

Jonas Skaadel

Utprøving av samspill mellom ulike smarthus-løsninger

Masteroppgave i Energi og miljø

Veileder: Eilif Hugo Hansen

Juni 2022

Jonas Skaadel

Utprøving av samspill mellom ulike smarthus-løsninger

Masteroppgave i Energi og miljø
Veileder: Eilif Hugo Hansen
Juni 2022

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for informasjonsteknologi og elektroteknikk
Institutt for elkraftteknikk



Kunnskap for en bedre verden

Forord

Denne masteroppgaven utgjør det siste semester av studieprogrammet Energi og miljø ved Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (NTNU) i Trondheim. Masteroppgaven er en videreføring av fordypningsprosjektet fra høsten 2021, med det samme tema.

Jeg vil rette en takk til min veileder, Eilif Hugo Hansen, for gode faglige innspill og muligheten til å forme oppgaven i forhold til mine egne interesser. Til alle mine medstudenter på sal F452. Til slutt vil jeg takke min familie for korrekturlesning og gode innspill.

Jonas Skaadel

Trondheim, juni 2022

Jonas Skaadel

Sammendrag

Kommuniserende enheter får stadig større plass i mange deler av samfunnet, og spesielt i hjemmene våre. Et hjem med flere kommuniserende enheter kan kalles et smarthjem.

Eldrebølgen, det grønne skiftet og generell effektivisering er områder hvor smarthjem bør utnyttes, men for at dette skal skje kreves det stor tilpasning og derfor er det essensielt med gode og brukervennlig løsninger. Formålet til masteroppgaven vil være å svare på spørsmålene som er presentert nedenfor:

- Hva slags problemer og utfordringer oppstår under design av et smarthjem og hvilke løsninger kan hjelpe?
- Hvordan fungerer kommunikasjonsprotokoller og komponenter fra ulike produsenter sammen i et smarthus?
- Kan det formes en generell guide for å bygge opp et smarthjem?
- Hva er nytteverdien til dagens smarthjem-løsninger i forhold til eldreomsorg og det grønne skiftet, og hvordan fungerer løsningene?

Masteroppgaven blir hovedsakelig delt opp i to deler; en grundig teoretisk del bestående av bakgrunnskunnskap og relevant litteratur og en praktisk del som består av viderebygging og design av et smarthjem, hvor hele prosessen blir nøye og stegvis forklart fra innkjøp til vedlikehold. Alle typer utfordringer i de forskjellige delene av prosessen vil bli belyst sammen med hva som blir oppnådd. Noen av oppgavens hovedfunn kan oppsummeres på følgende måte:

- For et smarthjem med kommunikasjonsprotokoller og komponenter fra ulike produsenter er funksjonaliteten til hjemmesentralen helt sentral for sammenkoblingen og virkemåten. Utfordringer med sammenkobling i smarthjem skyldes oftest mangel på integrering av smartenheter i hjemmesentralens programvare.
- Når det kommer til det grønne skiftet blir bruksområde energisparing ansett som relevant. Uttestingen av smartleiligheten har vist at det er mulig å overvåke og automatisk styre den elektriske effekten til leiligheten med riktige komponenter.
- De største utfordringene under design av smarthjem kommer av lite samar-

beid mellom produsenter og at smarthjem generelt har en høy kompleksitet. Dette byr på utfordringer som: flere ulike metoder for å koble sammen smartenheter med hjemmesentralen, krav om flere ulike brukerkontoer og apper, og en komplisert innkjøpsfase som krever erfaring med hver spesifikk enhet som skal implementeres i smarthjemmet.

Abstract

Communicating devices are getting increasingly popular in many parts of society, and especially in our homes. A home with several communicating devices can be called a smart home.

An increasingly old population, the green shift and general efficiency are areas where smart homes should be utilized, but for this to happen, great adaptation is required and therefore good and user-friendly solutions are essential. The purpose of the master's thesis will be to answer the questions presented below:

- What kind of problems and challenges arise during the construction of a smart home and what solutions can help?
- How do communication protocols and components from different manufacturers work together in a smart home?
- Can a general guide be formed to build a smart home?
- What is the usefulness of today's smart home solutions in relation to elderly care and the green shift, and how do the solutions work?

The master's thesis is mainly divided into two parts; a thorough theoretical part consisting of background knowledge and relevant literature and a practical part consisting of rebuilding and construction of a smart home, where the whole process is carefully and step by step explained from purchasing to maintenance. All types of challenges in the different parts of the process will be highlighted along with what is being achieved. Some of the main findings of the thesis is listed as follows:

- For a smart home with communication protocols and components from different manufacturers, the functionality of the smarthub is absolutely central to the interconnection and operation. Challenges with interconnection in smart homes are most often due to a lack of integration of smart devices in the smarthubs software.
- When it comes to the green shift, the use of energy saving is considered relevant. The testing done in smart apartment has shown that it is possible to monitor and automatically control the electrical power of the apartment with the right components.

- The biggest challenges during the construction of smart homes come from the lack of collaboration between manufacturers and the fact that smart homes generally have a high level of complexity. This leads to an over-complicated construction that offers challenges such as: several different methods for connecting smart devices with the smarthub, the requirement of several different user accounts and apps, and a complicated purchasing phase that requires experience with each specific device to be implemented in the smart home.

Forkortelser og begreper

IP	Internett protokoll
IOT	Internett of things
OSI	Open Systems Interconnection
TCP	Transmission Control Protocol
AMS	Avanserte måle- og styringssystemer
App	Applikasjon på smarte enheter
Peakshaving	Flytter effekt fra tider på døgnet når forbruket er høyt til tider på døgnet når forbruket er lavt

Innholdsfortegnelse

Forord	i
Sammendrag	ii
Abstract	iv
Begreper og forkortelser	vi
1 Introduksjon	1
1.1 Formål	2
1.2 Begrensning	3
1.3 Bakgrunn	3
1.4 Oppgavens struktur	3
2 Smarthus	5
2.1 Internett of things	5
2.2 Definisjoner	6
2.3 Komponenter	7
2.3.1 Nettverksenheter	7
2.3.2 Sensorenheter	8
2.3.3 Aktuatorenheter	8
2.3.4 Multifunksjonelle-enheter	8
2.4 Oppbygning	8
3 Protokoller	10
3.1 Kommunikasjonsprotokoller	10
3.2 OSI-modellen	11
3.3 Kjennetegn og konsepter for kommunikasjonsprotokoller	12
3.4 Relevante kommunikasjonsprotokoller	14
3.4.1 EnOcean	14
3.4.2 Zigbee	15
3.4.3 Wi-Fi	16
3.4.4 Z-wave	17
3.4.5 Bluetooth	18
3.4.6 KNX	18
3.4.7 Protokoll-lag benyttet i aktuelle protokoller	20
3.5 Sammenkobling av protokoller	20

4	Smarthjem	23
4.1	Bruksområde	23
4.1.1	Kostnadseffektivitet og energisparing	24
4.1.2	Komfort og praktikalitet	24
4.1.3	Sikkerhet	25
4.2	Utfordringer og barrierer	25
4.2.1	Teknologi	25
4.2.2	Finans	26
4.2.3	Kunnskap	26
4.3	Konstruksjon av smarthjem	27
4.3.1	Fremgangsmåte	27
4.4	Styring	29
5	Design av smartleilighet	31
5.1	Prosess	31
5.2	Planleggingsfase	32
5.2.1	Forkunnskap	32
5.2.2	Mål	33
5.2.3	Viktige hensyn	34
5.2.4	Innkjøp	35
5.2.5	Nettverksenheter	35
5.2.6	Sensorenheter	36
5.2.7	Flerfunksjonelle enheter	37
5.2.8	Forslag til plassering	37
5.2.9	Implementering av KNX	38
5.2.10	Utfordringer	39
5.3	Konfigureringsfase	40
5.3.1	Fremgangsmetoder	40
5.3.2	Utfordringer	43
5.4	Vedlikeholdsfase	44
5.4.1	Utfordringer	44
5.4.2	Arkitektur	45
5.4.3	Funksjoner	47
6	Diskusjon	50
6.1	Begrensninger	50
6.2	Utfordringer under design	51
6.3	Samarbeid mellom protokoller og komponenter	53
6.4	Guide for design av et smarthjem	55
6.5	Nytteverdi	56
7	Konklusjon	59
	References	63
	Vedlegg A Notater design	A-1

A.1	Nettverksenheter	A-1
A.1.1	Sensorenheter	A-2
A.1.2	Flerfunksjon-enheter	A-3
A.1.3	Aktuatorenheter	A-4
A.1.4	Bemerkninger	A-5
A.1.5	Ekstra data	A-5
Vedlegg B Innkjøp		B-6
Vedlegg C Enheter		C-8
Vedlegg D Plantegningen til smartleiligheten		D-10
Vedlegg E Hjemmesentral grensesnitt		E-12
E.1	Automatisering og scener	E-16
E.2	Energi	E-20

Kapittel 1

Introduksjon

Kommuniserende enheter får stadig større plass i mange deler av samfunnet, og spesielt i hjemmene våre. Alt fra kjøleskap til støvsuger har nå blitt kommuniserende. Den relativt nye frasen "Tingenes internett" blir brukt til å beskrive denne utviklingen, hvor flere og flere ulike produkter blir koblet på nettet. Dette har åpnet for at en såkalt smartenhet kan utnytte informasjon fra internett for å øke sin egen nytteverdi og en naturlig progresjon er en samling med flere smarte enheter. Ofte er samlingen knyttet til hjemmet som da former et smarthjem. Da kan de smarte enhetene ikke bare utnytte informasjonen fra internett, men også informasjon fra andre smarte enheter i systemet. Samtids informasjon om omgivelser, effektbruk til enheter, kraftpriser, brukervaner, værmeldinger og mer blir utnyttet for å løse alle typer forskjellige problemer. Løsninger som gjør at enhetene i et smarthus kommuniserer med hverandre har økt i omfang de siste årene og har nylig blitt beskrevet slik i en artikkel om smarthjem fra tek.no:

"Men der 2010-tallet i stor grad handlet om å få dingsene på nett, skal vi på 2020-tallet få alle disse enhetene til å gjøre noe smart sammen" [1].

Dette utføres ved hjelp av programvare og maskinvare som har som hovedoppgave å se på hele systemet, ofte kalt hjemmesentral. Hjemmesentralene lager et brukergrensesnitt som gir styring over alle enhetene fra et sentralt punkt.

Eldrebølgen, det grønne skiftet og generell effektivisering er områder hvor smarthjem bør utnyttes, men for at dette skal skje kreves det stor tilpasning og derfor er det essensielt med gode og brukervennlige løsninger. For et smarthus kan være veldig komplekst, og det er ikke en selvfølge at kommunikasjonen går smertefritt. Utfordringen er den store sammensetning av mange ulike protokoller, smarte enheter, forskjellige typer oppgaver og produsenter.

Masteroppgaven er en viderebygging på prosjektoppgaven som er en litteraturstudie som omhandler ulike aspekter med smarthus, med et stort fokus på hva som er mulig å oppnå med dagens kommersielle løsninger. Det vil derfor være teori som blir bygd videre på og gjenbrukt.

Masteroppgaven blir hovedsakelig delt opp i to deler; en grundig teoretisk del bestående av bakgrunnskunnskap og relevant litteratur og en praktisk del som består av viderebygging og design av et smarthjem, hvor hele prosessen blir nøye og stegvis forklart fra innkjøp til vedlikehold. Alle typer utfordringer i de forskjellige delene av prosessen vil bli belyst sammen med hva som blir oppnådd.

1.1 Formål

En av konklusjonene i prosjektoppgaven var at det ville vært optimalt å gjøre om smartleiligheten på NTNU til en etterligning av et gjennomsnittlig norsk smarthjem. Da dette ville gi den nytteverdien at det ville bli mulig å forske videre på hvordan et samfunn med smarthjem kan påvirke samfunnet.

