

Energibesparingspotensiale og lønnsomhet ved energioppgradering av nybygg

Masteroppgave i industriell økonomi og teknologiledelse

JOHAN FOSSHEIM EKLO & JOHANNES JELSTAD

VEILEDER

Trond Bjørnenak

Universitetet i Agder, 2023

Fakultet for teknologi og realfag

Institutt for ingeniørvitenskap

Forord

Denne avhandlingen markerer avslutningen på masterstudiet i Industriell økonomi og teknologiledelse ved fakultetet for teknologi og realfag, ved Universitetet i Agder. Arbeidet med masteravhandlingen utarbeidet vårsemesteret 2023, og utgjør 30 studiepoeng.

Spesielt vil vi rette en stor takk til vår veileder ved UiA – professor i økonomistyring Trond Bjørnenak, og vår informant hos Mestergruppen – byggteknisk og boligfaglig avdelingsleder Elisabeth Jelstad. Deres engasjement og evne til problemløsning og oppfølging har vært uvurderlig for vårt arbeid med masteravhandlingen, og vi er takknemlige for det konstruktive og positive samarbeidet vi har hatt.

Vi ønsker også å takke ansatte hos Flexit – Eivind Kolstad og Runar Didriksen, og ansatte hos Mestergruppen – Jan Erik Åsen og Martin Strand, for deres verdifulle bidrag gjennom energiberegninger, kostnadskalkyler, og korrekturlesning, som har vært essensielt i vurderingen av avhandlingens problemstilling. Stor takk til venner og familie for oppmuntrende ord gjennom skriveprosessen. Takk til Tove Mariell for god støtte og korrekturlesning av masteravhandlingen.

Vi er nå stolte og glade for å ha fullført masterstudiet, og ser frem til å bruke kunnskapen vi har opparbeidet oss videre inn i arbeidslivet.

Universitetet i Agder
Grimstad, Mai 2023



Johan Fosheim Eklo



Johannes Jelstad

Sammendrag

Formålet med denne masteravhandlingen er å undersøke lønnsomheten ved å investere i energieffektive nybygg, fra et økonomisk perspektiv. Selv med nåtidens relative lave nybyggrate kan økt energieffektivitet i nybygg ha en positiv innvirkning på norsk strømproduksjon, befolkningens privatøkonomi og klimagassutslipp. Avhandlingen blir sett på fra privatpersoners ståsted, og svarer på problemstillingen: *Under hvilke forutsetninger vil det være lønnsomt å investere i energieffektive løsninger i et nybygg for å redusere energiforbruket?*

Gjennom et samarbeid med Mestergruppen har en casestudie blitt studert av et prosjektert nybygg kalt *Meløy*. Boligen er hentet fra hus-katalogen til Systemhus, som er en del av Mestergruppen. For å kunne beregne lønnsomheten er det gjennomført energiberegninger før - og etter skjønnsmessige energibesparende tiltak. Avhandlingen tar utgangspunktet i å fastsette kundens avkastningskrav, lokasjoner, strømpriser, og levetider, og undersøker hvordan en endring disse parameterne påvirker lønnsomheten. *Meløy* er ment til å stå som referansebolig for dagens nybygg, og konseptet om å energieffektive i praksis kan muligens overføres til andre nye boliger og nybygg med ulik størrelse og utforming.

Funnene viser at det er lønnsomt å investere i noen av de utvalgte energieffektive tiltakene, men med forbehold om at avkastningskravet er lavt, strømprisene er høye og at kunden har et langsiktig investeringsperspektiv. Disse parameterne, samt boligens lokasjon, bidrar til høye besparelser og raske tilbakebetalingstid på investeringene, slik at de blir lønnsomme på sikt. Samtidig er det en pågående problematikk rundt enkeltpersoners -og bedrifters manglende prioritering om å ta i bruk slike teknologier, selv om de er begrunnet fordelaktig for å redusere energiforbruket. Det er også nødvendig å påpeke at støtteordninger som gir privatpersoner økonomisk støtte til å energieffektivisere boligen sin har stor innvirkning på om slike tiltak er lønnsomme å gjennomføre. En utfasing av regjeringens midlertidige strømstøtteordning kan også øke lønnsomheten ytterligere, som vil bidra til høyere besparelser og raskere tilbakebetalingstid.

Abstract

The purpose of this master's thesis is to investigate the profitability of investing in energy-efficient new buildings from an economic perspective. Even with the current relatively low rate of new construction, increased energy-efficiency in new buildings can have a positive impact on Norwegian electricity production, the private economy of the population, and greenhouse gas emissions. The thesis is approached from the perspective of private individuals and answers the question: *under what conditions is it profitable to invest in energy-efficient solutions in a new building to reduce energy consumption?*

Through a collaboration with Mestergruppen, a case study has been conducted on a planned new building called *Meløy*. The building is taken from the house-catalog of Systemhus, which is a part of Mestergruppen. To calculate profitability, energy calculations have been conducted before and after estimated energy-saving measures. The thesis begins by determining the customer's required rate of return, location, electricity prices, and lifespan, and investigates how changing these parameters affects profitability. *Meløy* is intended to serve as a reference building for current new construction, and the concept of energy-efficiency in practice can possibly be generalized to other new homes and buildings of different sizes and designs.

The findings show that it is profitable to invest in some of the chosen energy-efficient measures, but with the caveat that the required rate of return is low, electricity prices are high, and the customer has a long-term investment perspective. These parameters, as well as the location of the building, contribute to high savings and rapid payback periods for investments, making them profitable in the long run. At the same time, there is an ongoing issue regarding individuals' and businesses' lack of prioritization in using such technologies, even though they are justified in reducing energy consumption. It is also necessary to note that support programs that provide individuals with financial support to make their homes more energy-efficient have a significant impact on whether such measures are profitable to implement. A phasing-out of the government's temporary electricity support program can further increase profitability, contributing to higher savings and faster payback periods.

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	1
	1.1 Bakgrunn.....	1
	1.2 Mål og problemstilling	3
	1.3 Sentrale avgrensninger.....	4
	1.4 Masteravhandlingens struktur	5
2	Konseptuelt rammeverk	6
	2.1 Energieffektive boliger	6
	2.1.1 Hvordan kan man energieffektivisere en bolig?	6
	2.1.2 Bærekraftige bygg.....	7
	2.1.3 Passivhus.....	7
	2.1.4 Plusshus.....	8
	2.2 Varmeforsyningssystem for boliger	8
	2.2.1 Varmepumpe.....	8
	2.2.2 Fjernvarme	9
	2.2.3 Vannbåren varme	9
	2.2.4 Ventilasjonssystem	10
	2.2.5 Varmegjenvinning.....	11
	2.2.6 Inneklimasentral.....	11
	2.3 Energimerking av boliger	12
	2.4 Krav og rammebetingelser	14
	2.5 Minstekrav til bygningsdeler og komponenter	14
	2.6 Kriterier for passivhus og lavenergibygninger	16
	2.6.1 Varmetapstall	16
	2.6.2 Internt varmetilskudd	18
	2.7 Norske klimasoner og temperatursoner	18
	2.8 Strømpriser	19
	2.9 Incentivsystemer og støtteordninger	21
	2.9.1 Grunnlån fra Husbanken	22
	2.9.2 Støtte fra Enova.....	22
	2.9.3 Strømstøtte	23
	2.10 Livsløpskostnader.....	23

2.10.1	Nåverdimetoden	24
2.10.2	Avkastningskrav	24
3	Metode	26
3.1	Valg av forskningsdesign	26
3.2	Casestudie	27
3.2.1	Simien	30
3.2.2	Begrensinger ved casestudiet	30
3.3	Utdypning av problemstilling	31
3.4	Metode for datainnsamling	32
3.4.1	Relevant litteratur.....	33
3.4.2	Primærdata	34
3.4.3	Sekundærdata	34
3.4.4	Energiberegninger.....	35
3.4.5	Kostnadsberegninger.....	36
3.4.6	Lønnsomhetsberegninger	37
3.5	Analyse av data	37
3.6	Undersøkelsens kvalitet	38
3.6.1	Pålitelighet	39
3.6.2	Indre validitet	39
3.6.3	Generaliserbarhet	40
4	Resultat	41
4.1	Fastsetting av avkastningskrav	41
4.2	Valg av lokasjon	42
4.3	Valg av strømpris	43
4.4	Valg av levetid og botid	44
4.5	Valg av energieffektiviserende tiltak	45
4.5.1	Tiltak 1: Ekstrem isolasjon	46
4.5.2	Tiltak 2: Tilfredsstillelse av krav til energieffektivitet	46
4.5.3	Tiltak 3: Varmepumpe	47
4.5.4	Tiltak 4: Flexit EcoNordic WH4.....	47
4.5.5	Tiltak 5: Tilfredsstillelse av krav til passivhus	48
4.6	Energiberegninger for Meløy – uten tiltak	49

4.6.1	Energiberegninger – ulike lokasjoner	53
4.7	Energiberegninger for Meløy – med tiltak.....	54
4.7.1	Energiberegninger – ulike lokasjoner	54
4.8	Kostnadsberegninger.....	55
4.9	Årlige energibesparelser	57
4.10	Lønnsomhetsberegninger	58
4.10.1	Lønnsomhetsberegninger – ulike lokasjoner	61
4.11	Lønnsomhetsanalyse oppsummert.....	62
5	Diskusjon	64
5.1	Diskusjon av funnene	64
5.1.1	Lokasjon.....	64
5.1.2	Avkastningskrav og strømpris	66
5.1.3	Levetid	67
5.2	Diskusjon av studiens pålitelighet og validitet	68
5.3	Faktorer som kan påvirke kundens beslutning i å investere i energieffektive tiltak	70
5.3.1	Sosiale faktorer	72
5.3.2	Økonomiske faktorer	72
5.4	Videre forskning	73
6	Konklusjon	75
	Referanser	76
A.	Vedlegg	83
B.	Vedlegg	88

Figurliste

Figur 1.1: Strømforbruk i Norge 1990-2040, TWh/år (NVE, 2021a).....	1
Figur 1.2: Masteravhandlingens struktur	5
Figur 2.1: Inneklimasentral EcoNordic for boliger (Flexit, 2022)	12
Figur 2.2: Energimerking	13
Figur 2.3: Norges prisområder for strøm (NVE, 2023b).....	20
Figur 2.4: Historiske strømpriser	21
Figur 3.1: Plantegning for Meløy, 1 ETG	28
Figur 3.2: Plantegning for Meløy, 2 ETG	29
Figur 3.3: Illustrasjon av Meløy	29
Figur 4.1: Historiske elektrisitetspriser, fratrukket strømstøtte.....	44
Figur 4.2: Varmetapsbudsjett for Meløy, Oslo	51
Figur 4.3: Energimerking for Meløy, Oslo	52
Figur 4.4: Levert energi for Meløy med tiltak – ulike lokasjoner.....	55
Figur A.1: Kostnadskalkyle for Tiltak 1	83
Figur A.2: Kostnadskalkyle for Tiltak 2	84
Figur A.3: Kostnadskalkyle for Tiltak 3	84
Figur A.4: Kostnadskalkyle for Tiltak 4	85
Figur A.5: Kostnadskalkyle for Tiltak 5	87

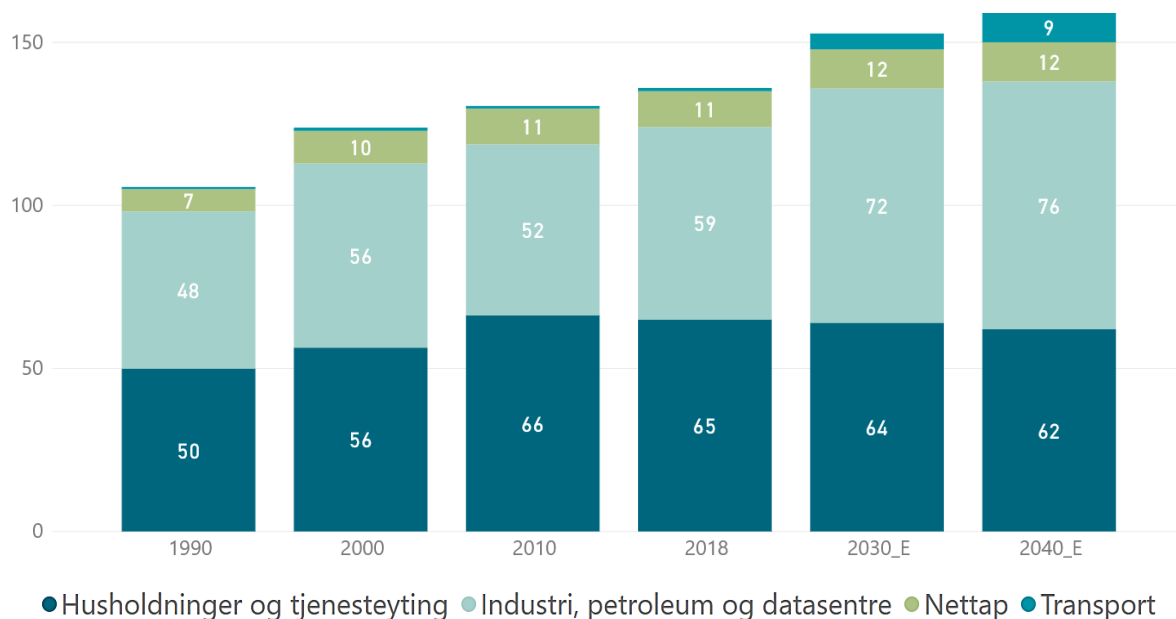
Tabelliste

Tabell 2.1: Metode for energirammer (DiBK, 2020a)	14
Tabell 2.2: Minimumskrav til energieffektivitet (DiBK, 2020b).....	15
Tabell 2.3: Energiltak småhus (DiBK, 2020a).....	15
Tabell 2.4: Høyest tillatt varmetapstall for passivhus og lavenergihus.....	17
Tabell 2.5: Energiltak passivhus og lavenergihus	17
Tabell 2.6: Effekt- og energibehov og varmetilskudd.....	18
Tabell 2.7: Nominell fastrente.....	22
Tabell 3.1: Spesifikasjoner for Meløy	28
Tabell 3.2: Søkeord	33
Tabell 4.1: Spesifikasjoner for Meløy	46
Tabell 4.2: Tiltak 1: Ekstrem isolasjon	46
Tabell 4.3: Tiltak 2: Tilfredsstillelse av krav til energieffektivitet	47
Tabell 4.4: Tiltak 3: Varmepumpe luft-til-luft	47
Tabell 4.5: Tiltak 4: Flexit EcoNordic WH4.....	48
Tabell 4.6: Tiltak 5: Tilfredsstillelse av krav til passivhus	48
Tabell 4.7: Energibudsjett for Meløy, Oslo.....	50
Tabell 4.8: Levert energi for Meløy, Oslo.....	50
Tabell 4.9: Minstekrav til energieffektivitet for Meløy, Oslo	52
Tabell 4.10: Krav til energiltak for Meløy, Oslo	53
Tabell 4.11: Årsmiddeltemperatur basert på ulike lokasjoner i Norge	53
Tabell 4.12: Energitiltak og levert energi for Meløy med ulike lokasjon, [kWh].....	54
Tabell 4.13: Energitiltak og levert energi for Meløy med ulike tiltak, [kWh], Oslo.....	54
Tabell 4.14: Kostnader knyttet til energieffektive tiltak	56
Tabell 4.15: Årlig energibesparelse for Meløy, [kWh]	58
Tabell 4.16: Nødvendig strømpris for å gå i null ved ulike avkastningskrav, Oslo	58
Tabell 4.17: Årlig lønnsomhet ved ulike avkastningskrav og strømpriser, Oslo	59
Tabell 4.18: Diskontert tilbakebetalingstid med ulike strømpriser, Oslo.....	60
Tabell 4.19: Årlig lønnsomhet – ulike botid, Oslo.....	61
Tabell 4.20: Nødvendig strømpris for å gå i null – ulike lokasjon	61
Tabell 4.21: Årlig lønnsomhet – ulike lokasjon.....	62
Tabell 4.22: Diskontert tilbakebetalingstid – ulike lokasjon	62
Tabell 4.23: Lønnsomhetsanalyse for energieffektive tiltak	63

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Watt (W) er en måling av elektrisk effekt, som definerer hvor mye elektrisk energi som overføres per tidsenhet (h) (SNL, 2023). Watt brukes blant annet til å definere energiforbruket til boliger, og ifølge Statistisk Sentralbyrå (SSB) brukte en gjennomsnittlig norsk husholdning rundt 16.000 kilowattimer (kWh) elektrisitet i 2016 (SSB, 2018). Siden 1990 har Norges totale strømforbruk økt betraktelig, vist i Figur 1.1 (NVE, 2021a). NVEs analyser viser derimot at strømforbruket i boliger og yrkesbygg har blitt redusert siden 2010 (mørkeblå søyler), og kommer til å fortsette slik, på tross av befolkningsvekst. Årsaken til reduksjon er flere energieffektive bygninger, effektivisering av elektrisk utstyr, og flere installerte varmepumper, som reduserer boligens energibehov. Energieffektivitet, eller effektiv energibruk, er et begrep for å bestemme utnyttelsen av energien (NVE, 2022). Mesteparten av strømforbruket i bygg går til oppvarming, og påvirkes i stor grad av teknologiske valg for oppvarming og elektrisk utstyr (NVE, 2021a). I 2018 var netto strømforbruk i boliger og yrkesbygg på om lag 65 TWh, noe som tilsvarer rundt halvparten av Norges totale strømforbruk samme året. Å energieffektivisere boliger og yrkesbygg kan spille en sentral rolle i et forsøk på å redusere Norges- og privatpersoners strømforbruk, men det er imidlertid behov for mer forskning på om dette er lønnsomt for nybygg (NVE, 2021b).



Figur 1.1: Strømforbruk i Norge 1990-2040, TWh/år (NVE, 2021a)

I Norge, sammen med de fleste verdens land, er vi forpliktet til å følge klimamålene fastsatt av FNs klimakonvensjon og Parisavtalen, og har som mål å redusere klimagassutslipp med 50-55 prosent innen 2030 (Regjeringen, 2021a). Selv om strømforbruket i bygg stadig reduseres, har etterspørselen av total kraftproduksjon økt betraktelig. Dagens industri basert på fossile brensler skal gjennom en omfattende omstilling, det grønne skiftet, som betyr stort behov for mer fornybar kraft (NOU, 2023). Effektiv bruk av energi er derfor utslagsgivende for å nå våre klimamål, og for fremtidens energisystem. Et mulig langsiktig perspektiv for effektivt energibruk kan være å effektivisere eksisterende kraftverk, utbygge flere vannkraftverk, vindkraftverk, eller annen form for fornybar energi (NOU, 2023). Norge har en særegen tilgang til fornybar kraft, hvor vannkraft, vindkraft og annen fornybar står for om lag 97 prosent av fysisk levert strøm (NVE, 2023a). Selv om fornybar kraft i seg selv er bærekraftig, har utbygging av disse kraftverkene store miljøpåvirkninger, og kan føre til misnøye og motstand mot inngrep i vassdrag (Hovstad, Halleraker, & Bakken, 2021). Som vannkraft, har også utbygging av vindkraft ført til misnøye. Et eksempel på dette er vindkraftanlegget på Fosen, hvor reinere i området mener vindparkene er ødeleggende for beiteområdet slik at det krenker urfolkets FN-beskyttede rett til kulturøvelse (NRK, 2023). Med en effektiv bruk av energien, er det dermed mulig å unngå unødvendig utbygging av ny kraftproduksjon (NVE, 2022).

Et annet langsiktig perspektiv for effektiv bruk av energi, kan være bedre utnyttelse av eksisterende ressurser gjennom å øke energieffektiviteten i boligbygg og redusere energiforbruket (NVE, 2022). En effektiv bruk av energi kan minske belastningen på det norske kraftsystemet og skåne samfunnet for vedlikehold og vekst årene fremover. Løsninger som kan bidra til redusert energiproduksjon vil være avgjørende for både det norske -og det globale fremtidige energisystemet. Selv om norsk energiproduksjon er anerkjent for å være svært miljøvennlig, er det et faktum at den mest miljøvennlige energien er den man slipper å produsere. Klima- og miljøminister Espen Barth Eide (Regjeringen, 2022) påpeker at energieffektivisering må prioriteres og at:

«Den billigste og mest miljøvennlige kraften er den som ikke blir brukt. Vi må bruke den energien vi har mest mulig effektivt, derfor er energieffektivisering en viktig prioritering i arbeidet regjeringen nå gjør for å nå klimamålene våre.»

Videre, er det tilsynelatende større nødvendighet å redusere energiforbruket på eldre boligbygg, ettersom tidligere byggtekniske standarder stilte lavere krav til isolering og tetting som resulterer i et større energibehov. Likevel, kan økt energieffektivitet i nybygg per dags dato ha en positiv innvirkning på norsk strømproduksjon, befolkningens privatøkonomi og klimagassutslipp, selv med nåtidens relative lave nybyggrate som tilsynelatende ligger på kun 1-2 prosent årlig. Ifølge NOU (2023) vil energieffektivisering av eksisterende bygningsmasse være betydningsfull for å oppfylle de kortsiktige nasjonale målene, mens energieffektivisering av nybygg er av større betydning for regjeringens langsiktige klimamål.

Selv om energieffektive løsninger i bygg er begrunnet fordelaktig for å redusere energiforbruket, er det en pågående problematikk rundt enkeltpersoners -og bedrifters manglende prioritering av å ta i bruk slike teknologier (Grini & Oksvold, 2017). Den norske regjeringen har derfor styrket satsingen på å energieffektive boliger ved å publisere mer tilgjengelig informasjon om energibesparende og energieffektiviserende tiltak (NOU, 2023). Regjeringen har også implementert støtteordninger som Husbanken og Enova, som gir privatpersoner økonomisk støtte, og forhåpentligvis motivasjon, til å energieffektivisere boligen sin. Likevel er det vanskelig å vite hvilke energieffektiviserende tiltak som er gunstige for den spesifikke bolig, og om det i det hele tatt blir lønnsomt på sikt. Gitt at investeringer i energieffektive løsninger viser seg å være økonomisk ulønnsomme, kan privatpersoners motivasjon for å investere i slike løsninger likevel være målrettet på å få ned klimagassutslipp, som heller har et miljøbevisst synpunkt. Det er mulighet for at slike kunder er villig til å betale mer for energieffektive løsninger, enn kunder som kun er interessert i en økonomisk gevinst.

1.2 Mål og problemstilling

Å energieffektivisere en bolig kan bidra til et lavere strømforbruk, som igjen kan føre til både økonomisk gevinst for privatpersoner og bærekraft i form av muligheten ved å redusere klimautslipp. Gitt at energioppgraderinger er gunstig for bærekraftig utvikling, blir slike tiltak ofte ikke gjennomført dersom de ikke er lønnsomme. Med en nasjonal forpliktelse og ambisjon om å kraftig redusere klimagassutslipp, ligger det et stort potensial i å energieffektivisere norske husholdninger. Selv om den største andelen av norske bygg er eldre bygg med et høyt energibehov, er regjeringens langsiktige mål å energieffektivisere nybygg. Ettersom strømforbruket i bygg påvirkes i stor grad av teknologiske valg for oppvarming og elektrisk utstyr, er det ønskelig i denne masteravhandlingen å undersøke under hvilke forutsetninger det

er lønnsomt med energieffektivisering av nybygg. For å beregne lønnsomhet blir det undersøkt årlige energibesparelser og kostnader tilknyttet de skjønsmessige tiltakene. Kostnader er i dette tilfellet investerings- og gjennomførelseskostnader, der eventuelle økonomiske støtteordninger trekkes fra. Temaer for denne masteravhandlingen blir da energibesparingspotensiale og lønnsomhet, og det er dermed utarbeidet en problemstilling som skal spisse disse temaene, slik at arbeidet blir mer håndterlig:

Under hvilke forutsetninger vil det være lønnsomt å investere i energieffektive løsninger i et nybygg for å redusere energiforbruket?

I tillegg er det ønskelig å undersøke hvordan ulike lokasjoner i Norge påvirker lønnsomheten og energiforbruket til de ulike tiltakene som blir utført. Dette er interessant å undersøke ettersom ulike lokasjoner har ulik årsmiddeltemperatur, lengde på fyringssesong, døgnmiddeltemperatur og dimensjonerende utetemperatur, som påvirker boligens energiforbruk og varmetap. Ettersom problemstillingen tar sikte på å undersøke: under hvilke forutsetninger – er det også av interesse å undersøke hvordan ulike avkastningskrav, strømpriser og botider påvirker lønnsomheten til ulike energieffektive tiltak. Det vil bli utdypet ytterligere om hvilke beslutninger og begrunnelser som ble tatt for de ulike parameterne, senere i metodekapittelet.

1.3 Sentrale avgrensninger

Masteravhandlingens sentrale avgrensninger er viktige for å begrense omfanget av oppgaven og sikre at den har en klar og fokusert problemstilling. Avgrensningene som er satt for denne avhandlingen er; privatøkonomisk lønnsomhet, norske strømpriser og -klimasoner, og boligens utforming, og utdypes nærmere i resultatkapittelet. Disse vil være til hjelp med å fokusere på nødvendig og relevant litteratur for å besvare problemstillingen og de tilknyttede forskerspørsmålene. Avgrensningene kan hjelpe leseren med å forstå hva oppgaven handler om og hva som ikke er hensyntatt eller inkludert, noe som kan unngå misforståelser rundt dens hensikt og mål.

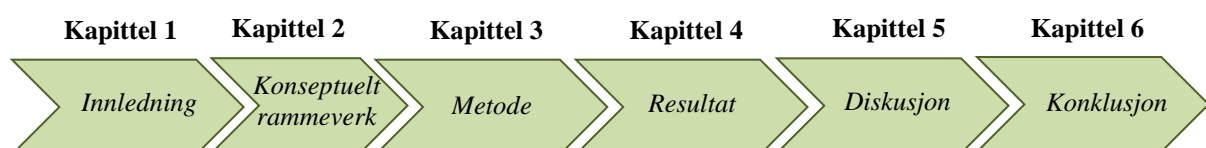
1.4 Masteravhandlingens struktur

Masteravhandlingen er inndelt i seks kapitler, vist i Figur 1.2. Kapittel 2 belyser det konseptuelle rammeverket, som er nyttig både for standardsetting og anvendelse av standarder, og legger grunnlaget for å besvare oppgavens overordnede problemstilling. Dette kapitlet tar for seg temaer som energieffektive boliger, faktorer som påvirker lønnsomheten ved å investere i energieffektive boliger, og hvordan man kan analysere lønnsomheten til energieffektive investeringer.

Kapittel 3 presenteres avvendt metode. Dette inkluderer fremgangsmåten ved å velge forskningsdesign, som beskriver hvordan og hvorfor oppgaven gjennomføres slik den gjør. Deretter presenteres avhandlingens casestudie, etterfulgt av en utdypning av avhandlingens problemstilling og forskerspørsmål. Deretter en metodikk for datainnsamling, etterfulgt av en analyse av den innsamlede dataen. Avslutningsvis underbygges undersøkelsens kredibilitet, ved å vurdere og diskutere avhandlingens metodekvalitet.

Videre i Kapittel 4 presenteres og beskrives funn fra casebeskrivelsen. Kapitlet redegjør for hvilke energieffektive tiltak som skal benyttes, samt en fastsetting av kundens avkastningskrav, strømpris, lokasjon, og levetid, som skal stå som grunnlag til funnene. Det skal også presenteres energi- og lønnsomhetsberegninger for investeringene tilknyttet de ulike tiltakene, og hvordan lønnsomheten påvirkes av de overnevnte parameterne.

Kapittel 5 omhandler avhandlingens diskusjonsdel der funnene sees i lys av det konseptuelle rammeverket, etterfulgt av pålitelighets- og validitetsvurderinger knyttet opp mot studien. Deretter skal det diskuteres faktorer som kan påvirke kundens beslutning i å investere i energieffektive tiltak, og til slutt en diskusjonsdel for videre forskning. Til slutt er Kapittel 6 et konklusjonskapittel som konkluderer avhandlingens overordnede problemstilling basert på funn og diskusjon fra de overnevnte kapitlene.



Figur 1.2: Masteravhandlingens struktur

2 *Konseptuelt rammeverk*

I denne masteravhandlingen blir det tatt for seg begrep som lønnsomhet og energieffektivisering knyttet til nybygg. For å kunne undersøke hva disse begrepene innebærer, er det viktig å utdype et konseptuelt rammeverk og redegjøre hvilke tekniske krav som ligger til grunn, samt hvilke økonomiske parametere som bør analyseres og undersøkes. For å kunne beregne den økonomiske lønnsomheten ved energieffektivisering av nybygg, fra både kunders- og bedrifters perspektiv, skal det bli tatt i bruk økonomiske- og energiberegninger fra dataprogramvarer som SmartKalk og Simien. For å få en tydelig oversikt over kapittelet, har det blitt delt inn i tre deler. Del 1 omhandler energieffektive boliger og hva de er. Deretter omhandler Del 2 faktorer som påvirker lønnsomheten ved å investere i energieffektive boliger. Til slutt blir det presentert i Del 3 hvordan man kan analysere lønnsomheten til energieffektive investeringer.

Del 1: Hva er energieffektive boliger?

2.1 Energieffektive boliger

I Norge er byggenæringen den største fastlands- og distriktsnæring, og en stor påvirkningskraft for både klimautslipp og energiforbruk (Byggenæringens Landsforening, 2023). I 2022 gikk om lag 40 prosent av det totale energiforbruket i Norge til bygninger (SINTEF, 2023). SINTEF påpeker videre at energieffektivisering av bygg kan bistå til å løse de skyhøye strømprisene vi opplever i landet, samtidig som å nå våre klimamål. Dette innebærer optimalisering av byggetekniske løsninger som ventilasjon, belysning, temperaturjustering, oppvarmingsanlegg og energifleksibilitet. Det er essensielt at det gjennomføres en omstilling i byggenæringen for å lykkes med det grønne skiftet, hvor utvikling av energieffektive bygg med lave klimaavtrykk og klimatilpasset utforming kan bidra positivt til dette (Holme & Simonsen, 2023). Lavenergihus, passivhus, og plusshus er eksempler på energieffektive boliger, og utdypes nærmere i delkapitlene nedenfor.

