21
Gjennomsnitt			25492,96

Tabell 4: Investeringskostnad for barnehager med byggeteknisk forskrift TEK10

	Kontraktssum [mill. NOK]	BRA [m ²]	NOK/m ²
Nedre Flatåsen barnehage	22	1140	19298,25
Ladesletta barnehage	23	1000	23000,00
Gjennomsnitt			21028,04

Kostnad for energi er gitt med kalkulasjonspriser oppgitt i tabell 5 (Sidelnikova, et al., 2015).

Tabell 5: Kalkulasjonspriser for energi

Energipriser	øre/kWh
Nettleie	12,92
Kraftpris	24,65
Sum	37,57

Videre gjøres beregningene med utgangspunkt i energibehovet fra kravene i byggeteknisk forskrift TEK10 og TEK17, samt for Haukåsen barnehage. Kostnad for energi oppgitt i kroner per kvadratmeter per år, forutsatt energipris 37,57 øre/kWh, vises i tabell 6.

Tabell 6: Årlige energikostnader ved ulike energibehov

	Energibehov [kWh/m²/år]	Energikostnad [NOK/m²/år]
TEK 10	140,00	52,60
TEK 17	135,00	50,72
Haukåsen	67,00	25,17

Dette har dannet grunnlaget for beregning av netto nåverdi og livssyklus kostnader. Levetid for byggene er beregnet til 40 år, kalkulasjonsrenten er satt til 4 %.

6.1.1 Netto nåverdi

I beregningen av netto nåverdi benyttes merverdien av passivhus som investeringskostnad, gitt som differansen mellom gjennomsnittlig kostnad per kvadratmeter for passivhus- og TEK10-barnehager: **4464,92 NOK/m²**.

Netto årlig nytte av investeringen er differansen i energikostnad per år for passivhus-sammenlignet med TEK10-barnehager, vist i tabell 7.

Tabell 7: Netto årlig nytte for passivhusbarnehager

	Bespert energikostnad [NOK/m²/år]
TEK 17	1,88
Haukåsen barnehage	27,43

Netto nåverdi for passivhusbarnehager med energibehov lik 135 kWh/m²/år (TEK17) sammenlignet med byggeteknisk forskrift TEK10:

$$NNV = -4464,92 \text{ NOK/m}^2 + \sum_{t=1}^{40} \frac{1,88 \text{ NOK/m}^2}{(1 + 0,04)^t}$$

- $4427,72 = -4464,92 \text{ NOK/m}^2 + 37,18 \text{ NOK/m}^2$

Netto nytte av investeringen er lavere enn investeringskostnaden, og netto nåverdi er negativ.

Netto nåverdi for passivhusbarnehager med energibehov lik 67 kWh/m²/år (Haukåsen barnehage) sammenlignet med byggeteknisk forskrift TEK10:

$$NNV = -4464,92 \text{ NOK/m}^2 + \sum_{t=1}^{40} \frac{27,43 \text{ NOK/m}^2}{(1 + 0,04)^t}$$

- $3922,08 = -4464,92 \text{ NOK/m}^2 + 542,84 \text{ NOK/m}^2$

Netto nytte av investeringen er lavere enn investeringskostnaden, og netto nåverdi er negativ.

6.1.2 Livssyklus kostnader

TEK10-barnehager:

Livssyklus kostnader for barnehager med byggeteknisk forskrift TEK10 og energibehov lik 140 kWh/m²/år:

$$K = 21028,04 \text{ NOK/m}^2 + \sum_{t=1}^{40} [(1 + 0,04)^{-t} \times 52,60 \text{ NOK/m}^2]$$

$$22069,10 \text{ NOK/m}^2 = 21028,04 \text{ NOK/m}^2 + 1041,06 \text{ NOK/m}^2$$

Årskostnaden er da følgende:

$$\text{ÅK} = b \times 22069,10 \text{ NOK/m}^2$$

$$b = \frac{0,04}{1 - (1 + 0,04)^{-40}} = 0,05$$

$$1115,01 \text{ NOK/m}^2/\text{år} = 0,05 \times 22069,10 \text{ NOK/m}^2$$

Barnehager med byggeteknisk forskrift TEK10 og energibehov lik 140 kWh/m²/år har beregnede livssyklus kostnader lik 22069,10 NOK/m² og årskostnad lik 1115,01 NOK/m²/år.

Passivhusbarnehager med energibehov lik 135 kWh/m²/år:

Livssyklus kostnader for barnehager med passivhusstandard og energibehov lik 135 kWh/m²/år:

$$K = 25492,96 \text{ NOK/m}^2 + \sum_{t=1}^{40} [(1 + 0,04)^{-t} \times 50,72 \text{ NOK/m}^2]$$

$$26496,84 \text{ NOK/m}^2 = 25492,96 \text{ NOK/m}^2 + 1003,88 \text{ NOK/m}^2$$

Årskostnaden er da følgende:

$$\text{ÅK} = 1338,71 \text{ NOK/m}^2/\text{år} = 0,05 \times 26496,84 \text{ NOK/m}^2$$

Barnehager med barnehager med passivhusstandard og energibehov lik 135 kWh/m²/år har beregnede livssyklus kostnader lik 26496,84 NOK/m² og årskostnad lik 1338,71 NOK/m²/år.