Masteroppgaven vil nøye beskrive prosessen for design av et smarthjem, formålet vil være å belyse utfordringer og foreslå en metode for å designe og implementere et smarthjemssystem. Dette blir videre brukt for å diskutere hvordan sammenkoblingen av systemet fungerer, potensiell nytteverdi, utfordringene som har oppstått, og mulige forbedringer.

I et forsøk på å gjøre oppgaven så strukturert og oversiktlig som mulig vil delmålene også bli presentert i form av spørsmål som oppgaven prøver å besvare:

- Hva slags problemer og utfordringer oppstår under design av et smarthjem og hvilke løsninger kan hjelpe?
- Hvordan fungerer kommunikasjonsprotokoller og komponenter fra ulike produsenter sammen i et smarthus?
- Kan det formes en generell guide for å bygge opp et smarthjem?
- Hva er nytteverdien til dagens smarthjem-løsninger i forhold til eldreomsorg og det grønne skiftet, og hvordan fungerer løsningene?

1.2 Begrensning

Smarthus er et komplekst tema med flere lag, og et enormt stort antall enheter og løsninger. Dette gjør at det er nødvendig med begrensninger for å minske omfanget av oppgaven, men spørsmålene som skal svares på i oppgaven har store begrensninger i seg selv. Dette gjør at det bare er nødvendig med en ekstra begrensning: Programmer og utvidelser som ikke kommer direkte fra produsenten av de innkjøpte smartenhetene vil ikke bli utnyttet i denne oppgaven.

1.3 Bakgrunn

Etablering av et smarthuslaboratorium på NTNU ble påbegynt i 2014. Målet da var at det skulle fungere som en nasjonal testplattform for uttesting av smarte komponenter og dermed åpne for muligheten til å kartlegge energibruk i smarthus. I senere tid har laboratoriet tatt form i en leilighet og vil i resten av oppgaven bli omtalt som smartleiligheten.

Det er skrevet to masteroppgaver og tre prosjektoppgaver om leiligheten. Den første masteroppgaven ble skrevet i 2015 av Henriette Ellingsrud. Dette var før smartleiligheten hadde blitt satt opp, og oppgaven handlet om å danne stammen av smartleiligheten. Den andre masteroppgaven ble skrevet i 2016 av Anders Espeseth. Leiligheten var enda ikke på plass, og i oppgaven ble det laget et testoppsett for å teste funksjoner og løsninger for smarthjem. Her ble stammen av dagens system laget. Det ble valgt å ta i bruk KNX kombinert med DALI-lysstyring, effektberegning ved hjelp av AMS-måler. Alternativet på den tiden var LonWorks som styringsystem, men dette ble gått bort fra. Den siste prosjektoppgaven som ble skrevet av meg og var en litteraturstudie som omhandlet dagens situasjon i forhold til sammenkobling av smarte enheter med fokus på kommunikasjonsprotokoller. Dette vil også bli bygd videre på i denne masteroppgaven.

Leiligheten er plassert i første etasje i ELA-bygget på NTNU Gløshaugen, og har fire rom som tilsammen er $63,9m^2$. Plantegningen av leiligheten vises i figur D.1 som ligger i vedlegg D. En viktig bemerkning er at vinduene til venstre på plantegningen går ut til et fellesareal på skolen og ikke til et uteareal. Justering av persienner her vil derfor ikke gi samme varme effekt som det ville gjort om det var naturlig sol. Dessuten er vinduene nordvendt, men persienner kan evt. skjerme reflektert lys fra sydvendte vinduer i naboblokken

1.4 Oppgavens struktur

Oppgaven består totalt av syv kapitler og er strukturert på følgende måte:

- Kapittel 2, Smarthus, består av forklaringer av konsepter og begreper som er nødvendig å forstå for resten masteroppgaven

- Kapittel 3, Protokoller, omhandler konsepter for datakommunikasjon og forklaring av relevante protokoller
- Kapittel 4, Smarthjem, omhandler tidsrelevante aspekter ved temaet smarthjem
- Kapittel 5, Design av smartleilighet, består av metodikken og resultatene for Design av smartleiligheten
- Kapittel 6, Diskusjon
- Kapittel 7, Konklusjon

Kapittel 2

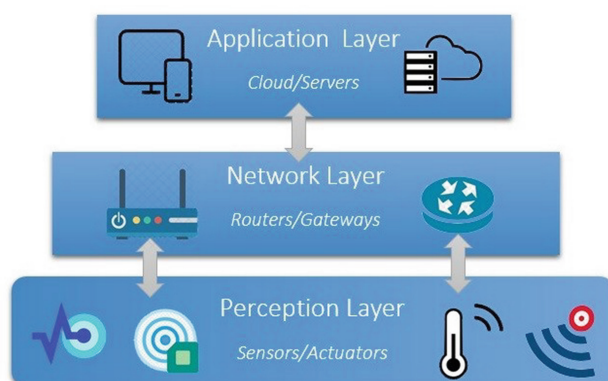
Smarthus

Kapittelet består av forklaringer av konsepter og begreper som er nødvendig å forstå for å kunne lese resten av masteroppgaven. Informasjonen er hentet fra tidligere publikasjoner som er relevant for temaet smarthus.

2.1 Internett of things

Tidlig på 1960 tallet ble den første versjonen av internett introdusert i USA kalt ARPANET. Dette ble introdusert av det Amerikanske Forsvarsdepartementet og kom med nyvinningen pakkesvitsjing. Mange standarder har gjennom tiden blitt utviklet og etter hvert kom TCP/IP protokollene som brukes mye i dag. Utviklingen har gått i retning av at flere og flere enheter er blitt koblet til internett, dette har gjort det nødvendig med utviklingen av internettprotokoll versjon 6 (IPV6), som har gjort det mulig med et etter alle praktiske forhold, uendelig antall enheter som kan sende pakker over internett [2].

Hvis "Internett of things" (IOT) skal sammenlignes med internett, kan det tenkes at internett er tenkt for sammenkobling av mennesker, mens IOT er tenkt for sammenkobling av alle typer objekter rundt oss [3].



Figur 2.1: IOT-lag [3, p. 1258]

Det finnes flere arkitekturer for IOT, en av de mer populære er å dele det opp i tre lag, som vist på figur 2.1. Det øverste laget er applikasjonslaget. Applikasjonslaget har ansvar for applikasjonene som brukeren samhandler med. Dette kan for eksempel være en bryter som slår på kaffemaskinen i et smarthjem.

Det andre laget er nettverkslaget, som hovedsakelig er ansvarlig for overføring av data mellom smartenheter, servere og internettenheter. Det blir overført med kommunikasjonsprotokoller.

Det tredje laget er persepsjonslaget, som inneholder maskinvare delen av IOT, altså det fysiske. Det består av sensorer og aktuatorer.

2.2 Definisjoner

Det er ikke en fastsatt definisjon på smarthus, det er derimot mange bedrifter og interesseorganisasjoner som har gitt forslag til definisjoner [4, p. 7]. Disse definisjonene er ofte basert på bedriftenes egen agenda. Smarthus, smarthjem og smartbygg er viktige konsepter i denne masteroppgaven, og det blir derfor tidlig definert.

Smarthjem

I denne masteroppgaven er begrepet "smarthjem" definert som en bolig utstyrt med enheter som har mulighet for kommunikasjon gjennom nettverk.

Smartbygg

Smartbygg er definert likt et smarthjem, bortsett fra bygninger som ikke er bolig.

Smarthus

Smarthus blir brukt som et samlebegrep for smarthjem og smartbygg.

Definisjonene satt for smarthjem og smartbygg gir en lav terskel for å kalle et hus et smarthus. For å lage et skille mellom ulike nivåer av smarthus brukes tabell 2.1. Den viser fire mulige nivåer et smarthus kan være på med stigende kompleksitet. Nivåene er basert på grad av styring og kommunikasjonen mellom enhetene.

Tabell 2.1: Ulike smarthus nivåer [5]

Nivå 1	Nivå 2
Enkeltstående smartprodukter	Smartprodukter som kommuniserer med noen andre smartprodukter
Nivå 3	Nivå 4
Smarthjemmet har en "hjerne" i form av en smarthub som gjør det mulig for brukeren å styre alle enhetene fra et sted	Smartproduktene kommuniserer med en selvlærende smarthub som ved hjelp av maskinlæring, sensorinput og innsamlet data tar egne valg som er optimalt for bruker.

2.3 Komponenter

Et smarthus er bygd opp av flere komponenter av ulik kompleksitet. En komponent kan være alt fra lysarmatur, en automatisk støvsuger eller en ruter. Det finnes enheter som har oppgaver innenfor sensorerteknologi, aktuatorer som utfører oppgaver og enheter som har oppgaven å koble systemet sammen ved å gjøre oppgaver som er relevant for nettverkene [6]. Det er i tillegg vanlig at en smartenhet er deltakende i flere av oppgavene, spesielt for de mer komplekse "smarte" forbrukerenhetene som smarthøytalere eller et smartkjøleskap. Enhetene i et smarthus blir heretter kategorisert med nettverksenheter, sensorenheter, aktuatorenheter og multifunksjonelle-enheter. En mer detaljert beskrivelse av de ulike kategoriene er beskrevet i underkapitlene nedenfor, og inkluderer også en beskrivelse av de mest sentrale smartenhetene under tilhørende kategori.

2.3.1 Nettverksenheter

Komponenter som bistår kommunikasjonen mellom smartenheter i et smarthus. Eksempler på komponenter som er en del av nettverket er gateways, hjemmesentraler og rutere.

Gateway

"En gateway skal først opptre som mottaker og deretter som avsender. Gateways har en nøkkelrolle fordi de gjør det mulig å benytte flere typer infrastrukturer i nettverket. En gateway kan motta datagrammer fra én type infrastruktur og sende dem videre ved hjelp av en annen." [7].

Slik ble oppgavene til en gateway definert av Det Store Norske leksikon. Dette gjør at det er mulig å bruke sammenkoble nettverk med ulike protokoller, men også mulig å sammenkoble nettverk av samme type.

Hjemmesentral

"En hjemmesentral består av dedikert maskin- og/eller programvare skrudd sammen for automatisering og styring av smarte enheter" [8].

Slik ble hjemmesentral (også kalt smarthub) beskrevet i en Tek.no artikkel fra 2019. Hjemmesentraler muliggjør kommunikasjon mellom smarte enheter, og oppfører seg som midtpunktet i et system med smarte enheter. Dette gjør at det blir mulig å utnytte den samlede informasjonen til flere enheter. Hjemmesentralene har et tilhørende brukergrensesnitt (Ofte en mobil applikasjon, altså app) som gjør det mulig for brukeren å styre alle enhetene fra en plass. Hjemmesentralene som er relevant i denne masteroppgaven har som mål å være midtpunktet i et smarthjem og styre alle enhetene. Hjemmesentraler har tilgang på varierende antall kommunikasjonsprotokoller, en hjemmesentral som bruker flere protokoller vil derfor kunne en fungere som en gateway mellom kommunikasjonsprotokoller.

2.3.2 Sensorenheter

En sensorenhet måler fysiske parametere og sender resultatene videre til en mikrokontroller, hvor sistnevnte utfører en konvertering av det analoge signalet til et digitalt signal [6]. Dette signalet blir sendt til hjemmesentralen.

2.3.3 Aktuatorenheter

Aktuatorenheter er det motsatte av en sensorenhet. En aktuatorenhet mottar et signal og utfører deretter en oppgave. Eksempler kan være lys som kan endre tilstand fra av til på, eller en motoriserte gardiner som endrer posisjon ved hjelp av en motor.

2.3.4 Multifunksjonelle-enheter

Det finnes som nevnt enheter som strekker seg over flere kategorier. Dette krever derfor en egen kategori.