2.1.1 Hvordan kan man energieffektivisere en bolig?

Energieffektiviserende tiltak innebærer tiltak som reduserer energibruken i et bygg, uavhengig av energibærer (Miljødirektoratet, 2019). Det er essensielt å finne ut hvilke faktorer som spiller inn for å oppnå best mulig energieffektivitet i byggverk. Eksisterende tiltak er eksempelvis

energioppfølgingssystemer, byggtekniske tiltak for forbedring av bygningskroppen (ekstra isolasjon i vegger og vindtetting), oppgradering av vinduer, og tiltak for oppvarming, ventilasjon og belysning. Det er samtidig ønskelig at energibærere benytter seg av fornybare eller klimanøytrale energikilder for reduserte klimagassutslipp, men dersom det benyttes fossile energibærere, vil en reduksjon i energibruken fortsatt føre til redusert klimagassutslipp. En endring eller forbedring av energibærere er oftest omtalt som energiomlegging. Dette kan gjøres ved omlegging av fossile energibærere til vannbåren varme, fjernvarme eller luft-til-luft varmepumper.

Begrepet energiledelse omhandler systematisering av kunnskap om eget energiforbruk, og forståelse for hvilke tiltak som kan gjennomføres for et mer effektivt energibruk (Helgerud, n.d.). Energiledelse bidrar til synliggjøring av lønnsomme investeringstiltak. Enova har utviklet en veileder, såkalt EPC-modell, hvor privatpersoner selv kan etablere energiledelse. Følgelig kan også kommunen og fylkeskommunen man befinner seg i, etablere tiltak for energieffektivisering. Utvikling av fjernvarmeanlegg kan engasjeres av fylkeskommunen som kan bidra til både redusert energibruk -og klimautslipp. Samtidig er overordnet arealplanlegging essensielt for kommuner hvor det er utvikling av byer, tettsteder og boligområder. Her kan det fastsettes reguleringsbestemmelser for å fremme energieffektiv arealplanlegging som tilrettelegger for både effektiv -og miljøvennlig energiforsyning, samt et lavere transportbehov for befolkningen.

2.1.2 Bærekraftige bygg

Et bærekraftig bygg er en bygning som oppfyller alle nødvendige krav basert på den tilsiktede bruken, på en økonomisk måte med minimal miljøpåvirkning (SINTEF Byggforsk, 2015). Her er det nødvendig å påpeke at alle aspektene med bærekraft spiller inn. Bygget må være økonomisk givende, miljøbesparende og ha et formål til sosiale forhold.

2.1.3 Passivhus

For passivhus i Norge er kriteriene fastsatt i standardene NS 3700 (boligbygg) og NS 3701 (yrkesbygg) (SINTEF Byggforsk, 2015). Sammenlignet med boliger bygd etter dagens standard TEK17, har passivhus et lavere energibehov for oppvarming. Dette grunnet at bygningen er bedre isolert med både vindtett bygningskropp, varmeisolerende vinduer og effektiv varmegjenvinning med bruk av balansert ventilasjon, som leder til at varmetapet fra boligen er

minimalt. I passivhusstandardene stilles omfattende krav til varmetap, oppvarmingsbehov, kjølebehov, energibehov til belysning og energiforsyning, samt minstekrav til bygningskomponenter.

2.1.4 Plusshus

Et plusshus er en type bolig som produserer mer energi enn den bruker (SINTEF Byggforsk, 2015). Dette betyr at bygningen kan levere overskuddsenergi til strømmettet. Plusshus er ikke bare mer energieffektive, men også mer miljøvennlige enn tradisjonelle bygninger. Imidlertid er det fortsatt utfordringer knyttet til bred implementering av plusshus. Ifølge SINTEF (2015) er kostnadsnivået for bygging av plusshus svært høyt på kort sikt, men kan være mer kostnadseffektivt på lang sikt sammenlignet med tradisjonelle bygninger bygd etter TEK17. Det påpekes også andre barrierer som tekniske utfordringer, mangel på kunnskap og erfaring, samt regulatoriske hindringer fra forskrifter og byggetillatelser.

2.2 Varmeforsyningssystem for boliger

Valg av varmforsyningssystemer avhenger av flere faktorer, inkludert bygningsstørrelse, bygningens utforming, klima, energikostnader og tilgjengelighet av varmekilder. En kombinasjon av ulike varmforsyningssystemer kan også være et alternativ for å maksimere energieffektiviteten og redusere energikostnader i boliger. Videre er det også viktig å bemerke at valg av varmforsyningssystem både kan ha betydelige miljømessige- og økonomiske konsekvenser. Derfor kan derfor være viktig å gjøre grundige vurderinger av alternativene som er tilgjengelig på markedet og velge en løsning som er miljøvennlig og kostnadseffektiv på lang sikt.

2.2.1 Varmepumpe

En varmpumpe har som formål å varme opp bygninger ved å omgjøre kald uteluft fra omgivelsene til varme inneluft til boligen (UngEnergi, 2022a). Varmepumper behøver tilførsel av elektrisk energi for å fungere, og dersom energien som er tilført boligen kommer fra fornybare energikilder, vil den leverte energien fra varmpumpen være 100 prosent miljøvennlig. I tillegg produserer varmpumper omtrentlig tre ganger så mye energi som den selv benytter. Varmepumper produserer mer energi enn de selv benytter og er betegnet som systemets effektfaktor (Forbrukertorget, 2023). En høyere effektfaktor tilsvarer en mer effektiv

varmepumpe. Utetemperaturer påvirker systemvirkningsgraden til varmepumpene, og oppgis som oftest i en prosent mellom 0 og 100. Ved kjølige utetemperaturer må systemet benytte mer energi for å varme opp uteluften som skal distribueres rundt i boligen, og virkningsgraden minker. Normalt ligger virkningsgraden på varmepumper mellom 30-50 prosent.

Det er to hovedtyper av varmepumper som oftest brukes i boligbygg (UngEnergi, 2022a). Vannbaserte varmepumper, eller vann-til-vann varmepumper, utnytter varmen i fjell, jord, eller sjø for oppvarming av vann som tilføres boligen. Denne varmen sirkuleres rundt i boligens rørsystemer og er oftest overført til et vannbårent varmesystem. Luftbaserte varmepumper, luft-til-luft -eller luft-til-vann varmepumper, utnytter energien i kald uteluft til oppvarming av boligen, også gjennom interne -og eksterne rørsystemer. Luft-til-luft varmepumper er den vanligste typen varmepumpe i Norge og er et energibesparende apparat som reduserer energibruken i boliger. Luft-til-vann varmepumper benyttes regelmessig til forvarming av tappevann, vannbåren gulvvarme, og oppvarming av vann som tilføres radiatorer. Slike apparater sørger for godt inneklima og resulterer også i et lavere energiforbruk.

2.2.2 Fjernvarme

Fjernvarme er et system hvor varme produseres sentralt og distribueres gjennom et nettverk av rør til boliger og bygninger, ofte betegnet som en parallell infrastruktur til kraftsystemet (Enova, 2022). Fjernvarmens infrastruktur effektiviserer og åpner opp for en rekke muligheter for å bruke, produsere, distribuere, lagre og gjenvinne varmeenergi. Grunnet dens sentrale produksjon, er fjernvarme et miljøvennlig alternativ til fossile brensler og kan derfor benytte seg av forskjellige energikilder som biobrensel, sol og spillvarme fra kraftkrevende industri. Når det er stor etterspørsel for helelektrisk oppvarming, kan norsk fjernvarme dekke et oppvarmingsbehov opp til 40 prosent på de kaldeste dagene.

2.2.3 Vannbåren varme

Vannbåren varme fungerer ved at varmtvann blir sirkulert gjennom et rørsystem i gulv eller gjennom radiatorer i selve boligen for å varme opp rommene og tappevannet (Enova, 2016a). Dette er en svært effektiv måte å varme opp boliger på, spesielt om det er kombinert med luft-til-luft -og væske-til-vann varmepumper eller andre energisparende teknologier som biokjeler (bioenergi for oppvarming av tappevann) eller solfangere (solenergi for oppvarming av rom -og tappevann). Dette systemet tilfører boligen en jevn varme og bidrar til et behagelig og godt

inneklima. I likhet med andre varmforsyningssystemer styres temperaturen ved bruk av romtermostater, eller et sentralt varmestyringssystem, som kan utføres separat for ulike rom i boligen. Resultatet blir økt bo-komfort, i tillegg til et redusert energiforbruk.

2.2.4 Ventilasjonssystem

Ventilasjonssystemer brukes for å sirkulere luft og sikre et godt inneklima i boliger (Flexit, n.d.a). Det bistår til at frisk uteluft sirkuleres jevnlig inn i boligen, mens fuktighet og forurensninger slippes ut. Det er tre ventilasjonstyper som benyttes i boliger; naturlig ventilasjon, mekanisk avtrekksventilasjon, og balansert ventilasjon.

Naturlig ventilasjon er den tradisjonelle og eldste formen for ventilasjon og oftest benyttet i boliger eldre enn 1970 (Flexit, n.d.b). Den er basert på prinsippet om at varm og fuktig luft naturligvis stiger opp til taket og filtreres ut gjennom ventilasjonskanaler fra bad- og våtrom. Frisk uteluft trekkes deretter inn gjennom ventiler i vegg og/eller vindu. Naturlig ventilasjon blir ikke benyttet som ventilasjonssystemer i dagens nybygg grunnet dens avhengighet av temperaturforskjellene ute og inne, men den finnes fortsatt i mange eldre boliger.

Mekanisk avtrekksventilasjon er oftest utbredt i boliger med byggeår på tidlig 1970-tallet (Flexit, n.d.c). Her er oftest en avtrekksvifte installert på loft eller i skap over kjøkkenviften, og et avkast for utblåsing av luften via takhatt på yttertak. Fuktig, forurenset og brukt luft ventileres ut gjennom ventilasjonskanaler som går fra avtrekksviften til kjøkkenvifte og våtrom. Deretter dras frisk luft gjennom luftventiler i vegg eller spalteventiler i vindu, sammenlignbart med naturlig ventilasjon. Dersom det ikke er tilstrekkelig med eller er stengte friskluftventiler i oppholdsrom, vil luften i boligen oppfattes som innestengt og fuktig luft kan være lenge i rommene.

Balansert ventilasjon er den mest utbredte ventilasjonstypen i nybygg ettersom den både sikrer et godt inneklima, samt er mer energisparende enn naturlig -og mekanisk ventilasjonssystemer (Flexit, n.d.d). For nye boliger stilles det spesifikke krav til luftskifte og luftmengde etter dagens byggtekniske standard i Norge, og balansert ventilasjon er den beste muligheten å innfri disse kravene. I tillegg kan beboere oppnå at 85 prosent av varmen i boligen blir gjenvunnet ved integrasjon av varmegjenvinning. Inneluften i en bolig må kunne sirkulere selv om dører mellom rom er lukket. En metode for å øke luftstrømmen mellom rommene er ved benyttelse

av terskelfrie dører. Et balansert ventilasjonssystem har hovedsakelig to separate kanalsystemer og funksjoner: å trekke ut brukt og forurenset luft, og tilføre ren, filtrert og temperert luft inn i boligen, henholdsvis avtrekk og tilluft. Fuktig inneluft fra våtrom og kjøkken fjernes gjennom avtrekkskanalene, mens frisk uteluft tilføres oppholdsrommene gjennom tilluftskanalene.

2.2.5 Varmegjenvinning

Varmegjenvinning omhandler hovedsakelig ivaretagelse og resirkulering av varme i et bygg (Enova, n.d). Dette er varme som ellers ville forlatt boligen gjennom ventilasjon i form av varmluft eller avløp i form av varmt vann. Gråvann, forurenset og brukt vann som har vært benyttet til dusjing, klesvask, oppvask, og matlaging, er som oftest varmt når det skylles ut. Varmen fra dette vannet kan brukes til forvarming av nytt kaldtvann som kommer inn i boligen. Dette er et energieffektiviserende tiltak for energibesparelse på oppvarming av tappevann, og et typisk eksempel på varmegjenvinning.

2.2.6 Inneklimasentral

En inneklimasentral er bygget opp av flere moduler som integrerer ventilasjon, varme og tappevann. Denne er med på å forbedre inneklimate, distribuere jevn og behagelig varme rundt i boligen og oppvarming av tappevann på en energieffektiv måte. Et fremkommende produkt som bidrar sterkt til energieffektivisering av boliger er inneklimasentralen EcoNordic, produsert av Flexit (Flexit, 2022). Flexit EcoNordic består av fire moduler, en ventilasjonsmodul, varmpumpemodul, installasjonsmodul og tankmodul, illustrert i Figur 2.1. Flexit tilbyr to varianter av inneklimasentralen, EcoNordic W4 og WH4, henholdsvis uten og med integrert varmesystem. Begge inneklimasentralene er egnet for privatboliger, men spesielt egnet for boliger mellom 120 og 200 m². Ventilasjonsmodulen fanger opp varmen i gammel oppvarmet luft, som deretter brukes for oppvarming av ny, frisk luft inn i boligen. Overflødig varme overføres så til varmpumpemodulen, hvor denne blir videre varmet opp via kjølemediet CO₂. Denne varmen blir deretter ført inn i tankmodulen som fordeler varmtvann til tappekraner, dusj og vannbasert varme i gulv.

Ventilasjonsmodulen har meget høy varmegjenvinning ved at restvarmen fra avkastluften utnyttes av varmpumpen (Flexit, 2022). Tilfeller hvor det er lavt boligvarmebehov vil energien hentes direkte fra tankmodulen uten behov for benyttelse av varmpumpen. EcoNordic har i tillegg markeds høyeste varmegjenvinning, opp til hele 95 prosent. Inneklimasentralen er også

svært plassbesparende og benytter kun et volum på 1198x1900x650mm, i motsetning til å ha modulene separat.



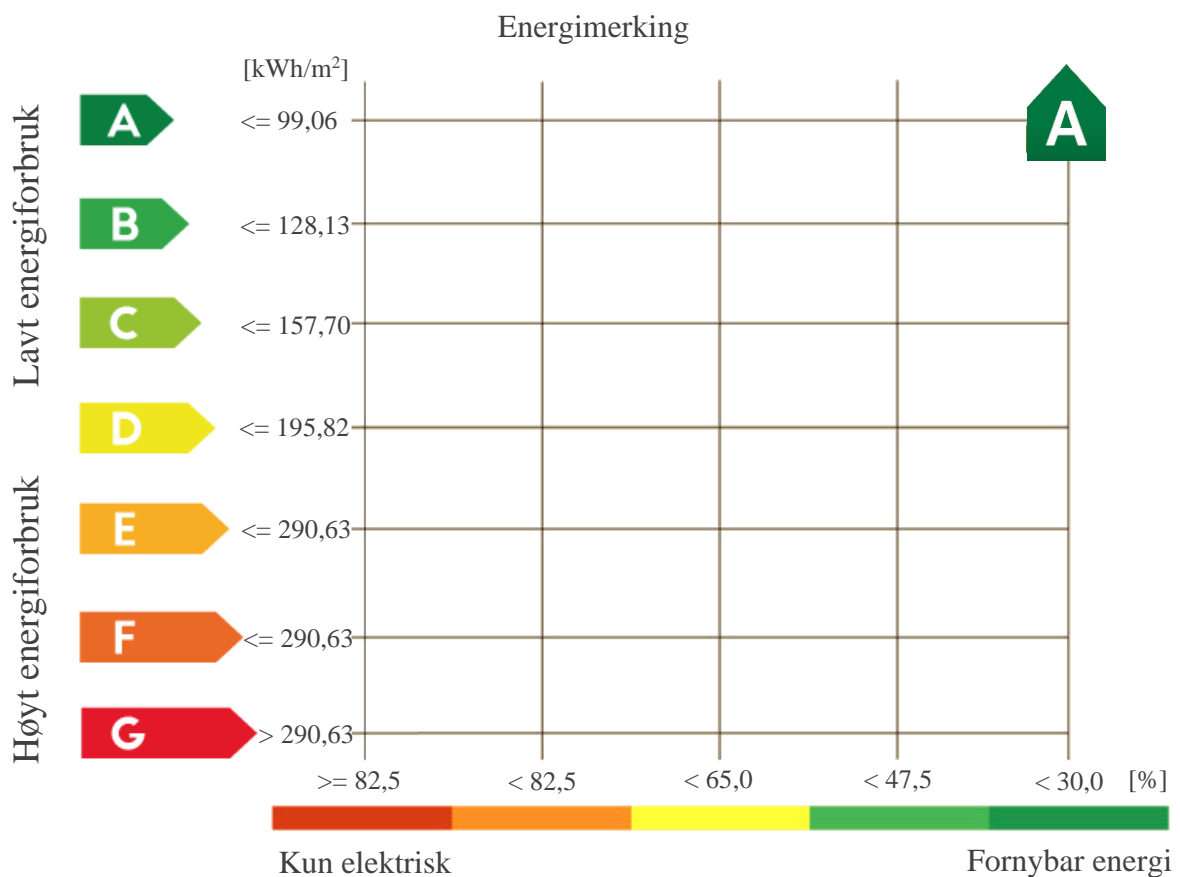
Figur 2.1: Inneklimasentral EcoNordic for boliger (Flexit, 2022)

2.3 Energimerking av boliger

Energimerkeordningen trådte i kraft 1. juli 2010, og ved nybygging, salg eller utleie av oppførte bygninger etter denne datoen ble det oppført krav om energiattest (NVE, 2021c). Kravene til energimerking av boliger og bygg, og energivurderinger av tekniske anlegg er hjemlet i energiloven kapittel 8 og fastsatt i energimerkeforskriften for bygninger. I Norge føres tilsynet av energimerkeordningen av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), som også utfører årlige kontroller om pliktig energimerking og energivurdering av det tekniske anlegget er gjennomført. NVE velger også ut et bestemt antall bygg med gjennomført energimerking og/eller vurdering og kontrollerer om utførelsen er i samsvar med energimerkeforskriften. Energiattester har i henhold til energiloven en gyldighet på 10 år, hvor det er eier av bygningen som er pliktig til å følge regelverket. En slik attest skal gi potensielle kjøpere enn indikasjon på boligens energistandard og utgifter, og er i tillegg med som markedsføring av boligen.

Energimerkeordningen omhandler også en karakterskala, bestående av en energikarakter og en oppvarmingskarakter (Enova, 2015). Energikarakteren til en bolig er basert på beregnet levert energi og går fra karakter A til G, vist i Figur 2.2. Oppvarmingskarakteren rangerer boligens

installerte oppvarmingssystem og er oppgitt med en fem-delt fargerangering, fra rødt til grønt, henholdsvis dårlig til god karakter. Energikarakteren og oppvarmingskarakteren er ikke sammenhengende som vil si at en bolig med høyt beregnet energibruk, tilsvarende dårlig energikarakter, kan oppnå god oppvarmingskarakter med eksempelvis et biobasert oppvarmingssystem. Boligens energikarakter beregnes ved levert energi til boligen under normale forutsetninger for energibruk. Utførelse av beregningene er oppgitt i NS 3031, hvor sammenhengen mellom beregnet levert energi per m² oppvarmet BRA og energikarakter er oppgitt. Boliger som er bygget etter dagens byggetekniske standard TEK17 oppnår som regel energikarakter B, tilsvarende lavere enn 128,13 kWh/m², vist i Figur 2.2. For boliger oppført før dagens forskrifter, altså eldre enn 1. januar 2016, ender gjerne disse med en energikarakter på mellom C og G.



Figur 2.2: Energimerking

2.4 Krav og rammebetingelser

Ved bygging av energieffektive boliger i Norge stilles det ulike krav og rammebetingelser, som gjelder både ved bygging av boliger og ved installasjon av energikilder (DiBK, 2017). Byggteknisk forskrift (TEK17) er en forskrift om tekniske krav til byggverk og setter krav til egenskapene det må ha for å kunne oppføres lovlig. I denne forskriften oppgis det også energikrav som er forventet for ulike bygningskategorier, og hvilke krav det stilles for energieffektivitet. Som tidligere nevnt, finnes det energiklasser og energimerking av byggverk som klassifiseres mellom energiklasse A og G, hvor et nybygg med energiklasse C eller mindre ikke tilfredsstillers dagens byggteknisk forskrift. TEK17 stiller ikke krav til hvor i landet byggverket konstrueres, men lokale kommune -og reguleringsplaner kan iverksette bestemmelser for byggtekniske krav dersom det ansees som nødvendig. I tillegg til krav og rammebetingelser, finnes det også insentivsystemer og støtteordninger. Dette er økonomiske støtteordninger til privatpersoner som bygger energieffektive boliger, samt installerer fornybare energikilder. Alt dette utdypes nærmere i delkapitlene under.

2.5 Minstekrav til bygningsdeler og komponenter

For å tilfredsstille kravene til TEK17 må følgende minimumsnivå for alle bygninger, unntatt boligbygning og fritidsbolig med laftede yttervegger – som har noe lavere krav, være oppfylt (DiBK, 2020a). Dette kan enten utføres ved metoden for energirammer eller ved energitiltak. Begge metodene forklares nærmere under. I Tabell 2.1 er kriteriet for energirammer representert for et småhus. Dette er minimumskravet for at småhus skal tilfredsstille TEK17.

Tabell 2.1: Metode for energirammer (DiBK, 2020a)

Bygningskategori	Total netto energibehov [kWh/m² oppvarmet BRA per år]
Småhus, samt fritidsbolig over 150 m ² oppvarmet BRA	100 + 1600/m ² oppvarmet BRA

Ved metoden for energirammer er det i tillegg krav til å tilfredsstille minstekrav for energieffektivitet, og blir beskrevet som U-verdier. Begrepet U-verdi, eller varmegjennomgangskoeffisient, er et standardisert mål på hvor mye varme som slippes igjennom en bygningsdel (SINTEF Byggforsk, 2018). En energieffektiv bolig med gode

isolerte bygningsdeler som slipper ut svært små mengder med varme, har altså en lav U-verdi. Store U-verdier angir stor varmeledning og dårlig isolerende evne. Det kan derfor være ønskelig å energieffektivisere en bolig, slik at varmetapet til bygningsdelene reduseres og at boligen har bedre kapasitet til å holde på varmen. U-verdi måles i W/m^2K , og SINTEF (2018) definerer det som:

«... hvor mye varme per tidsenhet som kan strømme gjennom et areal på $1 m^2$ ved en konstant temperaturforskjell på $1 K$ ($1 ^\circ C$) mellom omgivelsene på varm og kald side av konstruksjonen.»

Minstekravet for energieffektivitet for en bolig er vist i Tabell 2.2, og må som nevnt i tillegg til energiramme – tilfredsstilles. Dette er minimumskravene til bygningskomponenter for at boligen kan lovlig bygges i Norge.

Tabell 2.2: Minimumskrav til energieffektivitet (DiBK, 2020b)

U-verdi yttervegg	U-verdi tak	U-verdi gulv på grunn og mot det fri	U-verdi vindu og dør inkludert karm/ramme	Lekkasjetall ved 50 Pa trykkforskjell
$\leq 0,22$	$\leq 0,18$	$\leq 0,18$	$\leq 1,2$	$\leq 1,5$

U-verdier har benevning [$W/(m^2K)$]

Lekkasjetall har benevning [h^{-1}]

Alternativt til energiramme kan man benytte seg av de absolutte kravene for energiltak. Forskjellen mellom energiramme og denne metoden er at energiltak setter absolutte krav til energieffektivitet til hver seksjon av bygget, samt andre parameter, i motsetning til å se på hele boligen som én seksjon, noe som resulterer i et strengere energikrav. Tabell 2.3 presenterer minstekravene til bygningsdeler og bygningskomponenter for småhus, og følger kravene oppgitt i TEK17.

Tabell 2.3: Energiltak småhus (DiBK, 2020a)

Energiltak	Småhus
1. U-verdi yttervegg	$\leq 0,18$

2. U-verdi tak	$\leq 0,13$
3. U-verdi gulv	$\leq 0,10$
4. U-verdi vinduer og dører	$\leq 0,80$
5. Andel vindus- og dørareal av oppvarmet BRA	$\leq 25 \%$
6. Årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner i ventilasjonsanlegg	$\geq 80 \%$
7. SFP-faktor ventilasjonsanlegg	$\leq 1,5$
8. Luftlekkasjetall ved 50 Pa trykkforskjell, n_{50}	$\leq 0,6$
9. Normalisert kuldebroverdi, Ψ''	$\leq 0,05$

U-verdier og kuldebroverdier har benevning [$W/(m^2K)$]

SFP er spesifikk vifteeffekt og har benevning [$kW/(m^2/s)$]

Lekkasjetall har benevning [h^{-1}]

2.6 Kriterier for passivhus og lavenergibygninger

Norske standarder som 3700/3701-serien er kriterier for passivhus og lavenergibygninger, som er miljøvennlige bygninger av meget høy kvalitet, godt inn klima og ekstremt lavt energibehov (DiBK, 2017). Slike standarder er nyttige verktøy for å lage gode byggverk, men i motsetning til TEK17, er ikke NS 3700 en lovpålagt standard. NS 3700 omfatter høyere krav til varmetap, energiforsyning og oppvarmingsbehov, samt minstekrav til lekkasjetall for boligbygninger (Standard Norge, 2013). For yrkesbygninger er NS 3701 som skal tas i bruk. Ettersom denne masteravhandlingen tar utgangspunktet i en enebolig, er det i dette kapittelet ikke hensyn til standarder knyttet til yrkesbygninger.

2.6.1 Varmetapstall

Varmetapstallet til en bolig angir mengde varmetap gjennom bygningskomponenter som yttervegger, tak, gulv, vinduer og dører, samt gjennom luftlekkasjer og ventilasjon (DiBK, 2020a). Det settes høye krav til varmetapstall for energieffektive boliger. Et lavt varmetapstall er gunstig, ettersom dette indikerer hvor godt bygningskomponentene holder på varmen. Tabell 2.4 viser tillatt varmetapstall for passivhus og lavenergibygninger, hvor A_{fl} representerer boligens oppvarmet bruksareal. Lavenergihus klasse 1 representerer en bolig som følger

kravene til TEK17, mens klasse 2 følger derimot lavere krav som representerer en bolig bygd etter kravene stilt i TEK10 (Standard Norge, 2013).

Tabell 2.4: Høyest tillatt varmetapstall for passivhus og lavenergihus

	Boligbygning der $A_{fl} < 100 \text{ m}^2$	Boligbygning der $100 \text{ m}^2 \leq A_{fl} < 250 \text{ m}^2$	Boligbygning der $A_{fl} \geq 250 \text{ m}^2$
Passivhus	0,53	0,48	0,43
Lavenergihus klasse 1	0,70	0,65	0,55
Lavenergihus klasse 2	0,93	0,83	0,68

Varmetapstall har benevning [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]

Som et alternativ til den overnevnte metoden for energiltak, finnes det enda strengere krav til U-verdier for bygningsdeler og bygningskomponenter for passivhus og lavenergihus, og er presentert i Tabell 2.5. Krav til både varmetapstall i tabellen over og energiltak i tabellen under må oppfylles for at boligen skal tilfredsstille NS 3700 (Standard Norge, 2013).

Tabell 2.5: Energiltak passivhus og lavenergihus

Energiltak	Passivhus	Lavenergihus	
		klasse 1	klasse 2
1. U-verdi yttervegg	0,10 – 0,12	0,15 – 0,16	0,15 – 0,16
2. U-verdi tak	0,08 – 0,09	0,10 – 0,12	0,10 – 0,12
3. U-verdi gulv	0,08	0,10 – 0,12	0,10 – 0,12
4. U-verdi vinduer og dører	$\leq 0,80$	$\leq 1,2$	$\leq 1,6$
5. Andel vindus- og dørareal av oppvarmet BRA	$\leq 25 \%$	$\leq 25 \%$	$\leq 25 \%$
6. Årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner i ventilasjonsanlegg	$\geq 80 \%$	$\geq 70 \%$	–
7. SFP-faktor ventilasjonsanlegg	$\leq 1,5$	$\leq 2,0$	–
8. Luftlekkasjetall ved 50 Pa trykkforskjell, n_{50}	$\leq 0,6$	$\leq 1,0$	$\leq 3,0$
9. Normalisert kuldebroverdi, Ψ''	$\leq 0,03$	$\leq 0,05$	–

2.6.2 Internt varmetilskudd

I passivhus og lavenergihus er det forutsatt at man benytter seg av energieffektiv belysning og utstyr med et styringssystem som gir et lavt internt varmetilskudd (Standard Norge, 2013). Det betyr at ved beregning av boligens energibehov skal det for passivhus og lavenergihus benyttes normaliserte verdier for driftstider og varmetilskudd iht. til NS 3031 fordelt på belysning, utstyr, varmtvann og personer, gitt i Tabell 2.6.

Tabell 2.6: Effekt- og energibehov og varmetilskudd

	Driftstid timer/døgn/uker	Netto energibehov (i driftstiden) W/m ²	Årlig netto energibehov kWh/(m ² år)	Varmetilskudd (i driftstiden) W/m ²
Belysning	16/7/52	1,95	11,4	1,95
Utstyr	16/7/52	3,00	17,5	1,80
Varmtvann	16/7/52	5,10	29,8	0,00
Personer	24/7/52	–	–	1,50

Merk: Det er forutsatt at 100 prosent av effekt- og energibruken til belysning og 60 prosent av effekt- og energibruken til utstyr går over til varme i boligen, mens den resterende varmen går tapt.

Del 2: Faktorer som påvirker lønnsomheten ved å investere i energieffektive boliger

2.7 Norske klimasoner og temperatursoner

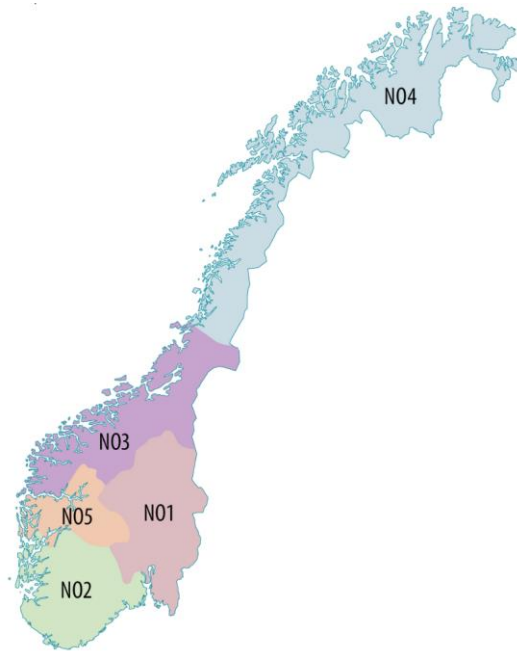
Klimaet i Norge er preget av store variasjoner mellom landsdelene (Mamen, 2022). Geografisk- og lokal beliggenhet er noen av flere faktorer som påvirker bygningens energibruk. For lokasjoner hvor fyringsperioden er lang og kald, kan dette tilsvare et stort energitap i boligen dersom den ikke er godt nok isolert. Boliger som befinner seg i dalsøkk, eller såkalte *kuldehull*, og vindutsatte steder, har som regel et større oppvarmingsbehov, som igjen kan resultere i høyere oppvarmingskostnader. Boligens energibehov og energiforbruk vil derfor avhenge hvor i Norge det er lokalisert.