Passivhusbarnehager med energibehov lik 67 kWh/m²/år:

Livssyklus kostnader for barnehager med passivhusstandard og energibehov lik 67 kWh/m²/år:

$$K = 25492,96 \text{ NOK/m}^2 + \sum_{t=1}^{40} [(1 + 0,04)^{-t} \times 25,17 \text{ NOK/m}^2]$$

$$25991,18 \text{ NOK/m}^2 = 25492,96 \text{ NOK/m}^2 + 498,22 \text{ NOK/m}^2$$

Årskostnaden er da følgende:

$$\text{ÅK} = 1313,17 \text{ NOK/m}^2/\text{år} = 0,05 \times 25991,18 \text{ NOK/m}^2$$

Barnehager med barnehager med passivhusstandard og energibehov lik 67 kWh/m²/år har beregnede livssyklus kostnader lik 25991,18 NOK/m² og årskostnad lik 1313,17 NOK/m²/år.

Sammenligning av resultatene i LCC-utregningene vises i tabell 8.

Tabell 8: Resultater fra utregning av livssyklus kostnader

	Energibehov [kWh/m²/år]	LCC [NOK/m²]	ÅK [NOK/m²/år]
TEK10	140,00	22069,10	1115,01
Passivhus	135,00	26496,84	1338,71
Passivhus	67,00	25991,18	1313,17

6.2 Opplevd inneklima

Det har blitt gjennomført spørreundersøkelser blant barnehagenes ansatte rundt opplevd inneklima og generell tilfredshet tilknyttet det fysiske miljøet i barnehagene. Undersøkelsen kan ses i vedlegg A, og nøkkeltall fra resultatene av undersøkelsen kan ses i vedlegg B.

På spørsmål om generell tilfredshet med det fysiske miljøet i barnehagene har de ansatte i både passivhus- og TEK10-barnehagene ytret tilfredshet, med et gjennomsnitt på 3,92 av 5 i en scoring fra 1 til 5 hvor 5 er svært fornøyd. Det som frem noe høyere tilfredshet blant de ansatte i passivhusbarnehagene, med et snitt på 4,03 mot 3,76 i TEK10-barnehagene. Ved lav vurdering av det generelle fysiske miljøet ble dette begrunnet med forhold som ikke kan direkte legges til byggeteknisk standard av barnehagene, som trange lekeområder.

6.2.1 Termiske forhold

Temperaturforholdene i barnehagene ble generelt rangert over middels, med et gjennomsnitt på 3,47 av 5. Her var gjennomsnittet noe høyere i passivhusbarnehagene, med et snitt på 3,63 mot 3,23 i TEK10-barnehagene.

Flere av de ansatte oppga at de opplevde enten for høy, for lav eller varierende temperaturer. Her ble varierende temperatur hyppigst oppgitt, og i høyere grad i TEK10-barnehagene enn i passivhusbarnehagene. I en passivhusbarnehage ble det opplyst at manglende mulighet til å åpne vinduene bidro til dårlige temperaturforhold i barnehagen. Det ble i liten grad opplyst om forekomst av trekk i barnehagene, med noe høyere forekomst i TEK10-barnehagene enn passivhusbarnehagene.

6.2.2 Atmosfæriske forhold

Luftkvaliteten i barnehagene ble generelt rangert over middels. De ansatte i passivhusbarnehagene rangerte luftkvaliteten høyere enn de ansatte i TEK10-barnehagene, med et gjennomsnitt på 3,73 av 5 mot 2,93 av 5. I passivhusbarnehagene ble det oppgitt problemer med dårlig luftkvalitet i små rom, mens det i TEK10-barnehagene ble oppgitt flere problemer med luftkvaliteten. Blant problemene i TEK10-barnehagene var dårligere luftkvalitet på ettermiddagen og mandager, dårlig ventilasjonsanlegg, manglende mulighet for lufting, variasjon mellom ulike rom, dårlig luft på små rom, vond lukt og generell «tung» luft. I TEK10-barnehagene ble det også relativt hyppigere oppgitt forekomster av innestengt og tørr luft, ubehagelig luft og statisk elektrisitet sammenlignet med passivhusbarnehagene.

På spørsmål om støv og skitt er resultatene blant barnehagene tilnærmet like. Et flertall av respondentene oppgir at det forekommer skitt og støv i barnehagene, og det oppgis i både passivhus- og TEK10-barnehager at generelt renhold ikke er tilstrekkelig. Likevel er det bare 13% som oppgir at de plages av skitt og støv.

6.2.3 Akustiske forhold

I TEK10-barnehagene har samtlige respondenter oppgitt forekomst av støy, og 81% oppga at de plages av bråk og støy. I passivhusbarnehagene oppga 70% av respondentene forekomst av støy, mens 55% oppga at de plages av bråk og støy. De fleste respondentene forklarer problemer med bråk og støy med høylytte barn. Utover dette oppgir de ansatte plager med dårlig akustikk, bråk fra uteområdet og at ventilasjonsanlegget forstyrrer, uavhengig av om det er i passivhus- eller TEK10-barnehage.