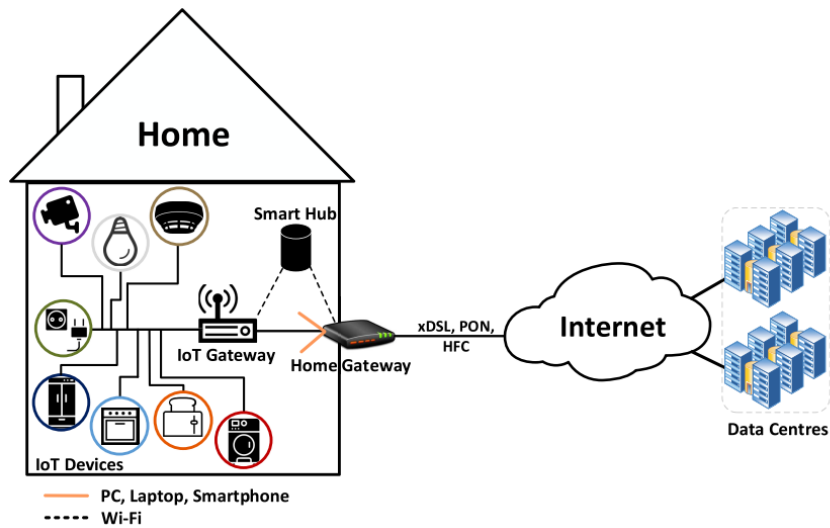
Smarthøytaler

Smarthøytaler er en smartenhet som består av både mikrofon og høytaler. Høytaleren tar opp stemmen til en person og konverterer det til analoge verdier. Den analoge verdien blir deretter konvertert til digital form for å lettere å kunne prosessere dataene [9, p. 110]. Maskinlæring blir brukt for å forme ord og forstå setninger ut av dataen. Den unike funksjonaliteten til en slik høytaler i et smarthus kan være å styre andre smartenheter med stemmen. En mer omfattende forklaring av virkemåten kan bli lest om i boken "Title: Intelligent IoT Projects in 7 Days" [9, p. 110]

2.4 Oppbygning

Figur 2.2 viser en simplifisert illustrasjon av nettverksarkitektur til et typisk smarthus, inkludert mulige eksterne serverne. Generelt består et smarthus-

system av komponentene, gateway mellom de ulike nettverkene i hjemmet ("IOT Gateway" på figur) og gateway fra det lokale nettverket til internett ("Home-Gateway" på figur). Ikke alle smarthjemssystemer krever internett-tilgang for å fungere.



Figur 2.2: *Simpel diagram et smarthus med internett-tilgang [6, p. 88]*

Kapittel 3

Protokoller

Kapittelet inneholder all teorien om de relevante protokollene som blir brukt til å kommunisere mellom smartenheter. Smarthusprotokoller er et allment lite kjent tema, men dette er essensielt å forstå for å diskutere de ulike løsningene for å bygge et smarthus-system. Strukturen til kapittelet er bygd opp slik: Først blir den underliggende teorien om hvordan pakker blir sendt gjennom nettverk forklart, deretter kommer en gjennomgang av de viktigste kjennetegnene og konseptene for kommunikasjonsprotokoller, deretter kommer teorien fra de relevante protokollene for smarthus og til slutt i kapittelet kommer en forklaring på hvordan arkitekturen på et system med flere protokoller kan se ut.

Det Store norske leksikon definerer IT protokoller slik:

"Protokoll er formater og fremgangsmåte som kreves for å få datamaskiner til å kommunisere. Protokollen gir regler for dataformat, sending og mottak av data, timing, feilsjekking og datakomprimering. En protokoll kan implementeres både i programvare og maskinvare." [10] [5]

3.1 Kommunikasjonsprotokoller

Protokoll er et mer generelt uttrykk, mens kommunikasjonsprotokoll er en underkategori som defineres slik av det Store norske leksikon:

"Kommunikasjonsprotokoll er et fastlagt sett av regler for informasjonsutveksling mellom kommuniserende digitale enheter" [11].

Kommunikasjonsprotokoller er altså protokollene som brukes for å kommunisere mellom enheter og kan sammenlignes med språk for mennesker. Kommunikasjon mellom enheter åpner for muligheter til å styre enheter uten å være i nærheten og at enheter kan reagere på signaler fra andre enheter. På samme måte som at det for mennesker finnes ulike språk, finnes det også ulike kommunikasjonsprotokoller for smartenheter. Hvilke kommunikasjonsprotokoll som en enhet har tilgjengelig

er opp til produsenten, men bør være basert på fordelene og ulempene til de forskjellige protokollene.

3.2 OSI-modellen

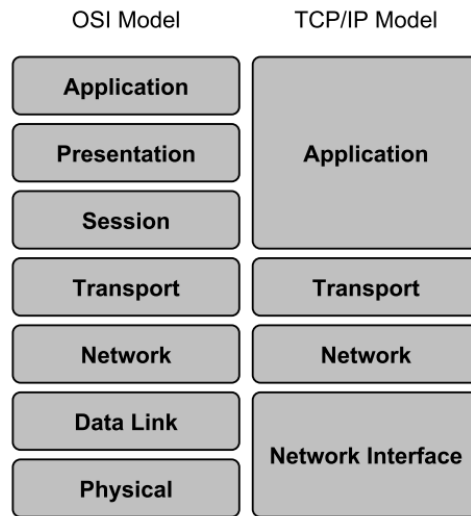
For å forstå hvordan nettverkskommunikasjon fungerer og hva det er en kommunikasjonsprotokoll implementerer kan OSI (Open Systems Interconnection) -modellen brukes. Modellen er en arkitektur for nettverkskommunikasjon og den er laget for å forenkle forståelsen av nettverkskommunikasjon. Dette gjøres ved å dele opp kommunikasjonssystemet i syv lag, hvor tanken er at det kan lages applikasjoner eller protokoller på et lag kun med kunnskap om det ene laget og grensesnittet mellom de nærmeste lagene. Det trengs derfor mindre forkunnskap og det er mulig å spesialisere seg på spesifikke lag selv om det helhetlige systemet er ekstremt komplekst. Tabell 3.1 inneholder hvert lag med en kort beskrivelse av arbeidsoppgavene.

Tabell 3.1: *Beskrivelse av hvert lag i IOS modellen [12]*

OSI modellen	
Lag	Beskrivelse
Lag 1 - Fysisk	Sender informasjon i form av bits gjennom fysiske medier.
Lag 2 - Datalink	Kontrollerer feil og sørger for at datarammer (frames) blir overført feilfritt mellom enheter gjennom det fysiske laget.
Lag 3 - Nettverk	Flytter pakker mellom forskjellige nettverk og implementerer konseptet ruting.
Lag 4 - Transport	Gjør overføring av data pålitelig ved hjelp av konsepter som flytkontroll. Pakkene blir her brutt ned i mindre pakker på sendersiden, og gjenoppbygd på mottakersiden.
Lag 5 - Sesjon	Setter opp vedvarende forbindelser mellom enheter og er ansvarlig for rekkefølgen og flyten i forbindelsen.
Lag 6 - Presentasjon	Oversetter dataen til en fellesdata som kan sendes, brukes også til kryptering og dekryptering i applikasjonslaget.
Lag 7 - Applikasjon	Laget som er grensesnittet til bruker og hvor endebroker applikasjonene tilhører.

TCP/IP Modell

En annen arkitektur som bør nevnes er TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) modellen som bruker samme strukturen bare med færre lag. TCP/IP modellen blir sett på som en simplifisert versjon og er derfor populær. Modellen består av 4 lag, hvor det som blir kalt "applikasjonslaget" i TCP/IP tilsvarer applikasjon + presentasjon + sesjon lagene i OSI modellen. Den andre forskjellen er at laget som blir kalt "nettverk grensesnitt" tilsvarer datalink og det fysiske laget på OSI modellen. En illustrasjon som sammenligner de to arkitekturene vises i figur 3.1. En kommunikasjonsprotokoll kan være ansvarlig for flere av lagene [12].



Figur 3.1: Sammenligning av OSI modellen og TCP/IP modellen [12]

3.3 Kjennetegn og konsepter for kommunikasjonsprotokoller

I konteksten av temaet smarthus er det kommunikasjonsprotokoller som får ulike smartprodukter til å utveksle informasjon som er relevant. Det finnes kommunikasjonsprotokoller som fra starten hadde som hovedformål å bli brukt til automasjon av hus og styring av smartenheter, også finnes det mer brede kommunikasjonsprotokoller som også blir brukt for dette formålet, men som ikke har hatt det som et hovedfokus. Dette gjør at ulike protokoller har forskjellige kjennetegn og egenskaper. For å kunne differensiere mellom dem er det viktig å beskrive de ulike konseptene som er felles, men blir løst på forskjellige måter. Dette gir også en overflateforståelse på hvordan protokollene fungerer generelt utover definisjonen. Konsepter som blir forklart mer nøyaktig er listet under:

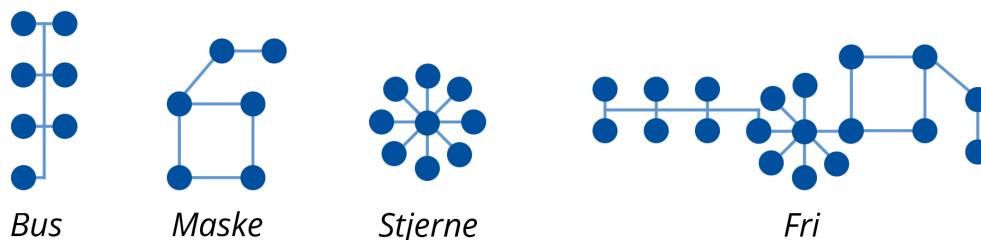
- Nettverkstopologi
- Åpne eller lukkede protokoller
- Trådløst eller kablet

Nettverkstopologi "A dictionary of the Internet (4 ed.)" utgitt av Oxford University Press beskriver en nettverkstopologi slik:

"The organization of a network in terms of its hardware elements and communication links." [13]

Altså utformingen til et datanettverk når det kommer til antall og type tilkoblinger mellom datamaskinene. Formen av et datanettverk kan bli illustrert ved hjelp av

noder og hvordan de blir satt sammen slik som på figur 3.2. Nodene representerer en enhet, mens strekene representerer en nettverksforbindelse.



Figur 3.2: *Alternative Nettverkstoplogier*

De vanligste topologiene for kommunikasjonsprotokoller vises også i figur 3.2. Grunnen til at det finnes flere typer topologier kommer av de ulike fordelene og ulempene topologiene har. En kommunikasjonsprotokoll som har lav rekkevidde, vil for eksempel ha fordel av at signalet kan videresendes for å øke rekkevidden. Om protokollen er kablet eller er trådløs er også viktig for valget av topologi, da kommunikasjonsprotokoller som er kablet burde være formet på en måte som bruker så lite kabler som mulig da ekstra forbindelser krever flere kabler.

Busnettverk topologi består av en felles overføringslinje som alle enhetene i nettverket er koblet til [13]. Ulempen med den felles overføringslinjen er at det kan føre til kollisjon mellom data, men brukes ofte i kablede nettverk da det kreves minimal mengde med ledning for å koble sammen enhetene. Et nettverk med **masketopologi** er derimot mer vanlig for trådløse kommunikasjonsprotokoller. Masketopologien er laget slik at flere av nodene i nettverket fungerer som en ruter som kan videresende signaler. Dette gjør at et maskenettverk forlenger hvor langt et signal kan sendes, og forsterker driftssikkerheten til nettverket ved at det blir flere ruter som signalene kan ta for å nå sluttdestinasjonen. Dette øker redundansen i nettverket [14]. Et nettverk med **Stjernetopologi** har alltid en sentral node som all trafikken går gjennom, ofte kalt ruter. En fordel med en slik form er at det gir kontroll over dataoverføringen ved at nye enheter som blir lagt til (eller trukket fra) ikke endrer strukturen til topologien for de andre nodene. Til slutt finnes det også **fritopologi**. Fritopologi har ingen restriksjoner for hvor forbindelsene mellom nodene går [15]. Dette er en fordel når det er kablet da det ikke kreves nøye planlegging. Fri topologi kan også ende opp med å være en kombinasjon av flere forskjellige topologier som figur 3.2 viser.