Köppens klimaklassifisering er den mest kjente inndelingsmetoden for klimasoner (Mamen, Köppens klimaklassifisering, 2021). Den inndeler Jorda i fem klimasoner, hvor Norge er inndelt i tre av dem. Klimaklassifiseringen kategoriserer klimasonene; tropisk-, tørt-, varmtemperert-, kaldtemperert-, og polarklima, med henholdsvis bokstavkategorisering fra A til E. Norges klimasoneinndeling består av varmtemperert-, kaldtemperert-, og polarklima, og defineres avhengig av årlige temperaturforskjeller og nedbørsmengde. Kystlinjen, fra Oslofjorden til Troms, er preget av temperert regnklima med milde vintre (klimasone C), mens innlandet har et kaldtemperert klima bestående av høyt snødekke og naturlig vegetasjonsskjerming (klimasone D). Polarklimaet (klimasone E) er på de kaldeste stedene i landet, hovedsakelig langs kysten av Finnmark, rundt fjellene, og på Svalbard.

2.8 Strømpriser

Lønnsomhetsanalyser for energieffektiviserende tiltak i boliger er avhengig av kostnaden for elektrisitet i øyeblikket de blir gjennomført. Ved høye strømpriser vil tiltakene tilsynelatende øke lønnsomheten for prosjektet, og vice versa. Ettersom kostnadene for elektrisitet er meget volatile og avhenger av tidspunkt på døgnet, årstid, strømstøtte, og prisområde, er det nødvendig å underbygge hvilke strømpriser som skal hensyntas for denne masteravhandlingen. Strømprisen er et spørsmål om tilbud og etterspørsel, hvor det er stabilitet rundt etterspørsel, men et varierende tilbud om det. Statistikk for elektrisitetsbalansen i 2021 viser at 91,5 prosent og 7,5 prosent av produsert energi i Norge henholdsvis kommer fra vann og vindkraft (SSB, 2023a). Variasjoner i årlig nedbør avgjør kapasiteten på vannmagasinene i kraftverkene, samtidig som vindtilførselen i vindmølleparker, og påvirker produsert energi.

Det er også flere forhold som har innvirkning på de høye strømprisene. Norge deltar i det nordiske og europeiske kraftmarkedet, hvor kraften importeres og eksporteres via internasjonale strømkabler (SSB, 2023b). Hvor mye som importeres og eksporteres påvirker altså strømprisene, samt hendelser som oppstår både innenlands og utenlands, og avgjør også tilbudet for elektrisk energi for befolkningen. En annen årsak til varierte strømpriser innad i Norge er de fem prisområdene for strøm, N01-N05, vist i Figur 2.3. Dette innebærer at den gjennomsnittlige spotprisen i prisområdet for den gjeldende måneden bestemmer summen på strømstøtten, og varierer fra område til område (NVE, 2023b).

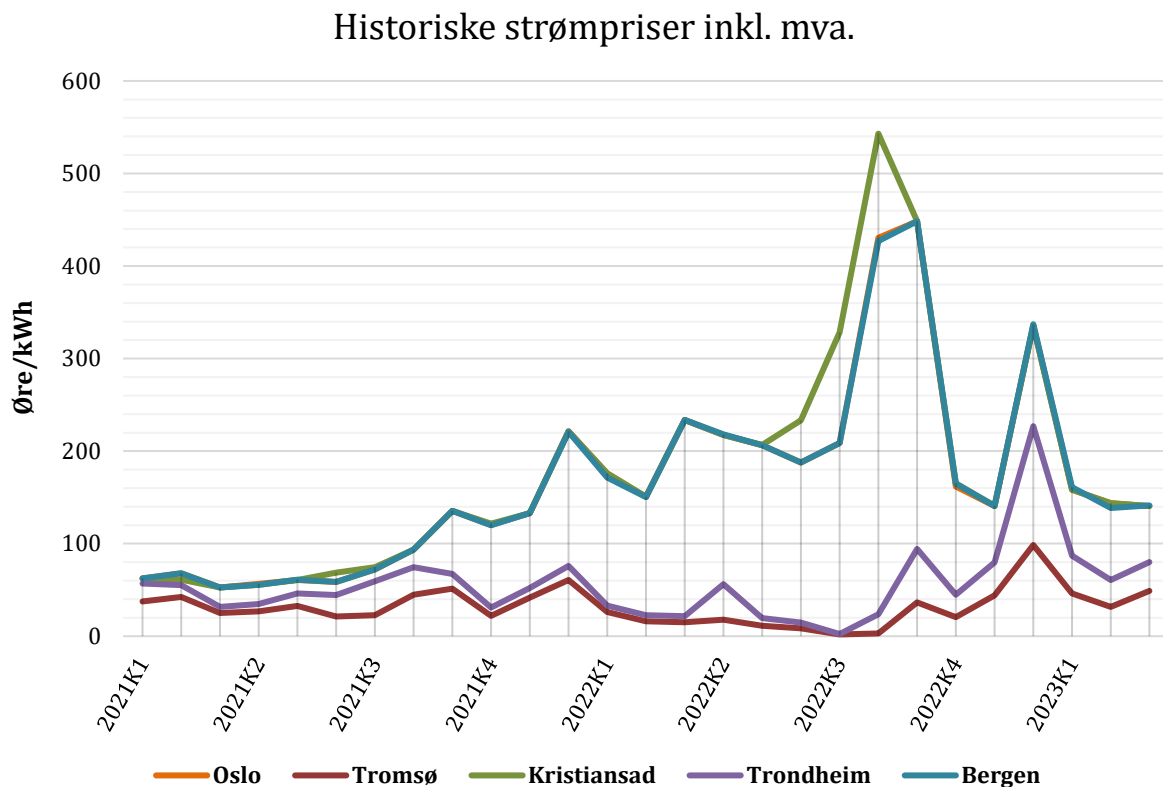


Figur 2.3: Norges prisområder for strøm (NVE, 2023b)

Særlig for de sørlige prisområdene har spotprisen nådd rekordhøyder med store prisforskjeller mellom nord og sør gjennom hele året (SSB, 2023b). Etersom strømprisen for de sørlige områdene har vært svært høye, har også strømstøtten for disse områdene fulgt etter. Denne spotprisforskjellen kom av den svake ressursituasjonen i sør, som påvirkes av blant annet nedbørsmengden og tilsiget av vann til vannmagasinene, samt fyllingsgraden til magasinene. Som nevnt innledningsvis har regjeringen iverksatt midlertidige tiltak for strømstøtte som følge av den ekstraordinære økningen i strømpriser de siste årene. Dette er forholdsvis tiltak som påvirker de delene av landet som er mest utsatt for strømprisøkningen. Det er likevel stor usikkerhet knyttet til hvor lenge de høye strømprisene vil vare, og sannsynligvis vil heller ikke staten kunne dekke disse utgiftene i all fremtid. Å forutse en fremtidig kostnad for strøm kan derfor være tilsynelatende umulig, og kan gjøre det utfordrende å vurdere om energieffektive tiltak vil være lønnsomme på sikt.

For å få en oversikt over hvor store prisforskjeller det er mellom de fem geografiske prisområdene, viser Figur 2.4 de historiske strømprisene for de fem største byene i landet (Astrom, 2023). Prisene inkluderer kraftpris, nettleie og avgifter for husholdninger for hver måned, men kan variere noe med tanke på ulikt påslag fra kundens leverandør. Figuren hensyntar ikke regjeringens strømstøtte, noe som fører til ustabile svingninger, som også er betydelig høyere enn dagens strømreregning hver enkeltperson nå sitter igjen med. Mer om denne

strømstøtten kommer i delkapittelet under. I figuren ser man tydelige prisforskjeller mellom nord- og sørområdene. Oslo og Bergen har i dette tilfellet svært like strømpriser, og vises dermed som én linje i diagrammet.



Figur 2.4: Historiske strømpriser

2.9 Insentivsystemer og støtteordninger

For å styrke satsingen på energieffektive boliger, -næringsbygg og -offentlige bygg, foreslår den norske regjeringen en kraftig styrking av Husbankens tilbud om grunnlån til bygging av ny bolig (Regjeringen, 2022). Regjeringen ønsker også å styrke satsingen ved å publisere mer tilgjengelig og offentlig informasjon om energisparende og energieffektiviserende tiltak, samt informasjon om Enovas støtteordninger rettet mot husholdninger. I delkapitlene under beskrives de mest etablerte støtteordningene, Husbanken og Enova, som er mulig å benytte seg av når man vurderer å energieffektivisere boligen sin. I nyere tider har det som sakt kommet en strømstøtteordning for norske husholdninger, men har kun sammenheng med de høye strømprisene, ikke investeringer i energieffektive tiltak.

2.9.1 Grunnlån fra Husbanken

Økonomisk støtte fra Husbanken utføres gjennom virkemidler som blant annet bostøtte, lån, tilskudd, kompetanseutbygging og kunnskapsutvikling (Husbanken, 2022). Som privatperson kan man også søke om grunnlån fra Husbanken til å bygge ny bolig eller oppgradere eksisterende boliger. Ved søknad om grunnlån, stilles det krav til boligens kvalitet, miljø og universell utforming. Eksempelvis er dette krav som å benytte miljøvennlige byggematerialer og korrekt avfallshåndtering i byggefasen, eller ved å benytte fornybare energikilder og bygge med et lavt energiforbruk. For bygging eller energioppgraderinger av boliger som tilfredsstiller Enovas krav til oppgradering til TEK10 eller bedre, oppfyller Husbankens energikrav for lån. Husbanken kan i tillegg tilby mer gunstige lån enn hos andre ordinære banker, vist i Tabell 2.7. De begrunner dette med at de ønsker å fremme boligbygging, og at de ønsker å tilby mer gunstige lån til privatpersoner med lav inntekt og spesielle behov. Tabellen sammenligner dagens nominelle nivå på fastrente for noen utvalgte banker; Husbanken (Husbanken, 2023), DNB (DNB, 2023), SpareBank1 (SpareBank1, 2023), Nordea (UNG) (Nordea, 2023), og Danske Bank (Danske Bank, 2023). Tabellen er sist oppdatert 01.05.2023.

Tabell 2.7: Nominell fastrente

Bank	3 års fastrente	5 års fastrente	10 års fastrente
Husbanken	3,65	3,55	3,53
DNB	4,29	4,19	4,14
SpareBank1	4,15	4,05	4,15
Nordea	4,39	4,29	4,19
Danske Bank	4,48	4,38	4,28

Rentene har benevning [%]

2.9.2 Støtte fra Enova

Ved investering av energieffektive tiltak i bygg, kan man også benytte seg av Enova støtteordninger, som bidrar til økonomisk hjelp til privatpersoner (Enova, 2016b). I tillegg til økonomisk tilskudd til utstyr i eksisterende boliger, kan det også gis tilskudd til energitiltak i nybygg. Eksempler på energitiltak i nybygg kan være å installere vannbåren varme, akkumulatortank, balansert ventilasjon, varmegjenvinning av gråvann, eller ved fornybare

kilder som solcelleanlegg og solfangere, hvorav disse tiltakene innfrir Enovas støtteordninger. Formålet med denne støtteordningen er å gi privatpersoner et initiativ til å gjennomføre gode energi- og klimatiltak. Enova tilbyr også økonomisk støtte til energirådgivning, som energimerker boligen og vurderer hvilke energieffektive tiltak som passer boligen. Det er verdt å merke seg at Enova kan fase ut støtteordningene når som helst, dersom de anser boligmarkedet som modent og at støtteordningen ikke lenger er nødvendig.

2.9.3 Strømstøtte

I tillegg til støtte fra Husbanken og Enova, har regjeringen kommet med en midlertidig strømstøtteordning. Dette kommer av ettereffektene av krigen i Europa som har bidratt til uro og ubalanse i det europeiske energimarkedet, som igjen har ført til ekstraordinære høye strømpriser (Regjeringen, 2023). I 3. kvartal 2022 var den gjennomsnittlige strømprisen i Norge på rekordhøye 214 øre/kWh – ekskludert nettleie og avgifter (SSB, 2022a). Dette er en tiddobling i strømpris sammenlignet med 2020, som hadde en gjennomsnittlig strømpris på 21 øre/kWh (SSB, 2021). I desember 2021 la derfor regjeringen frem en rekke midlertidige støtteordninger som skulle hjelpe å håndtere de rekordhøye strømprisene (Regjeringen, 2023). Dagens strømstøtteordning innebærer at staten betaler 90 prosent av kraftprisen som overstiger 70 øre/kWh for gjennomsnittlig markedspris for måneden i det prisområdet husholdningen tilhører. I februar 2023 foreslo regjeringen at utbetalingen av strømstøtten skulle vare hele året og ut hele 2024. For husholdninger vil de gjennom denne ordningen få støtte til strømforbruk på opptil 5.000 kWh per måned per målepunkt (Regjeringen, 2023). Mye tyder på at de fremtidige kraftprisene kan bli værende på et høyt nivå, og at regjeringen muligens forlenger flere av de midlertidige strømstøtteordningene for å styrke forutsigbarheten.

Del 3: Hvordan analysere lønnsomheten i å investere i energieffektive boliger?

2.10 Livsløpskostnader

Økonomisk lønnsomhet kan vurderes ved hjelp av en kalkulasjon på livsløpskostnader for den totale investeringskostnaden – i dette tilfellet knyttet til energieffektivisering (Standard Norge, 2019). En slik analyse kan tas i bruk før eventuelle energieffektiviseringer, for å vurdere det

mest kostnadseffektive tiltaket. Nåverdimetoden og kundens avkastningskrav kan begge benyttes til å beregne livsløpskostnader.

2.10.1 Nåverdimetoden

Nåverdi (NV) -metoden er en lønnsomhetsanalyse, hvor lønnsomhet beregnes ved å diskontere fremtidige kontantstrømmer til dagens verdi (Roksvåg, 2019). Metoden kan benyttes for å sammenligne og summere nytte- og kostnadsfaktorer som akkumuleres over tid, som konverterer faktorene til en nåverdi. Metoden forutsetter også at man har kjennskap til investeringsutgifter, innbetalingsoverskudd, levetid og avkastningskrav. Netto nåverdi (NNV) kan beregnes ut fra følgende formel 2.1 (Egge, 2021):

$$NNV = -U_0 + \sum_{t=1}^n \frac{U_t}{(1+k)^t} - \frac{RV_n}{(1+k)^n} \quad (2.1)$$

der

U_0	=	Investeringsutgift i år 0
U_t	=	Innbetalingsoverskudd i år t
t	=	Tidsperiode/levetid
k	=	Diskonteringsrente (rentekrav)
RV_n	=	Restverdi i tidspunkt n

Ved ubegrenset tilgang på kapital er hovedregelen:

$$NNV \geq 0 \rightarrow \text{Lønnsomt}$$

$$NNV < 0 \rightarrow \text{Ulønnsomt}$$

2.10.2 Avkastningskrav

Avkastningskravet er den laveste avkastningen som bør aksepteres for at en investering skal bli lønnsom, og benyttes til å neddiskontere fremtidige beløp til dagens verdi (Roksvåg, 2019). Risiko kommer av usikkerhet knyttet til fremtidige faktorer som påvirker avkastningen. Ulike avkastningskrav vil reflektere risikoen knyttet til utsikkerheten. Avkastningskravet kan i tillegg endres under prosjektets levetid, eller at det utvikles hendelser som påvirker det. Dette kan resultere i at NNV på en investering blir atskillig avvikende fra beregningene. Etersom risikoer knyttet til usikkerhet er uforutsigbare, kan det derfor være fordelaktig å undersøke scenarioer

med ulikt avkastningskrav, for å vurdere økonomiske beslutninger. Det er i denne avhandlingen valgt å fastsette avkastningskravet ved hjelp av formelen 2.2 for vektet gjennomsnittlig kapitalkostnad, eller WACC (Roksvåg, 2022). Merk at i formelen er det kun lånerenten som multipliseres med skattesats, ettersom det blir fradrag for rentekostnader, ikke avkastningskravet til egenkapitalen etter skatt.

$$WACC = \frac{D}{V}K_d(1 - s) + \frac{E}{V}K_e \quad (2.2)$$

der

D	=	Markedsverdi av gjeld
E	=	Markedsverdi av egenkapital
V	=	Markedsverdi av gjeld og egenkapital
K_d	=	Lånekostnaden
K_e	=	Avkastningskrav til egenkapital etter skatt
s	=	Skattesats

Avkastningskravet (WACC) benyttes som diskonteringsrente for å vurdere lønnsomhet av investeringer. Diskonteringsrenten har direkte innvirkning på lønnsomhetsvurderingen av langsiktige tiltak (Regjeringen, 2012). Det har i denne avhandlingen blitt beregnet reell diskonteringsrente ut fra følgende formel 2.3 (Egge, 2021):

$$r_r = \frac{r_N - j}{1 + j} \quad (2.3)$$

der

r_r	=	Realrente
r_N	=	Nominell rente
s	=	Skattesats
j	=	Inflasjon

3 *Metode*

I dette kapitlet presenteres avvendt metode, og inkluderer fremgangsmåten for avhandlingen. Hensikten med dette metodekapitlet er å beskrive og begrunne valgene som er tatt, og på den måten legger grunnlaget for hvilken vinkling oppgaven tar. Kapitlet begynner først med en fremgangsmåte for valg av forskningsdesign, som beskriver hvordan og hvorfor oppgaven gjennomføres slik den gjør. Videre presenteres avhandlingens casestudie, etterfulgt av en utdypning av avhandlingens problemstilling og forskerspørsmål. Deretter en metodikk for avhandlingens datainnsamling og dataanalyse. Avslutningsvis underbygges undersøkelsens kvalitet, som redegjøres gjennom en evaluering av tre særegne begreper: pålitelighet, indre validitet, og generaliserbarhet.

3.1 **Valg av forskningsdesign**

Forskningsdesignet legger føring for valg av metode for datainnsamling, som forteller hvordan avhandlingens problemstilling skal belyses og besvares (Busch, 2021, ss. 56-57). Fremgangsmåten for valg av forskningsdesign startet med en forberedelsesfase. Denne forberedelsesfasen innebar en avklaring av avhandlingens tema, etterfulgt av valg av metode for datainnsamling. Det ble gjennomført litteratursøk rundt temaet lønnsomhet knyttet til energieffektivisering av boligbygg for å få en oversikt over tidligere forskning rundt dette. Temaet hadde et relativt bredt omfang med mye tilgjengelig litteratur knyttet til eksisterende bygg, mens vinklingen på problemstillingen hadde vært relativt lite forsket på – lønnsomheten ved å investere i energieffektive nybygg. For å tydeliggjøre hva som faktisk ble undersøkt var det viktig med relevante forskerspørsmål som var nøye strukturert (Johannesen, Tufte, & Christoffersen, 2021, ss. 28-29). Å strukturere forskerspørsmålene innenfor temaet ga en tydelig oversikt over hvilke spørsmål som senere skulle diskuteres for å besvare problemstillingen, som ga en rød tråd gjennom hele avhandlingen (Busch, 2021, ss. 28-29). Ettersom tidsrammen for denne avhandlingen var relativt begrenset, ett semester, var det viktig å diskutere hvilke negative aspekter dette kunne ha for undersøkelsen og resultatene, og hvilke avgrensninger som ble tatt for eventuelle svakheter ved undersøkelsen. Det var ønskelig å styrke den innsamlede dataen ved å undersøke dens utvikling frem til i dag gjennom litteraturstudier fra nåværende og tidligere forskning rundt avhandlingens tema.

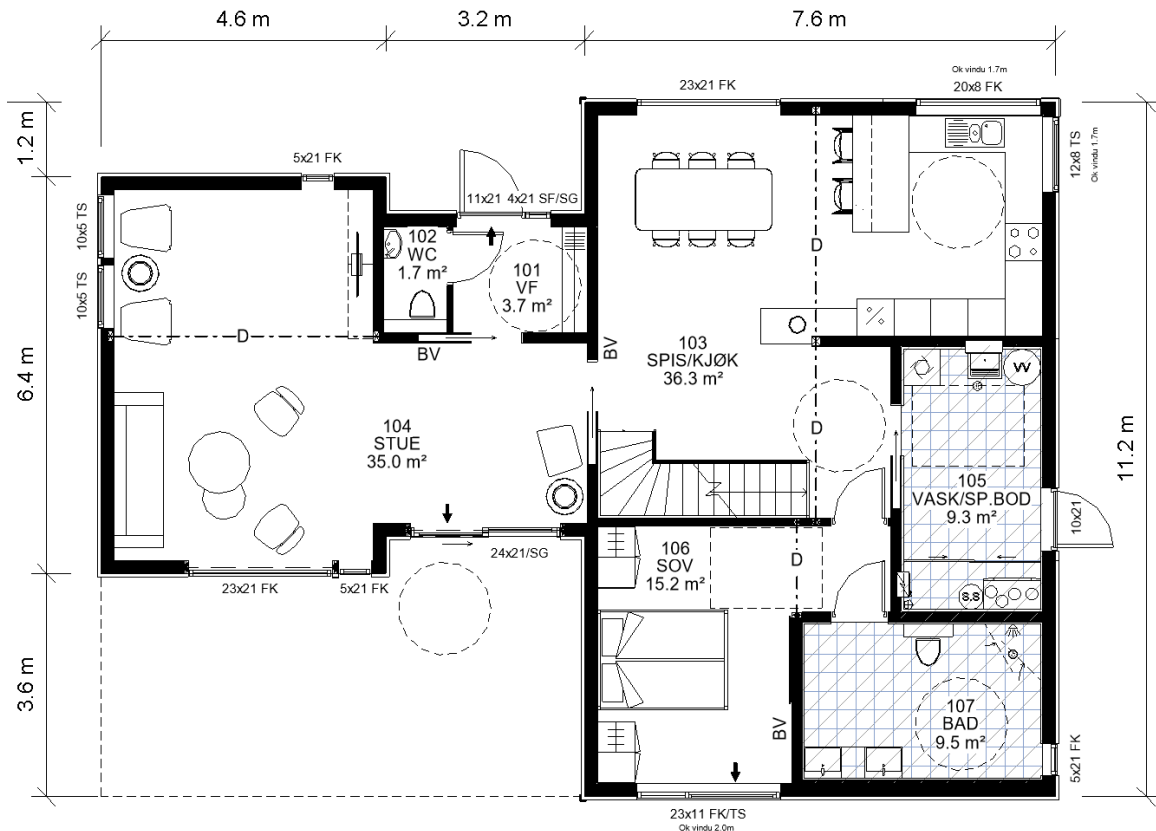
Det var viktig å velge et forskningsdesign som egnet seg godt til forskningsprosessen. Avhandlingen har et tydelig preg av induktivt forskningsdesign, ettersom forskningsprosessen tok utgangspunktet i å samle og tolke data, som senere kunne brukes til å utvikle nye teorier (Johannesen et al., 2021, s. 47). Formålet med det induktive forskningsdesignet var å kunne ta utgangspunkt i det konkrete og spesifikke for å så redegjøre for en mer generell beslutning. Det var da nødvendig å gjennomføre en grundig og systematisk empirisk analyse, siden dette kunne tjene som grunnlag for å utvikle en mer generell teoretisk modell. I avhandlingen beskrives det konkrete og spesifikke byggtekniske spesifikasjoner for kun én type boligutforming med ett bestemt oppvarmet bruksareal. En mulig svakhet ved denne type forskningsdesign er at resultater fra undersøkelsen kan være noe tilfeldig. Man vet altså ikke hvilke resultater undersøkelsen gir før den er gjennomført. Samtidig kan resultatene fra undersøkelsen danne helt nye perspektiver og teorier, som tidligere ikke er forsket på. En måte det har vært forsøkt å fremme nye teorier på, er å vinkle problemstillingen og de tilhørende forskerspørsmålene inn mot nye perspektiver. Selv om avhandlingen tar i bruk en induktiv tilnærming til å samle inn og analysere data, kan den likevel ha et preg av et deduktivt forskningsdesign. Dette skyldes at avhandlingen bygger på et konseptuelt rammeverk for etablerte standarder og krav innenfor byggteknisk forskrift. Den induktive tilnærmingen utforsker energibesparingspotensiale tilknyttet lønnsomhet, mens det konseptuelle rammeverket benyttes til å vurdere resultater fra dataanalysen.

3.2 Casestudie

Benyttelse av en casestudie er spesielt nyttig ved behov for grundig forståelse av et problem gjennom innhenting av data for å beskrive, vurdere, og utforske problemet (Crowe, et al., 2011). I dette tilfellet var casestudiet basert på et bestemt nybygg av typen privat enebolig, designet, prosjektert, og modellert av Systemhus. Innsamlingen av nødvendig informasjon om plantegninger, byggtekniske spesifikasjoner, og kostnadskalkyler til eneboligen var tilgjengelig gjennom det inngåtte samarbeidet med Mestergruppen og Systemhus. En beskrivelse av den mest relevante informasjonen for eneboligen, kalt *Meløy*, er lagt frem i Tabell 3.1. Plantegning og illustrasjon av *Meløy* er vist i Figur 3.1-3.3.

Tabell 3.1: Spesifikasjoner for Meløy

Egenskaper	Verdier
Oppvarmet bruksareal (BRA)	196,9 m ²
Oppvarmet luftvolum	495,8 m ³
Yttervegger, isolasjon kl. 34	200 mm
Tak, isolasjon kl. 38	400 mm
Gulv, isolasjon kl. 38	300 mm
U-verdi for yttervegger	0,21 W/(m ² K)
U-verdi for tak og gulv	0,11 W/(m ² K)
U-verdi for vinduer, dører, og glassfelt	1,00 W/(m ² K)
Arealandel for vinduer, dører, og glassfelt	25 %
Arealandel vinduer som kan åpnes	60 %
Ventilasjon	Balansert
SFP-faktor ventilasjonssystem	1,07 %
Årsmiddel temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner	85,8 kW/(m ² /s)
Lekkasjetall	1,00 h ⁻¹



Figur 3.1: Plantegning for Meløy, 1 ETG

3.2.1 Simien

Boligens energiforbruk er avhengig av geografisk lokasjon, årstid, temperatur- og klimasone, samt utforming på bygningskonstruksjonen. I tillegg påvirker beboernes bruksvaner boligens energiforbruk gjennom varierende forbruk av elektrisitet og varmeløsninger. For å kunne beregne boligens energiforbruk, ble det benyttet energi- og simuleringsprogramvaren Simien. Simien (Simulering av inneklima og energiforbruk i bygninger) er en dataprogramvare som benyttes til å simulere et forventet netto energibehov til en bygningskonstruksjon, og er i dag Norges ledende programvare for beregning av energiforbruk og inneklima i bygg (Simien, 2023). I tillegg er programmet tilpasset norsk byggeskikk, og evaluerer opp mot byggt teknisk forskrift TEK17. Programmet evaluerer også opp mot energimerkeordninger og standarder for klimaambisiøse bygg, og passer utmerket for å utføre energianalyser opp mot NS 3700. Med tilgang til spesifikasjoner og plantegninger av Meløy, samt god veiledning og rådgivning fra Mestergruppen, Systemhus og Flexit, kunne all den nødvendige dataen legges inn i Simien. Boligens energiforbruk kunne dermed simuleres, samt evaluere den opp mot minstekravene for TEK17 og energimerking. Det var dermed mulig å bruke evalueringen som et sammenligningsgrunnlag, ettersom at det var ønskelig i masteravhandlingen å undersøke hvordan ulike parametere påvirker energibesparingspotensiale og lønnsomhet ved energioppgradering.

3.2.2 Begrensinger ved casestudiet

En begrensning ved casestudie er problematikken av resultatene man har fremskaffet på bakgrunn av de generelle beslutningene som er trukket inn. Eksempelvis, casestudier som er basert på medisinsk forskning med kun ett individ som utgangspunkt kan ikke bli sett i sammenheng for en hel befolkningsgruppe (Pripp, 2018). Likevel, utgår denne problematikken for studier av boligbygg slik som i denne masteravhandlingen. Dette er fordi variablene som påvirker boligens ytelse og energibehov er kjent teori for bygningsfysikere. Ettersom dette casestudiet tar utgangspunkt i et nybygg som overholder minimumskravene til byggt teknisk forskrift, kan fortrinnsvis noen variabler være lokasjon, boligens utforming, solforhold og beboernes brukervaner. Boligens energibehov vil særdeles avhenge av beboernes brukervaner av elektroniske apparater, samt varme- og kjølesystemer. For denne undersøkelsen benyttes det normaliserte verdier for driftstider og varmetilskudd iht. til NS 3031 (vist i Tabell 2.6), og utelukker unormale brukervaner. Selv om konstruksjon av eneboliger gradvis har redusert gjennom tiårene utgjør de fortsatt en stor andel av nybygg.

Samtaler med informanter i både Mestergruppen og Flexit ble gjennomført for å finne en enebolig av passende størrelse for masteravhandlingens tidsramme og arbeidsomfang. Mestergruppen besluttet deretter at eneboligen Meløy på 197 m² var godt egnet til avhandlingens undersøkelse. Dette betegnes som en relativt stor enebolig sammenlignet med statistikk utført av Prognosesenteret som påpeker at en gjennomsnittlig bebygd enebolig i Norge ligger på 168 m² (Prognosesenteret, 2022). I denne masteravhandlingen ble arbeidets omfang begrenset ved å kun gjennomføre energi -og lønnsomhetsberegninger for eneboligen Meløy, og utelukket å sammenligne resultatene med boliger av annet bruksareal og bygningskropp. Undersøkelsens omfang er dermed noe begrenset utfra bruksarealet på den tildelte eneboligen, og å trekke generelle beslutninger fra denne undersøkelsen til andre enheter vil sannsynligvis resultere i andre funn.