6.2.4 Aktiniske forhold

Lysforholdene i barnehagene beskrives i form av forekomst av for svak belysning og belysning som blender. Ingen av barnehagene hadde stor forekomst av dette, og i mindre grad i passivhusbarnehagene enn TEK10-barnehagene. Forekomst av for svak belysning var tilnærmet null blant passivhusbarnehagene, mens 12,5% få oppga forekomst av belysning som blender. Blant TEK10-barnehagene oppga 26% av respondentene forekomst av for svak belysning, mens 36% oppga forekomst av belysning som blender.

6.2.5 Sykdom og plager

I spørreundersøkelsen har det blitt spurt om tidligere og nåværende sykdom og plager samt konkrete symptomer som kan knyttes til innklimaet på arbeidsplassen. Det er gjennomgående høyere andel respondenter fra TEK10-barnehagene som har oppgitt sykdom, plager og symptomer enn fra passivhusbarnehagene. Over halvparten av respondentene fra TEK10-barnehagene oppgir at de har eller har hatt allergi, mens bare en drøy femtedel av respondentene i passivhusbarnehagene oppgir det samme. Det oppgis også større forekomst av astma og hørsnue i TEK10- enn passivhusbarnehagene.

Totalt sett har 71% oppgitt at de plages med hodepine og 64% at de plages med å være tung i hodet, uten merkbar forskjell mellom passivhus- og passivhusbarnehager. Større andel fra TEK10-barnehagene har oppgitt at de opplever trøtthet og konsentrasjonsproblemer, henholdsvis 76% og 58%, enn i passivhusbarnehagene med prosentandeler på henholdsvis 50% og 31%.

Rundt halvparten av respondentene fra TEK10-barnehagene har også oppgitt at de opplever kløe, heshet, hoste, tørr hud, flass og tørre hender, noe som er høyere enn i passivhusbarnehagene.

Selv om større andel av respondentene fra TEK10-barnehagene oppgir forekomst av kløe og tørr hud og hender, er det større andel fra passivhusbarnehagene som tror disse plagene skyldes innemiljøet på arbeidsplassen. En større andel av respondentene fra TEK10-barnehagene tror hodepine, kvalme, konsentrasjonsproblemer og heshet skyldes innemiljøet, sammenlignet med respondentene fra passivhusbarnehagene. Totalt sett tror flest respondenter at plager med kløe, tørr hud og å være tung i hodet kan være forårsaket av innemiljøet i barnehagene.

7 Diskusjon

Diskusjonskapittelet vil drøfte studiens funn i lys av teori og tidligere forskning for å besvare forskningsspørsmålene i studien.

7.1 Direkte nytteeffekter - Økonomi

Forskningsspørsmål 1:

- *Er barnehageanlegg med passivhusstandard samfunnsøkonomisk lønnsomme med utgangspunkt i direkte nytte og kostnader?*

Resultatene av nåverdimetoden og livssyklusanalysen kan ikke vise til lønnsomhet i direkte nytte og kostnader. Netto nåverdi for passivhus er negativ, og livssyklus-kostnader og årskostnad er lavere for barnehager bygget med byggeteknisk forskrift TEK10 enn barnehagene med passivhusstandard.

Barnehageanleggene i casestudien med passivhusstandard har blitt utviklet med høyere krav enn byggeteknisk forskrift, og det kan da ha påløpt kostnader tilknyttet materialbruk, teknologi, rådgivere og annet, for å tilfredsstille disse kravene. Passivhusbarnehagene kan anses som pilotprosjekter for Trondheim kommunes mål om reduksjon i energibruk fra bygg. Følgene av dette gir ikke nødvendigvis direkte positive nytteeffekter, men kan være en nødvendig investering som sparer kostnader i senere prosjekter. Dersom disse erfaringene kan benyttes i områder med høyere energipris enn det er regnet med i denne studien, vil besparelsene være ytterligere.

7.2 Indirekte nytteeffekter – Inneklima og helse

Forskningsspørsmål 3:

- *Hvordan er opplevd inneklima i barnehageanlegg med passivhusstandard sammenlignet med byggeteknisk forskrift TEK 10?*

Generelt sett viser undersøkelsene barnehager hvor de ansatte stort sett er fornøyde de fysiske forholdene i barnehagene, men at det er noen inneklimafaktorer hvor det vises misnøye. Her har det nesten gjennomgående vært lavere misnøye i passivhusbarnehager sammenlignet med referansebyggene. Undersøkelsene viser størst forekomst av støy og plager tilknyttet støy, sammenlignet med andre inneklimafaktorer. Også her kommer passivhusbarnehagene bedre ut, selv om det også der er en relativt stor andel som plages.

I tidligere forskning har det blitt diskutert misnøye eller problemer tilknyttet mulighet for luftning i passivhus, samt svak belysning i passivhus. Manglende mulighet for luftning viste i denne studien å være et felles problem for både passivhus- og TEK10-barnehager. Svak belysning ble ikke angitt å være et problem blant en stor andel ansatte, og i mindre grad i passivhusbarnehagene enn referansebyggene.