Åpen/lukket En protokoll kan være åpen eller lukket. En lukket protokoll også kalt proprietær protokoll er av ulike årsaker begrenset til et bestemt sett med programvare eller maskinvare [13]. En av årsakene er at en del protokoller er laget og eid av private selskaper. En fordel med å holde protokollen lukket vil da være at det åpner for muligheten til å hindre andre selskaper i å bruke protokollen. En åpen protokoll er det motsatte, og er fritt tilgjengelig for alle interesserte parter. En fordel med en åpen protokoll vil være at det er lettere å

ekspandere protokollen, og tillater innovasjon fra flere produsenter.

Trådløst/kablet Kommunikasjonsprotokoller bruker to forskjellige medier for å sende signalet fra en datamaskin til en annen. Trådløs kommunikasjon fungerer ved å sende radiobølger med forskjellige frekvenser gjennom luft. Dette har sine ulemper med at radiobølger med samme frekvens kan kollidere. I tillegg er det ikke et uendelig antall forskjellige frekvenser som er tilgjengelig. Dette gjør at det er forskjell fra protokoll til protokoll hvor bra dette blir håndtert, og gjør trådløs kommunikasjon generelt mindre pålitelig enn kablet. Det er satt regler på hvilke frekvenser som brukes til hva. For kommunikasjonsprotokoller i Europa er det mest vanlig med 868 Mhz og 2.4 Ghz. Valg av frekvens henger sammen med hvor mye informasjon som kan sendes. En høyere frekvens tilsvarer også høyere dataoverføring, men det krever også at enhetene bruker mer energi. Da vil det være nødvendig med større batteri og mer elektronikk, som gjør at enhetene koster mer.

En annen utfordring er å få signalet til å nå fram, spesielt innendørs. Hindringer som vegger eller møbler gjør at signalet blir svakere. Dette er spesielt tilfelle når signalet har en relativt høy frekvens, for da vil signalet få et høyere tap av hindringer enn ved lav frekvens [14, p. 108]. 868 Mhz har en relativt god evne til å trenge gjennom hindringer i boliger [16].

Hvis kommunikasjonsprotokollen bruker kablet system, går signalene gjennom kabler en form av elektrisitet, eller med lys for fiber kabler. Et signal i kabler består av flere frekvenser, og frekvensområdet kalles båndbredden. Båndbredden blir sett på som en viktig faktor for mengden data som kan overføres gjennom en kabel over tid [17, p. 106].

3.4 Relevante kommunikasjonsprotokoller

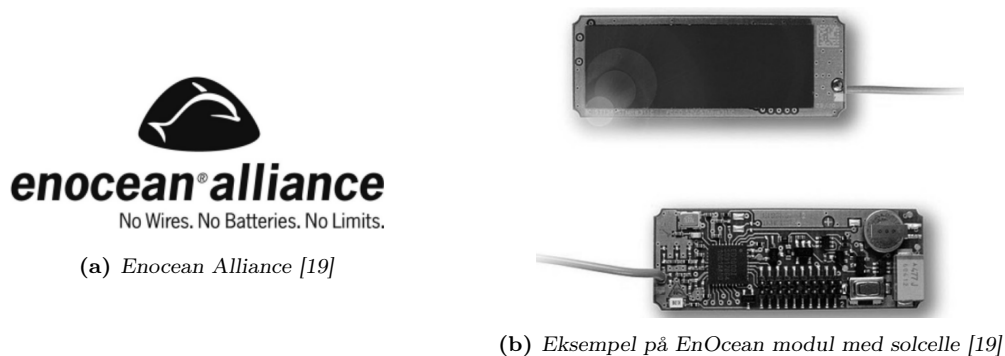
For smarthus er det et utvalg kommunikasjonsprotokoller og standarder som er blitt formet og optimalisert rundt det særegne behovene til markedet. Noen protokoller er laget som generelle løsninger for alle typer smartenheter som finnes i et smarthus, mens andre har spisset seg mer inn på mer spesifikke problemer som for eksempel styring av lys. De mest relevante protokollene innenfor smarthus blir detaljert beskrevet i underseksjonene nedenfor ved hjelp av informasjon funnet i ulike vitenskapelige artikler og nyhetsartikler. Hvilke protokoller som er valgt er også basert på relevante artikler om temaet smarthus.

3.4.1 EnOcean

"EnOcean radio protocol" er en protokoll som brukes innenfor bygningsautomasjon og smarthjem-løsninger, men også for industrielle formål. Protokollen ble laget av EnOcean GmbH, og protokollen er basert på standarden ISO/IEC 14543-310 [18]. The EnOcean Alliance (se figur 3.3a) ble dannet i 2008 [19, p. 149], og er en internasjonal forening med selskaper fra IT- og bygningsindustrien.

I forhold til de andre kommunikasjonsprotokollene skiller EnOcean seg mest ut på at det er et fokus på generering av energi i enhetene. Dette er mulig fordi de har en rekke patenter innenfor dette feltet. Eksempler er enheter med små solcellepaneler eller at det blir generert energi ved trykk av knapper. Det er ikke store mengder som blir generert, men det er i noen tilfeller nok til at det ikke kreves batterier, noe som gjør at det kreves mindre vedlikehold. Ulempen er at det også krever et ekstremt lavt strømforbruk som gjør at det ikke er mulig å sende mer enn 125kb/s ved hjelp av 868 Mhz (Europa) [18].

Rekkevidden for EnOcean er oppgitt å være mindre enn 30 meter innendørs, og mindre enn 300 meter i åpent areal. For å øke avstanden kan det legges til forsterkere [18]. EnOcean kan bruke både stjerne- og masketopologi [19, p. 153] . Et eksempel på en hybrid løsning er stjernetopologi der signalet kan videresendes to ganger, altså en kombinasjon av maske- og stjernetopologi. [16] EnOcean har en teoretisk mulighet for 2^{32} ulike noder [20]. Det er heller ikke mulig koble EnOcean enheter direkte til mobilen da dette krever en gateway. En EnOcean modul med solcelle kan ses i figur 3.3b.



Figur 3.3: EnOcean Alliance og EnOcean modul

3.4.2 Zigbee

Zigbee en protokoll som kan brukes til styring av smartenheter i bygninger og er en global åpen standard som blir brukt av bedrifter som selger smartenheter til privatpersoner. Den er utviklet av "Connectivity standards Alliance" som endret navn 11 mai 2020 fra "The Zigbee Alliance" [21]. Målet er at smartsensorer og brytere skal kunne kommunisere trådløst uten bruk av kabler. For å oppnå dette er Zigbee bygget over IEEE 802.15.4 radio spesifikasjoner [22] og har muligheten for overføring med både 2.4 Ghz og 868 Mhz (Europa), hvor dataoverføringen varierer fra 20 kilobits/sek på 868 Mhz til 250 kilobits/sek på 2.4 Ghz [14].

Ifølge "Connectivity Standard Alliance" finnes det over 4000 sertifiserte Zigbee-produkter. Med det menes det produkter som i teorien skal garantert fungere med hverandre, hvor de fem største kategoriene er grensesnitt for energi, dimbare lys, lys med farge temperatur, utvidbare fargelys og skjermer [23]. Zigbee er ment for nettverk som er laget av små radioer (se figur 3.4b) som krever lite strøm. Dette

gjør at prisen er relativt lav og optimal for nettverk som hovedsakelig er tenkt for å sende korte datapakker. Zigbee bruker et maske-nettverk og mellom to enheter er det mulig med en overføringsavstand fra 10 til 100 meter innendørs [14], men avstanden kan økes ved at Zigbee-enheter kan videresende signalet (slik som Z-wave) opp til flere ganger for å nå sluttdestinasjonen. Det kan også i teorien være opptil 65000 noder i et Zigbee-nettverk. I forhold til sikkerhet er Zigbee kjent for å ha en robust sikkerhetskryptering med 128-bit symmetriske krypterings nøkler [14]. For at enheter som kun har zigbee skal kunne kobles til internett eller telefonen kreves det en gateway, denne tar ofte i form av hjemmesentral. For å gi en forståelse av hvordan en Zigbee enhet ser ut, viser figur 3.4a en modul.



(a) Zigbee [22]



(b) Zigbee modul [14]

Figur 3.4: Zigbee og et eksempel på en Zigbee modul

3.4.3 Wi-Fi

WI-FI alliansen (dannet i 1999) eier og kontrollerer "Wi-Fi certified" (se figur 3.5a) som sertifiserer produkter basert på 802.11 standarden. Wireless Local Area Networks (WLANs) startet i 1991 med at NCR Coporation og AT&T laget et fellesforetak som skulle lage et trådløst system ment for kasseautomater. Det har i senere år utviklet seg voldsomt og i 2010 hadde de fleste bærbare PCer en integrert antenne for WLAN [14]. Wi-Fi protokollene skiller seg fra de andre protokollene med at det brukes en stjernetopologi som fungerer på den måten at alle signaler går gjennom et sentralt punkt. Det blir derfor ikke direkte kommunikasjon mellom enheter, men en fordel i forhold til smarthjemteknologi er at det allerede er vanlig å ha en Wi-FI ruter hjemme. I tillegg har de fleste moderne mobiltelefoner og bærbare-PCer allerede Wi-Fi antenne innebygd.

Avstanden fra ruterer (se figur 3.5b) til enheten ligger på mellom 50 og 100 meter, men det kommer an på hindringer. Denne avstanden kan økes ved å sette opp forsterkere eller flere rutere. Wi-Fi er en av de eldre protokollene som hovedsakelig blir brukt til å koble enheter til internett og er derfor ikke laget med tanke på at det skal bli brukt lite strøm til forskjell fra de andre kommunikasjonsprotokollene. Dette har også gjort at det har en høyere kapasitet på dataoverføringen. Den nyeste Wi-Fi standarden nå om dagen heter 802.11ax (Wi-Fi 6). Wi-Fi bruker både 2.4 Ghz og 5 Ghz i Europa, men også andre [14], 5

Ghz har mer tap enn 2.4 Ghz, men som nevnt kan høyere frekvens overføre mer data.



(a) Wi-Fi [22]



(b) En ruter fungerer som senteret for et Wi-Fi nettverk [24]

Figur 3.5: Wi-Fi

3.4.4 Z-wave

Z-wave er en av de mer profilerte kommunikasjonsprotokollene for automasjon i hjemmet. Den ble introdusert for markedet i 2003 [22] med hovedfokus på strømgjerrig, høyhastighet kommunikasjon mellom smartenheter [12]. Z-wave er involvert i de tre nederste lagene i TCP/IP modellen, som vises på figur 3.10. En forskjell fra de fleste andre protokollene er at Z-wave brikkene hovedsakelig blir solgt av Sigma Designs. Dette gjør at det har mer fellestrekk med en lukket proprietær protokoll, enn en åpen [22]. I tillegg er ikke Z-wave en standard slik som EnOcean, Wi-Fi og Zigbee [12].

Z-wave bruker den vanlige industrifrekvensen 868.40 Mhz [25], som muliggjør en overføringsrate på 9.6 , 40 og 100 kbit/s. En fordel med å bruke 868.40 Mhz er at dette ikke er samme frekvens som Wi-Fi bruker og vil derfor ha mindre problemer med kollisjoner, som fører til forstyrrelser i signalet. Z-wave kan ha 232 noder og har mulighet for å videresende et signal fire ganger for å nå sluttdestinasjonen. Figur 3.6a viser merket til Z-wave logoen, mens figur 3.6b viser hvordan en typisk Z-wave enhet ser ut, og gir et forhold til størrelse.