En annen begrensning med casestudiet er at boligen som er simulert i Simien overskrider temperaturer for inneklime iht. Inneklimakategori II i EN 15251:2007 §A.2 for komfortgrensen på 50 timer i året. Ettersom programvaren i seg selv har begrensende kapasitet til å simulere korrekte verdier for overskridende komfortgrense, ble det sammen med informanter fra Flexit tatt en avgjørelse ved å se bort i fra dette. De tekniske beregningene inne i Simien ble også, sammen med Flexit, forenklet ved å se bort ifra endringer i boligens oppgitte oppvarmet gulvareal og luftvolum, dersom det utføres tiltak for å redusere, eller øke tykkelsen av vegger, gulv og tak. Det er også sett bort i fra krav om lystransmisjon/solfaktor for ulike typer vinduer iht. byggtekniske forskrifter, som sier noe om mengden av dagslys og solenergi som passerer gjennom vindusglasset, som igjen beskriver hvor godt et vindu isolerer mot varmetap (SINTEF, 2016). Dette er grunnet Simiens begrensning til hva den har kapasitet til. En påvirkningsfaktor for energiforbruket til eneboligen kan også være dens lokasjon i Norge, samt vinkling og plassering i forhold til solretning. Dette kan enkelt undersøkes ved å endre lokasjon i Simien som tilrettelegger for korrekte værddata for de aktuelle lokasjonene.

3.3 Utdypning av problemstilling

Masteravhandlingens overordnede problemstilling er som innledningsvis nevnt:

Under hvilke forutsetninger vil det være lønnsomt å investere i energieffektive løsninger i et nybygg for å redusere energiforbruket?

Problemstillingen refererer til privatpersoners mulige økonomiske gevinst ved reduksjon av eneboligers energiforbruk. Det mest gunstige resultatet for kunden er at investeringen i energieffektive løsninger lønner seg over tid. Selv om resultatet for denne undersøkelsen skulle vise seg å bli ulønnsom, mener vi fortsatt at studien ikke er utrettet forgjeves. Dersom dette blir utfallet av undersøkelsen, kan resultatet forskes videre på om det blir lønnsomt i et annet studie med ulik problemstilling og vinkling på temaet.

Videre er det interessant å redegjøre hvilke tiltak for energieffektive løsninger som er lønnsom basert på boligens lokasjon, norske strømpriser, kundens avkastningskrav, og investeringens levetid. Med det overordnede resonnementet er problemstillingen videre dekomponert, og er i den forbindelse strukturert til to forskerspørsmål. De overnevnte parameterne utgjør den primære undersøkelsesenheten:

- 1. Hvilken innvirkning har boligens lokalisering å si for energiforbruket og lønnsomheten?*
- 2. Hvordan påvirker kundens avkastningskrav, norske strømpriser, botid og investeringens levetid tiltakenes lønnsomhet?*

3.4 Metode for datainnsamling

Den neste fasen i forskningsprosessen omhandler datainnsamling, hvor metoden for å samle inn data påvirkes i stor grad av forskerspørsmål og -design (Johannesen et al., 2021, ss. 28-29). Det var da viktig i forberedelsesfasen å redegjøre for valg av metode for datainnsamling, og valg av datakilder og variabler. Det var nyttig å spisse problemstillingen med konkrete forskerspørsmål for å gjøre datainnsamlingen mer håndterlig. Datainnsamlingen hadde både en kvalitativ- og kvantitativ tilnærming. Kvantitativ data kan uttrykkes gjennom konkret harde data hentet fra beregningsprogramvarer som Simien og SmartKalk, samt harde tall fra byggtekniske forskrifter. Harde data er noe som kan kvantifiseres ved hjelp av tall (Johannesen et al., 2021, s. 33). I denne sammenheng var harde data eksempelvis energiberegninger, strømpriser, kostnader, og renter, som er knyttet til investering i energieffektive løsninger. Harde data representerer en mer fullstendig og direkte observerbar virkelighet, i motsetning til myke data som i større grad fanger opp mer diffus data som ofte tolkes gjennom kvalitativ data. I dette tilfellet ble det samlet inn kvalitativ data gjennom relevant litteratur fra forskningsartikler, som var med på å bygge opp deler av det konseptuelle rammeverket.

3.4.1 Relevant litteratur

For prosjekt, bachelor-, og masteroppgaver er det vanlig å utføre systematiske litteratursøk som innebærer forskning på eksisterende litteratur, og undersøkelser på hvilke metoder som er benyttet på forskningsfeltet (Johannesen et al., 2021, s. 105). En slik litteraturgjennomgang er ofte fundamentet i en empirisk undersøkelse, basert på sekundære kilder i form av publiserte vitenskapsartikler og rapporter. Empirisk forskning omhandlet i dette tilfellet datainnsamling, -analyse og -tolkning. Å bruke relevant litteratur var en sentral del av arbeidet som et forsøk på å oppnå kvalitet på den innsamlede dataen. Ettersom alle har mulighet til å publisere egne tekster og forskningsartikler på nettet, kunne det bli utfordrende å skille mellom pålitelig og relevant litteratur med falsk eller unøyaktig data. Av den grunn var det viktig å være kritisk til informasjonen som ble funnet, og sammenlignet derfor den innhentede dataen med ulike kilder fra forskjellige nettsteder og studier.

For litteraturinnsamling ble det benyttet søkemotorer som Google Scholar og Oria. Oria er UiA sin søkemotor hvor Universitetsbibliotekets og Norske Fagbibliotek sine trykte og elektroniske samlinger ligger tilgjengelig. Google Scholar er en søkemotor hvor vitenskapelig litteratur og forskningsartikler ligger tilgjengelig (UNS, 2023). Begge disse har verifiseringsrutiner før litteratur og forskningsartikler blir publisert, noe som kan bidra til å øke påliteligheten til kildene. For å kategorisere datainnsamlingen, ble det benyttet nøkkelord/søkeord som ble satt i kontekst av avhandlingens tema, vist i Tabell 3.2.

Tabell 3.2: Søkeord

Tema	Søkeord
Energieffektivisering	Energieffektive boliger, passivhus og lavenergihus, klima- og temperatursoner, energimerking knyttet til boliger, varmforsyningssystem og varmetapstall

De overnevnte søkemotorene var nyttige for å avgrense og skaffe relevante søkeresultater knyttet til avhandlingens tema og problemstilling. Den største andelen av søkene var norske søkeord, men det var også ønskelig å kombinere disse med engelske søkeord, som ga merkbart flere relevante forskningsartikler. Grunnen til den store andelen av norske søkeord var at dette ga søkeresultater for norske rapporter og forskningsartikler rundt energieffektivisering av norske boligbygg. Denne datainnsamlingen var av stor interesse til avhandlingens

problemstilling, ettersom boligens energiforbruk påvirkes av ulikt klima og lokasjon, selv innad i Norge.

3.4.2 Primærdata

For å kunne besvare problemstillingen og forskerspørsmålene var målet å samle inn nøyaktig og realistisk kvalitativ-, og kvantitativ data. I avhandlingen ble det brukt både primære og sekundære datakilder. Primærdata innebærer informasjon samlet inn fra egne intervjuer, observasjoner, eksperimenter eller beregninger (Isaksen, Eriksen, & Wrålsen, 2022). I denne sammenhengen ble det samlet inn data fra byggt tekniske spesifikasjoner av boliger, som deretter ble lagt inn i beregningsprogramvaren Simien. I Simien ble eneboligen lagt inn ved å oppgi boligens dimensjoner og andel av vindu og dører, fasader, tak, ventilasjon, energiforsyning, oppvarming, og interne laster. Disse verdiene var nødvendig å legge inn for at programvaren kunne simulere boligens energiforbruk. De overnevnte dataene ble som nevnt tildelt av Mestergruppen, og sammen med Flexit ble de kryssjekket og korrigert. Flexit ble kontaktet ettersom de tidligere hadde utført energiberegninger på samme bolig. Det var dermed mulig å simulere bygningens netto energibehov, netto levert energi, og bygningens totale energiforbruk og varmetapstall ved å ta bruk programvarens funksjon; *årssimulering*. Denne simuleringen kunne i tillegg evaluere boligen opp mot byggt teknisk forskrift TEK17, som er dagens krav til boligen før det kan lovlig bygges i Norge. Gjennom Simien var det også mulighet til å evaluere opp mot kravene for passivhus iht. NS 3700.

3.4.3 Sekundærdata

I motsetning til primærdata, tar sekundærdata utgangspunktet i tidligere forskningsstudier, dokumenter og andres undersøkelser (Isaksen et al., 2022). I denne sammenhengen ble det samlet inn sekundærdata som strømpriser, støtteordninger, og nominelle renter fra kilder som SSB, Husbanken, Enova, og norske banker. Det ble også innsamlet sekundærdata fra tidligere forskningsstudier og dokumenter tilgjengelig på Google Scholar og Oria, som var med på å legge grunnlaget til det konseptuelle rammeverket i avhandlingen. Oppbygningen av en tidligere masteravhandling om energisparepotensiale og lønnsomhet ved energioppgradering av 50- og 80-talls enebolig har stått som et godt utgangspunkt for denne avhandlingen (Langdal, 2019). Ettersom den overnevnte avhandlingen undersøkte eldre boliger, var det ønskelig å bygge videre ved å undersøke energibesparingspotensiale og lønnsomhet ved energioppgradering av nybygg. Denne forskningsstudien var noe utdatert, publisert i 2019, men

var et godt utgangspunkt ettersom det ble tatt i bruk byggteknisk forskrift TEK17, Simien, Smart Kalk, og lønnsomhetsberegninger. Selv om den overnevnte studien tok i bruk relevante kilder, var det likevel nødvendig å supplere og konstatere med egen sekundærdata for å styrke litteraturens -og dataens pålitelighet.

Dersom det eksisterte publiserte studier og vitenskapsartikler med lik vinkling på problemstillingen, hadde det ikke vært nødvendig å utføre denne studien på nytt, dersom validiteten på resultatene var tilfredsstillende og ikke utdatert. Utdaterte resultater kunne være at det ble lagt vekt på bygningsforskrift TEK10, som har en lavere teknisk standard med lavere krav til isolering og tetting enn TEK17, som brukes per dags dato. Derimot om det fantes et forbedringspotensial, mulighet til å oppdatere, eller at det ikke fantes identiske studier med samme utgangspunkt eller problemstilling, kunne det være av interesse å utføre en ny studie. I dette tilfellet ble det funnet ulike studier som undersøkte lønnsomhet, energieffektivisering og/eller kostnader ved eksisterende eldre bygg i Norge, ikke nybygg. Det var dermed mulig å ta inspirasjon fra disse studiene, med forbehold om å være kritisk til andres påstander og resultater. Datainnsamlingen i denne avhandlingen var som nevnt med på å fremlegge det konseptuelle rammeverk i Kapittel 2, som videre ble av stor nytte til resultat- og diskusjonskapittelet.

3.4.4 Energiberegninger

Simien er som nevnt en norskutviklet programvare for beregninger av energiforbruk og inneklimate i bygg, tilpasset norsk byggeteknikk. Den er validert i henhold til byggeforskrifter som TEK17 og NS-EN 15265 (Norske standarder for bygningers energiytelse), energimerkeordningen og standarder for klimaambisiøse bygg, som settes krav til i NS 3031 (Simien, 2023). Alternativt kunne også TEK-sjekk Energi blitt tatt i bruk for energiberegningene. Valget av Simien er på bakgrunn av tidligere erfaring med programvaren i emnet *BYG212 Bygningsfysikk og energieffektive boliger* fra bachelorstudiet *Byggdesign* på UiA. Programvaren er også godt brukt hos både SINTEF og våre samarbeidspartnere hos Mestergruppen, Systemhus, og Flexit. Påpekt av informanter i både Mestergruppen og Flexit, er TEK-sjekk også i en utskiftningsfase og hvor flere virksomheter tar i bruk og foretrekker Simien for beregninger av energiforbruk og inneklimate i bygg.

Byggtekniske spesifikasjoner for eneboligen ble uthentet fra tidligere gjennomførte TEK-sjekk beregninger, samt plantegninger og 3D-modeller i dataprogramvaren Revit. Innføring av eneboligen i Simien ble blant annet utført i henhold til skritt for skritt eksempler fra Simenergi (Programbyggerne, 2016), informanter ved Mestergruppen og Flexit, samt basert på tidligere erfaringer. Simien tilbyr flere forskjellige muligheter for å simulere og estimere boligens energiforbruk både før og etter gjennomføring av energibesparende tiltak. Funksjonen *årssimulering* ble derfor benyttet. Årssimuleringen presenterer resultater i form av netto energibehov, levert energi, økonomiske kostnader, og varmetapstall. For å redegjøre eneboligens energimerking både før og etter energioppgradering, ble funksjonen *energimerking* i Simien benyttet. Andre relevante tilleggsfunksjoner i Simien som var nyttig i forbindelse med denne avhandlingen var både *lønnsomhet tiltak* og *passivhusevaluering*. Ved bruk av den førstnevnte funksjonen kan man iverksette tiltak for energieffektivisering i eneboligen, som eksempelvis kan være forbedret U-verdi på vinduer, yttervegger, og gulv, forbedret lekkasjetall og varmetapstall, eller installasjon av oppvarmings- eller ventilasjonssystemer. Medfølgende for hvert tiltak kan det inklusivt redegjøres for økonomiske investeringskostnader, samt kostnader knyttet til utførelse av eventuelle tiltak. Dette gjennomføres ved å legge inn tiltakets levetid, eventuelle årlige vedlikeholdskostnader, og kalkulasjonsrente, eller kundens avkastningskrav som er benyttet i denne avhandlingen.

3.4.5 Kostnadsberegninger

Programvaren Simien hadde en innebygd simulering for kostnadsberegning, men tok kun hensyn til selve investeringskostnader og eventuelle årlige kostnader, ikke kostnader for utførelse av diverse tiltak. Med kostnader knyttet til utførelse menes det antall arbeidstimer det tar for å gjennomføre et tiltak, samt tilknyttede timekostnader. Utbredelse av realistiske kostnader for lønnsomhetsberegningene var en essensiell del for å oppnå relevante resultater. Kostnadene for de energieffektive tiltakene som skulle bli hensyntatt i denne avhandlingen var beregnet av Mestergruppen, som tok i bruk kalkulasjonssystemet SmartKalk. SmartKalk er en beregningsprogramvare som kalkulerer kostnader knyttet til utførelse, og sto sentralt som datainnsamling i denne avhandlingen. Mestergruppen bisto med alle nødvendige kostnadskalkyler knyttet til de ulike energieffektiviserende tiltakene, som senere ble benyttet til å beregne tiltakenes lønnsomhet. Mestergruppen innhentet prosjektspesifikke priser for den utvalgte boligen, hvor det også ble redegjort for komplett gjennomføring av tiltakene. Dette

innebar kostander for materialer, i tillegg til forventede kostnader knyttet til montering og levering av produktene, og prispåslag fra Mestergruppen og merverdiavgift.

3.4.6 Lønnsomhetsberegninger

Det ble i denne avhandlingen gjennomført lønnsomhetsberegninger basert på investerings- og gjennomførelseskostnader, og årlige energibesparelser tilknyttet de ulike tiltakene. Det var to muligheter for å framstille lønnsomhet – enten gjennom nåverdiberegninger eller årlig annuitet. Ved samarbeid med veileder ble det fastsatt at årlig annuitet passet avhandlingen godt. Denne annuiteten angav årlige ytelser i kroner for hvert tiltak, som var en mer forståelig og oversiktlig metode for å framstille lønnsomhet enn nåverdimetoden. For å beregne årlig annuitet, var det nødvendig å samle inn data knyttet til nominell fastrente for de ulike bankene, skattesats, risiko knyttet til renteøkninger og inflasjon, og støtteordninger. De nominelle rentene ble hentet ut fra bankenes egne nettsider, mens risiko knyttet til renteøkninger og inflasjon ble hentet ut fra SSB. Støtteordninger for å bygge energieffektive boliger eller iverksette energieffektive tiltak ble hentet ut fra Enova sin nettside. Det var også nødvendig å samle inn økonomiske strømpriser, samt strømstøtteordninger, for å kunne beregne lønnsomhet. Strømprisene ble samlet inn fra SSB og LOS, mens strømstøtteordningen ble hentet ut fra Regjeringens nettside. Beboeres botid og teknisk levetid for de ulike tiltakene var også nødvendig redegjøre for. Her ble det tatt utgangspunktet i sekundære kilder fra SINTEF og informanter fra Mestergruppen. Årsmiddeltemperaturer og dimensjonerende utetemperaturer for de ulike lokasjonene ble samlet inn fra programvaren Simien, som hadde stor påvirkning på lønnsomheten. Til slutt, ble det gjennomført følsomhetsanalyser for å sammenligne hvordan ulike parametere påvirker lønnsomheten. Kun investeringskostnadene ble satt som låste verdier, mens strømpris, lokasjon, avkastningskrav og levetid var varierende parametere.

3.5 Analyse av data

Forskningsprosessen omhandler dataanalyse og tolkning av kvalitativ -og kvantitativ data og teori basert på forskerspørsmålet, og innebærer litteraturtolkning og statistiske beregninger (Johannesen et al., 2021, s. 29). I denne masteravhandlingen ble det forsøkt å analysere funn på bakgrunn av det konseptuelle rammeverket, samt årsakssammenhenger mellom teori, kvalitativ- og kvantitativ data, og alternative nøkkelbegrep som kunne fremme videre forskning. Denne avhandlingen inneholdt en betydelig mengde tekniske beregninger. Det var

derfor viktig å strukturere informasjonsmengden for å formidle innholdet på en oversiktlig og forståelig måte, slik informasjonsmengden ble håndterlig å jobbe med.

For å gjøre den innsamlede dataen mer håndterlig, ble den strukturert og delt inn i tre hoveddeler. Del 1 omhandlet hvilke parameter som kunne påvirke lønnsomheten til de ulike tiltakene, del 2 omhandlet energiberegninger samlet inn fra Simien, mens del 3 omhandlet kostnadsberegninger samlet inn fra SmartKalk. Med dette kunne dataen bli lagt inn i Excel for å beregne lønnsomheten til de ulike tiltakene, samt undersøke hvordan de ulike parameterne påvirket lønnsomheten. Som overnevnt hadde avhandlingen flere varierende parametere. Med mange varierende parametere kan dataen, samt resultatene fort bli uoversiktlig med hundrevis av forskjellige kombinasjoner å framstille de på. For å redusere antall sammenligninger, samt tabeller og figurer i resultatkapittelet, var det derfor helt nødvendig å ta utgangspunktet i fastsatte strømpriser, -lokasjoner, -avkastningskrav, og - levetider, og heller undersøke hvordan en endring av ett parameter påvirket resultatet for det enkelte tilfellet. For å redusere antallet ytterligere, kunne flere parametere også settes sammen i ulike akser i samme tabell. Dataanalysen ville hjelpe med å vise undersøkelsens styrker, begrensninger, rom for forbedringer, og videre forskning, som senere kunne innarbeides i avhandlingens diskusjonskapittel.

Etter å ha analysert den innhentede dataen var det mulig å strukturere det konseptuelle rammeverket, samt resultatkapittelet. Denne struktureringen innbar hvilke underkapitler som var relevante for kapittelet og hvilken rekkefølge de kom i. Den strukturerte informasjonsmengden gjorde det mulig å formidle innholdet på en forståelig og oversiktlig måte, uten at det ble for omfattende for leseren.

3.6 Undersøkelsens kvalitet

For å underbygge undersøkelsens kredibilitet er det en nødvendighet å vurdere og diskutere masteravhandlingens metodekvalitet. Dette redegjøres gjennom en evaluering av tre særegne begreper: pålitelighet, indre validitet, og generaliserbarhet. Det altså er av betydning å reflektere over legitimiteten av innhentet informasjon fra forskningsartikler -og rapporter, og hvilke systematiske søk som er utført for å finne denne dataen.

3.6.1 Pålitelighet

En undersøkelses pålitelighet, eller reliabilitet, benyttes ofte som et kriterium for kvalitet innenfor kvantitativ forskning (Johannesen et al., 2021, ss. 37-38; 232-233). Det er hovedsakelig knyttet til diskusjon av undersøkelsens data, og er basert på hvilke data som tas i bruk, innsamling og bearbeiding av den innhentede dataen. Påliteligheten i denne avhandlingen kunne styrkes gjennom at de byggetekniske spesifikasjonene for Meløy ble samlet inn fra TEK-sjekk utskrifter, plantegninger, og modelleringsprogrammet Revit, samt gjennom det inngåtte samarbeidet med Mestergruppen og Systemhus. Dataene ble videre kryssjekket og korrigert sammen med Flexit, slik at korrekt data kunne videreføres inn i energiberegningsprogrammet Simien. Utførte Simien-energiberegninger ble senere kryssjekket av informanter fra Mestergruppen og Flexit for å styrke dens kvalitet. Likevel kan påliteligheten svekkes noe, ettersom all den innsamlede dataen er hentet ut fra disse aktørene, og ikke kryssjekket med andre firmaer eller konkurrenter i markedet. Innhenting av data som strømpriser, avkastningskrav, strømstøtteordninger, og økonomiske støtteordninger ble samlet inn fra SINTEF, Prognosesenteret, SSB, og Enova, samt andre store aktører innen byggebransjen. De nevnte aktørene er anerkjente fagmiljø som produserer og publiserer fagrelevante studier, statistikker, og rapporter. Kildenes troverdighet ble i tillegg styrket gjennom konsekvente samtaler med veileder og informanter.

3.6.2 Indre validitet

Indre validitet, eller troverdighet, er hvorvidt den innhentede dataen er relevant for problemstilling og forskerspørsmål, og i hvilken grad studien representerer virkeligheten (Johannesen et al., 2021, s. 232). For å vurdere validitet er det prinsipielt å redegjøre for oppgavens indre -og ytre validitet, hvor dette delkapittelet tar hensyn til den indre validiteten. I denne avhandlingen dreier denne validiteten seg om hvilke parametere som er benyttet knyttet til problemstillingen, og om disse parameterne er korrekte å ta i bruk for å representere virkeligheten. For valg av strømpris er det hensyntatt den høye og uforutsigbare strømprisen i ulike deler av landet. Etter at regjeringen iverksatte strømstøtteordninger, har strømprisen blitt mer forutsigbar. Likevel er det vanskelig å forutsi en fremtidig strømpris og hvor lenge strømstøtteordningen varer. For å styrke den indre validiteten har avhandlingen derfor tatt utgangspunktet i en varierende strømpris, og har undersøkt lønnsomheten ved ulike strømpriser. Det samme gjelder for valg av kundens avkastningskrav, som varierer avhengig av hvor stor usikkerhet og risiko knyttet til en investering hvert enkelt individ er villig til å ta på seg. Selv

med dagens høye inflasjon har avhandlingen tatt utgangspunktet i Norges Banks fremtidige inflasjonsmål. I likhet med strømprisene, er det vanskelig å forutsi fremtidige inflasjoner som påvirker kundens avkastningskrav. For å styrke validiteten har det derfor blitt tatt utgangspunkt i et varierende avkastningskrav, og har undersøkt lønnsomheten ved ulike avkastningskrav. Boligens lokasjon har også stor påvirkning på dens energiforbruk, og det er derfor valgt å undersøke hvordan lønnsomheten knyttet til energieffektive investeringer endrer seg ved ulike lokasjoner i Norge. Beboeres botid og teknisk levetid har også stor påvirkning på om studien reflekterer virkeligheten. Den tekniske levetiden representerer materialets levetid, og kan betydelig høyere sammenlignet med den økonomiske levetiden. Botiden baserer seg på hvor lenge huseier blir værende i samme bolig, før de velger å flytte ut. For å styrke den indre validiteten har det derfor vært av interesse å undersøke hvordan både beboeres botid, og teknisk levetid påvirker lønnsomheten for de ulike investeringene. Disse parameterne er i tillegg kryssjekket med både veileder og informanter, som et ønske om å forsikre et korrekt forskningsresultat, og at fremgangsmåten reflekterer formålet med studien.

3.6.3 Generaliserbarhet

Generalisering, eller ytre validitet, omhandler resultatenes grad av overførbarhet til liknende fenomener, og kan gjelde både for kvalitative- og kvantitative undersøkelser (Busch, 2021, s. 62). I dette tilfellet vil generaliserbarhet være hvor stor grad resultatene kan overføres til andre bygg. Masteravhandlingen tar utgangspunktet i og er avgrenset til én konkret privat enebolig på 197 m² som er bygget etter TEK17. Gitt at undersøkelsen viser lønnsomme resultater, er det nødvendigvis ikke slik for andre bygg. Likevel er dagens nybygg lovpålagt å følge krav iht. TEK17, og konseptet om å energieffektive kan muligens overføres til andre nye boliger og nybygg med ulik størrelse og utforming. Parameterne nevnt i delkapittelet over har også stor påvirkning på graden av generalisering til andre boliger. Formålet med masteravhandlingen er som tidligere nevnt å undersøke under hvilke forutsetninger det vil være lønnsomt å investere i energieffektiviserende tiltak. Dette for å styrke generaliserbarheten for andre bygg, ved å undersøke flere parametere samtidig. Ved hjelp av følsomhetsanalyser kan en endring av disse parameterne gi et innblikk i hvilken grad resultatene endrer seg ved ulik strømpris, avkastningskrav, lokasjon, og levetid.

4 *Resultat*

Denne masteravhandlingen tar utgangspunktet i å fastsette kundens avkastningskrav, boligens lokasjon, norske strømpriser, og investeringens levetid, og undersøker hvordan en endring disse parameterne påvirker resultatet for det enkelte tilfellet. Det er likevel viktig å påpeke at diskusjonskapittelet gjør rede for en mer utdypende analyse av hvordan de ulike parameterne påvirker lønnsomheten, selv om resultatene nødvendigvis ikke er representert i dette kapittelet. I Del 1 fastsettes avkastningskrav, lokasjon, strømpris, og levetid, samt en redegjørelse for hvilke energieffektiviserende tiltak som skal benyttes i undersøkelsen. De valgte parameterne står som grunnlag til resultatene. I Del 2 presenteres energiberegninger for Meløy, hvor det gjøres rede for hvordan ulike tiltak, samt ulike lokasjoner, påvirker boligens energiforbruk. I Del 3 presenteres lønnsomhetsberegninger for investeringene tilknyttet de ulike tiltakene, og hvordan lønnsomheten påvirkes av de overnevnte parameterne.

Del 1: Tiltak og valg av parametere

4.1 Fastsetting av avkastningskrav

Det er i denne avhandlingen fastsatt et avkastningskrav ved hjelp av formelen for vektet gjennomsnittlig kapitalkostnad, eller WACC (tidligere nevnt i kapittel 2.10.2). Da investeringene for tiltakene er langsiktige, og det er naturlig å ta utgangspunktet i et lån med 10 års fastrente, i motsetning til et lån på 3-5 år. Den nominelle fastrenten er skjønnsmessig satt til 5,0 prosent, basert på tidligere tabell for nominelle renter for de ulike bankene. Det også usikkerhet knyttet til fremtidige renteøkninger. Norges bank har igjen satt opp styringsrenten, og boliglånsrenten er forventet til å bli over 5,0 prosent i 2023 (Norges Bank, 2023), noe som også kan bidra til å rettferdiggjøre den skjønnsmessige nominelle fastrenten på 5,0 prosent. Dette er tatt som utgangspunkt i undersøkelsen og vurderingen videre. For videre beregning av avkastningskrav, er inflasjonen satt til 2,0 prosent basert på Norges Banks fremtidige inflasjonsmål (SSB, 2023c). Skattesatsen er konstant og er satt til 22 prosent. For å vurdere et så lavt avkastningskrav så mulig er i dette tilfellet beregnet med et lån på 100 prosent (etter skatt):

$$WACC_1 = 5(1 - 0,22) = 3,9 \%$$

Justert for inflasjon:

$$r_{r1} = \frac{3,9 - 2}{1.02} \approx 1,86 \%$$

Fra perspektivet til en privatperson er det tatt utgangspunktet i å lånefinansiere 75 prosent med 25 prosent i egenkapital. Selv om banken kan gjøre unntak, ønsker de likevel ikke å låne ut mer enn 85 prosent av kjøpesummen (Regjeringen, 2021b). Et økt lån vil gi en høyere usikkerhet knyttet til f.eks. endringer i kundens arbeidsforhold eller lønn. Risiko er likevel et relativt uttrykk og vil variere fra person til person. Ettersom at kunden kan selge huset sitt før tilbakebetalingstiden på investeringen er oppfylt, og dersom strømprisen blir lav, kan det hende investeringen blir ulønnsom. Det er dermed naturlig at risiko knyttet til egenkapital blir høyere, ettersom det er egenkapital som går tapt dersom huset selges og at tiltaket ikke har noe verdi. Avkastningskravet kan også påvirkes av investorens kompensasjon for manglende likviditet, altså kompensasjonen for å binde midler til investeringen. Avkastningskrav for egenkapital er derfor skjønnsmessig satt til 8,0 prosent, ettersom det er betydelig lånebinding og usikkerhet knyttet til om kjøper vil få pengene igjen for en slik investering. Avkastningskravet (etter skatt) beregnes slik:

$$WACC_2 = \frac{0,75}{1} 5(1 - 0,22) + \frac{0,25}{1} 8 = 4,925 \%$$

Justert for inflasjon:

$$r_{r2} = \frac{4,925 - 2}{1.02} \approx 2,87 \%$$

Avkastningskravet i denne avhandlingen er altså tilnærmet 3,0 prosent, og står som utgangspunkt i resultatberegningene. Det er likevel viktig å påpeke en endring av denne renten påvirker lønnsomheten. Det er derfor i tillegg valgt å undersøke det overnevnte avkastningskravet på 2,0 prosent, samt et høyere avkastningskrav på 4,0 prosent.