I undersøkelsene fremkommer det at betydelig mindre andel av ansatte i passivhusbarnehagene har sykdom og plager som kan knyttes til inn klimaet, sammenlignet med i referansebyggene. Dette gjelder spesielt forekomst av allergi blant de ansatte, samt trøtthet og konsentrasjonsproblemer. Sykdom og plager kan påvirke trivsel og helse, og medføre lavere produktivitet og høyere sykefravær. I sammenligning med referansebyggene, som generelt sett har større forekomst av sykdom og plager, vil dette ha en middels positiv betydning for passivhusbarnehagene. Omfanget av den positive effekten kan antas å være middels, noe som ut ifra pluss-minusmetoden beskrevet i kapittel 3.1.5 tilsier en middels stor positiv betydning.

8 Konklusjon

Studien har vist at de valgte casene med passivhusstandard har høyere netto nåverdi og livssyklus kostnader enn referansecasene.

Selv om barnehageanleggene med passivhusstandard har hatt høyere kostnad, kan kompetanseheving og erfarings tilknyttet prosjektene ha svært positive følger for bygg som senere skal utvikles med passivhusstandard eller etter byggeteknisk forskrift TEK17.

Opplevd inn klima er generelt sett bedre i barnehageanlegg med passivhusstandard og ansatte i disse barnehagene har færre sykdommer og plager som kan knyttes til inn klimaet.

Alt i alt kan man si at utviklingen av barnehageanlegg med passivhusstandard har medført høyere kostnader, men at de økte kostnadene til helt eller dels kan forsvares. Politisk satsning og omstilling, kompetanseøkning innen utvikling av energieffektive bygninger, miljøpåvirkning ved energieffektivitet, samt potensielt høyere produktivitet og lavere sykefravær blant brukere grunnet bedret inn klima, er alle punkter som bidrar positivt til samfunnsøkonomien.

Referanser

Allen, J. G. et al., 2016. Associations of Cognitive Function Scores with Carbon Dioxide, Ventilation, and Volatile Organic Compound Exposures in Office Workers: A Controlled Exposure Study of Green and Conventional Office Environments. *Environmental Health Perspectives*, 06, pp. 805-812.

Amundsen, B., 2016. *Store barnehager like bra som små*. [Internett]
Tilgjengelig fra: <http://forskning.no/samfunn-barn-og-ungdom-skole-og-utdanning/2016/02/store-barnehager-bra-som-sma>
[Funnet 9 12 2016].

Amundsen, H. e. a., 2007. *Barn og rom - Refleksjoner over barns opplevelse av rom*, Trondheim: Trondheim Kommune, SINTEF, Dronning Mauds Minnes Høgskole.

Andersson, J. & Lindvall, T., 1993. *Luftvårmsystem. Fördelar och nackdelar. Funktionskrav på FT-system för ventilation och värmning av rum med tilluft*, Stockholm: Byggeforskningsrådet.

Andersson, K., Stridh, G., Fagerlund, I. & Aslaksen, W., 2014. *MM-enkäterna. Maua - skolor och förskolor*. [Internett]
Tilgjengelig fra:
http://www.inomhusklimatproblem.se/manuals/manualer/manual_skolor_forskolor_2.pdf
[Funnet 13 03 2017].

Arkitektkontoret KVADRAT AS, 2010. *Nedre Flatåsen Barnehage*. [Internett]
Tilgjengelig fra: <http://www.kvadrat.st.no/prosjekter/nordre-flataasen-barnehage>
[Funnet 20 01 2017].

Arkitektkontoret KVADRAT AS, u.d. *Øya barnehage*. [Internett]
Tilgjengelig fra: <http://www.kvadrat.st.no/prosjekter/oya-barnehage>
[Funnet 17 01 2017].

Barsnes, G., 2016. *Friluftsbarnhage med varierte rom og tydelig miljøprofil*. [Internett]
Tilgjengelig fra: <https://www.arkitektur.no/haukasen-barnehage>
[Funnet 4 04 2017].

Betonmast, u.d. *Øya barnehage*. [Internett]
Tilgjengelig fra:
<http://www.betonmast.no/Prosjekter.aspx?GroupID=GROUP23&ProductID=293&PID=1833>
[Funnet 17 01 2017].

Bjørberg, S. e. a., 2007. *Livssyklus kostnader for bygninger*. Oslo: RIF Organisasjonen for rådgivere.

Brundtland, G., 1987. *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*, Oxford: Oxford University Press.