(a) Z-wave [22]



(b) En typisk Z-wave enhet. [26]

Figur 3.6: Z-wave

3.4.5 Bluetooth

Bluetooth-standarden kan spores tilbake til 1994 [22], og var opprinnelig designet for trådløs kommunikasjon mellom to enheter. Bluetooth har endret seg mye over tid og "Bluetooth Low Energy" ble introdusert i Bluetooth-versjon fire. "Bluetooth Low Energy" gjorde det mulig med kommunikasjon som brukte mindre energi og det ble derfor mer relevant for smarthus markedet, men det var originalt designet som et stjerne nettverk med mobilen som senter [27]. Det har senere blitt mulig med maskenettverk, dette kombinert med at Bluetooth er tilgjengelig på de fleste smarttelefoner og PC-er gjør at Bluetooth har en unik fordel. Bluetooth-merke kan ses i figur 3.7.

Bluetooth er en åpen protokoll som dekker Transport; Nettverk- og Nettverkgrensesnittlaget (se figur 3.10. kommunikasjonsstandarder sender data ved hjelp av en frekvens på 2.4 Ghz, og kan sende 1 Mbit/s [22].



Figur 3.7: Bluetooth symbol [22]

3.4.6 KNX

KNX (Kå-Enn-eks) en bygnings-automatiseringsstandard laget for å styre enheter som sammen former systemer. Dette gjelder innenfor kategorier som sikkerhet, belysning og, lyd og video. KNX er designet for å bli brukt i elektriske installasjoner som har oppgave å implementere automasjon hovedsakelig i bygninger, men kan også brukes andre former for hus [28].

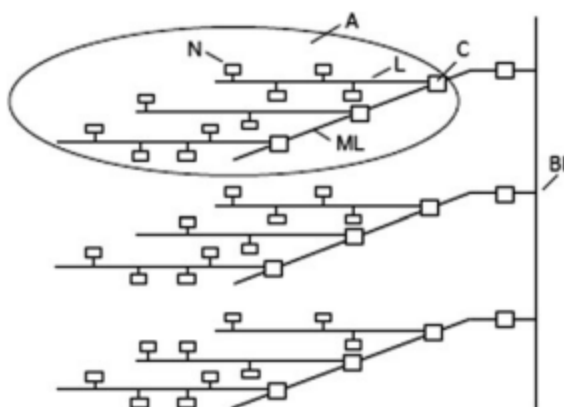
KNX er en allsidig protokoll med flere mulige kommunikasjonsmedier som kan kombineres i et system. Dette kommer av at protokollen er åpen, og har 500 forskjellige medlemsbedrifter som er produsenter av ulike KNX enheter som brukes i et KNX system [29], dette gjelder også verdensomspennende selskaper som ABB og Siemens. Gateways åpner også for muligheten å koble til andre protokoller, dette kombinert med alle kommunikasjonsmediene som vises i tabell 3.2, og at det i tillegg kan kobles til opp til 65536 noder, gjør det mulig å lage omfattende og kompliserte systemer. Dette er derimot ikke vanlig å bruke mer enn et titalls til et par hundre noder i de fleste KNX prosjekter [28, p. 89].

Tabell 3.2: Mulige medier for kommunikasjon med KNX [30]

KNX kommunikasjons medier
Tvunnet parkabel (KNX TP)
Det eksisterende strømmettet (KNX PL)
Radiobølger (KNX RF)
Internett kabel (KNX IP)

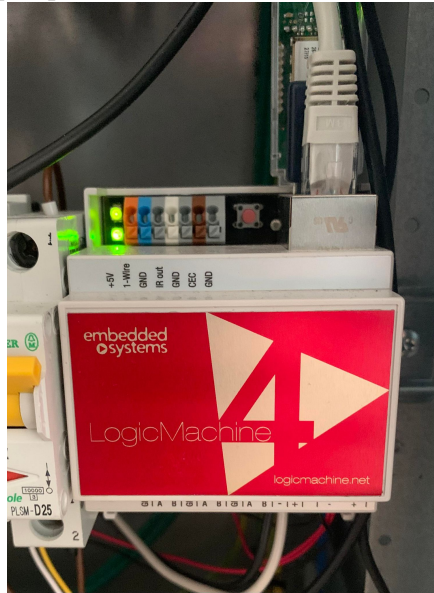
Det kommunikasjonsmediet som er vanligst å bruke er tvunnet parkabel med en tilkobling per node [31]. Bruken av det eksisterende strømmettet som kommunikasjonsmedium kan spare penger ved å bruke kabler som allerede er lagt. Dette kan være en preferanse om det er to avskilte deler av systemet som har lang avstand mellom hverandre. Bruken av det eksisterende strømmettet har derimot den ulempen at signalet er utsatt for støy i form av innblanding fra elektromagnetiske felt [32]. Når det kommer til trådløs kommunikasjon med KNX komponenter blir det brukt en frekvens på 868 Mhz, og en bitrate på 38.5 Kbit/s [33]. En viktig egenskap som er unikt for KNX (sammenlignet med de andre protokollene som blir diskutert i denne oppgaven) er at det ikke er nødvendig med en sentral enhet for å styre systemet fordi KNX bruker et såkalt "Peer-to-peer" system [33]

Topologien til KNX er et hierarkisk system som kalles tre-topologi. Topologien vises i figur 3.8. Figuren er en illustrasjon av et KNX system og er merket med Noder (L), linjer (L), hovedlinjer (ML), område (A) og til slutt ryggrad linjen (BL). Nodene er på linjer, og linjene er tildelt hovedlinjer. Flere hovedlinjer former et område som og alle områder er koblet til ryggradlinjen. Tre-topologi kan ses på som en sammenkobling av flere bustopologier.



Figur 3.8: Illustrasjon av tre topologier som brukes av KNX systemer [28]

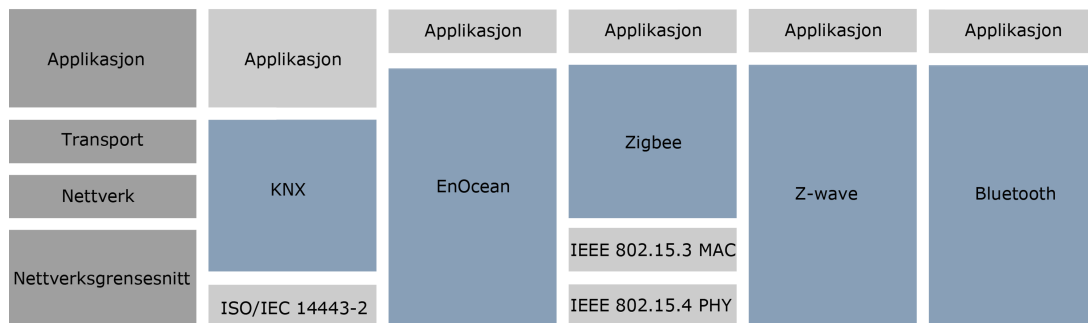
figur 3.9 viser et eksempel på en enhet som brukes i et KNX-system.



Figur 3.9: LogicMachine 4, en styringsenhet i et KNX system

3.4.7 Protokoll-lag benyttet i aktuelle protokoller

Figur 3.10 viser hvilke lag som de ulike protokollene bruker. For eksempel Zigbee som bygger på 802.15.4 og er derfor underlagt fordelene og ulempene dette medfører [12]. En protokoll som definerer alle lagene vil derfor ha mer kontroll enn en protokoll som bare styrer noen av lagene [34].



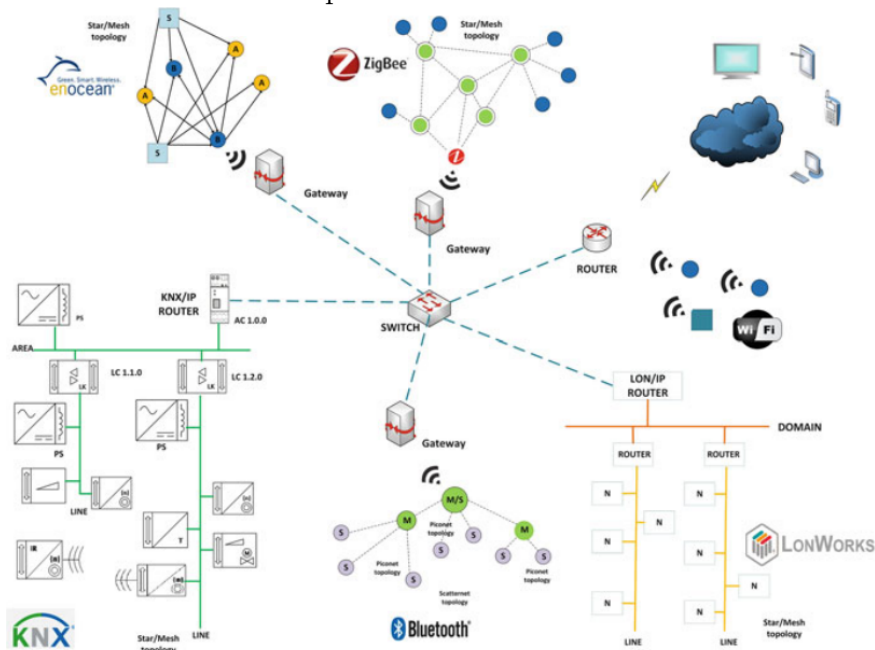
Figur 3.10: Oversikt over hvilke lag de ulike protokollene bruker i forhold til TCP/IP modellen. Basert på [12] og [34]

3.5 Sammenkobling av protokoller

For å forstå hvordan et smarthus fungerer er det viktig å vite hvordan protokollene kan være koblet sammen i et smarthus-system. Det er ikke et mål i seg selv å bruke mange protokoller i et smarthus, men det kan være en fordel å bruke flere da det åpner for flere typer enheter.

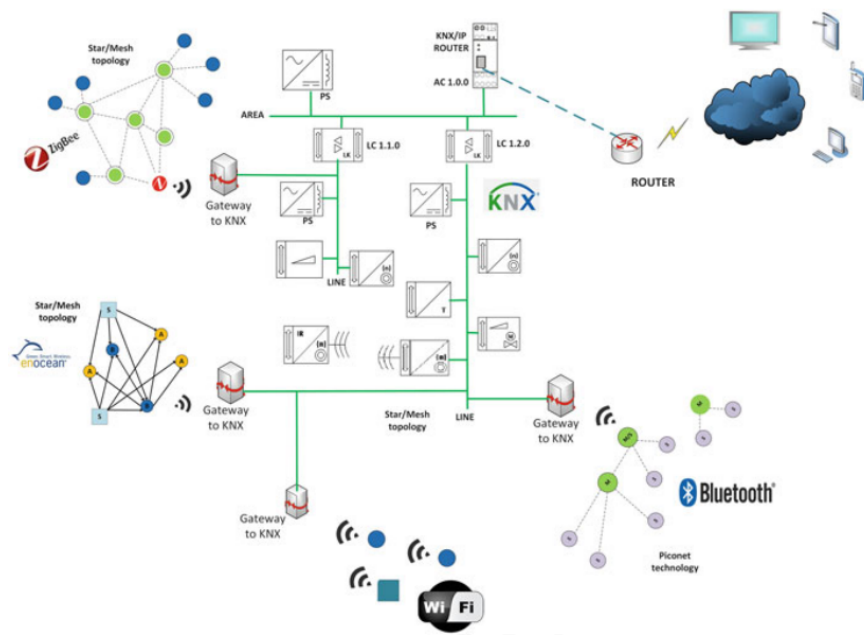
Strukturen til et smarthus-system kan illustreres ved å vise protokollene med tilhørende topologi og gatewayene mellom protokollene. Figur 3.11 og figur 3.12 viser to alternative måter som slike strukturer kan se ut, hvor den blå skyen illustrerer internettkoblingen mellom ruter og mobilen.