4.2 Valg av lokasjon

Det ble tidligere nevnt at Norge har fem forskjellige prisområder for strøm, N01-N05. Prisforskjellene mellom nord og sør kan være betydelige, noe som skyldes ulike klimaforhold og geografiske forskjeller (SSB, 2023b). Nordområdene har vanligvis lengre fyringssesong og

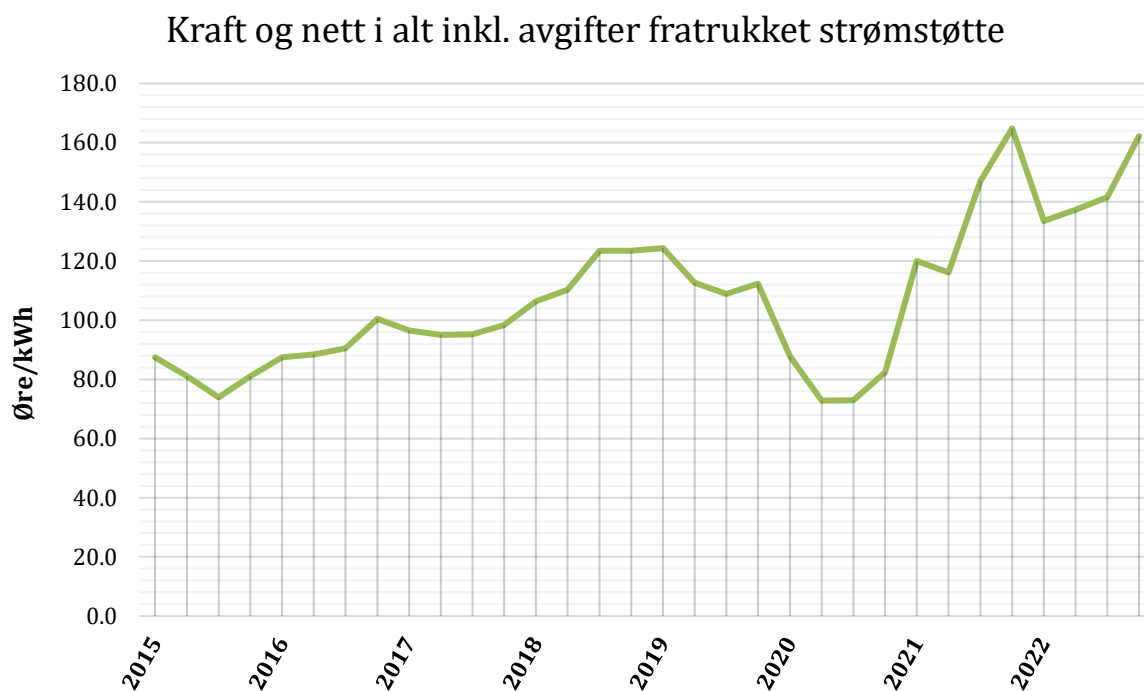
lavere årsmiddeltemperatur enn sør, noe som også påvirker boligens energibehov, energiforbruk og varmetap. Disse klimatiske forskjellene påvirker hva som er den mest lønnsomme måten å investere i energieffektive boliger på. Noen tiltak som kan være lønnsomme i ett område, vil ikke nødvendigvis være det samme i et annet. For å undersøke lønnsomheten ved å investere i energieffektive boliger, har avhandlingen valgt å fokusere på de fem største byene i Norge: Oslo, Kristiansand, Bergen, Trondheim, og Tromsø. Disse byene ligger alle innenfor de fem prisområdene for strøm. Dette kan gi et godt bilde av hvordan geografisk beliggenhet og klimatiske forhold påvirker lønnsomheten, og hvilke tiltak som er mest lønnsomme og effektive på ulike lokasjoner i landet.

4.3 Valg av strømpris

På bakgrunn av masteravhandlingens forskerspørsmål og analyser av historiske strømpriser for de utvalgte lokasjonene, ble det erklært at å fastsette en strømpris i et lavere-, middels-, og høyt sjikt av dagens strømpris vil være mer naturlig enn å beregne et gjennomsnitt fra tidligere år, eller forsøke å forutse fremtidige strømpriser. Strømprisene på landsbasis de siste årene har vært svært volatile og uforutsigbare, men den iverksatte strømstøtteordningen har bidratt til mer forutsigbare og stabile strømpriser. Likevel er dette en midlertidig ordning som følge av den enorme økningen i strømpriser, og det er uvisst når denne avvikles. Lønnsomhetsanalysene som gjennomføres i avhandlingen er basert på kundens avkastningskrav, lokasjon, og strømpriser, samt komponentenes -og investeringens levetid på mellom 15 og 60 år. Ettersom det er tilsynelatende umulig å forutse strømprisen de neste 60 årene er, og at formålet med avhandlingen er å redegjøre for *under hvilke forutsetninger* det er lønnsomt å investere i energieffektive tiltak, bestemmes det tre strømpriser for gjennomførelse av beregningene. Denne avgrensningen reduserer antall parametere som benyttes i lønnsomhetsberegningene, og gjør undersøkelsen mer håndterlig å jobbe med.

Figur 4.1 viser gjennomsnittlige historiske elektrisitetspriser inkludert nettleie og avgifter for husholdninger, fratrukket strømstøtte, fra perioden 2015-2022 (SSB, 2022b). Ettersom dagens strømstøtteordning innebærer at staten betaler 90 prosent av kraftprisen som overstiger 70 øre/kWh, har strømstøtten en stabiliserende effekt på strømprisene. Prisene de siste årene har derfor sjeldent beveget seg under 100 øre eller over 200 øre, illustrert i figuren nedenfor. Strømpriser som grunnlag til lønnsomhetsberegningene er skjønnsmessig satt til 100-, 150-, og 200 øre/kWh, hvor en strømpris på 150 øre benyttes som utgangspunkt. Dette grunnet ønske

om å utføre følsomhetsanalyser og vurdere ulike scenarier. Ved å benytte tre ulike strømpriser, kan man undersøke hvordan ulike priser vil påvirke lønnsomheten av tiltakene i de ulike lokasjonene i Norge. Dette vil gi et bedre grunnlag til å identifisere hvilke tiltak som er mest lønnsomme i ulike scenarier, og hvilke tiltak som kan gi den største besparelsen over tid. En svakhet og problematikk med å sette strømprisen til disse verdiene er at enkelte lokasjoner kan oppleve en usannsynlig lav -eller høy strømpris i forhold til den egentlige strømprisen i området. Videre vil en høy strømpris øke besparelsene og redusere tilbakebetalingstiden betraktelig. Dette vil også være tilfellet på kaldere områder, hvor tiltak med god isolasjon og lavt varmetapstall nødvendigvis ikke trenger å bruke like mye energi på å holde boligen varm. Lønnsomme tiltak vil altså være for områder med høye strømpriser og lave utetemperaturer.



Figur 4.1: Historiske elektrisitetspriser, fratrukket strømstøtte

4.4 Valg av levetid og botid

Det er i denne avhandlingen valgt å undersøke hvordan tiltakenes levetid og beboeres botid påvirker lønnsomheten. Den tekniske levetiden, eller levetiden til bygningskomponenter, defineres som den tiden det tar før den ikke lenger tilfredsstillers dens minimumskrav, og det er gjerne denne levetiden som benyttes for bærende materialer (Bjørberg, 2009). De tekniske levetidene er videre hentet ut fra EPD-Norge, som er et tredjeparts verifisert dokument om

produkters miljøprestasjon og levetid, og er basert på internasjonale standarder (EPD-Norge, 2023). For bygningskomponenter er levetiden normalt mellom 40-60 år, mens levetiden for tekniske installasjoner vil ha en levetid på rundt 15 år. Samtidig påpeker Prognosesenteret at en gjennomsnittlig nordmann selger boligen sin etter syv år, som er betydelig kortere enn den tekniske levetiden for bygningskomponentene (Marschhäuser, 2016). Det er derfor av interesse å også undersøke hvordan en kortere botid påvirker lønnsomheten. Dette kan gi en mer realistisk og praktisk tilnærming til problemstillingen, i motsetning til å kun basere undersøkelsen på den tekniske levetiden. For tiltak som inkluderer oppgradering av bygningskomponenter er levetiden satt til 60 år, og 15 år for tekniske installasjoner. Følgende bestemmes det tre botider på henholdsvis 5, 10, og 15 år. Ved å hensynta både teknisk levetid og botid, kan man få en mer helhetlig vurdering av lønnsomheten knyttet til tiltakene. Det er viktig å påpeke at det er utfordrende å vite boligens markedsverdi og tiltakenes sluttverdi etter 5, 10, og 15 år. Avhandlingen hensyntar ikke en økt markedsverdi for en energieffektiv bolig, kun sluttverdi for noen av tiltakene. Hensikten med å undersøke teknisk levetid og botid er for å framheve hvor stor påvirkning en kortere botid har for investeringens lønnsomhet.

4.5 Valg av energieffektiviserende tiltak

Fortrinnsvis blir tiltakene for energioppgradering redegjort og begrunnet omfattende. Det er i hovedsak satt opp fem tiltak for energioppgradering av eneboligen som er hensyntatt i denne masteravhandlingen. Det påpekes at byggtekniske beregninger utenfor vår kompetanse settes som avgrensning og vektlegges ikke i energiberegningene. Eksempelvis gjelder dette lystransmisjon i vinduer som kan være avgjørende for om boligen tilfredsstiller kravene for tilgang på dagslys. Tiltak som reduksjon av tetthetstall settes som et krav ved gjennomføring av boligen og det hensyntas ikke for overskridelse av inneklimateperaturer. Videre ble det påpekt gjennom samtaler med erfarne rådgivere innen bygningsfysikk at økninger i veggtykkelse vanligvis resulterer i et mindre oppvarmet bruksareal. For denne avhandlingen er det valgt å lekte vegger, tak, og gulv utover for å ikke redusere bruksarealet og volumet, men heller øke fotavtrykket til boligen. Dette er for å simplifisere beregningene og ikke hensynta et variabelt bruksareal og oppvarmet luftvolum. Mer utdypende spesifikasjoner for Meløy er vist i Tabell 4.1, og er brukt som sammenligningsgrunnlag til de ulike tiltakene.

Tabell 4.1: Spesifikasjoner for Meløy

Bygningskategori	Inndata	Dokumentasjon
Yttervegger	191 m ²	Bindingsverk 36mm (198), 200mm iso kl. 34
Tak	120 m ²	Bl.a. kompakt tak, 400mm iso kl. 38 (trebjelker)
Gulv	120 m ²	Betongdekke, 300mm ESP plate S80 kl. 38
Vindu, dører, og glassfelt	49 m ²	Bl.a. 3-lags, Gjennomsnitt U-verdi maks 1,0
Oppvarmet del av BRA	197 m ²	2 etasjer
Oppvarmet luftvolum	496 m ³	2,4 / 2,5 / 2,6 m (takhøyde)
Vinduslufting	–	60 % arealandel vinduer som kan åpnes
Ventilasjon	–	Mekanisk balansert ventilasjon

4.5.1 Tiltak 1: Ekstrem isolasjon

Tiltaket vist i Tabell 4.2 baseres på grunnlaget om å beholde den originale bygningskroppen med tilsvarende vegg-, tak-, og gulvtykkelse. Standard isolasjonen i disse bygningsdelene byttes ut med ekstrem isolasjon, som reduserer lambda-verdien i isolasjonen og gir bedre isoleringsevne. Dette reduserer U-verdien i bygningsdelene, som igjen reduserer varmetapstallet. Vegg- og isolasjonstykkelsen forblir den samme.

Tabell 4.2: Tiltak 1: Ekstrem isolasjon

Tiltak 1: Ekstrem isolasjon	
Tiltak	Teknisk levetid
Glava ekstrem isolasjon i yttervegg, 200 mm	Bygningskomponenter 60 år
Glava ekstrem isolasjon i bjelkelag mot kompakttak, 150 mm	
Glava ekstrem isolasjon i dekker, 300 mm	

4.5.2 Tiltak 2: Tilfredsstillelse av krav til energieffektivitet

Tiltaket vist i Tabell 4.3 overholder kravene for energieffektivitet iht. TEK17 §14-2(2). Energiltaksliste for småhus er fulgt for tilfredsstillelse av byggtekniske krav av U-verdier, andel vindus- og dørareal av oppvarmet BRA, varmegjenvinning, spesifikk vifteeffekt, lekkasjetall og kuldebroverdi. Krav til energieffektivitet er med forbehold om oppfyllelse av minimumsnivå for energieffektivitet §14-3. Økning i veggtykkelse og reduksjon i U-verdi for

yttervegger og vinduer er gjennomført i forhold til opprinnelig bygningskropp. I tillegg er tetthetstallet redusert fra 1,5 til 0,6.

Tabell 4.3: Tiltak 2: Tilfredsstillelse av krav til energieffektivitet

Tiltak 2: Tilfredsstillelse av krav til energieffektivitet	
Tiltak	Teknisk levetid
Yttervegg: 36 mm bindingsverk, 250 mm standard isolasjon	Bygningskomponenter: 60 år
Vinduer: 0,7 U-verdi	
Tetthetstall 0,6 (superisolerte vindus- og dørkarmer)	

4.5.3 Tiltak 3: Varmepumpe

Tiltaket i Tabell 4.4 vektlegger endring i energiforsyning fra 100 prosent oppvarming med elektriske panelovner, til en standard luft-til-luft varmpumpe som står for 40 prosent av dekningsgraden, altså 40 prosent av boligens romoppvarming. En varmpumpe kan kun monteres i ett rom, og har derfor ikke kapasitet til å varme opp hele boligen.

Tabell 4.4: Tiltak 3: Varmepumpe luft-til-luft

Tiltak 3: Varmepumpe	
Tiltak	Teknisk levetid
Varmepumpe: Luft-til-luft	Teknisk utstyr: 15 år

4.5.4 Tiltak 4: Flexit EcoNordic WH4

Tiltaket i Tabell 4.5 baseres på en implementering av produktet EcoNordic WH4, en inneklimasentral produsert av Flexit. Det gjennomføres ingen endringer i selve bygningskroppen i forhold til tykkelse på bygningsdeler eller komponenter, endringer i U-verdier eller tetthetstall. EcoNordic WH4 integrerer ventilasjon, varme og tappevann i inneklimasentralen. Som følge av implementering av EcoNordic WH4 forsynes boligens energi gjennom vannbåren varme som resulterer i at opprinnelig ildsted og pipe kan fjernes, samt det balanserte ventilasjonssystemet, varmtvannsbereder, og elektriske panelovner -og varmekabler i gulv.

Tabell 4.5: Tiltak 4: Flexit EcoNordic WH4

Tiltak 4: Flexit EcoNordic WH4	
Tiltak	Teknisk levetid
Inneklimasentral EcoNordic WH4 Balansert ventilasjon Forvarming av tappevann Vannbåret varmesystem Fjerne ildsted, pipe, ventilasjon, varmtvannsbereder, elektriske panelovner -og varmekabler	Teknisk utstyr: 15 år

4.5.5 Tiltak 5: Tilfredsstillelse av krav til passivhus

Tiltaket i Tabell 4.6 gjennomføres i samsvar med Norsk Standard for passivhus iht. NS 3700. Simien sin passivhusevaluering er benyttet for tilfredsstillelse av krav til varmetapstall, oppvarmingsbehov, energiforsyning, og bygningsdeler og komponenter. Enkelte endringer i bygningskroppen er nødvendige for å tilfredsstille kravene til boligens netto energibehov, og av den grunn er det fjernet tre store vinduer på den nordlige fasadedelen, som resulterer i en reduksjon i boligens totale vindusareal. I tillegg er vegg-, gulv-, og taktykkelse økt, samtidig som tetthetstall og kuldebroverdi henholdsvis reduseres til 0,3 og 0,03. For passivhus stilles det også omfattende krav til energiforsyning hvor levert energi fra elektrisitet og fossile brensler må være mindre enn netto energibehov fratrukket 50 prosent av netto energibehov til varmtvann. EcoNordic WH4 tilfredsstiller dekningsbehovet for varmtvann ved fornybare energikilder gjennom vannbåren varme, samt varmepumpe. Etersom TEK17 ikke stiller krav til ildsted og pipe ved tilførsel av vannbåren varme, kan dette fjernes. Videre, som følge av implementering av EcoNordic WH4, kan det balanserte ventilasjonssystemet i standardboligen fjernes, samt varmtvannsbereder, elektriske panelovner -og varmekabler i gulv. Disse tiltakene skal ifølge Simien-evalueringen tilfredsstille krav til passivhus.

Tabell 4.6: Tiltak 5: Tilfredsstillelse av krav til passivhus

Tiltak 5: Tilfredsstillelse av krav til passivhus	
Tiltak	Teknisk levetid

Yttervegg: 48 mm dobbeltveggkonstruksjon, 450 mm standard isolasjon
Gulv: 200-250 mm betongdekke, 400 mm standard isolasjon
Tak: 48 mm bjelkelag, 450 mm standard isolasjon
Vinduer: 0,7 U-verdi
Vindusareal: 19,1 %
Tetthetstall 0,3 (superisolerte vindus- og dørkarmen)
Kuldebroverdi 0,03
Flexit EcoNordic WH4
Fjerne ildsted, pipe, ventilasjon,
varmtvannsbereder, elektriske panelovner -og varmekabler

Bygningskomponenter:
60 år
Teknisk utstyr: 15 år

Del 2: Energiberegninger

4.6 Energiberegninger for Meløy – uten tiltak

Eneboligen Meløy ble lagt inn i energiberegningsprogrammet Simien for å kunne kartlegge dens energibehov, levert energi, og energimerking. For å legge boligen inn i Simien, ble det benyttet dens spesifikasjoner (oppgitt i Tabell 3.1 og Figur 3.1-3.3), i tillegg til ytterligere detaljtegninger av vinduer, dører, og plantegninger bistått av Systemhus og Mestergruppen Arkitekter. Dersom noen av spesifikasjoner manglet, ble det henvist til krav iht. TEK17 (DiBK, 2017). Alle resultater for energiberegningene, uten at det påpekes noe annet, har Oslo som referanselokasjon. Dette for å redusere antall tabeller og figurer, som kan gi en lettere og mer oversiktlig leseropplevelse. Tabell 4.7 viser boligens energibudsjett, hentet ut ifra Simien. Budsjettet oppgir energibehovet til de ulike energipostene listet i tabellen, der energibehovet påvirkes i størst grad av romoppvarming, varmtvann, belysning og teknisk utstyr.

Tabell 4.7: Energibudsjett for Meløy, Oslo

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	6340 kWh	32,2 kWh/m ²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	224 kWh	1,1 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)	5864 kWh	29,8 kWh/m ²
3a Vifter	615 kWh	3,1 kWh/m ²
3b Pumper	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Belysning	2243 kWh	11,4 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr	3450 kWh	17,5 kWh/m ²
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	18736 kWh	95,2 kWh/m²

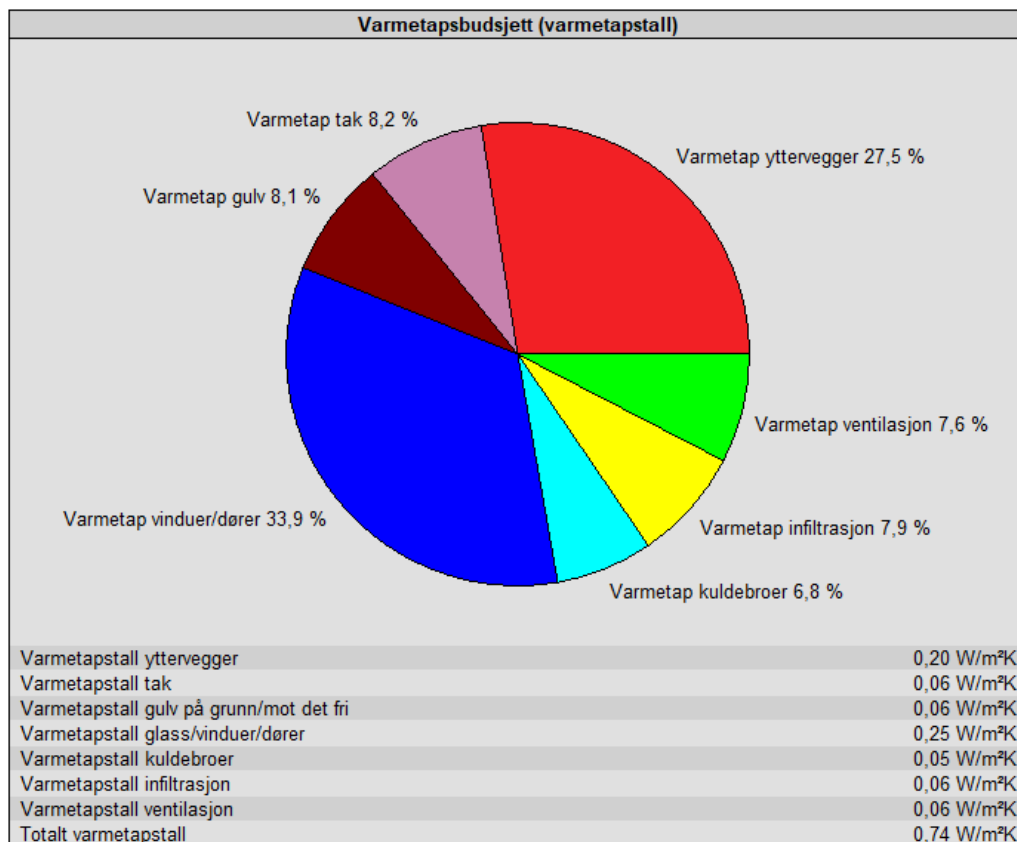
Den overnevnte tabellen viser at boligens totale netto energibehov ligger på 18 736 kWh. Dette samsvarer godt med SSBs rapport, som påpeker at en gjennomsnittlig norsk husholdning bruker rundt 16.000 kWh elektrisitet i året (SSB, 2018). Den leverte energien i Tabell 4.8 er noe høyere enn boligens energibehov, 19 426 kWh, og består av 100 prosent direkte elektrisitet - panelovner. Forskjellen på energibehov og levert energi er at levert energi hensyntar varmesystemets virkningsgrad (tap i energi) i beregningene. Det vil si at et effektivt varmesystem bruker mindre energi for å oppnå samme effekt sammenlignet med et mindre effektivt varmesystem. Et effektivt varmesystem tilsier altså en lavere verdi at levert energi, noe som er positivt for lønnsomheten.

Tabell 4.8: Levert energi for Meløy, Oslo

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	19426 kWh	98,7 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	19426 kWh	98,7 kWh/m²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	19426 kWh	98,7 kWh/m²

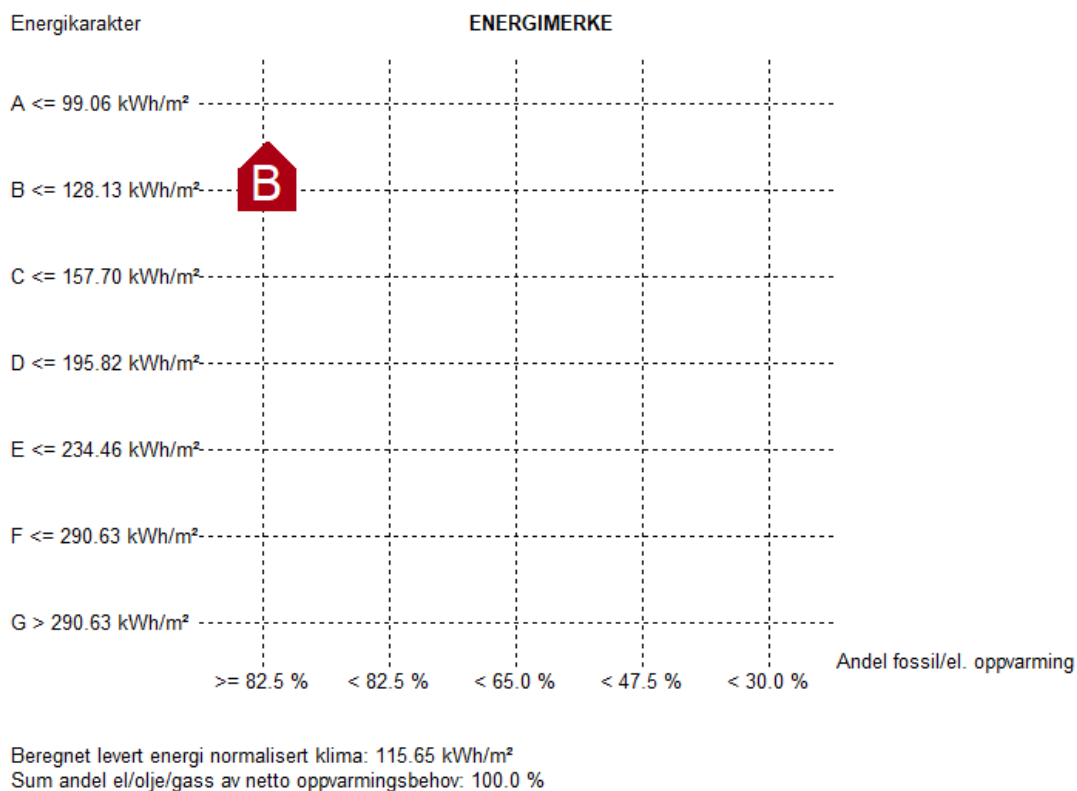
Videre er varmetapsbudsjettet for boligen vist i Figur 4.2, og angir fordelingen av varmetapet på de ulike bygningskomponentene. Varmetapet påvirkes som tidligere vist i størst grad av

ytterveggene og vindu/dørene med tilsynelatende høyere U-verdier sammenlignet med de andre bygningskomponentene. Det totale varmetapstallet ligger på 0,74 W/m²K.



Figur 4.2: Varmetapsbudsjet for Meløy, Oslo

Figur 4.3 viser boligens energimerking med en beregnet levert energi på 115,65 kWh/m². Dette tilfredsstill minimumskravene til TEK17, altså en levert energi < 128,13 kWh/m², og får dermed en energikarakter B. Boligens energiforsyning har en rød oppvarmingskarakter, som tilsier at sum andel netto oppvarmingsbehov > 82,5 prosent. Dette grunnet at energiforsyning består av 100 prosent direkte elektrisitet – panelovner. Forskjellen på levert energi (oppgitt i forrige tabell) og denne beregnede leverte energien er at den sistnevnte hensyntar hvor mye energi som trengs for å opprettholde et komfortabelt innneklima i en bolig. Dette er en justert måling, ofte noe høyere, som brukes i byggebransjen for å vurdere om boligen tilfredsstill minimumskravene til TEK17.



Figur 4.3: Energimerking for Meløy, Oslo

Til slutt, viser Tabell 4.9 at boligen tilfredsstillende minstekravene for energieffektivitet §14-3 (henvist i Tabell 2.2). Dette tilfredsstillende derfor minstekravet til TEK17, som er lovpålagt å oppfylle for å kunne bygge i Norge.

Tabell 4.9: Minstekrav til energieffektivitet for Meløy, Oslo

Beskrivelse	Minstekrav (§14-3)	
	Verdi	Krav
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,21	0,22
U-verdi tak [W/m ² K]	0,10	0,18
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m ² K]	0,10	0,18
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m ² K]	1,0	1,2
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	1,0	1,5

Boligen tilfredsstillende derimot ikke de absolutte kravene for energiltak §14-2(2), vist i Tabell 4.10, som har noe strengere krav enn metoden for energirammer gitt i tabellen over. Dette kravet er derimot ikke lovpålagt å oppfylle for å kunne bygge i Norge. Som vist i tabellen har boligen for høye U-verdier på yttervegger og glass/vinduer/dører, samt et for høyt lekkasjetall for å tilfredsstillende kravet.

Tabell 4.10: Krav til energiltak for Meløy, Oslo

Energiltak (§14-2 (2))		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Samlet glass-, vindus og dørareal delt på bruksarealet [%]	25,0	25,0
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,21	0,18
U-verdi tak [W/m ² K]	0,10	0,13
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m ² K]	0,10	0,10
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m ² K]	1,00	0,80
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]	0,05	0,05
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	1,0	0,6
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]	86	80
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ³ /s]:	1,50	1,50

4.6.1 Energiberegninger – ulike lokasjoner

Innledningsvis ble det presentert at Oslo står som referanselokasjon for alt av resultater for energiberegningene, dersom ikke noe annet blir påpekt. Videre i dette delkapittelet blir det derimot undersøkt hvordan ulike lokasjoner påvirker boligens energibehov og leverte energi. I Tabell 4.11 viser data hentet ut fra Simien, som oppgir ulik årsmiddeltemperatur og dimensjonerende utetemperatur for de utvalgte lokasjonene; Oslo, Kristiansand, Bergen, Trondheim, og Tromsø. Differansen i de ulike verdiene kommer som tidligere nevnt av de ulike klima- og temperatursonene tilknyttet de respektive lokasjonene.

Tabell 4.11: Årsmiddeltemperatur basert på ulike lokasjoner i Norge

	Oslo	Kristiansand	Bergen	Trondheim	Tromsø
Årsmiddeltemperatur	6,3	7,9	7,5	5,1	2,9
Dim. utetemperatur	-20,0	-22,9	-11,7	-18,5	-14,6

Tabell 4.12 viser energibehov og levert energi for Meløy basert på de ulike lokasjonene, uten noe form for energibesparende tiltak. For å begrense antall figurer og tabeller, velges det kun å se på det totale netto energibehovet -og levert energi for de ulike lokasjonene, ikke varmebudsjett, energimerking, eller om boligen tilfredsstiller krav til energieffektivitet §14-3 eller energiltak §14-2(2). Resultatene fra Simien beregningene viser at den leverte energien overstiger boligens energibehov i alle tilfeller, noe som tilsier at det installerte varmesystemet slipper ut varme som går tapt, som igjen reduserer systemvirkningsgraden. En lavere levert energi tilsier altså et mer effektivt varmesystem, som bruker mindre energi på å tilfredsstille boligens energibehov.

Tabell 4.12: Energibehov og levert energi for Meløy med ulike lokasjon, [kWh]

	Oslo	Kristiansand	Bergen	Trondheim	Tromsø
Energibehov	18 736	17 287	17 557	19 654	21 300
Levert energi	19 426	17 851	18 145	20 424	22 213

Man kan se i den overnevnte figuren at lokasjonen med høyest netto energibehov, Tromsø, har en økning på hele 23,2 prosent sammenlignet med lokasjonen med lavest energibehov, Kristiansand. Dette kommer av differansen i årsmiddeltemperatur og den dimensjonerende utetemperaturen til de ulike lokasjonene.