- Buvik, K. e. a., 2003. *Utforming av barnehager - På leting etter barneperspektiv*. Trondheim: SINTEF/ NTNU.
- Civitas m.fl., 2013. *Erfaringer med bruk av lavenergi og passivhus yrkesbygg*, s.l.: Regjeringen.
- Crang, M. & Cook, I., 1995. *Doing Ethnographies*. Norwich: Geobooks.
- De nasjonale forskningsetiske komiteene, 2016. *Forskningsetiske retningslinjer for samfunnsvitenskap, humaniora, juss og teologi*, s.l.: s.n.
- Direktoratet for byggkvalitet, 2015. *Veiledning til tekniske krav til byggverk*, s.l.: s.n.
- Direktoratet for byggkvalitet, 2016. *Byggteknisk forskrift (TEK10) - Tredje del: Krav til byggverk*. [Internett]
Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/byggeregler/tek/3/>
[Funnet 11 12 2016].
- Direktoratet for økonomistyring, 2014. *Veileder for samfunnsøkonomiske analyser*, s.l.: s.n.
- Dokka, T. H. e. a., 2009. *Energieffektivisering i bygninger – mye miljø for pengene!*, Oslo: SINTEF Byggforsk.
- Dronning Mauds Minne, 2015. *Barnehageloven 40 år*. [Internett]
Tilgjengelig fra: <http://dmmh.no/hva-skjer/barnehageloven-40-ar>
[Funnet 9 12 2016].
- Espnes, G. A. & Smedslund, G., 2009. *Helsepsykologi*. 2. red. Oslo: Gyldendal Akademisk.
- Fanelli, C., 2013. *Climate Change: 'The Greatest Challenge of Our Time'*. [Internett]
Tilgjengelig fra: <http://www.globalresearch.ca/climate-change-the-greatest-challenge-of-our-time/5360852>
[Funnet 10 11 2016].
- Finansdepartementet, 2005. *Veileder i samfunnsøkonomisk analyser*, s.l.: s.n.
- Gildestad, B. A., 2015. *Klimatiltak i byggebransjen går på helsa laus*. [Internett]
Tilgjengelig fra: <https://www.nrk.no/norge/-klimatiltak-i-byggebransjen-gar-pa-helsa-laus-1.12433392>
[Funnet 23 11 2016].
- Hansen, G., 2016. *Evalueringsmetoder og verktøy (Forelesning i AAR4950 Programmering og evaluering av bygninger, 15.02.2016)*, Trondheim: NTNU.
- Hansen, G. e. a., 2009. *USEtool- Evaluering av brukskvalitet*. Trondheim: SINTEF/ NTNU.
- Herbert, K., Mckissick, L. R. & Campbell, S., 2015. *Living The Dalai Lama Life*. [Internett]
Tilgjengelig fra: <http://www.5280.com/2015/09/living-the-dalai-lama-life/>
[Funnet 11 11 2016].

- HUS Arkitekter, 2014. *Ladesletta barnehage*. [Internett]
Tilgjengelig fra: <http://www.husark.no/prosjekter/barnehager/ladesletta-barnehage>
[Funnet 20 01 2017].
- Husbanken, 2013. *Zero Emission Buildings*. [Internett]
Tilgjengelig fra: <https://www.husbanken.no/fou/miljo-og-energi-fou/zeb/>
[Funnet 10 11 2016].
- International Energy Agency, 2016. *World Energy Outlook 2016 - Executive Summary*, Paris: OECD/IEA.
- IPCC, 2013. *Climate Change 2013 - The Physical Science Basis*, New York: Cambridge University Press.
- ISO 12655:2013, 2013. *Energy performance of buildings - Presentation of measured energy use of buildings*, s.l.: International Standard.
- Johannessen, A. e. a., 2004. *Introduksjon til samfunnsvitenskapelige metoder*. 2. red. Oslo: Abstrakt forlag.
- Jong, P. d. & Arkesteijn, M., 2014. Life cycle costs of Dutch. *Journal of Corporate Real Estate*, Vol. 16, No. 3, pp. 220-234.
- Klima- og miljødepartementet, 2014. *Grønt skifte – klima- og miljøvennlig omstilling*, s.l.: Regjeringen.
- Klinski, M. et al., 2012. *Systematisering av erfaringer med passivhus*, Oslo: SINTEF Akademisk Forlag.
- Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2015. *Nye energikrav i nye bygg: - skjerpede krav, enklere regler*. [Internett]
Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/nye-energikrav-i-nye-bygg---skjerpede-krav-enklere-regler/id2461598/>
[Funnet 23 11 2016].
- Krogstad, A. e. a., 2012. *Rom for barnehage - Felerfaglige perspektiver på barnehagens fysiske miljø*. s.l.:Fagbokforlaget.
- Kunnskapsdepartementet, 2011. *Rammeplan for barnehagers innhold og oppgaver*, s.l.: s.n.
- Lavenergiprogrammet, 2016. *Hva er et passivhus?*. [Internett]
Tilgjengelig fra: <http://www.lavenergiprogrammet.no/artikkel/hva-er-et-passivhus/>
[Funnet 10 10 2016].
- Lov om barnehager (Barnehageloven). Lov av 01.08.2016., u.d. s.l.: s.n.
- Medalen, T., 2016a. *Om kvalitative metoder (Forelesning i AAR4874 Teori og metode, 13.09.2016)*, Trondheim: NTNU.

Medalen, T., 2016b. *Case metodikk (Forelesning i AAR4874 Teori og metode, 13.09.2016)*, Trondheim: NTNU.

Miljødirektoratet, 2015. *Utsleppsutvikling fram mot 2030*. [Internett]

Tilgjengelig fra: <http://www.miljostatus.no/nasjonale-mal/5.-klima/mal-5.4/nasjonal-utsleppsutvikling-og-bruk-av-fleksible-mekanismer/utsleppsutvikling-fram-mot-2030/>
[Funnet 10 11 2016].