I figur 3.11 kan de sentrale delene i nettet, altså "SWITCH" og alle "GATEWAY" være en eller flere hjemmesentral(er) som styrer systemet. Hjemmesentralen vil derfor være essensiell for driften av systemet og hacking av hjemmesentralen vil gi kontroll av hele systemet. Fordeler med en slik struktur er at det er billig, fordi det fjerner kravet om å bruke et KNX system. Det at det vanligvis er mer trådløse komponenter øker også fleksibiliteten, og det vil derfor være lett å installere i gamle hus. Slike systemer kan også være problematisk i form av en stor kompleksitet [35, p. 367]. Det vil være opp til hjemmesentralene å ha bra systemer for å takle denne kompleksiteten.



Figur 3.11: Topologi alternativ 1 [35]

Figur 3.12 viser et system med KNX som det sentrale styringssystemet. Andre protokoller er lagt til ved å hjelp av gateways fra KNX til de spesifikke protokollene. Forskjellen på dette systemet og systemet i figur 3.11 er at KNX vanligvis er kablet og er desentralisert [35]. Det er altså ikke enkeltdele av systemet som er essensielt for at alt fungerer, dette gjør det mer robust. Det er derimot et dyrt system, som krever profesjonell hjelp med KNX systemet, og legging av ledninger. Det kan ha den fordelen av at det ikke er nødvendig med ekstra protokoller, da KNX er en av de mest komplette hjemmeautomasjonsprotokollene [35].



Figur 3.12: Topologi alternativ 2 [35]

Kapittel 4

Smarthjem

Kapittelet omhandler ulike aspekter ved temaet smarthjem og har gjennom en nøye gjennomgang av en rekke vitenskapelige artikler som inneholder både enkeltstående forskningseksperimenter og metaanalyser, presentert informasjon som blir brukt videre både i den praktiske delen av masteroppgaven og til diskusjonsdelen.

4.1 Bruksområde

Bruksområdene til smarthus kan være mange og det er viktig å sette et søkelys på for å få en forståelse i forhold til hva som kan oppnås av fordeler. I en undersøkelse blant personer i smarthus industrien beskrevet i artikkelen "Smart home technologies in Europe: A critical review of concepts, benefits, risks and policies" [36] ble det trukket frem bruksområder som smarthus kan bidra i og er rangert i tabell 4.1. Rangeringen er basert på hvor mange av deltakerne i undersøkelsen som nevnte det spesifikke bruksområdet. I resultatet til undersøkelsen er det tatt bruksområdene som både samfunnsøkonomiske fordeler og direkte fordeler til brukeren, ifølge artikkelen var målet med dette å utvide den nåværende kunnskap om mulige bruksområder.

Tabell 4.1: Bruksområder til smarthusteknologi. Rangert i forhold til hvor mange ganger det ble nevnt i en undersøkelse av eksperter i smarthusbransjen [36]

Rangering	Tema
1	Energisparing
2	Lettvinthet og kontrollmuligheter
3	Økonomiske fordeler
4	Systemfordeler for strømmettet
5	Miljømessige fordeler
6	Estetikk inkludert stil, design, følelse og mote
7	Helsefordeler og omsorgsboliger
8	Underholdning (Musikk, filmer)
9	Trygghet og sikkerhet

Flere av bruksområdene som er nevnt i undersøkelsen er overlappende, et eksem-

pel er at energisparing også medfører økonomiske fordeler. Det er derfor mulig å samle bruksområdene, og heller bruke mer overordnede kategorier. En mer overordnet fordeling er beskrevet i boka "Building Automation : Communication systems with EIB/KNX, LON and BACnet". En forskjell på tilnærmingene er at det er mer fokus på direkte fordeler for kjøper av smarthuset i den sistnevnte, i forhold til samfunnsøkonomiske fordeler som for eksempel "Systemfordeler for strømmettet".

- Kostnadseffektivitet og energisparing
- Komfort og praktikalitet
- Sikkerhet

4.1.1 Kostnadseffektivitet og energisparing

Kostnadseffektivitet handler om forholdet mellom penger brukt og penger spart. Tanken er at et smarthus vil være mer kostnadseffektivt enn et vanlig hus. Hovedsakelig vil dette handle om sparing av energi, men det kan også handle om tid spart, da noen produkter kan virke som erstatning av tjenester som vasking eller klipping av gress.

Strømregningen kan være komplisert da det er vanskelig å forstå hvilke spesifikke enheter som bruker mye energi, og derfor vanskelig å gjøre effektive tiltak. En forenkling av strømforbruk i form av et system som kan gi en oversikt av strømforbruket vil kunne gi et insentiv til å minske strømforbruket, og motivere ved at det blir lettere å komme med mottiltak. Løsningene som sørger for denne kostnadseffektiviteten går ofte ut på samarbeid mellom flere enheter. En oversikt over den totale energibruken, automatisk nedsetting av temperatur i ubrukte rom, og sensorer som gir oversikt over forbruk og temperatur kan hjelpe å få ned energibruket og minske effekttopper. Dette vil bli mer relevant med den nye nettleiemodellen som kommer [37] og som har som mål å jevne ut forbruket ved at det blant annet blir økonomisk ugunstig med høye effekttopper. Ifølge "DeVID rapporten 2014" kan visualiseringsteknologi og effekttariff bespare energibruken med en gjennomsnittlig 15%, og redusere makslasten.

4.1.2 Komfort og praktikalitet

Komfort og praktikalitet kategorien inneholder alle enheter og løsninger som gjør hverdagslige oppgaver enklere. Dette kan være at et notat fra kjøleskapet også kommer på telefonen, eller at en smartgressklipper kan styres fra telefonen eller ved hjelp av stemmestyring.

Det som bare er litt praktisk for unge mennesker, kan gjøre at funksjonsnedsatte mennesker får økt funksjonalitet og blir mer uavhengige. Løsninger for eldrebølgen og støtte for eldre mennesker er et populært tema i vitenskapelige artikler om smarthjem [38]. Dette gir mening da det åpenbart er ressurs- og tidkrevende med eldreomsorg. Dette kan gjøres ved å forenkle oppgaver, eller ved

smartenheter kan gjøre oppgaver for dem. Intuitive løsninger som bare "Funker" er viktig for at det skal ha nytte, og det er derfor også ekstra viktig med et godt sammenhengende system med høy brukervennlighet.

4.1.3 Sikkerhet

Løsninger for å sikre eiendom er relevante både for forsikringsselskaper, enkeltpersoner og bedrifter. Et smarthus kan sikre et hus på flere måter. Dette gjelder innbrudd, men spesielt med hensyn til skader som er påført av naturlige årsaker. Et viktig poeng er at de sensorene og kameraene som brukes i smarthus også gjør andre oppgaver, sikkerhet i smarthus er derfor ikke alltid en stor investering. Bevegelsesensorer kan brukes til å styre lys, og et kamera kan bruke ansiktsgjenkjenning for å vite hvem som er i huset og sette opp innstillinger i forhold til dette.

Sikkerheten til smarthus kommer av alle sensorene som er tilgjengelig i samme grensesnitt gir muligheten for til å oppdage alle mulige potensielle farlige situasjoner. Nedenfor er det listet opp noen sensorer som kan installeres for å øke sikkerheten [39].

- Bevegelsesensor
- Gassdetektor
- Frysesensor
- Vannsensor
- Glassbrudd detektor
- Røyksensor

4.2 Utfordringer og barrierer

For å videre forme det mest optimale smarthuset er det gjort en kartlegging av utfordringer og barrierer for smarthus. Utfordringene gjelder både under oppbygging av et smarthus og ved bruk. Barrierene er basert på hva som hindrer en større adaptasjon av smarthus generelt. Det er et fokus på utfordringer og problemer som oppstår under konstruksjonen av et smarthus, da dette er relevant for oppgaven og gjør det mulig å sette tiltak mot potensielle problemer. Basert på litteratursøket er det funnet 11 relevante utfordringer/barrierer som er listet opp i tabell 4.2 som er delt opp i tre kategorier, teknologi, finans og kunnskap.

4.2.1 Teknologi

Sikkerhet i form av sårbarheten for hacking er et tema i mange vitenskapelige artikler som omhandler smarthus [38]. Dette er ikke overraskende da den økte

tilkoblingen av enheter til internett øker også sårbarheten ved at det gir flere muligheter for hackerere å utnytte. Enhetene som kobles til internett er også blitt mer kritiske enn tidligere, dette gjelder for eksempler dørlås, bil og AMS måler. Dette gjør at en hacking også har store konsekvenser. Mottiltak er å bygge et så robust smarthjem-system som mulig. Da er valg av kommunikasjon-protokoller viktig, men også enkeltkomponenter. Legitimiteten til selskapet som selger komponentene bør derfor tas til betraktning.

Brukervennlighet er en teknologisk utfordring, og god brukervennlighet henger også sammen med mange andre av utfordringene listet i 4.2.

Personvern kan også å være krevende da mange smarthjeter krever mye personlig informasjon for å fungere. Denne informasjonen kan ofte bli sendt ut til eksterne servere, og til og med bli brukt til analyse for å forbedre AI funksjonene som er vanlig i mange smarthjeter.

4.2.2 Finans

Kostnader er den største barrieren for adaptasjonen av smarthjem [40, p. 25]. Dette samsvarer med et viktig bruksområde til smarthus kostnadseffektivitet. I tillegg er det et poeng at selv med høy en kostnadseffektivitet vil en lav innkjøpspris gjøre det mulig for enda flere å komme inn på markedet.

4.2.3 Kunnskap

Mangel på kunnskap i seg selv kan gjøre det vanskelig å sette opp, vedlikeholde og bruke et smarthus-system. I tillegg kan informasjon fra produsenter skape et bilde av produkter og systemer som er feilfrie, da mye av informasjonen kommer fra produsentene selv som vil ha en fordel av å selge flest mulig produkter. Dette kan skape situasjoner der forventningene til resultatet blir feil. Dette er også et hinder før innkjøp da folk kan tro at mangel på kunnskap i seg selv blir et problem [41].

I planleggingen er det viktig å tenke på alle mulige interessenter i smarthuset. Det er ikke bare personen som planlegger som skal bruke huset, men også de andre som bor der og gjester. Dette krever at funksjonene i smarthuset er intuitive. Et tiltak kan være å gi andre beboerne muligheten til å komme med tilbakemeldinger [42, p. 158].

Oppfattet nytteverdi viser seg å være et av de største hindrene for adaptasjon av smarthjem [43]. Det er med andre ord vanskelig for kjøperen å se for seg nytteverdien til smarte produkter. Dette kan tyde på at enkeltprodukter ikke har svart til forventningene kundene har fått av produsentene, eller at produktene har lav nytte. Et mottiltak vil da være å koble enhetene sammen til et smarthjem-system og øke nytteverdien til enhetene.