4.7 Energiberegninger for Meløy – med tiltak

Til nå har det blitt sett på energiberegninger for Meløy med ulike lokasjon, uten noe form for energibesparende tiltak. Med dette delkapittelet undersøkes det hvordan de ulike energieffektive løsningene påvirker boligens netto energibehov -og leverte energi, samt hvilken påvirkning de ulike lokasjonene har. Ved å legge inn de ulike tiltakene i Simien, var det mulig å beregne boligens energibehov og leverte energi, vist i Tabell 4.13. Som tidligere nevnt har alle resultater for energiberegningene Oslo som referanselokasjon, uten at det påpekes noe annet. Her viser tabellen at tiltakene reduserer både boligens energibehov og levert energi, sammenlignet med boligen uten tiltak. En reduksjon av energibehov kan tyde på gode isolerende evner med et lavt varmetapstall, slik at boligen holder godt på varmen. En reduksjon av levert energi kan som tidligere nevnt tyde på et mer effektivt varmesystem som bruker mindre energi for å oppnå samme effekt sammenlignet med et mindre effektivt varmesystem.

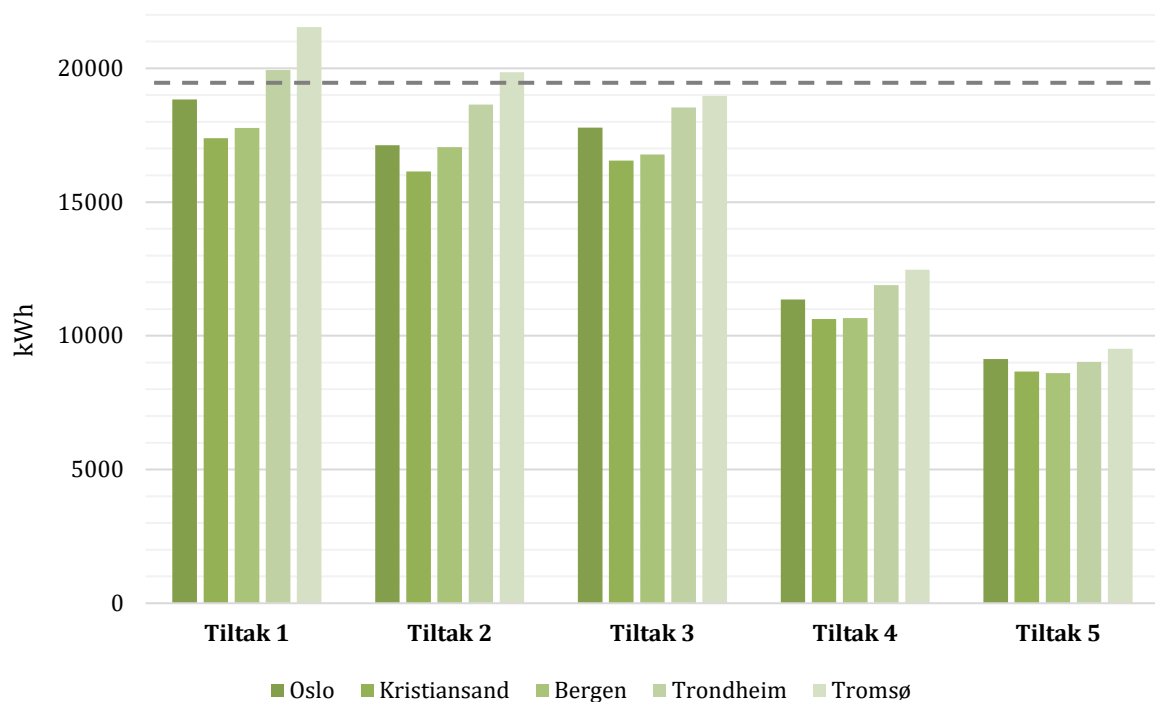
Tabell 4.13: Energibehov og levert energi for Meløy med ulike tiltak, [kWh], Oslo

	Uten tiltak	Tiltak 1	Tiltak 2	Tiltak 3	Tiltak 4	Tiltak 5
Energibehov	18 736	18 188	16 615	18 736	16 111	13 428
Levert energi	19 426	18 831	17 121	17 782	11 357	9 134

4.7.1 Energiberegninger – ulike lokasjoner

Til slutt illustrerer Figur 4.4 hvordan de ulike lokasjonene påvirker boligens leverte energi for de gitte tiltakene. Den grå stiplede linjen representerer den leverte energien for Meløy uten

tiltak, lokalisert i Oslo. Denne linjen er kun for å få en visuell sammenligning til effekten av de ulike tiltakene og lokasjonene.



Figur 4.4: Levert energi for Meløy med tiltak – ulike lokasjoner

Del 3: Lønnsomhetsberegninger

For å beregne lønnsomhet er det tatt utgangspunktet i årlige energibesparelser og kostnader tilknyttet de ulike tiltakene. Kostnader er i dette tilfellet investerings- og gjennomførelseskostnader, der eventuelle økonomiske støtteordninger som Enova trekkes fra. En utdypelse av disse beregningene presenteres i delkapitlene under. Alle strømprisene har benevning [kr/kWh], men er i dette kapitlet representert som [kr] for å gi teksten et roligere preg. Med dette vil både kostnader og strømpriser ha lik benevning, men er tydelig adskilt i teksten.

4.8 Kostnadsberegninger

For å henviser til relevante lønnsomhetsberegninger er det essensielt med eksakte kostnadsberegninger. Utregningene er gjennomført av Mestergruppen, og viser prisdifferansen (delta) mellom boligen med og uten tiltak. Tabell 4.14 viser en forenklet versjon av kostnadsberegningene, men er i samsvar med de fullstendige og utfylte kostnadene (Vedlegg

A). Kostnadene omfatter en komplett gjennomføring av tiltakene inkludert utgifter for timesarbeid. Det tas også høyde for at bedriften (Mestergruppen) legger på et prispåslag på toppen av kostnadene, og er inkludert i tabellen under. Det påpekes av Mestergruppen at kostnader for en reduksjon i U-verdi på vinduer fra 1,0 til 0,7 er tilsvarende null. Vår informant i Mestergruppen begrunnet at årsaken for dette kunne være overlaging av vinduer med lavere U-verdi, og at prisdifferansen mellom vinduene ikke var merkverdig fra leverandør til bedriften. For tiltak som tilfredsstiller støtteordninger fra Enova legges også til i tabellen. Tiltakene som innfrir kravene for støtte er tiltak 4 og 5, hvor begge får redusert kostnad på 10 000 kr for vannbårent varmesystem og 5 000 kr for akkumulatortank.

Tabell 4.14: Kostnader knyttet til energieffektive tiltak

Tiltak 1: Ekstrem isolasjon	
Kostnad	
Yttervegg:	16 177,63 kr
Gulv på grunn:	21 773,52 kr
Yttertak:	7 527,57 kr
Sum (inkl. mva.):	56 848,40 kr
Tiltak 2: Tilfredsstillelse av krav til energieffektivitet	
Kostnad	
Yttervegg, isolert påføring 50 mm:	46 295,71 kr
Vinduer med U-verdi 0,7:	0 kr
Sum (inkl. mva.):	57 869,64 kr
Tiltak 3: Varmepumpe	
Kostnad	
Varmepumpe, luft-til-luft:	23 940,00 kr
Sum (inkl. mva.):	29 925,00 kr
Tiltak 4: Flexit EcoNordic WH4	
Kostnad	
Sponplate med spor:	13 316,95 kr
Gulvvarmerør i betonggulv:	52 958,88 kr
Gulvvarmerør i tregulv:	60 931,72 kr
Romtermostater:	17 788,20 kr

Inneklimasentral: Flexit EcoNordic WH4 (komplett kanalpakke):	216 449,54 kr
Balansert ventilasjonsanlegg:	-78 664,50 kr
Stålpipeline:	-40 495,14 kr
Ildsted, peisovn:	-29 942,29 kr
Panelovner	-40 902,51 kr
Varmekabel i gulv	-30 717,36 kr
Varmtvannsbereder	-15 565,07 kr
Enovastøtte, akkumulatortank	-5 000 kr
Enovastøtte, vannbåren varme	-10 000 kr
Sum (inkl. mva.):	141 510,53 kr

Tiltak 5: Tilfredsstillelse av krav til passivhus

Kostnad	
Yttervegg, isolert påforing 198 mm+48 mm:	171 965,15 kr
Gulv på grunn, 400 mm isolasjon:	21 773,52 kr
Yttertakk, 450 mm isolasjon:	5 132,03 kr
Vinduer med U-verdi 0,7:	0 kr
Flexit EcoNordic WH4 (tiltak 4, ekskl. mva.):	141 510,53 kr
Vinduer	-28 627,60
Enovastøtte, akkumulatortank	-5 000 kr
Enovastøtte, vannbåren varme	-10 000 kr
Sum (inkl. mva.):	354 314,40 kr

4.9 Årlige energibesparelser

De årlige energibesparelsene i denne sammenheng ble hentet ut fra Simien, og er vist i Tabell 4.15. Disse besparelsene er beregnet ut fra den leverte energien på boligen uten tiltak – subtrahert med levert energi for hvert enkelt tiltak. Tallverdiene i tabellen er fargekodet for å lettere skille mellom store og små besparelser, der tabellen viser at Tiltak 1-3 er noe lavere sammenlignet med Tiltak 4 og 5.

Tabell 4.15: Årlig energibesparelse for Meløy, [kWh]

	Oslo	Kristiansand	Bergen	Trondheim	Tromsø
Tiltak 1	595	492	369	487	670
Tiltak 2	2 305	1706	1 095	1 777	2 366
Tiltak 3	1 644	1 295	1 373	1 886	2 303
Tiltak 4	8 069	7 222	7 481	8 528	9 742
Tiltak 5	10 292	9 184	9 541	11 401	12 704

4.10 Lønnsomhetsberegninger

Lønnsomhetsberegningene ble i denne sammenheng utarbeidet i Excel, basert på investeringskostnader, energibesparelser, og levetid for de ulike tiltakene. Tabell 4.16 viser forholdet mellom avkastningskrav og nødvendig strømpris for at investeringen skal gå i null. Verdiene i tabellen synliggjør hvilke strømpriser som er nødvendig for at de ulike tiltakene skal være ulønnsomme eller lønnsomme. Alle lønnsomhetsberegningene har Oslo som referanselokasjon, uten at det påpekes noe annet. Dersom strømprisen er lavere enn verdiene oppgitt i tabellen vil investeringen bli ulønnsom, og hvis strømprisen er høyere vil investeringen bli lønnsom.

Tabell 4.16: Nødvendig strømpris for å gå i null ved ulike avkastningskrav, Oslo

		2,0 %		3,0 %		4,0 %
Tiltak 1	kr	2,75	kr	3,45	kr	4,22
Tiltak 2	kr	0,72	kr	0,91	kr	1,11
Tiltak 3	kr	1,42	kr	1,52	kr	1,64
Tiltak 4	kr	0,29	kr	0,47	kr	0,65
Tiltak 5	kr	0,82	kr	1,12	kr	1,42

Tabell 4.17 illustrerer årlig lønnsomhet på investeringene ved ulike avkastningskrav og strømpriser. Verdiene representerer inntjening fra energibesparelse basert på de aktuelle strømprisene og avkastningskravene, hvor negative -og positive verdier henholdsvis representerer kostander (i rødt) -og besparelser (i grønt). Tabellen viser at et lavt avkastningskrav kombinert med en høy strømpris utgjør en høy besparelse, og motsatt.

Tabell 4.17: Årlig lønnsomhet ved ulike avkastningskrav og strømpriser, Oslo

Tiltak 1: Ekstrem isolasjon						
		2,0 %		3,0 %		4,0 %
kr 1,0	-kr	1 040	-kr	1 459	-kr	1 918
kr 1,5	-kr	743	-kr	1 162	-kr	1 620
kr 2,0	-kr	445	-kr	864	-kr	1 323
Tiltak 2: Tilfredsstillelse av krav til energieffektivitet						
kr 1,0	kr	640	kr	214	-kr	253
kr 1,5	kr	1 793	kr	1 366	kr	900
kr 2,0	kr	2 945	kr	2 519	kr	2 052
Tiltak 3: Varmepumpe						
kr 1,0	-kr	685	-kr	863	-kr	1 047
kr 1,5	kr	137	-kr	41	-kr	225
kr 2,0	kr	959	kr	781	kr	597
Tiltak 4: Flexit EcoNordic WH4						
kr 1,0	kr	5 730	kr	4 280	kr	2 833
kr 1,5	kr	9 764	kr	8 315	kr	6 867
kr 2,0	kr	13 799	kr	12 349	kr	10 902
Tiltak 5: Tilfredsstillelse av krav til passivhus						
kr 1,0	kr	1 831	-kr	1 186	-kr	4 351
kr 1,5	kr	6 977	kr	3 960	kr	795
kr 2,0	kr	12 123	kr	9 106	kr	5 941

Tabell 4.18 oppgir diskontert tilbakebetalingstid for de ulike tiltakene basert på ulike strømpriser og avkastningskrav, med Oslo som referanselokasjon. En diskontert tilbakebetalingstid er tiden det tar for å tjene tilbake den opprinnelige investeringen, justert for tidsverdien av pengene. Tiltak som har kortere tilbakebetalingstid enn teknisk levetid for

komponentene i investeringen anses som lønnsomme. Tilbakebetalingstid på > 100,0 år representerer at investeringen aldri vil bli lønnsom ved den gitte strømprisen og det gitte avkastningskravet. Tabellen viser at et lavt avkastningskrav kombinert med en høy strømpris utgjør en kortere tilbakebetalingstid, og motsatt. For Tiltak 4 og 5 vil sluttverdien for Flexit EcoNordic WH4 tre i gang etter 15 år. For tiltak som har en tilbakebetalingstid i overkant av 15 år vil spontant tjenes inn, og settes derfor til 15 år blank. For tilfellet i Tiltak 5 med en strømpris på 1,0 kr og et avkastningskrav på 4,0 prosent er tilbakebetalingstiden noe høyere enn 15 år. Selv med en utbetaling på 150 000 kr i sluttverdi etter 15 år, vil dette likevel ikke være tilstrekkelig for å tjene inn investeringen, og vil derfor ha en noe høyere tilbakebetalingstid etter dette tidspunktet.

Tabell 4.18: Diskontert tilbakebetalingstid med ulike strømpriser, Oslo

Tiltak 1: Ekstrem isolasjon							
		2,0 %		3,0 %		4,0 %	
kr 1,0	år	> 100,0	år	> 100,0	år	> 100,0	
kr 1,5	år	> 100,0	år	> 100,0	år	> 100,0	
kr 2,0	år	> 100,0	år	> 100,0	år	> 100,0	
Tiltak 2: Tilfredsstillelse av krav til energieffektivitet							
kr 1,0	år	35,2	år	47,3	år	> 100,0	
kr 1,5	år	20,6	år	23,6	år	28,2	
kr 2,0	år	14,6	år	16,0	år	17,8	
Tiltak 3: Varmepumpe							
kr 1,0	år	22,9	år	26,7	år	33,2	
kr 1,5	år	14,0	år	15,3	år	16,9	
kr 2,0	år	10,1	år	10,8	år	11,5	
Tiltak 4: Flexit EcoNordic WH4							
kr 1,0	år	15,0	år	15,0	år	15,0	
kr 1,5	år	13,5	år	14,6	år	15,0	
kr 2,0	år	9,7	år	10,3	år	11,0	

Tiltak 5: Tilfredsstillelse av krav til passivhus						
kr 1,0	år	32,2	år	47,2	år	> 100,0
kr 1,5	år	19,1	år	23,5	år	30,9
kr 2,0	år	13,6	år	16,0	år	19,1

Tabell 4.19 illustrerer årlig lønnsomhet på investeringene, basert på ulike botider. Positive -og negative verdier representerer henholdsvis kostnader (i rødt) -og besparelser (i grønt). Tiltakene har Oslo som referanselokasjon, med et avkastningskrav på 3,0 prosent og en strømpris på 1,5 kr. Det er imidlertid utfordrende å anslå en sluttverdi for de ulike komponentene tilknyttet de ulike tiltakene. Det kan være naturlig å tenke seg at tiltakets sluttverdi er høy de første årene, men at de også faller fort i verdi. Ettersom dette er uvisst, er det derfor ikke hensyntatt i denne tabellen. Verdiene i tabellen kan derfor vise et mindre lønnsomt resultat enn hva det ville vært i virkeligheten. Likevel viser den hvor stor påvirkning botid har på investeringens lønnsomhet.

Tabell 4.19: Årlig lønnsomhet – ulike botider, Oslo

	år	5	år	10	år	15
Tiltak 1	-kr	11 521	-kr	5 772	-kr	3 869
Tiltak 2	-kr	9 179	-kr	3 327	-kr	1 390
Tiltak 3	-kr	4 068	-kr	1 042	-kr	41
Tiltak 4	-kr	18 796	-kr	4 486	kr	250
Tiltak 5	-kr	61 928	-kr	26 098	-kr	14 242

4.10.1 Lønnsomhetsberegninger – ulike lokasjoner

Tabell 4.20 fremstiller den nødvendige strømprisen for at investeringen går i null, men med hensyn til ulike lokasjoner. Avkastningskravet er satt til 3,0 prosent.

Tabell 4.20: Nødvendig strømpris for å gå i null – ulike lokasjoner

	Oslo	Kristiansand	Bergen	Trondheim	Tromsø
Tiltak 1	kr 3.45	kr 4.18	kr 5.57	kr 4.22	kr 3.07
Tiltak 2	kr 0.91	kr 1.23	kr 1.91	kr 1.18	kr 0.88

Tiltak 3	kr	1.52	kr	1.94	kr	1.83	kr	1.33	kr	1.09
Tiltak 4	kr	0.47	kr	0.52	kr	0.51	kr	0.44	kr	0.39
Tiltak 5	kr	1,12	kr	1,25	kr	1,20	kr	1,01	kr	0,90

Tabell 4.21 viser årlig lønnsomhet knyttet til investeringene, basert på ulike lokasjoner. De årlige kostnadene er basert på en strømpris på 1,5 kr og et avkastningskrav på 3,0 prosent.

Tabell 4.21: Årlig lønnsomhet – ulike lokasjoner

	Oslo		Kristiansand		Bergen		Trondheim		Tromsø	
Tiltak 1	-kr	1 162	-kr	1 316	-kr	1 501	-kr	1 324	-kr	1 049
Tiltak 2	kr	1 366	kr	468	-kr	449	kr	574	kr	1 458
Tiltak 3	-kr	41	-kr	564	-kr	447	kr	322	kr	948
Tiltak 4	kr	8 315	kr	7 044	kr	7 433	kr	9 003	kr	10 824
Tiltak 5	kr	3 960	kr	2 298	kr	2 833	kr	5 623	kr	7 578

Tabell 4.22 fremstiller hvilken tilbakebetalingstid de ulike tiltakene har, basert på ulike lokasjoner. Det benyttes en strømpris på 1,5 kr og et avkastningskrav på 3,0 prosent. En tilbakebetalingstid på > 100,0 år representerer at investeringen aldri vil bli lønnsom ved den gitte strømprisen og avkastningskravet.

Tabell 4.22: Diskontert tilbakebetalingstid – ulike lokasjoner

	Oslo		Kristiansand		Bergen		Trondheim		Tromsø	
Tiltak 1	år	61,5	år	> 100,0	år	> 100,0	år	> 100,0	år	53,9
Tiltak 2	år	23,6	år	38,4	år	> 100,0	år	35,6	år	22,7
Tiltak 3	år	15,3	år	21,0	år	19,4	år	12,9	år	10,2
Tiltak 4	år	14,6	år	15,0	år	15,0	år	13,6	år	11,6
Tiltak 5	år	15,0	år	15,0	år	15,0	år	15,0	år	13,1

4.11 Lønnsomhetsanalyse oppsummert

Det er i dette delkapittelet oppsummert alle nøkkelresultater knyttet til hvert enkelt tiltak. For å komprimere resultatene, har Tabell 4.23 tatt utgangspunktet i Oslo som referanselokasjon, et

avkastningskrav på 3,0 prosent, en strømpris på 1,5 kr, og materialets tekniske levetid. Lønnsomhet representerer i dette tilfellet årlige kostnader (i rødt) og besparelser (i grønt). Tilbakebetalingstider som overstiger den tekniske levetiden vil resultere i en økonomisk ulønnsom investering, og motsatt. Videre, har Meløy uten tiltak en netto levert energi på 19 426 kWh. For å beregne levert energi for de ulike tiltakene, har energibesparelsene blitt subtrahert med den overnevnte verdien. Sluttverdien for Flexit EcoNordic WH4 etter 150 000 kr, og trer i gang etter 15 år. For tilfellet i tabellen under påvirker sluttverdien kun Tiltak 5, ettersom Tiltak 4 har en tilbakebetalingstid på under 15 år.

Tabell 4.23: Lønnsomhetsanalyse for energieffektive tiltak

Tiltak	Kostnad inkl. Enova [kr]	Årlig lønnsomhet [kr]	Tilbakebetalingstid [år]	Energi-besparelse [kWh]	Levert energi [kWh]	Teknisk levetid [år]
1 Ekstrem isolasjon	56 848	-1 162	> 100,0	595	18 831	60
2 Krav til energieffektivitet	57 870	1 366	23,6	2 305	17 121	60
3 Varmepumpe	29 925	-41	15,3	1 644	17 782	15
4 Flexit EcoNordic WH4	141 511	8 315	14,6	8 069	11 357	15
5 Krav til passivhus	354 314	3 960	23,5	10 292	9 134	60 & 15

5 *Diskusjon*

I dette kapittelet skal funnene fra resultatkapittelet diskuteres i lys av det konseptuelle rammeverket. Målet er å undersøke årsakssammenhenger mellom det konseptuelle rammeverket, kvantitative og kvalitative funn, samt diskutere utfordringer med studien. Kapittelet knyttes også opp mot de to forskerspørsmålene, som senere skal hjelpe med å besvare den overordnede problemstillingen i konklusjonskapittelet. Kapittelet begynner først med en diskusjon av funnene, etterfulgt av pålitelighets- og validitetsvurderinger knyttet opp mot studien. Dernest skal det diskuteres faktorer som kan påvirke kundens beslutning i å investere i energieffektive tiltak, og til slutt en diskusjon for videre forskning.

5.1 **Diskusjon av funnene**

5.1.1 **Lokasjon**

Hvilken innvirkning har boligens lokalisering å si for energiforbruket og lønnsomheten?

I det konseptuelle rammeverket ble det redegjort at ulike lokasjoner har ulik årsmiddeltemperatur, lengde på fyringssesong, døgnmiddeltemperatur og dimensjonerende utetemperatur, som påvirker boligens energiforbruk og varmetap. Det overnevnte forskerspørsmålet skal videre bistå til å undersøke i hvor stor grad boligens lokalisering har å si for energiforbruket. Boligens plassering i forhold til lokal vegetasjon, topografi -og solforhold er uendret og identisk for alle lokasjonene. Funnene viser tydelig at boligens netto energibehov og leverte energi øker desto lengre nord den er plassert, spesielt i Tromsø. Dette samsvarer godt med den lave årsmiddeltemperaturen for dette området, som har en direkte effekt på energiforbruket. Selv om dette øker boligens energiforbruk, vil en lavere årsmiddeltemperatur generelt gi høyere besparelser dersom man ønsker å energieffektivisere boligen sin. Sammenligner man resultatene for årlige besparelser og årsmiddeltemperatur er de likevel ikke helt i overenstemmelse. For kjøligere lokasjoner med lavere dimensjonerende utetemperaturer kan det være vanskeligere å opprettholde et behagelig innklima. Dette skyldes at det krever mer energi å varme opp boligen ettersom energiforsyningssystemet må varme opp kjøligere uteluft, i tillegg til at varmetapet gjennom vegger, tak, og gulv blir større. Ved å tilføre ekstra isolasjon, slik som i Tiltak 2 og 5 (vist i kapittel 4.5), vil boligen holde bedre på varmen ved å redusere varmetapstallet, som medfører høyere energibesparelser og lavere energiforbruk. En lavere årsmiddeltemperatur vil altså generelt sett ha en positiv innvirkning på

energiforbruket, så lenge den dimensjonerende utetemperaturen ikke blir for lav for boligens varmetapskapasitet.

Videre er det viktig å påpeke at strømprisen er svært variabel mellom de nordlige- og sørlige områdene. For de nordlige delene av landet har strømprisen vært kontinuerlig lav gjennom tidene, men det er ingen grunn å anta at disse ikke kan øke. Selv om det er snakk om fremtidige strømpriser i denne avhandlingen, gir kunnskap om historiske strømpriser en pekepinn på hvordan det fluktuerer for de ulike områdene. Tidligere ble det vist at strømprisene for Tiltak 1 i Tromsø må være over 3,07 kr for at investeringen skal være lønnsom. Historisk sett er dette en usannsynlig høy strømpris til Tromsø å være, ettersom at Tromsø sjeldent overstiger 1,0 kr (ekskl. strømstøtte). Videre kan funnene for årlig lønnsomhet (Tabell 4.21) gi en feiltolkning at Tromsø er den mest gunstige lokasjonen, ettersom dette er med forbehold om at strømprisen er på 1,5 kr. For de sørlige områdene har strømprisene historisk sett vært høyere, som overstiger undersøkelsens strømprisgrunnlag på 1,5 kr. Dette resulterer i at funnene for årlig lønnsomhet også her kan være misrepresentative, som i dette tilfellet viser at tiltakene er mindre lønnsomme enn det de muligens er. Den nødvendige strømprisen for at investeringen går i null gir et innblikk i hva strømprisen i området må ligge på for å oppnå en lønnsom investering, og det vises tydelig at denne varierer svært med hensyn på lokasjon og hvilket tiltak som gjennomføres (Tabell 4.20). Den nødvendige strømprisen for Tiltak 4 er svært lav for alle lokasjonene, og selv for Tromsø med historisk -og nåværende lave strømpriser, vil investeringen være lønnsom, basert på et avkastningskrav på 3,0 prosent.

Boligens lokalisering har altså en betydelig innvirkning på boligens energiforbruk. Energiforbruket og besparelsene fra energieffektive tiltak avhenger svært av lokasjonens årsmiddeltemperatur og dimensjonerende utetemperatur. Besparelser for tiltak som utelukkende omfatter oppgradering av bygningskomponenter, oppnår høyere besparelser for områder med kjøligere dimensjonerende utetemperaturer. Det kan da være nødvendig for kunden å finne det optimale krysspunktet mellom årsmiddeltemperatur og dimensjonerende utetemperatur for å oppnå de beste energibesparelsene. Dette vil variere avhengig av området og hvilke energieffektive tiltak som skal gjennomføres. Under kjøligere omgivelser må boligens energiforsyningssystem jobbe mer for å varme opp uteluften som skal distribueres rundt i boligen. Dette resulterer i at områder med svært lave dimensjonerende utetemperaturer ikke nødvendigvis oppnår de beste besparelsene. Eksempelvis har Bergen og Kristiansand

forholdsmessig tilsvarende årsmiddeltemperatur (7,5 -og 7,9 C°), men svært ulik dimensjonerende utetemperaturer (-11,7 -og -22,9 C°). Dette medfører at Tiltak 1 og 2 gir høyere besparelser i Kristiansand, mens Tiltak 3-5 er mer fordelaktig for Bergen.

5.1.2 Avkastningskrav og strømpris

Hvordan påvirker kundens avkastningskrav, norske strømpriser, botid og investeringens levetid tiltakenes lønnsomhet?

I det konseptuelle rammeverket ble det nevnt at avkastningskravet reflekterer risiko knyttet til usikkerhet, og har stor påvirkning på lønnsomhet knyttet til tilbakebetalingstid. Det betyr at kunder med et høyt avkastningskrav, som anser investeringen som risikabel, reduserer investeringens lønnsomhet sammenlignet med kunder som har et lavt avkastningskrav. Dette ser man tydelig i resultatene for diskontert tilbakebetalingstid, som viser at et avkastningskrav på 4,0 prosent forlenger tilbakebetalingstiden med flere år, sammenlignet med et avkastningskrav på 2,0 prosent. For Tiltak 1 og 2 viser resultatene at en økning i avkastningskrav kan påvirke lønnsomheten nok til at investeringen aldri vil kunne bli lønnsom. Risiko knyttet til avkastningskravet vil likevel være et relativt uttrykk og vil variere fra person til person. Hvor mye risiko en kunde er villig til å ta på seg vil altså påvirke tilbakebetalingstiden og lønnsomheten. Likevel vil en endring i strømpris påvirke lønnsomheten betydelig, sammenlignet med en endring i avkastningskrav. De høye strømprisene vi har i dag kommer som tidligere nevnt i det konseptuelle rammeverket av blant annet krigen i Europa, som har ført til uro og ubalanse i det europeiske energimarkedet. Strømprisene blir også påvirket av nedbørsmengden og tilsiget av vann til vannmagasinene, samt fyllingsgraden til magasinene rundt om i landet. Med mye usikkerhet knyttet til fremtiden er det viktig å merke seg at strømprisene kan variere over tid. En høy strømpris vil øke besparelsene knyttet til energieffektive tiltak og dermed øke lønnsomheten. Dette ser man også tydelig i resultatene, som viser at en strømpris på 2,0 kr kan forkorte tilbakebetalingstiden med opptil fire ganger sammenlignet med en strømpris på 1,0 kr.

Kundens avkastningskrav og norske strømpriser har altså stor betydning for tilbakebetalingstiden og lønnsomheten til energieffektive investeringer. Det er derfor viktig å hensynta disse parameterne når man skal vurdere å energieffektivisere boligen sin. Med et høyt avkastningskrav krever kunden høyere avkastning for å rettferdiggjøre investeringen, og med

en høy strømpris vil besparelsene være større, og tilbakebetalingstiden for energieffektive investeringer inntjenes raskere. Etter at regjeringen la frem den midlertidige strømstøtteordningen i 2021, har strømregningen for privatpersoner falt tilbake til et mer normalt og stabilt nivå. Med andre ord vil besparelsene bli mindre, tilbakebetalingstiden forlenges, og lønnsomheten reduseres. Dette gjenspeiles i resultatkapittelet, som tydelig viser at både tilbakebetalingstid og lønnsomhet knyttet til investeringene påvirkes kraftig av kundens avkastningskrav og de norske strømprisene.