Miljødirektoratet, 2016. *Konsekvenser av klimaendringer*. [Internett]

Tilgjengelig fra: <http://www.miljostatus.no/tema/klima/konsekvenser-av-klimaendringer/>
[Funnet 03 12 2016].

Miljødirektoratet, u. å.. *Noregs miljømål*. [Internett]

Tilgjengelig fra: <http://www.miljostatus.no/nasjonale-mal/>
[Funnet 10 11 2016].

Morris, P. & Matthiessen, L. F., 2007. *Cost of Green Revisited*, London: Davis Langdon.

NCC Construction Norge, 2011. *NCC bygger barnehage i Trondheim*. [Internett]

Tilgjengelig fra: <https://www.ncc.no/media/pressrelease-container/763945b11117ff44/>
[Funnet 17 01 2017].

NOU 1996:16, u.d. *Nytte-kostnadsanalyser*, Oslo: Finans- og tolldepartementet.

NOU 1997:27, u.d. *Nytte-kostnadsanalyser. Prinsipper for lønnsomhetsvurderinger i offentlig sektor*, Oslo: Finansdepartementet.

NOU 2012:16, u.d. *Samfunnsøkonomiske analyser*, Oslo: Finansdepartementet.

NS 3454:2013, 2013. *Livssyklus kostnader for byggverk - prinsipper og klassifisering*, s.l.: Standard Norge.

NS 3701:2012, 2012. *Kriterier for passivhus og lavenergibygninger - Yrkesbygninger*, s.l.: Standard Norge.

NS-EN ISO 9241-11:1998, 1998. *Ergonomiske krav til arbeid med dataskjerm (Visual display terminals, VDTs) i kontormiljø - Del 11: Veiledning om brukskvalitet*, s.l.: Standard Norge.

Olsson, N., 2011. *Praktisk rapportskrivning*. Trondheim: Tapir Akademisk Forlag.

Pir II, u. å.. *Haukåsen Barnehage*. [Internett]

Tilgjengelig fra: <http://www.pir2.no/projects/haukaasen-barnehage>
[Funnet 8 12 2016].

Presier, W., 1995. Post-occupancy evaluation: how to make buildings work better. *Facilities, Vol. 13*, pp. 19-28.

Regjeringen, 2013. *Politisk plattform for en regjering utgått av Høyre og Fremskrittspartiet*, s.l.: s.n.

- Seehusen, J., 2011a. *Passivhus kan bli fryktelig dyrt*. [Internett]
Tilgjengelig fra: <http://www.tu.no/artikler/passivhus-kan-bli-fryktelig-dyrt/250467>
[Funnet 23 11 2016].
- Seehusen, J., 2011b. *Full passivhus-splid i byggenæringen*. [Internett]
Tilgjengelig fra: <http://www.tu.no/artikler/full-passivhus-splid-i-byggenaeringen/237773>
[Funnet 23 11 2016].
- Senter for statlig økonomistyring, 2010. *Håndbok for samfunnsøkonomiske analyser*, s.l.: SSØ.
- Sidelnikova, M. et al., 2015. *Kostnader i energisektoren: Kraft, varme og effektivisering*, Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat .
- SINTEF, 2007. *Enøk i bygninger: Effektiv energibruk*. 3. red. Oslo: Gyldendal undervisning.
- Skjetne, I., 2009. *Helsefremmende og forebyggende arbeid*. [Internett]
Tilgjengelig fra: <http://ndla.no/nb/node/4018?fag=8>
[Funnet 13 05 2017].
- St.meld. 19 (2015–2016), u.d. *Tid for lek og læring — Bedre innhold i barnehagen*, Oslo: Kunnskapsdepartementet.
- St.meld. 21 (2011–2012), u.d. *Norsk klimapolitikk*, Oslo: Klima- og miljødepartementet.
- St.meld. 28 (2003-2004), u.d. *Om søskenmoderasjon i foreldrebetalingen m.m.*, Oslo: Kunnskapsdepartementet.
- St.meld. 41 (2008-2009), u.d. *Kvalitet i barnehagen*, Oslo: Kunnskapsdepartementet.
- Standard Norge, 2014. *Endelig en Norsk Standard for passivhus*. [Internett]
Tilgjengelig fra: [Endelig en Norsk Standard for passivhus](#)
[Funnet 11 12 2016].
- Storsul, T., 2011. *Dokumentanalyse. Analyse av kvalitative data (Forelesning i MEVIT2800 Metoder i medievitenskap, 22.03.2011)*, Oslo: UiO.
- Tekniske Nyheter, 2014. *Nødvendig med opplæring av driftspersonell*. [Internett]
Tilgjengelig fra: <http://www.tekniskenyheter.no/index.php/abonnement/9-energieffektivisering/122-nodvendig-med-opplaering-av-driftspersonell>
[Funnet 13 05 2017].
- Thomsen, J., Svensson, A. & Gullbrekken, L., 2014. *Evaluering av ni passivhusboliger på Rossåsen ved Sandnes. EBLE – Evaluering av boliger med lavt energibehov*, Oslo: SINTEF Akademisk Forlag.
- Trondheim kommune, 2013. *Haukåsen barnehage, Norges første BREEAM-sertifiserte barnehage*. [Internett]
Tilgjengelig fra: <https://www.trondheim.kommune.no/content/1117734456/Haukasen-barnehage-Norges-forste-BREEAM-sertifiserte-barnehage>
[Funnet 17 01 2017].