Tabell 4.2 viser en oppsummering av utfordringene og barrierer

Tabell 4.2: *Utfordringer og barrierer for smarthus [38]*

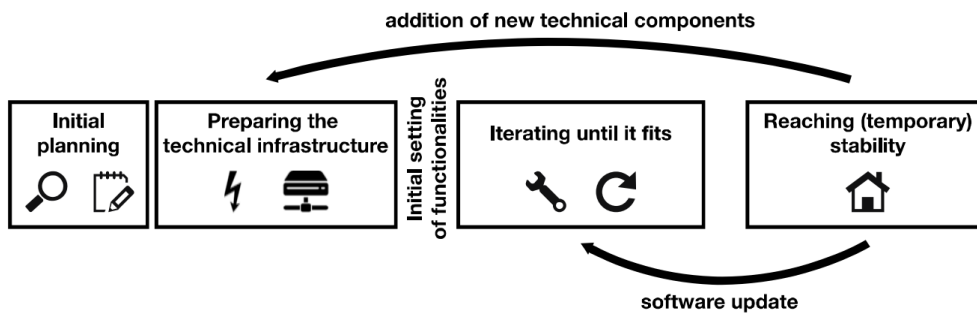
Tema	Utfordring
Teknologi	Sikkerhet
	Brukervennlig
	Personvern
	Pålitelighet
Finans	Pris
	Kostnad for innkjøp
	Kostnad for vedlikehold
	Tidsbruk
Kunnskap	Mangel på erfaring
	Oppfattet nytteverdi
	Motstand mot ny teknologi

4.3 Konstruksjon av smarthjem

For å oppnå et sømløst smarthjem med høy nytteverdi kreves god planlegning. Hva skal oppnås, levetiden til smarthjem-systemet og plasseringer av ulike typer enheter burde bli definert i forkant. For å gjøre dette kreves det kunnskap om smarthjem og teknologien som skal tas i bruk. Underkapitlene går gjennom en metode for å bygge et smarthjem, hvor det er tatt med erfaring fra flere ulike studier og rapporter om temaet. Fremgangsmåten beskrevet blir senere brukt i oppgaven under konstruksjonen av smartleiligheten, og uttesting av produkter og løsninger.

4.3.1 Fremgangsmåte

For å bygge opp et smarthjem finnes det forskjellige fremgangsmåter som kan tas i bruk. Det er ikke helt rett frem, og for å håndtere utfordringer som kan oppstå er det viktig at fremgangsmåten er gjennomtenkt. Forskningsartikkelen "Hacking the Natural Habitat: An In-the-Wild Study of Smart Homes, Their Development, and the People Who Live in Them" [42] handlet om et prosjekt der 10 husholdninger bygde om hjemmet sitt til et smarthjem. Ut ifra å observere metodene til deltakerne ble en illustrasjon med fremgangsmetoden til deltakerne laget (kan ses i figur 4.1). Illustrasjonen deler opp konstruksjonen og vedlikehold av smarthjem i forskjellige faser. Fasene til figuren er presentert lineært i retningen høyre, og det endelige målet er alltid å oppnå midlertidig stabilitet, men som figuren viser vil ekstra smartprodukter eller programvareoppdatering gjør at tidligere faser må gjentas.



Figur 4.1: *Forskjellige faser i konstruksjon av et smarthjem [42, p. 151]*

Planleggingfase

Den første fasen for konstruksjon av smarthjem består av planlegging. Det er vanlig å starte på konstruksjon av smarthjem under oppussing eller bygging av nye hjem [42, p. 152]. Dette er en kritisk fase i utviklingen av et smarthjem, men brukerstøtte for denne fasen er dårlig [42, p. 157]. Et smarthjem kan alltid utvides med flere enheter, og i tillegg må det være mulig med løsninger med potensielle smartenheter som enda ikke er tilgjengelig på markedet. Det er derfor viktig å tenke på at systemet senere skal ha muligheten for utvidelser og er fremtidssikkert. Valg av løsning med hensyn til kommunikasjonsprotokoller har også mye å si for kompatibiliteten til systemet og fremtidige valgmuligheter. Skal smarthuset ha flere samarbeidene protokoller, eller holde seg til en lukket protokoll, med de ulike fordelene og ulempene dette bringer med seg? Det er også viktig å tenke på hvem som er brukeren av smarthjemmet, og mengden kontroll de skal ha over systemet. Hvis systemet er for komplisert kan økt kontroll skape flere problemer enn det løser for brukere uten kunnskap. Viktige valg som må tas i planleggingsfasen:

- Generelle mål (for eksempel: spare strøm eller øke sikkerheten)
- Valg av kommunikasjonsprotokoller
- Trådløst eller kablet
- Plassering av enheter
- Valget av de spesifikke smartenheter
- Om det er mulig å gjøre om gamle enheter til smartenheter (er det nok å gjøre stikkontakten smart, eller skal hele ovnen byttes ut)
- Prisklasse

Installering og konfigurering av teknisk utstyr

Det er krevende å sette seg inn i hvordan smartenheter fungerer i praksis før det blir konfigurert. Denne fasen går ut på å konfigurere enhetene, og løse problemene som oppstår. Produsenter kan ofte reklamere med at enhetene kommu-

niserer sammen med hjemmesentraler, men kommunikasjon betyr ikke at det har nytteverdi i seg selv og hva som er ment med kommunikasjon kan ikke vites før testing. Et eksempel er oppkobling mellom kaffemaskinen til Siemens (TI9573X9RW) og Google Nest Hub (2. Gen). Den eneste funksjonen som blir tilgjengelig er å starte å lage kaffe. Problemet er at selvrennsystemet til kaffemaskinen starter fra tid til annen og sender ut rester der kaffekoppen er plassert. Det er derfor alltid nødvendig å plassere kaffekoppen på nytt når kaffen skal produseres, noe som gjør funksjonen ubrukelig. I denne fasen av arbeidet er det viktigste å prøve å lære så mye som mulig, i tillegg prøve å se for seg nye muligheter.

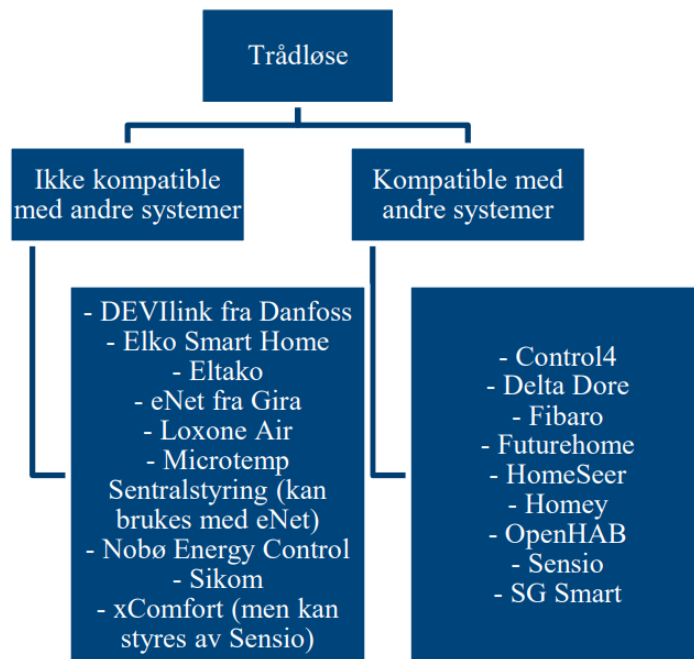
Midlertidlig stabilitet

Huset er ferdig, både med installering og konfigurering. Målet nå er at det skal vare så lenge som mulig uten at det trengs innblanding fra et menneske. Dette er den fasen hvor feil eller ikke optimale oppsett blir merket best. Det er også den fasen hvor nytteverdien må vurderes over tid, Er målene satt på i første fase nådd? Hvis svaret er nei, er det nødvendig å gå tilbake til tidligere faser.

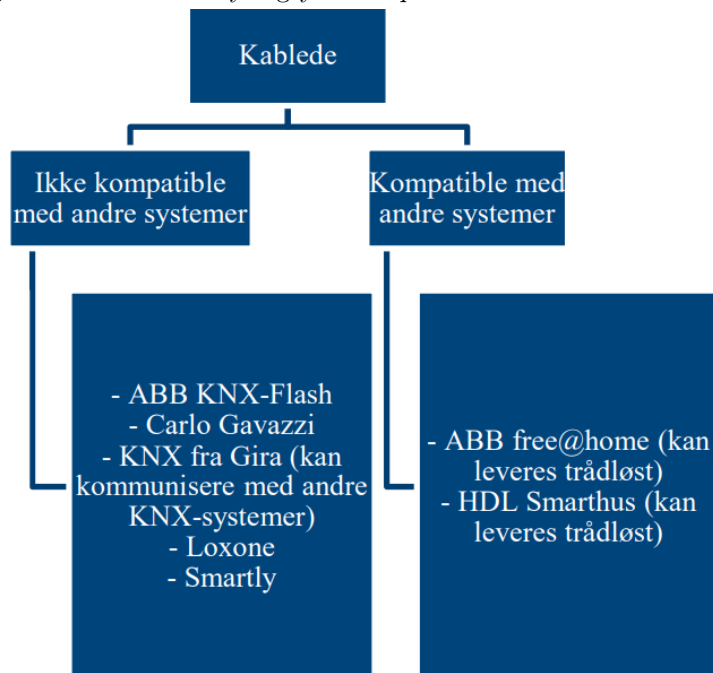
Smarte produkter er laget for å løse problemer, men det vil ofte komme med utfordringer, selv med riktige valg i tidligere faser. En utfordring er at systemet skal være robust for å unngå et kontinuerlig vedlikehold. Oppdateringer, nye inkluderinger og endringer i huset som ikke er åpenbart at påvirker systemet kan gjøre at enkelte smartheter eller hele smarthus-systemet slutter å fungere. Et eksempel kan være at flytting av en sofa gjør at et trådløst signal blir dårligere enn tidligere, og kan gjøre at en enhet bare fungerer halvparten av tiden. Et system med høy kompleksitet og mange enheter kan derfor være vanskelig å feilsøke. Dette gjør det vanskelig for uerfarne å flytte inn i ferdiglagde smarthjem. Dette bekreftes også i en undersøkelse gjort av Sintef i 2019, hvor en av leverandørene som var med på undersøkelsen erfarte at jo mer elektronikk de installerte hos kundene, jo flere reklamasjoner fikk de [40, p. 10]. Det er derfor et poeng enn så lenge at de som bor i smarthjemmet også må ha kunnskap nok til å vedlikeholde og holde det oppdatert, for å unngå ekstrakostnader.

4.4 Styring

I smarthjem markedet i Norge er det et stort antall alternative styringssystemer. En oversikt over styringssystemer som blir levert i Norge fra 2019 er vist i figurene 4.2 og 4.3, oversikten er ikke komplett. De mest populære løsningene for hjemmesentraler som har flere tilgjengelige kommunikasjonsprotokoller er Futurhome smarthub, og Samsung SmartThings [44].



Figur 4.2: Trådløse styringsystemer på det norske markedet 2019 [40]



Figur 4.3: Kablede styringsystemer på det norske markedet 2019 [40]

Kapittel 5

Design av smartleilighet

Kapittelet består av metodikken og resultatene som er funnet under design av smartleiligheten. Dette blir gjort ved å beskrive utførelsen og prosessen. Kapittelet består av fire deler, forklaring av hvordan planleggingsfasen er blitt utført, deretter kommer det en detaljert beskrivelse av hvordan systemet ble konfigurert. Etterfølgende av beskrivelse av alle justeringene som blir gjort etter at systemet er satt opp. Til slutt kommer en oppsummering om hva som har blitt gjort, og hva som er blitt oppnådd i forhold til målene som er satt. Prosessen tar inspirasjon fra fremgangsmåten som er blitt beskrevet i 4.3.

5.1 Prosess

Ved hjelp av litteraturen fra kapittel 4 har det blitt formet en prosess for å bygge opp et smarthjem som vil bli testet ut her. Prosessen bruker fremgangsmåten som er vist i figur 4.1, som et skjelett som blir bygd videre på. Prosessen blir beskrevet stegvis under.

Planleggingsfase

Steg 1.1: Kartlegg leiligheten og de smarte enhetene som allerede er der. Noter også hva som krever mest effekt.

Steg 1.2: Sett generelle mål for hva som skal bli oppnådd i smartleiligheten. Klare og tydelige mål skal være med i resten av prosessen som en veiviser.

Steg 1.3: Ta hovedvalgene for oppbygningen av et smarthus. Dette er av typen: om det skal fokuseres på trådløst- eller kablet system, hvilke og hvor mange kommunikasjonsprotokoller som skal brukes i systemet.

Steg 1.4: Valg av komponenter og plassering. Et av de mer tidkrevende stegene, da alternativene er mange, og oversikten dårlig på de fleste nettsider.