5.1.3 Levetid

Privatpersoners botid og investeringens levetid påvirker også tiltakenes lønnsomhet. Generelt sett er det nødvendig med et langsiktig investeringsperspektiv når man ønsker å energieffektivisere boligen sin, spesielt dersom strømprisene -og besparelsene er lave. Videre er det ikke hensyntatt økonomisk levetid for investeringene, som baseres på om det er mer lønnsomt med utskifting av komponenter i stedet for vedvarende vedlikehold før levetiden har forfalt (Bjørberg, 2009). Avhandlingen baserer levetidens grunnlag på en fullverdig levetid uten vedvarende vedlikehold. Følsomhetsanalysene som ble utført i resultatkapittelet viser at lønnsomheten er svært avhengig om investeringen baseres på botid eller teknisk levetid. Dersom botiden er kortere enn investeringens tekniske levetid, kan det hende at investeringen fortsatt ikke er inntjent. Det kan da være nødvendig at kunden får tilbake noe av investeringen i boligens salgsverdi for at tiltaket skal være lønnsomt. Ettersom det er uvisst hvor mye energieffektiviserende tiltak påvirker boligens markedsverdi, har denne avhandlingen sett bort i fra dette. Det kan likevel være nyttig å vurdere hvordan lønnsomheten påvirkes av en kortere botid for huseiere, uten hensyn til verdistigning.

Ved en forventet botid på 5, 10, og 15 år viser funnene (Tabell 4.19) at for hvert tiltak reduseres lønnsomheten drastisk. Det er likevel viktig å merke seg at det ikke er hensyntatt økt markedsverdi på boligen, selv etter kun 5 år. Det kan videre diskuteres om privatpersoner velger å selge boligen sin etter kun 5 år, som har store investeringskostnader i energieffektive tiltak knyttet til boligen. Dersom investeringen krever en stor investeringskostnad, og ikke gir avkastning før etter flere år, kan det hende man lar være å gjennomføre tiltaket grunnet usikkerhet rundt fremtidige kostnader, eventuelt at man blir boende i en lengre periode som et forsøk på å tjene inn investeringen gjennom besparelser. Over tid kan også enkelte tiltak kreve kostnader knyttet til vedlikehold for at effektiviteten skal forbli den samme. Slitedeler og

komponenter som ryker før levetiden er omme krever utskifting og kan påvirke lønnsomheten på sikt. Det kan være utfordrende å måle og anslå presise energibesparelser på sikt, ettersom at effekten tilknyttet tiltakene kan endre seg over tid. Det er derfor viktig å hensynta både botid og investeringsens tekniske levetid ved vurdering av tiltakets lønnsomhet, samt eventuelle usikkerheter knyttet til fremtidige kostnader.

5.2 Diskusjon av studiens pålitelighet og validitet

Videre er det nødvendig å diskutere dataens pålitelighet og validitet. Pålitelighet i denne avhandlingen kan diskuteres opp mot; dersom undersøkelsen ble gjennomført på et annet tidspunkt, hadde avhandlingen kommet fram til samme resultat? Dersom den innsamlede dataen ble hentet ut fra andre bedrifter, ville avhandlingen kommet fram til samme resultat – uavhengig av hvem som spør og hvem som svarer? Tidspunktet for da undersøkelsen ble gjennomført har mest sannsynlig en innvirkning på resultatene. Eksempelvis kan investeringskostnader for energieffektive tiltak endre seg, ved at produktets teknologier og materialer fornyes og effektiviseres over tid, som muligens kan redusere kostnadene. Likevel er det viktig å påpeke at all forskning er begrenset og at det alltid vil være en viss grad av usikkerhet knyttet til resultatene.

Dersom kostnads kalkylene ble samlet inn fra andre aktører hadde resultatene muligens variert noe. Mestergruppen har avtaler med sine leverandører, som kan redusere deres kostnad for innkjøp av produkter og tjenester. Som det tidligere ble påpekt av Mestergruppen var en oppgradering av vinduene kostnadsfritt, ettersom at deres leverandør på dette tidspunktet hadde en overlaging av vinduer med lavere U-verdi. Naturligvis påvirker dette lønnsomhetsberegningene gjennom et kostnadsfritt tiltak for å utskifte og forbedre vinduene. Ved et annet tidspunkt kunne de samme vinduene muligens ha kostet mer, som kan svekke påliteligheten noe. Kostnadene kan også variere avhengig av hvem som etterspør produktene eller tjenestene, men dette kan være utfordrende å finne ut av. Mestergruppen legger videre på et prispåslag på deres produkter og tjenester, noe som kan variere fra bedrift til bedrift. Dersom avhandlingen hadde samlet inn kostnads kalkyler fra noen andre, kunne de ha vært noe annerledes. Det er likevel viktig å påpeke at dette er en masteravhandling på 30 studiepoeng som har et begrenset omfang og tilgjengelig tid til å kryssjekke priser med andre bedrifter.

For tiltak som reduserer lekkasjetallet, innebærer dette ekstra tetting rundt vinduer og dører. I praksis settes dette som et krav til boligen av byggherre, og krever heller ikke et omfattende arbeid. I samtaler med Mestergruppen ble det derfor anslått at en reduksjon i lekkasjetall ikke innebar noen signifikante kostnader, og ble av denne grunn satt som kostnadsfritt for lønnsomhetsberegningene. Dette kan svekke påliteligheten, ettersom at andre bedrifter kan ha noe ulikt syn på slike kostnader. Forbedret tetthet i boligen medfører store energibesparelser, og dersom et slikt tiltak er kostnadsfritt kan dette avvike fra realiteten. Dersom lekkasjetallet ikke blir tilfredsstillende ved trykktest, kan det både gå tid og penger til å finne lekkasjen. Dersom lekkasjetallet tilfredsstilles ved første trykktest, noe som uansett må utføres på en bolig, kan merkostnadene ansees å være tilsvarende kostnadsfritt.

Indre validitet i denne avhandlingen kan diskuteres opp mot: har vi fått med de riktige variablene i energi- og lønnsomhetsberegningene? Som tidligere nevnt har energiberegningene blitt kryssjekket med både Mestergruppen og Flexit. Likevel er det et par begrensninger som kan svekke den indre validiteten til resultatene. Ettersom EcoNordic WH4 er et relativt nytt produkt og har kun vært tilgjengelig på markedet siden 2018, er det vanskelig å anslå hva verdien på systemet vil være etter en viss mengde år. Ansatte hos Flexit kunne heller ikke fastsette et prisestimat på produktets sluttverdi. Det er viktig å understreke at denne inneklimasentralen omfatter komponenter med ulik levetid, og det må tilrettelegges for at komponentene med lengst levetid har en viss sluttverdi etter de tekniske installasjonene for sentralen må byttes. Gulvvarmerør, romtermostater og sponplate med spor er komponenter med betydelig lengre forventet levetid enn ventilasjonsanlegg, varmtvannsbereder og varmpumpen. Det er derfor tatt stilling til en skjønsmessig sluttverdi på 150 000 kr etter 15 år, hvor gulvvarmerør, sponplate med spor, og romtermostater utgjør hovedandelen av verdien. Den estimerte verdien er basert på grunnlaget fra kostnadskalkylene (Vedlegg A) for de gitte komponentene som har en lenger levetid enn det tekniske utstyret. Dersom sluttverdi ikke tas i betraktning på lønnsomhetsberegningene for Tiltak 4 og 5, vil dette utgjøre en betydelig reduksjon i lønnsomhet og forlenget tilbakebetalingstid. Dette påvirker avhandlingens indre validitet ved at det er gjennomført en prisestimering av inneklimasentralens verdi etter 15 års levetid. Det er uvisst hvorvidt denne verdien er korrekt i praktisk sammenheng, og om andre forskere vil benytte seg av samme verdi.

Energiberegningene i Tiltak 5 tilfredsstillt krav til passivhus i Simien, men denne simuleringen hensyntar ikke boligens behov til dagslys, vinduers lystransmisjon og -lufting, eller inneklimateperatur, noe som svekker den indre validiteten. I dette tilfellet ble det fjernet tre store vinduer, som fjerner hele utsikten fra kjøkkenområdet. Folk hadde mulig ikke investert i en slik bolig, og salgsverdien hadde antageligvis blitt redusert. All vinduslufting ble også fjernet, noe som er urealistisk i praksis, som går ut over bo-komfort og inneklimateperatur. Vinduslufting er nødvendig for å tilfredsstille boligens inneklimateperatur med tanke på kjøling og antall luftskifter i timen, og energibehovet for denne boligen blir nok derfor høyere enn antatt. Likevel blir det påpekt av seniorutvikler for Simien at simuleringer av inneklimateperaturer i programvaren gjelder kun for yrkesbygg, ikke boligbygg, og at det derfor blir problematisk for denne avhandlingen å ta hensyn til slike krav. I praksis ville nok ikke Tiltak 5 ha blitt godkjent som passivhus, men energi- og lønnsomhetsberegningene gir likevel en god indikasjon på at investeringen kan være lønnsom under gitte forhold.

5.3 Faktorer som kan påvirke kundens beslutning i å investere i energieffektive tiltak

Resultatene i denne avhandlingen viser at det kan være lønnsomt for privatpersoner å investere i energieffektive tiltak under gitte forutsetninger, men hva skal til for at slike investeringer blir mer attraktive å gjennomføre? Utbyggerbedriften Heimdal Bolig påpeker at kostnadene til å bygge et passivhus er store, men at til tross for dette blir boligene fremdeles solgt til samme pris som ordinære boliger (UngEnergi, 2022b). Miljøbyen Granåsen, Nordens største passivhusutbygging, ble i 2018 ferdigstilt av Heimdal Bolig. Prosjektet kostet omtrentlig 1,2 milliarder kroner, hvor merkostnaden for ombygging til passivhusstandard var estimert til 50 millioner kroner. Videre fremmer de at omsetningen deres ville økt dersom prosjektet baserte seg på ordinære boliger, og fra et økonomisk ståsted var ikke boligbyggere villig til å betale ekstra for merkostnaden ved passivhusutbygging. Heimdal Bolig forteller også at det ble benyttet mye ressurser på markedsføring grunnet manglende kunnskap om passivhus blant deres kundegruppe. Dette kan føre til skepsis rundt kundenes betalingsvillighet for slike investeringer, og utfordringer for boligprodusentene som selger boligen. Boligene i prosjektet ble bygget etter TEK7 standard, og for nybygg i dag er de mye nærmere passivhusstandard. Videre benevnes det at Miljøbyen Granåsen var en massiv gevinst for kjøperne, ettersom boligens utsalgspris var tilsvarende ordinære boliger, og gikk derfor på bekostning av

boligbyggernes fortjeneste. I praksis kan en essensiell faktor være at utbyggere ikke oppnår like stor gevinst med slike prosjekter ettersom etterspørselen for passivhus eller energieffektive boliger ikke er betydelig, og kunnskapen rundt disse begrepene er begrenset blant kjøpere.

I samtaler med Enova ble det konstatert at deres støtteordninger har som formål å utvikle nye energi- og klimateknologier som kan tas i bruk i boligmarkedet. Dersom Enova opplever at markedet modner og at støtte ikke lenger er nødvendig, kan de velge å avslutte støtteordningene. De påpekte også at de tidligere utbetalte støtte for utbygging av passivhus og nybygg, men at disse ordningene ble henholdsvis avsluttet i 2014 og 2019. Under samtaler med informanter fra Flexit, som tidligere har gjennomført prosjekter knyttet til oppgradering til passivhusstandard, ble det påpekt at det var en betydelig nedgang i etterspørselen av passivhusprosjekter etter at støtteordningen ble avsluttet i 2014. Denne støtten ga en fastsatt sum i kroner per kvadratmeter for oppgradering til passivhus, samt støtte til passivhusrådgivere – gitt at boligen tilfredsstilte Norsk Standard for passivhus (Enova, 2010). Opphevelsen av støtteordninger som denne kan altså bidra til å redusere interessen for passivhusutbygging, både fra kundens- og bedriftens ståsted. Det kan muligens bli vanskelig å tjene penger på dette markedet uten støtte fra myndighetene, noe som kan føre til mindre konkurranse og innovasjon på dette området.

Følgende påvirkes en langsiktig investering av huseieres privatøkonomi i forbindelse med betalingskapasitet og likviditet, ambisjoner om energieffektivisering og kunnskap knyttet til energiforbruk i bygninger. Store, dyre investeringer for energibesparende tiltak kan resultere i en svekket likviditet blant huseiere. Ettersom masteravhandlingen tar utgangspunkt i et nybygg, kan dette bety at huseiere ikke har de økonomiske midlene til å gjennomføre ytterligere investeringer på flere hundretusen kroner ved kjøp av ny bolig. Dette selv på tross av at investeringen kan være lønnsom over tid. Privatpersoner som tar opp boliglån har muligens ikke tilstrekkelig økonomi for videre investeringer på boligen med det første. Det er derfor utslagsgivende at investeringen ikke påvirker likviditeten i den grad at huseiere ikke kan leve under normale forutsetninger. Ettersom investeringer for energioppgradering av boliger, spesielt nybygg, ikke nødvendigvis resulterer i tilsvarende verdiøkning av boligen, er det nødvendig at huseiere gjør vurderinger på hvor lenge de blir boende. Her er det prinsipielt å vektlegge teknisk levetid av bygningskomponenter og tekniske installasjoner opp mot forventet botid. Det er tilsynelatende krevende å bedømme hva enhver huseier vektlegger ved å vurdere

å investere i energieffektive tiltak, ettersom man har ulik tankegang. I all hovedsak kan man forvente at de ønsker en lønnsom investering med kortest mulig tilbakebetalingstid.

5.3.1 Sosiale faktorer

Videre kan det også være sosiale- og økonomiske faktorer som påvirker kundens valg i å investere i energieffektive tiltak. Sosiale faktorer har en stor innvirkning når det gjelder valg av energieffektive tiltak i boliger, og er ikke nødvendigvis direkte knyttet til økonomiske begrensninger. Beboeres oppfatning av miljø og bærekraft kan være en bidragsyter for disse investeringene. Privatpersoner, bedrifter og offentlige aktører blir progressivt mer bevisste og engasjerte i miljø- og klimautfordringene vi står ovenfor. Et redusert strømforbruk bidrar til reduserte klimautslipp ved at mengden produsert energi i Norge minsker. Som en følge, vil privatpersoner som iverksetter slike tiltak bidra ved å redusere sitt eget klimaavtrykk, selv om det kanskje ikke gir umiddelbar økonomisk gevinst. Videre, fører effektive varmeløsninger, som også er energibesparende, til en bedre beboertilværelse i form av økt komfort og inneklima. Som nevnt i det konseptuelle rammeverket, resulterer balanserte ventilasjonssystemer og vannbåren gulvvarme i jevn og god varme -og inneluft i boligen, som naturligvis har en effekt på beboernes helse og tilværelse. Selv om boliger som bygges etter dagens tekniske forskrifter setter krav til inneklima, ventilasjon og oppvarmingskrav, kan en oppgradering av dette fortrinnsvis øke komforten.

5.3.2 Økonomiske faktorer

Huseiere ønsker i all hovedsak å gjøre investeringer som gir positiv økonomisk avkastning. For investeringer som ikke nødvendigvis medbringer en forhøyet salgsv verdi, er det antageligvis avgjørende å bli boende frem til investeringen har inntjent seg, hvis dette lar seg gjøre. Tidligere ble det redegjort for tilbakebetalingstid som en funksjon av både strømpris og avkastningskrav for hvert av tiltakene. Det er tydelig at tilbakebetalingstiden er svært avhengig av både strømprisen og avkastningskravet. Det kan også være utfordrende å fastslå hva som vil være et realistisk og godt investeringstidspunkt med hensyn til endringer i strømpriser. Resultatene gir et innblikk i hvor relevant botid er i forbindelse med årlige besparelser som følge av hvert tiltak. Tiltakene som anses som lønnsomme gjelder når tilbakebetalingstiden er kortere enn den estimerte tekniske levetiden for komponentene. En kortere tilbakebetalingstid kan derfor anses som en økonomisk faktor dersom huseiere ikke ønsker å være boende i samme bolig over lengre tid.

Kostnaden på tiltakene kan også være avgjørende for huseiere. Det er en betydelig forskjell i investeringskostnader for energieffektive tiltak, som kan være en barriere for mange. Dersom en investering i energieffektive tiltak bidrar til økt markedsverdi kan dette motivere huseiere til å gjennomføre tiltaket. Boliger med lavt energiforbruk og høy energikarakter *kan* være mer attraktiv på boligmarkedet. Ytterligere, hvis tiltaket har kort tilbakebetalingstid, kan det muligens anses som en langsiktig investering i boligens verdi. Tilgangen på offentlige økonomiske støtteordninger og subsidier har en stor påvirkning på om investeringen blir lønnsom eller ikke. Ved hjelp av slike støtteordninger kan man betydelig redusere investeringskostnaden og tilbakebetalingstiden for investeringen.

5.4 Videre forskning

Det er fortsatt flere områder ved denne avhandlingen som kan trenge ytterligere forskning. Selv om det finnes en del studier om lønnsomhet knyttet til å energieffektivisere eldre bygg, er det fortsatt lite forskning på om privatpersoner er villig til å energioppgradere et nybygg. Gitt at investeringer i energieffektive løsninger er økonomisk lønnsom, er det likevel ikke sikkert at det er av interesse å investere i slikt. Denne avhandlingen har kun sett på lønnsomhet fra et økonomisk perspektiv. Privatpersoners motivasjon kan også være målrettet på å få ned klimagassutslipp, som heller er et miljøbevisst synspunkt. Det er også mulighet for at slike personer er villig til å betale mer for energieffektive løsninger, enn kunder som kun er interessert i en økonomisk gevinst. Det er uansett vanskelig å vite noe om kundens betalingsvillighet for slike løsninger. Uten tilgang til slik data kan det være utfordrende for bedrifter som selger energieffektive produkter å vite om de fastsetter et gunstig kostnads mål, eller om de kunne ha økt prisene sine ytterligere, i tillegg til at krav om avkastning er beholdt.

For å undersøke kundens betalingsvillighet, kunne det ha blitt tatt i bruk Target Costing. TC, eller målkostnads kalkulering, er en effektiv fremgangsmåte som tar utgangspunktet i kundens betalingsvillighet og eierens økonomiske interesser for å fastsette et kostnads mål (Bjørnenak, 2019, s. 130). Denne metodikken er en systematisk tilnærming som benyttes i utviklingsfasen av et produkt eller en tjeneste for å nå et kostnads mål, og er en tverrfaglig prosess som involverer produksjon, markedsføring, innkjøp, utvikling og kostnadsanalyser. Det kunne derfor ha vært av interesse å benytte TC for å vurdere lønnsomheten til energieffektive nybygg, ettersom slike investeringer vurderes i utviklingsfasen (designfasen) av et bygg. Det var derimot utfordrende å samle inn data både om kundens betalingsvillighet knyttet til økonomisk

lønnsomhet og om kunder villighet til å betale mer for miljøvennlige tiltak. Ytterligere forskning kan i denne sammenheng undersøke virkningen av TC knyttet til energieffektive produkter med optimalisert avkastning, praktisert gjennom effektiv ressursbruk og produksjon i utviklingsfasen.

Videre, er energieffektiviseringsgapet en pågående problematikk rundt enkeltpersoners -og bedrifters manglende prioritering av å ta i bruk energieffektive løsninger, selv om slike teknologier kan være begrunnet fordelaktig for å redusere energiforbruket. Ifølge Grini & Oksvold (2017) er gapet definert som et avvik mellom optimal og faktisk implementering av energieffektive teknologier. Det kan derfor være av interesse å undersøke hva som hindrer enkeltpersoner og bedrifter fra å gjennomføre energieffektivitetsstrategier og hva som kan gjøres for å løse disse barrierene. Det kan også være av interesse med ytterligere forskning på byggebransjens holdninger til energieffektivisering og hva som kan gjøres for å øke bevisstheten og motivasjonen til å bygge mer energieffektivt.

Avhandlingen som er gjennomført, har begrenset seg til å undersøke energibesparende tiltak, og har ikke inkludert energiproduserende tiltak som solcellepaneler eller andre lignende produkter. Valg av energieffektive tiltak har vært en utfordring, ettersom at det finnes et bredt spekter av energieffektive tiltak på markedet som kan bidra til betydelige besparelser og redusert energiforbruk. Samtidig foreligger det begrensninger i hvor mye et nybygg kan energieffektiviseres, som allerede har et lavt energiforbruk. Det var derfor vanskelig å velge hvilke tiltak som skulle inkluderes i studien, som muligens kunne rettferdiggjøre investeringens lønnsomhet. Det kan imidlertid være interessant å undersøke lønnsomheten ved å investere i energiproduserende tiltak, spesielt i lys av et miljøvennlig perspektiv. Når det gjelder solcellepaneler, er det imidlertid uklart hvor stor andel av taket som kan utnyttes for å produsere solenergi, som må prosjekteres til den spesifikke boligen. Dette avhenger av flere faktorer, som takets utforming, orientering, helning, og skyggeforhold. Kostnadskalkyler for selve produktet og arbeidstimer for installasjon, samt data om energiberegninger for solcellepaneler er også nødvendig å samle inn, dersom en slik undersøkelse skulle bli gjennomført.

6 Konklusjon

I dette kapitlet fremlegges en konklusjon basert på masteravhandlingens overordnede problemstilling, resultat og diskusjon. Formålet med denne masteravhandlingen var å undersøke energibesparingspotensiale og lønnsomhet ved energioppgradering av nybygg – mer spesifikt en privat enebolig. Boligen er hentet fra hus-katalogen til Systemhus, som er en del av Mestergruppen, og har stått som utgangspunkt ved energieffektivisering. Energiforbruket før og etter tiltakene har blitt simulert i Simien, mens kostnadene har blitt kalkulert i SmartKalk av Mestergruppen. Lønnsomheten er beregnet ved hjelp av årlig annuitet, og er vurdert opp mot ulike avkastningskrav, lokasjoner, strømpriser, og levetider.

Under hvilke forutsetninger vil det være lønnsomt å investere i energieffektive løsninger i et nybygg for å redusere energiforbruket?

Selv om nybygg har bedre isolerende evner og et mindre energioppgraderingsbehov sammenlignet med eldre boliger, er det fortsatt flere forutsetninger for at det kan være lønnsomt å investere i energieffektive løsninger. I dette casestudiet viser funnene at det er lønnsomt å investere i noen av de utvalgte energieffektive tiltakene, men med forbehold om at avkastningskravet er lavt, strømprisene er høye og at kunden har et langsiktig investeringsperspektiv. Disse parameterne, samt boligens lokasjon, bidrar til høye besparelser og raske tilbakebetalingstid på investeringene. Dersom regjeringens midlertidige strømstøtteordning fases ut, og gitt at strømprisene fortsatt forblir høye, vil også dette bidra til en økt lønnsomhet. Dersom strømprisene og besparelsene er lave, er det nødvendig med et langsiktig perspektiv, som betaler inn de energieffektive løsningene på sikt gjennom reduserte energikostnader. Økonomiske støtteordninger fra Enova og regjeringens tilbud om grunnlån fra Husbanken til energioppgradering og bygging av ny bolig reduserer kostnadene til å energioppgradere, som øker lønnsomheten til investeringene. Fremtidige faktorer som kan påvirke avkastningskrav, strømpriser, og økonomiske støtteordninger er derimot svært vanskelig å forutsi, noe som kan gjøre det utfordrende å konkludere om et spesifikt energieffektivt tiltak blir lønnsomt på sikt. Likevel kan denne masteravhandlingen gi en indikasjon på hvilke tiltak som er lønnsomme basert på ulike forhold og forutsetninger til de overnevnte parameterne.

Referanser

- Astrom. (2023). *Historiske strømpriser*. Astrom. Hentet Mai 2023 fra <https://www.astrom.no/no/kundeservice/historiske-strompriser>
- Bjørberg, S. (2009). *Levetider i praktisk - prinsipper og bruksområder*. Multiconsult. Hentet April 2023 fra https://dibk.no/globalassets/eksisterende-bygg/publikasjoner/levetider_i_praksis.pdf
- Bjørnenak, T. (2019). *Strategiske lønnsomhetsanalyser*. Bergen: Fagbokforlaget.
- Busch, T. (2021). *Akademisk skriving for bachelor- og masterstudenter*. Fagbokforlaget.
- Byggenæringens Landsforening. (2023). *7 av 10 bedrifter i byggenæringen mangler viktig kompetanse*. Byggenæringens Landsforening. Hentet April 11, 2023 fra <https://www.bnl.no/artikler/2023/kompetansebarometer-2023/>
- Crowe, S., Cresswell, K., Robertson, A., Huby, G., Avery, A., & Sheikh, A. (2011). The case study approach. I *BMC Medical Research Methodology* 11, 100. doi:<https://doi.org/10.1186/1471-2288-11-100>
- Danske Bank. (2023). *Fastrentelån: Bør jeg binde renten?* Danske Bank. Hentet Mai 2023 fra <https://danskebank.no/privat/laan/boliglaan/fastrente>
- DiBK. (2017). *Kapittel 13 Inneklima og helse §13-2 Ventilasjon i boligbygg*. Direktoratet for Byggekvalitet. Hentet Mars 2023 fra <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/13/i/13-2>
- DiBK. (2017). *Veiledning om tekniske krav til byggverk*. Direktoratet for byggkvalitet. Hentet Mars 2023 fra DIBK.no: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17>
- DiBK. (2020a). *Kapittel 14 Energi § 14-2. Krav til energieffektivitet*. Direktoratet for byggkvalitet. Hentet Mars 2023 fra https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/14/14-2?_t_q=varmetapstall
- DiBK. (2020b). *Kapittel 14 Energi § 14-3. Minimumsnivå for energieffektivitet*. Direktoratet for byggkvalitet. Hentet Mars 2023 fra <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/14/14-3>
- DNB. (2023). *Pris og renter for lån*. DNB. Hentet Mai 2023 fra https://www.dnb.no/lan/priser?WT.ac=Produkt-pm_Laan-boliglaan_prisliste_link_nk
- EGGE, S. (2021). *Ind417 Bedriftsøkonomisk analyse 1*. Handelshøyskolen ved UiA. Hentet April 2023

- Enova. (2010). *Fremtidens bolig - En bolig som gir maksimal komfort med minimal bruk av energi*. Enova. Hentet Mai 2023 fra https://www.enova.no/upload_images/42B0BD408ABB4271A1CDEABF9C402A6E.pdf
- Enova. (2015). *Karakterskalaen*. Enova. Hentet Mars 13, 2023 fra <https://www.enova.no/energimerking/om-energimerkeordningen/om-energiattesten/karakterskalaen/>
- Enova. (2016a). *Vannbåren varme*. Enova. Hentet Mars 2023 fra <https://www.enova.no/privat/alle-energitiltak/varmepumper/vannbaren-varme-/>
- Enova. (2016b). *Smarte energi- og klimatiltak*. Enova. Hentet Mars 2023 fra <https://www.enova.no/privat/alle-energitiltak/>
- Enova. (2022). *Fjernvarme er etablert som infrastruktur og er en bransje i fortsatt vekst og utvikling*. Enova. Hentet Mars 6, 2023 fra <https://www.enova.no/om-enova/effekten-av-enova/fjernvarme-er-etablert-som-infrastruktur-og-er-en-bransje-i-fortsatt-vekst-og-utvikling/>
- Enova. (n.d). *Varmegjenvinning*. Enova. Hentet fra <https://www.enova.no/privat/alle-energitiltak/varmegjenvinning/>
- EPD-Norge. (2023). *EPD-Norge.no*. Hentet fra EPD-Norway: https://www.epd-norge.no/?lang=no_NO
- Flexit. (2022). *EcoNordic - Inneklimasentral for boliger*. Flexit. Hentet Mars 2023 fra https://www.flexit.no/globalassets/catalog/documents/bro_116914no_9699.pdf
- Flexit. (n.d.a). *De tre ulike ventilasjonstypene*. Flexit. Hentet Mars 6, 2023 fra <https://www.flexit.no/ventilasjon/de-tre-ulike-ventilasjonstypene/>
- Flexit. (n.d.b). *Naturlig ventilasjon*. Flexit. Hentet Mars 2023 fra <https://www.flexit.no/ventilasjon/de-tre-ulike-ventilasjonstypene/naturlig-ventilasjon/>
- Flexit. (n.d.c). *Mekanisk avtrekksventilasjon*. Flexit. Hentet Mars 2023 fra <https://www.flexit.no/ventilasjon/de-tre-ulike-ventilasjonstypene/mekanisk-avtrekksventilasjon/>
- Flexit. (n.d.d). *Balansert ventilasjon*. Flexit. Hentet Mars 2023 fra <https://www.flexit.no/ventilasjon/de-tre-ulike-ventilasjonstypene/balansert-ventilasjon/>

- Forbrukertorget. (2023). *Virkningsgrad på varmepumper: Vi ser på hva det betyr*.
Forbrukertorget. Hentet April 13, 2023 fra
<https://forbrukertorget.no/varmepumpe/virkningsgrad-p%C3%A5-varmepumper>
- Grini, G., & Oksvold, I. (2017). *Litteraturstudie: Kostnadseffektive energiltak i eksisterende bygg*. Gehør strategi og rådgivning AS. Hentet Februar 2023 fra
<https://dibk.no/globalassets/02.-om-oss/rapporter-og-publikasjoner/hvordan-spare-10twh-i-eksisterende-bygg--litteraturstudie.pdf>
- Helgerud, H. E. (n.d.). *Energiledelse*. Norsk Energi. Hentet April 4, 2023 fra
<https://energi.no/energiledelse>
- Holme, J., & Simonsen, T. (2023). *Hva er et bærekraftig bygg*. Sintef. Hentet 1 25, 2023 fra
<https://www.sintef.no/felles-fagomrader-samlinger/bygg-anlegg-og-infrastruktur/hva-er-et-barekraftig-bygg/>
- Hovstad, K., Halleraker, J. H., & Bakken, T. H. (2021). *Vannkraft*. SNL. Hentet Februar 2023 fra <https://snl.no/vannkraft>
- Husbanken. (2022). *Lån fra Husbanken for privatpersoner*. Husbanken. Hentet Mars 2023 fra
<https://www.husbanken.no/person/lan-fra-husbanken/>
- Husbanken. (2023). *Renter*. Husbanken. Hentet Mai 2023 fra <https://husbanken.no/rente>
- Isaksen, A., Eriksen, E. L., & Wrålsen, B. (2022). *ME-425 Metode*. UiA Handelshøyskolen.
- Johannesen, A., Tufte, P., & Christoffersen, L. (2021). *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode*. Abstrakt forlag.
- Langdal, J. (2019). *Energisparepotensiale og lønnsomhet ved energioppgradering av 50- og 80-talls enebolig*. NTNU.
- Mamen, J. (2021). *Köppens klimaklassifisering*. Store Norske Leksikon. Hentet Mars 15, 2023 fra https://snl.no/K%C3%B6ppens_klimaklassifisering
- Mamen, J. (2022). *Klima i Norge*. Store Norske Leksikon. Hentet Mars 15, 2023 fra
https://snl.no/klima_i_Norge
- Marschhäuser, S. H. (2016). *Slik bor gjennomsnittsnordmannen*. Hentet April 2023 fra
<https://www.aftenposten.no/bolig/i/na98pm/slik-bor-gjennomsnittsnordmannen-seks-fakta-om-hvordan-du-og-jeg-bor>
- Miljødirektoratet. (2019). *Energieffektivisering og -omlegging i eksisterende bygg*.
Miljødirektoratet. Hentet Mars 15, 2023 fra
<https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/for-myndigheter/kutte->

utslipp-av-klimagasser/klima-og-energitiltak/bygg-og-anlegg/energieffektivisering-og-omlegging-eksisterende-bygg/