Trondheim kommune, 2014a. *Funksjons- og arealprogram for kommunale barnehageanlegg i Trondheim*, s.l.: s.n.

Trondheim kommune, 2014b. *Hauksåsen Friluftsbarnehage*. [Internett]

Tilgjengelig fra: <https://www.trondheim.kommune.no/hauksasen-bhg/>

[Funnet 17 01 2017].

Trondheim kommune, 2016a. *Kommunedelplan: energi og klima 2017–2030*, Trondheim:

Trondheim kommune.

Trondheim kommune, 2016b. *Eierskapsenheten*. [Internett]

Tilgjengelig fra: <https://www.trondheim.kommune.no/content/1117713253/Eierskapsenheten>

[Funnet 30 11 2016].

Trondheim kommune, 2017a. *Myra barnehage*. [Internett]

Tilgjengelig fra: <https://www.trondheim.kommune.no/myra-bhg/>

[Funnet 17 01 2017].

Trondheim kommune, 2017b. *Ladesletta barnehage*. [Internett]

Tilgjengelig fra: <https://www.trondheim.kommune.no/ladesletta-bhg/>

[Funnet 20 01 2017].

Trondheim kommune, 2017c. *Nedre Flatåsen barnehage*. [Internett]

Tilgjengelig fra: <https://www.trondheim.kommune.no/flat%C3%A5sen-barnehager/>

[Funnet 20 01 2017].

Vagn-Hansen, P., 1993. *Barn, helse, miljø: sunnhet og hygiene i barnehagen*. Oslo:

Universitetsforlaget.

Veidekke, u.d.. *Nedre Flatåsen Barnehage, Energiklasse A*. [Internett]

Tilgjengelig fra: <http://veidekke.no/prosjekter/article69381.ece>

[Funnet 20 01 2017].

World Health Organization, 1946. *Constitution of the World Health Organization*. [Internett]

Tilgjengelig fra: http://www.who.int/governance/eb/who_constitution_en.pdf?ua=1

[Funnet 20 03 2017].

Yin, R. K., 2012. *Applications of Case Study Research*. s.l.:Sage Publications.

Vedlegg

A Spørreundersøkelse

Spørreundersøkelse om inneklima



Som del av min masteroppgave skal jeg undersøke opplevd inneklima i utvalgte barnehager i Trondheim.

Dette innebærer blant annet gjennomføring av en spørreundersøkelse blant personalet i barnehagene.

Undersøkelsen tar ca. 4-7 minutter å gjennomføre.

Den består av spørsmål om opplevd innemiljø, sykdom og plager, samt tilfredshet tilknyttet innemiljøet.

Besvarelsene behandles konfidensielt av undertegnede og vil slettes når prosessen er fullført.

Enkeltbesvarelser skal ikke kunne gjenkjennes i fremlegging av resultatet av undersøkelsen.

Takk for at du deltar!

Madeleine Mittet

Student, NTNU

(1/7) Innemiljøet

Har du de siste tre månedene kjent deg plaget av noen av de følgende faktorene på din arbeidsplass?

(Svar på samtlige spørsmål selv om du ikke føler deg plaget).

	Ja, ofte (hver uke)	Ja, iblant	Nei, aldri
Trekk	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
For høy romtemperatur	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Variierende romtemperatur	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
For lav romtemperatur	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Innestengt ("dårlig") luft	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tørr luft	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ubehagelig lukt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Statisk elektrisitet som gjør at du lett får støt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Støy	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
For svak belysning	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Belysning som gir blanding og/eller reflekterer	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Støv og skitt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

(2/7) Sykdom og plager

Tidligere/ nåværende sykdommer og plager

	Ja, inkludert det siste året	Ja, men ikke det siste året	Nei
Har du eller har du hatt astmatiske plager?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Har du eller har du hatt høysnue (allergisk nesetetthet)?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Har du eller har du hatt andre allergiske plager fra øyne eller nese?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Har du eller har du hatt eksem?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Har du de **siste tre månedene** hatt noen av de undernevnte plager/ symptomer?

Hvis **JA**,
Tror du det er forårsaket
av innemiljøet på arbeidsplassen?

	Ja, ofte (hver uke)	Ja, iblant	Nei, aldri	Ja	Nei	Vet ikke
Trøtthet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tung i hodet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hodepine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kvalme/ svimmelhet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Konsentrasjonsproblemer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kløe, svie, irritasjon i øynene	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Heshet, halstørrhet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hoste	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tørr eller rød hud i ansiktet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Flassing/ kløe i hodebunnen/ ører	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tørr, kløende, rød hud på hendene	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Andre plager (vennligst spesifiser):

(3/7) Temperatur

Hva synes du generelt om **temperaturforholdene**?

Veldig bra	Bra	Akseptable	Dårlige	Veldig dårlige
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Hvis du synes temperaturforholdene er **dårlige** eller **veldig dårlige**, hva er årsaken til dette?

(Flere svar mulig)

- For kaldt i vinterhalvåret
- For kaldt til andre tider
- For varmt i sommerhalvåret
- For varmt til andre tider
- Annet (vennligst spesifiser) :

(4/7) Renhold

Plages du av **støv og skitt**?

Ja	Nei
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Hvis **Ja**, hvorfor?

(Flere svar mulig)

- Generelt renhold er utilstrekkelig
- Generelt renhold er dårlig utført
- Støv og skitt på skap etc.
- Ingen omfattende renhold (av renholdspersonell)
- Utilstrekkelig renhold av toaletter
- Annet (vennligst spesifiser) :

(5/7) Luftkvalitet

Hva synes du generelt om **luftkvaliteten**?

Veldig bra	Bra	Akseptabel	Dårlig	Veldig dårlig
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Hvis du synes luftkvaliteten er **dårlig** eller **veldig dårlig**, hva er årsaken til dette?

(Flere svar mulig)

- Verre på mandagsmorgen
- Verre på ettermiddagen
- Forskjellig i ulike rom
- Det forekommer lukt
- Det savnes muligheter for lufting
- Annet (vennligst spesifiser) :

Finnes det enkeltrom med **dårlig luftkvalitet**?

- Ja (vennligst spesifiser hvilke rom) Nei

(6/7) Båk og støy

Plages du av bråk og støy?

Ja

Nei

Hvis Ja, hvorfor?

(Flere svar mulig)

- Ventilasjonsanlegget forstyrrer
- Støy utenfra (trafikk etc.)
- Støy fra barnehagens uteområde
- Dårlig akustikk
- Høylytte barn
- Annet (vennligst spesifiser) :

(7/7) Generelt

Hvordan opplever du generelt det **fysiske innemiljøet**?

Veldig bra	Bra	Akseptabelt	Dårlig	Veldig dårlig
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Øvrige kommentarer til innemiljøet:

B Nøkkeltall fra spørreundersøkelse

1: Innemiljøet

Andel av respondenter som har kjent seg plaget av undernevnte faktorer på sin arbeidsplass de siste tre månedene.

	Totalt	Passivhus	TEK10
Trekk	12 %	9 %	16 %
Før høy romtemperatur	41 %	26 %	63 %
Varierende romtemperatur	63 %	57 %	71 %
Før lav romtemperatur	47 %	43 %	53 %
Innestengt luft	58 %	54 %	64 %
Tørr luft	53 %	44 %	66 %
Ubehagelig lukt	31 %	24 %	41 %
Statisk elektrisitet som gjør at du lett for støt	16 %	10 %	25 %
Støy	82 %	70 %	100 %
Før svak belysning	13 %	4 %	26 %
Belysning som gir blanding og/eller reflekterer	22 %	13 %	36 %
Støv og skitt	67 %	67 %	67 %

Respondentenes vurdering av temperatur, luftkvalitet og det fysiske innemiljøet.

Vurdert på en skala fra 1 til 5 hvor 1 er veldig dårlig og 5 er veldig bra.

	Totalt	Passivhus	TEK10
Temperatur	3,47	3,63	3,23
Luftkvalitet	3,41	3,73	2,93
Det fysiske innemiljøet generelt	3,92	4,03	3,76

2: Sykdom og plager

Andel av respondenter som har eller har hatt undernevnte sykdommer og plager.

Sykdom og plager	Totalt	Passivhus	TEK10
Asma	10 %	6 %	17 %
Høysnue	24 %	19 %	31 %
Annen allergi	36 %	22 %	56 %
Eksem	33 %	31 %	36 %

3: Plager og symptomer

Andel av respondenter som har hatt undernevnte plager og symptomer de siste tre månedene.

Plager og symptomer	Andel av respondenter som tror plagen skyldes innemiljøet på arbeidsplassen				
	Totalt	Passivhus	TEK10	Passivhus	TEK10
Trøtthet	61 %	50 %	76 %	17 %	20 %
Tung i hodet	64 %	61 %	67 %	36 %	31 %
Hodepine	71 %	72 %	70 %	6 %	14 %
Kvalme	24 %	22 %	26 %	0 %	20 %
Konsentrasjonsproblemer	42 %	31 %	58 %	0 %	25 %
Kløe	35 %	22 %	55 %	40 %	27 %
Heshet	38 %	31 %	47 %	0 %	22 %
Hoste	39 %	31 %	51 %	0 %	0 %
Tørr hud	42 %	37 %	49 %	38 %	20 %
Flass	38 %	30 %	52 %	0 %	0 %
Tørre hender	45 %	39 %	55 %	33 %	9 %

Andel av respondenter som oppgir at de plages av støv og skitt, og bråk og støy.

	Totalt	Passivhus	TEK10
Støv og skitt	13 %	15 %	11 %
Bråk og støy	65 %	55 %	81 %