Nordea. (2023). *Boliglån med fastrente*. Nordea. Hentet Mai 2023 fra

<https://www.nordea.no/privat/vare-produkter/lan-og-kreditt/boliglan/boliglan-med-fast-rente.html#tab=Priser-for-ovrige-kunder>

Norges Bank. (2023). *Rentebeslutning mai 2023*. Norges Bank. Hentet Mai 2023 fra

<https://www.norges-bank.no/tema/pengepolitikk/Rentemoter/2023/mai-2023/>

NOU. (2023). *Mer av alt - raskere: Energikommisjonens rapport*. Norges offentlige utredninger. Hentet Mars 2023 fra

<https://www.regjeringen.no/contentassets/5f15fcec3143d1bf9cade7da6afe6e/no/pdfs/nou202320230003000dddpdfs.pdf>

NRK. (2023). *Derfor aksjonerer de mot Olje- og energidepartementet*. NRK. Hentet Mars

2023 fra <https://www.nrk.no/norge/derfor-demonstrerer-samer-og-natur-og-ungdom-mot-regjeringen-og-vindkraft-pa-fosen-1.16314273>

NVE. (2021a). *Samlet energibruk*. Hentet Februar 2023 fra

<https://www.nve.no/energi/energisystem/energibruk/samlet-energibruk/>

NVE. (2021b). *Energieffektivisering i norske bygninger kan redusere energibruken tilsvarende 10 prosent av Norges strømforbruk*. NVE. Hentet Mars 2023 fra

<https://www.nve.no/nytt-fra-nve/nyheter-energi/energieffektivisering-i-norske-bygninger-kan-reducere-energibruken-tilsvarende-10-prosent-av-norges-stromforbruk/>

NVE. (2021c). *Energimerking av bolig og bygg*. NVE. Hentet Mars 13, 2023 fra

<https://www.nve.no/energi/energisystem/energibruk/energimerking-av-bolig-og-bygg/>

NVE. (2022). *Energieffektivisering*. Hentet fra

<https://www.nve.no/energi/energisystem/energibruk/energieffektivisering/>

NVE. (2023a). *Hvor kommer strømmen fra?* Hentet Februar 2023 fra

<https://www.nve.no/energi/energisystem/kraftproduksjon/hvor-kommer-stroemmen-fra/>

NVE. (2023b). *Strømstøtte: Her er støttesatsene for februar 2023*. NVE. Hentet Mars 2023

fra <https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten/nytt-fra-rme/nyheter-reguleringsmyndigheten-for-energi/stroemstoette-her-er-stoettesatsene-for-februar-2023/>

Pripp, A. H. (2018, September 3). Validitet. *Tidsskriftet*. doi:10.4045/tidsskr.18.0398

- Prognosesenteret. (2022). *Bolig-Norge*. Prognosesenteret. Hentet fra <https://blogg.prognosesenteret.no/future-living-bolig-norge>
- Programbyggerne. (2016). *Eksempel enebolig*. Simien Wiki. Hentet Januar 2023 fra https://www.programbyggerne.no/SIMIEN/doku.php?id=eksempel_enebolig
- Regjeringen. (2012). *Samfunnsøkonomiske analyser - Kalkulasjonsrenten*. Regjeringen. Hentet April 2023 fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2012-16/id700821/?ch=6>
- Regjeringen. (2021a). *Klimaendringer og norsk klimapolitikk*. Regjeringen. Hentet Mars 2023 fra Regjeringen.no: <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/innsiktsartikler-klima-miljo/klimaendringer-og-norsk-klimapolitikk/id2636812/>
- Regjeringen. (2021b). *Utlånsforskriften 1. januar 2021–31. desember 2022*. Regjeringen. Hentet April 2023 fra <https://www.regjeringen.no/no/tema/okonomi-og-budsjett/finansmarkedene/utlansforskriften-1.-januar-202131.-desember-2022/id2791101/>
- Regjeringen. (2022). *Styrker innsatsen for økt energieffektivisering*. Regjeringen. Hentet Mars 2023 fra <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/milliardsatsing-til-energieffektivisering/id2932296/>
- Regjeringen. (2023). *Regjeringens strømtiltak*. Regjeringen. Hentet Mars 2023 fra <https://www.regjeringen.no/no/tema/energi/regjeringens-stromtiltak/id2900232/?expand=factbox2900261>
- Roksvåg, K. R. (2019). *Netto nåverdi (nåverdimetoden)*. Finanssans. Hentet April 2023 fra <https://finanssans.no/netto-n%C3%A5verdi>
- Roksvåg, K. R. (2022). *Avkastningskrav*. Finanssans. Hentet April 2023 fra <https://finanssans.no/avkastningskrav>
- Simien. (2023, Januar 29). *Simenergi*. Hentet fra Simien.no: <https://simien.no/produkt/>
- SINTEF. (2016). *Isolerruter. Lys- og varmetekniske egenskaper*. Sintef. doi:https://www.byggforsk.no/dokument/582/isolerruter_lys_og_varmetekniske_egenskaper
- SINTEF. (2023). *Energieffektivisering i bygg*. Sintef. Hentet 1 25, 2023 fra <https://www.sintef.no/fagomrader/energieffektivisering-bygg/>
- SINTEF Byggforsk. (2015). *Energieffektive bygninger - Begreper og definisjoner. I Byggforskserien*. Sintef.

- SINTEF Byggforsk. (2018). *Beregning av U-verdier etter NS-EN ISO 6946*. Byggforskserien. Hentet Mars 2023 fra https://www.byggforsk.no/dokument/208/beregning_av_u-verdier_etter_ns-en_iso_6946#i1
- SNL. (2023, Februar). *Store Norske Leksikon*. Hentet Mars 2023 fra [snl.no](https://snl.no/watt): <https://snl.no/watt>
- SpareBank1. (2023). *Fastrentelån*. SpareBank1. Hentet Mai 2023 fra https://www.sparebank1.no/nb/smn/privat/lan/boliglan/fastrentelan.html#hr_10
- SSB. (2018). *Vi bruker mindre strøm hjemme*. Statistisk sentralbyrå. Hentet fra <https://www.ssb.no/energi-og-industri/artikler-og-publikasjoner/vi-bruker-mindre-strom-hjemme>
- SSB. (2021). *Veldig lav strømpris i 2020*. Statistisk sentralbyrå. Hentet Mars 2023 fra <https://www.ssb.no/energi-og-industri/artikler-og-publikasjoner/veldig-lav-strompris-i-2020>
- SSB. (2022a). *Strømstøtten dempet rekordhøy strømpris i 3. kvartal*. Statistisk sentralbyrå. Hentet Mars 2023 fra <https://www.ssb.no/energi-og-industri/energi/statistikk/elektrisitetspriser/artikler/stromstotten-dempet-rekordhoy-strompris-i-3.kvartal>
- SSB. (2022b). *Elektrisitetpriser - Kraftpriser, nettleie og avgifter for husholdninger 2012K1-2022K4*. SSB. Hentet Mai 2023 fra <https://www.ssb.no/statbank/table/09387/>
- SSB. (2023a). *Elektrisitet*. Statistisk Sentralbyrå. Hentet Mars 20, 2023 fra <https://www.ssb.no/energi-og-industri/energi/statistikk/elektrisitet>
- SSB. (2023b). *Ekstraordinært år for prisveksten i 2022*. Statistisk Sentralbyrå. Hentet Mars 2023 fra <https://www.ssb.no/priser-og-prisindekser/konsumpriser/statistikk/konsumprisindeksen/artikler/ekstraordinaert-ar-for-prisveksten-i-2022>
- SSB. (2023c). *Norsk økonomi er ved et vendepunkt*. Statistisk sentralbyrå. Hentet April 2023 fra <https://www.ssb.no/nasjonalregnskap-og-konjunkturer/konjunkturer/statistikk/konjunkturtendensene/artikler/norsk-okonomi-er-ved-et-vendepunkt>
- Standard Norge. (2013). *Kriterier for passivhus og lavenergibygninger - Boligbygninger*. Standard Norge. Hentet fra <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=636902>

- Standard Norge. (2019). *Livsløpskostnader (LCC) og levetid*. Standard Norge. Hentet April 2023 fra <https://www.standard.no/fagomrader/bygg-anlegg-og-eiendom/fasilitetsstyring/livslopskostnader-lcc-og-levetid/>
- UngEnergi. (2022a). *Hvordan fungerer varmepumpen?* UngEnergi. Hentet Mars 20, 2023 fra <https://ungenergi.no/miljoteknologi/bygg/varmepumpe/>
- UngEnergi. (2022b). *Miljøbyen Granåsen*. UngEnergi. Hentet Mai 6, 2023 fra <https://ungenergi.no/2019/08/02/miljobyen-granasen/>
- UNS. (2023). *Universitetsbiblioteket*. Hentet fra USN.no.

A. Vedlegg

I dette vedlegget viser full utregning for kostnadskalkylene bistått av Mestergruppen, som står som utgangspunkt og grunnlag i lønnsomhetsberegningene tilknyttet tiltakene. Figur A.1-A.5 er kostnadskalkyler for henholdsvis Tiltak 1-5. I figurene oppgis bygge-komponentenes dimensjon, mengde (lengdemeter/stk.) enhetspris, sum pris, og sum pris inkl. mva. (25 prosent).

1. Tiltak 1: Ekstrem isolasjon

23. Yttervegger

ELEMENT	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS
Yttervegg, isolert 198mm H=2,4m	22,3 lm	0,0	168,05	3 739,07
POST	DIMENSJON	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS
Isolasjon i yttervegg	200 mm	-53,4 m ²	-5,3	211,12
Glava ekstrem Isolasjon i yttervegg	200 mm	53,4 m ²	5,3	281,14
Yttervegg, isolert 198mm H=2,6m	31,9 lm	0,0	182,05	5 812,92
POST	DIMENSJON	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS
Isolasjon i yttervegg	200 mm	-83,0 m ²	-8,2	211,12
Glava ekstrem Isolasjon i yttervegg	200 mm	83,0 m ²	8,2	281,14
Yttervegg, isolert 198mm H=2,5m	37,9 lm	0,0	175,05	6 625,64
POST	DIMENSJON	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS
Isolasjon i yttervegg	200 mm	-94,6 m ²	-9,4	211,12
Glava ekstrem Isolasjon i yttervegg	200 mm	94,6 m ²	9,4	281,14

25. Dekker

ELEMENT	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS
Gulv på grunn med 300 mm isolasjon	118,9 m²	0,0	183,14	21 773,52
POST	DIMENSJON	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS
300 mm isolasjon i plate på mark. Lamda 0,038	300 mm	-118,9 m ²	0,0	549,42
300 mm isolasjon i plate på mark. Lamda 0,031	300 mm	118,9 m ²	0,0	732,56

26. Yttertak

ELEMENT	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS
Isolasjon i himling under kompakttak	117,4 m²	0,0	64,12	7 527,57
POST	DIMENSJON	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS
Isolasjon i bjelkelag mot kompakttak	150 mm	-129,1 m ²	-10,2	184,30
Glava ekstrem Isolasjon i bjelkelag mot kompakttak	150 mm	129,1 m ²	10,2	242,59

Sum 1. Ekstrem isolasjon				45 478,72
Sum akkumulert				45 478,72
Sum (eks. mva.):				45 478,72
Mva.:				11 369,68
Sum (inkl. mva.):				56 848,40

Figur A.1: Kostnadskalkyle for Tiltak 1

2. Tiltak 2: Tilfredsstillelse av krav til energieffektivisering

23. Yttervegger

ELEMENT	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS
Isolert påforing, 50mm, på innside yttervegg, H=2,4m	22,3 lm	10,0	480,91	10 700,14
POST	DIMENSJON	MENGDE	SUM TIDSF.	SUM PRIS
Innvendig påforing på yttervegg	48 mm	53,4 m ²	5,5	5 952,25
Isolasjon i påforing på yttervegg	50 mm	53,4 m ²	4,6	4 747,89
Isolert påforing, 50mm, på innside yttervegg, H=2,6m	31,9 lm	15,6	520,98	16 634,90
POST	DIMENSJON	MENGDE	SUM TIDSF.	SUM PRIS
Innvendig påforing på yttervegg	48 mm	83,0 m ²	8,5	9 253,63
Isolasjon i påforing på yttervegg	50 mm	83,0 m ²	7,1	7 381,27
Isolert påforing, 50mm, på innside yttervegg, H=2,5m	37,9 lm	17,8	500,94	18 960,67
POST	DIMENSJON	MENGDE	SUM TIDSF.	SUM PRIS
Innvendig påforing på yttervegg	48 mm	94,6 m ²	9,7	10 547,40
Isolasjon i påforing på yttervegg	50 mm	94,6 m ²	8,1	8 413,27
Tillegg for vinduer med U-verdi 0,7	1,0 stk	0,0	0,00	0,00
POST	DIMENSJON	MENGDE	SUM TIDSF.	SUM PRIS
Vinduer U=0,7	0,7	1,0 stk	0,0	212 800,00
Vinduer U=1,0	1,0	-1,0 stk	0,0	-212 800,00
Sum 2. TEK17 §14-2(2)				46 295,71
Sum akkumulert				46 295,71
Sum (eks. mva.):				46 295,71
Mva.:				11 573,93
Sum (inkl. mva.):				57 869,64

Figur A.2: Kostnadskalkyle for Tiltak 2

3. Tiltak 3: Varmepumpe, luft-til-luft

69. Andre tekniske installasjoner

ELEMENT	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS
Varmepumpe. Luft til luft	1,0 RS	0,0	23 940,00	23 940,00
POST	DIMENSJON	MENGDE	SUM TIDSF.	SUM PRIS
Varmepumpe, luft til luft		1,0 stk	0,0	23 940,00
Sum 3. Varmepumpe, luft til luft				23 940,00
Sum akkumulert				23 940,00
Sum (eks. mva.):				23 940,00
Mva.:				5 985,00
Sum (inkl. mva.):				29 925,00

Figur A.3: Kostnadskalkyle for Tiltak 3

4. Tiltak 4: Flexit EcoNordic WH4

25. Dekker

ELEMENT	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS	GWP	
Tillegg for sponplate med spor	85,0 m²	0,0	156,67	13 316,95	0,0	
POST	DIMENSJON	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS	GWP
Plattformgolv std	22 mm	-85,0 m ²	-12,6	412,12	-35 030,58	0,0
Plattformgolv, Thermogolv	25 mm	85,0 m ²	12,6	568,79	48 347,53	0,0

30. VVS-installasjoner, generelt

ELEMENT	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS	GWP	
Gulvvarmerør i betonggulv	110,7 m²	0,0	478,40	52 958,88	0,0	
POST	DIMENSJON	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS	GWP
Gulvvarmerør i betonggulv	110,7 m ²	0,0	478,40	52 958,88	0,0	
Gulvvarmerør i tregulv	68,9 m²	0,0	884,35	60 931,72	0,0	
POST	DIMENSJON	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS	GWP
Gulvvarmerør i tregulv	68,9 m ²	0,0	884,35	60 931,72	0,0	
Romtermostater	12,0 stk	0,0	1 482,35	17 788,20	0,0	
POST	DIMENSJON	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS	GWP
Romtermostat	12,0 stk	0,0	1 482,35	17 788,20	0,0	
Varmtstvannbereder	1,0 RS	0,0	-15 565,07	-15 565,07	0,0	
POST	DIMENSJON	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS	GWP
Varmtstvannbereder 200 l	-1,0 stk	0,0	15 565,07	-15 565,07	0,0	

36. Luftbehandling

ELEMENT	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS	GWP	
Inneklimasentral: Flexit ECO Nordic WH4, og komplett kanalpakke	1,0 stk	25,5	216 499,54	216 499,54	0,0	
POST	DIMENSJON	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS	GWP
Montering aggregat og ventiler	1,0 stk	7,3	4 084,10	4 084,10	0,0	
Inneklimasentral	1,0 stk	18,2	202 440,44	202 440,44	0,0	
Prosjektering inneklimate	1,0 stk	0,0	9 975,00	9 975,00	0,0	
Balansert ventilasjonsanlegg, middels bolig.	-1,0 stk	-21,8	78 664,50	-78 664,50	0,0	
POST	DIMENSJON	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS	GWP
Balansert ventilasjonsanlegg	-1,0 stk	-18,2	76 622,44	-76 622,44	0,0	
Montering aggregat og ventiler	-1,0 stk	-3,7	2 042,06	-2 042,06	0,0	

40. Elektriske installasjoner

ELEMENT	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS	GWP	
Elektriske installasjoner	1,0 RS	0,0	-71 619,87	-71 619,87	0,0	
POST	DIMENSJON	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS	GWP
Varmekabel i gulv (inntil 8 m ²)	-3,0 stk	0,0	10 239,12	-30 717,36	0,0	
Panelovner	-11,0 stk	0,0	3 718,41	-40 902,51	0,0	

66. Piper og ildsted

ELEMENT	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS	GWP	
Stålpiper	-7,3 lm	-15,2	5 547,28	-40 495,14	0,0	
POST	DIMENSJON	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS	GWP
Stålpiper	-7,3 lm	-15,2	5 547,28	-40 495,14	0,0	
Ildsted: Peisovn, type Duo 5	-1,0 stk	-7,6	29 942,29	-29 942,29	0,0	
POST	DIMENSJON	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS	GWP
Ildsted	-1,0 stk	-7,6	29 942,29	-29 942,29	0,0	
Sum 4. Flexit EcoNordic WH4		-19,1		125 208,42	0,0	
Sum akkumulert		-19,1		125 208,42	0,0	

Sum GWP	0,0
Sum tidsforbruk:	-19,1
Sum (eks. mva.):	125 208,42
Mva.:	31 302,11
Sum (inkl. mva.):	156 510,53

Figur A.4: Kostnadskalkyle for Tiltak 4

5. Tiltak 5: Tilfredsstillelse av krav til Passivhus

23. Yttervegger

ELEMENT	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS	GWP	
Yttervegg, isolert 198mm+48mm H=2,4m	22,3 lm	27,2	1 787,73	39 776,94	0,0	
POST	DIMENSJON	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS	GWP
Bindingsverk i yttervegg	198 mm	55,6 m ²	11,8	320,05	17 802,79	0,0
Isolasjon i yttervegg	200 mm	53,4 m ²	5,3	211,12	11 274,01	0,0
Innvendig påføring på yttervegg	48 mm	53,4 m ²	5,5	111,47	5 952,25	0,0
Isolasjon i påføring på yttervegg	50 mm	53,4 m ²	4,6	88,91	4 747,89	0,0
Yttervegg, isolert 198mm+ 48mm H=2,6m	31,9 lm	42,2	1 934,04	61 753,82	0,0	
POST	DIMENSJON	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS	GWP
Bindingsverk i yttervegg	198 mm	86,2 m ²	18,3	320,05	27 591,86	0,0
Innvendig påføring på yttervegg	48 mm	83,0 m ²	8,5	111,47	9 253,63	0,0
Isolasjon i yttervegg	200 mm	83,0 m ²	8,2	211,12	17 527,06	0,0
Isolasjon i påføring på yttervegg	50 mm	83,0 m ²	7,1	88,91	7 381,27	0,0
Yttervegg, isolert 198mm+48mm H=2,5m	37,9 lm	48,1	1 860,88	70 434,39	0,0	
POST	DIMENSJON	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS	GWP
Bindingsverk i yttervegg	198 mm	98,4 m ²	20,9	320,05	31 496,15	0,0
Isolasjon i yttervegg	200 mm	94,6 m ²	9,4	211,12	19 977,57	0,0
Innvendig påføring på yttervegg	48 mm	94,6 m ²	9,7	111,47	10 547,40	0,0
Isolasjon i påføring på yttervegg	50 mm	94,6 m ²	8,1	88,91	8 413,27	0,0
Tillegg for vinduer med U-verdi 0,7	1,0 stk	0,0	0,00	0,00	0,0	
POST	DIMENSJON	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS	GWP
Vinduer U=0,7	0,7	1,0 stk	0,0	212 800,00	212 800,00	0,0
Vinduer U=1,0	1,0	-1,0 stk	0,0	212 800,00	-212 800,00	0,0
Fastvindu 10x23	-3,0 stk	-2,7	9 542,53	-28 627,60	0,0	
POST	DIMENSJON	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS	GWP
Fastvindu	10x23	-3,0 stk	-2,7	9 542,53	-28 627,60	0,0

25. Dekker

ELEMENT	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS	GWP	
Gulv på grunn med 400 mm isolasjon	118,9 m²	0,0	183,14	21 773,52	0,0	
POST	DIMENSJON	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS	GWP
300 mm isolasjon i plate på mark. Lamda 300 mm 0,038		-118,9 m ²	0,0	549,42	-65 320,54	0,0
400 mm isolasjon i plate på mark. Lamda 400 mm 0,038		118,9 m ²	0,0	732,56	87 094,06	0,0
Tillegg for sponplate med spor	85,0 m²	0,0	156,67	13 316,95	0,0	
POST	DIMENSJON	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS	GWP
Plattformgolv std	22 mm	-85,0 m ²	-12,6	412,12	-35 030,58	0,0
Plattformgolv, Thermogolv	25 mm	85,0 m ²	12,6	568,79	48 347,53	0,0

26. Yttertakk

ELEMENT	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS	GWP	
Isolasjon i himling under kompakttak	117,4 m²	0,0	43,71	5 132,03	0,0	
POST	DIMENSJON	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS	GWP
Isolasjon i bjelkelag mot kompakttak	150 mm	-129,1 m ²	-10,2	184,30	-23 801,16	0,0
Isolasjon i bjelkelag mot kompakttak	200 mm	129,1 m ²	10,2	224,04	28 933,19	0,0

30. VVS-installasjoner, generelt

ELEMENT	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS	GWP
Gulvvarmerør i betongulv	110,7 m²	0,0	478,40	52 958,88	0,0
POST	DIMENSJON	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS
Gulvvarmerør i betonggulv	110,7 m ²	0,0	478,40	52 958,88	0,0
Gulvvarmerør i tregulv	68,9 m²	0,0	884,35	60 931,72	0,0
POST	DIMENSJON	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS
Gulvvarmerør i tregulv	68,9 m ²	0,0	884,35	60 931,72	0,0
Romtermostater	12,0 stk	0,0	1 482,35	17 788,20	0,0
POST	DIMENSJON	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS
Romtermostat	12,0 stk	0,0	1 482,35	17 788,20	0,0
Varmt vannbereder	1,0 RS	0,0	-15 565,07	-15 565,07	0,0
POST	DIMENSJON	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS
Varmt vannbereder 200 l	-1,0 stk	0,0	15 565,07	-15 565,07	0,0

36. Luftbehandling

ELEMENT	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS	GWP
Inneklimasentral: Flexit ECO Nordic WH4, og komplett kanalpakke	1,0 stk	25,5	216 499,54	216 499,54	0,0
POST	DIMENSJON	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS
Montering aggregat og ventiler	1,0 stk	7,3	4 084,10	4 084,10	0,0
Inneklimasentral	1,0 stk	18,2	202 440,44	202 440,44	0,0
Prosjektering inneklimate	1,0 stk	0,0	9 975,00	9 975,00	0,0
Balansert ventilasjonsanlegg, middels bolig.	-1,0 stk	-21,8	78 664,50	-78 664,50	0,0
POST	DIMENSJON	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS
Balansert ventilasjonsanlegg	-1,0 stk	-18,2	76 622,44	-76 622,44	0,0
Montering aggregat og ventiler	-1,0 stk	-3,7	2 042,06	-2 042,06	0,0

40. Elektriske installasjoner

ELEMENT	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS	GWP
Elektriske installasjoner	1,0 RS	0,0	-71 619,87	-71 619,87	0,0
POST	DIMENSJON	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS
Varmekabel i gulv (inntil 8 m ²)	-3,0 stk	0,0	10 239,12	-30 717,36	0,0
Panelovner	-11,0 stk	0,0	3 718,41	-40 902,51	0,0

66. Piper og ildsted

ELEMENT	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS	GWP
Stålpiper	-7,3 lm	-15,2	5 547,28	-40 495,14	0,0
POST	DIMENSJON	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS
Stålpiper	-7,3 lm	-15,2	5 547,28	-40 495,14	0,0
Ildsted: Peisovn, type Duo 5	-1,0 stk	-7,6	29 942,29	-29 942,29	0,0
POST	DIMENSJON	MENGDE	SUM TIDSF.	ENH. PRIS	SUM PRIS
Ildsted	-1,0 stk	-7,6	29 942,29	-29 942,29	0,0
Sum 5. Passivhus		95,7		295 451,52	0,0
Sum akkumulert		95,7		295 451,52	0,0

Sum GWP	0,0
Sum tidsforbruk:	95,7
Sum (eks. mva.):	295 451,52
Mva.:	73 862,88
Sum (inkl. mva.):	369 314,40

Figur A.5: Kostnadskalkyle for Tiltak 5

B. Vedlegg

Dette vedlegget er et eksempel på hvordan årlig lønnsomhet og tilbakebetalingstid for Tiltak 5 ble beregnet. Kostnadene er hentet ut fra Vedlegg A, og inkluderer mva. på 25 prosent Enovastøtte for akkumulatortank og vannbåren varme trekkes fra kostnaden for Flexit EcoNordic WH4.

- Yttervegg, isolert påforing 198 mm+48 mm:
 - Kostnad 214 956,44 kr, levetid 60 år
- Gulv på grunn, 400 mm isolasjon:
 - Kostnad 27 216,9 kr, levetid 60 år
- Yttertak, 450 mm isolasjon:
 - Kostnad 6 415,04 kr, levetid 60 år
- Vinduer med U-verdi 0,7:
 - Kostnad 0 kr, levetid 60 år
- Flexit EcoNordic WH4 (komplett pakke):
 - Kostnad 141 510,53 kr, levetid 15 år
- Fastvindu 10x23, 3 stk.:
 - Kostnad -35 784,5 kr
- Enovastøtte, akkumulatortank:
 - Kostnad -5 000 kr
- Enovastøtte, vannbåren varme:
 - Kostnad -10 000 kr

$$\text{Kostnad for Tiltak 5} = 369\,314,40 - 5\,000 - 10\,000 = \mathbf{354\,314,40\ kr}$$

Annuitet

For å beregne innbetalingen av et lån basert på faste innbetalinger og en fast rentesats, ble det brukt formelen 'ANNUITET' i Excel:

$$\text{ANNUITET}(\text{rente}; \text{antall_inbet}; \text{nåverdi}; [\text{sluttverdi}])$$

der

Rente	=	Avkastningskrav for lånet
Antall_innbet	=	Det totale antallet innbetalinger for lånet
Nåverdi	=	Det totale beløpet som en serie fremtidige innbetalinger er verdt i dag
Sluttverdi	=	Den fremtidige verdien, eller et pengebeløp du vil oppnå etter at den siste betalingen er foretatt

I dette tilfellet (Tiltak 5) blir beregningen for annuitet noe mer komplisert, ettersom Flexit EcoNordic WH4 har en levetid på 15 år (teknisk) med en sluttverdi på 150 000, mens bygningskomponentene har en levetid på 60 år (teknisk). Det blir i dette tilfellet benyttet et avkastningskrav på 3,0 prosent og en strømpris på 1,5 kr/kWh. Besparelsen for Tiltak 5 er 10 292 kWh. 'A' står for annuitet:

$$A_{Flexit} = (3,0 \% ; 15 \text{ år} ; -141\,510,53 \text{ kr} ; 150\,000 \text{ kr}) = 3\,788,9 \text{ kr}$$

$$A_{Byggkomp.} = (3,0 \% ; 60 \text{ år} ; -(354\,314,40 - 141\,510,53 \text{ kr})) = 7\,692,2 \text{ kr}$$

$$A_{Tiltak\ 5} = ((3\,788,9 + 7\,692,2 \text{ kr}) - 10\,292 \text{ kWh} * 1,5 \text{ kr/kWh}) = -11\,478,1 \text{ kr}$$

Denne annuiteten tilsvarer en årlig besparelse på -11 478,1 kr. Merk at verdien er negativ, og representerer i dette tilfellet årlige besparelser. Verdien har skiftet fortegn i resultatene for å tydeliggjøre at dette er en lønnsom investering.

Tilbakebetalingstid

Forventet tilbakebetalingstid med et avkastningskrav på 3,0 prosent og en strømpris på 1,5 kr/kWh:

$$= (-1) * \frac{\log\left(1 - 354\,314,4 \text{ kr} * \frac{3,0\%}{10\,292 \text{ kWh} * 1,5 \frac{\text{kr}}{\text{kWh}}}\right)}{\log(1 + 3,0\%)} = 39,5 \text{ år}$$

Ettersom at sluttverdien til Flexit EcoNordic WH4 trer i gang etter 15 år, vil tilbakebetalingstiden reduseres ytterligere. For å beregne tilbakebetalingstiden, er det nødvendig å beregne nåverdien av 150 000 kr etter 15 år, som senere kan trekkes ifra investeringen:

$$NV = \frac{150\,000 \text{ kr}}{1,03^{15}} = 96\,279,3 \text{ kr}$$

Tilbakebetalingstiden blir dermed:

$$= (-1) * \frac{\log\left(1 - (354\,314,4 - 96\,279,3 \text{ kr}) * \frac{3,0\%}{10\,292 \text{ kWh} * 1,5 \frac{\text{kr}}{\text{kWh}}}\right)}{\log(1 + 3,0\%)} = 23,5 \text{ år}$$