Konfigureringsfase

Steg 2.1: Konfigurer enhetene. Start med hjemmesentralen og tilhørende applikasjon.

Steg 2.2: Løse uforutsette problemer som oppstår under konfigurasjonen.

Vedlikeholdsfase

Steg 3.1: Løse eventuelle problemer som oppstår over tid.

Steg 3.2: Utnytt erfaring fra tidligere faser til å forbedre

Steg 3.3: Kjøp inn manglende enheter

.

5.2 Planleggingsfase

Nedenfor er planleggingen av smartleiligheten

5.2.1 Forkunnskap

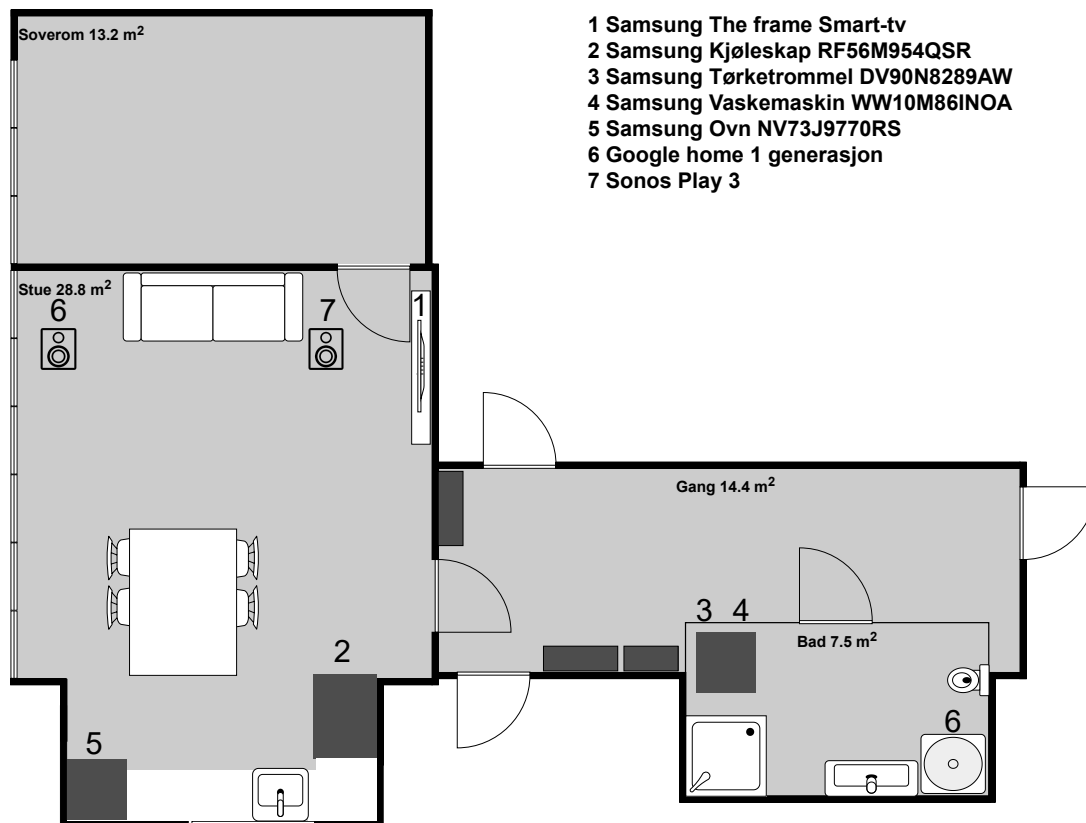
Den store mengden informasjon gjør at mangel på kunnskap er et av de større utfordringene når det kommer til smarthus. Det er identifisert kilder som kan brukes for å skaffe den nødvendige kunnskapen under:

- Lese på forums som er dedikert til smarthus
- Snakke med kundeservice på de forskjellige nettbutikkene
- Samtaler med personer som har gjort et forsøk tidligere
- Sette seg inn i hvem som er brukerne av smarthuset og deres behov

Info om smartleilighet

Leiligheten er allerede utstyrt med kommuniserende enheter. Disse har som nevnt hatt et hovedfokus på et KNX system. Enhetene som tilhører KNX systemet vil derimot så vidt bli nevnt i denne oppgaven da det har vist seg vanskelig å koble det sammen med de nye enhetene, det er derimot forslått løsninger for hvordan dette kan gjøres i et senere kapittel.

I etterkant av masteroppgavene er leiligheten blitt utstyrt med smarte hvitevarer fra Samsung, et musikkanlegg og mer som er vist i vedlegg C og illustrert med plassering i figur 5.2.



Figur 5.1: Plassering av enheter i smartleilighet

5.2.2 Mål

Formålet med anskaffelsen av smarthjemssystemet er det som nevnt viktig å definere tidlig. Det er satt opp tre mål som er valgt ut ifra bruksområdene "Komfort og praktikalitet" og "kostnadseffektivitet og energisparing". Sikkerhet er ikke blitt prioritert siden kamera ikke var et alternativ å sette opp på skolen.

I forhold til formålet til masteroppgaven er det ikke nødvendig å kjøpe et smarthjemssystem som fullfører målene på samme måte som en ville gjort om smarthuset skulle aktiv brukes. Et mindre antall enheter som viser hvordan systemet ville fungert, men som også klarer å teste svakheter er tilstrekkelig.

Oppgaver som har blitt valgt at leiligheten skal gjøre er:

- Overvåkning og styring av energiforbruket
- Styring av smarte enheter med stemmestyring
- Overvåkning av luftkvalitet og temperaturer

Det er ikke bare de direkte oppgavene som smarthjemmet skal utføre som er viktig, men også hvordan smarthjemmet utfører oppgavene og utførelsen av designet blir gjort. Disse målene er satt opp i forhold til hva som vil gi høyest nytteverdi for en gjennomsnittlig person.

- Styre alt fra et grensesnitt
- Ingen proprietære styringsystemer
- Enkelt å omkonfigurere
- Lengst mulig stabilitet
- Lavest mulig pris
- Velge enheter ut fra funksjonalitet, ikke kommunikasjonsprotokoll eller produsent.

Alle videre valgene under design av leiligheten er basert på at målene som er satt skal oppnås på best mulig måte. Når det kommer et veiskille hvor mål må settes opp mot hverandre blir valget basert på en antagelse i forhold til hva som gir mest relevant informasjon til å svare på spørsmålene som er presentert i starten av masteroppgaven. Proprietære styringssystemer utelukkes for å få tilgang flest mulig forskjellige smartenheter.

5.2.3 Viktige hensyn

Når et design av et smarthjem blir utført er det noen overordnede valg som former resten av prosessen.

Trådløst eller kablet

Siden det skal være lavest mulig pris er det en fordel å unngå å betale for profesjonell hjelp. Det er en fordel å holde seg til et trådløst system, da dette vil være enklere å omkonfigurere. Det kan derimot diskuteres hva som er best for den generelle stabiliteten til systemet. Trådløse produkter kan som nevnt gi en lavere pris da det ikke nødvendig å betale for en ledning, og enhetene ikke trenger kabling.

Valg av kommunikasjonsprotokoller

Det er som vist i figur 3.12 og beskrevet i seksjon 3.5 gjør det mulig å bruke KNX systemet som sentralsystem. Dette vil derimot ikke bli valgt da det er en dårlig løsning når det gjelder å oppnå målene som er satt. Dette gjelder spesielt pris, men også for å unngå profesjonell hjelp.

Dette gjør at det er nødvendig med hjemmesentraler og når det kommer til valg av kommunikasjonsprotokoller må det velges både hvilke som er tilgjengelig på hjemmesentralen, og hver spesifikke enhetene. Siden det tidlig ble satt et mål om å ikke ha kommunikasjonsprotokoller som et hinder for innkjøp av varer vil det være et mål å velge en hjemmesentral som har flest mulig kommunikasjonsprotokoller tilgjengelige.

Dette kan ha uforutsette konsekvenser for sammenkoblingen og funksjonen til systemet, men det er vanskelig å spå på forhånd. Avstand vil høyst sannsynlig

ikke bli et problem i en så liten leilighet. Spørsmålet da er om kollisjoner mellom protokoller som bruker samme frekvens vil bli et problem?

Et individuelt valg av protokoll for hver enkelt enhet vil i hvert fall gi en stor fleksibilitet, og gi muligheten som nevnt til å velge den optimale enheten i forhold til oppgaven. Dette er spesielt viktig med hensyn til strømforbruket og overføringskapasiteten da dette er et område hvor kommunikasjonsprotokollene skiller seg fra hverandre. Mulige kommunikasjonsprotokoller som vil være i leiligheten vil da være alle som er nevnt i kapittel 3.

5.2.4 Innkjøp

Innkjøpene som blir gjort er basert på målene som er satt, dette vil si at for produkter som har like funksjoner og har en kommunikasjonsprotokoll som er tilgjengelig på hjemmesentralen vil alltid den billigste bli kjøpt inn. Det er viktig å belyse at det først og fremst er kunnskap og erfaring som sørger for vellykkede innkjøp. Erfaringen som er bygd opp gjennom samtaler med andre som har testet smarthusløsninger, samtaler med kundeservice fra de norske ut-salgstedene Elkjøp, Power og Elektroimportøren, kunnskapen fra forprosjektet og litteraturstudiet som er gjort i denne oppgaven.

Under innkjøp har det ikke vært mulig å se på leveringstiden da denne har vært uklar fra salgsstedene. Dette har medført at ikke alle innkjøpene som er valgt blir tatt med videre de neste fasene. De delene som ikke blir tatt med videre er notert med kryss i tabell 5.1.

5.2.5 Nettverksenheter

Hjemmesentral

Ved valg av hjemmesentral er det fellestrekk med andre innkjøp som omhandler smarthus ved at det er mange alternativer, dette kan sees i figur 4.2 som viser en liste med trådløse styringssystemer på det norske markedet i 2019. Tanken er at det er praktisk å velge hjemmesentralen først, da denne vil være hjernen av systemet, og alle andre komponenter må kunne kommunisere med hjemmesentralen direkte eller indirekte for å få et sammenkoblet smarthjem. Valget av hjemmesentral er det viktigste valget som blir tatt med tanke på hvilke kommunikasjonsprotokoller som blir brukt. Det er også viktig at hjemmesentralen har støtte for produkter som allerede finnes i smarthjemmet. I denne masteroppgaven blir det valgt flere hjemmesentraler for å teste ut ulike styringssystemer. Dette er fordi det blir ansett som en berikelse for å besvare på spørsmålene fra kapittel 1.1

Basert på målene er det valgt å se på fire hjemmesentraler i denne oppgaven:

- Homey Pro
- Samsung SmartThing Hub

- Google home
- FutureHome Smarthub

Homey Pro er valgt fordi dette er den hjemmesentralen som kan kobles til flest mulige protokoller. Homey Pro gir muligheten for trådløs kommunikasjon gjennom Zigbee, Z-wave, Wi-Fi og Bluetooth. I tillegg med noen ekstra deler er det mulig å koble den til KNX systemet som allerede finnes i leiligheten, og det vil derfor være mulig med et smarthjem der alt kontrolleres med et system. Et minus ved Homey Pro er at det er den definitivt dyreste av hjemmesentralene.

Samsung SmartThing Hub er valgt ut ifra at det er mange Samsung smarte produkter der fra før, og det vil være interessant å sammenligne hvor godt et system som Homey Pro, som er åpent og ikke har en form for partiskhet for egne produkter, er sammenlignet med hvor godt Samsung SmartThing Hub fungerer med produkter fra samme selskap.

Tanken med Google Home er først og fremst å bruke det som en smarthøytaler, men det er en hjemmesentral i seg selv. Forskjellen på Google Home er at det ikke er andre kommunikasjonsprotokoller tilgjengelig enn Wi-Fi, det er derfor trolig at dette vil fungere mer som et supplement, da det er ønsket å samle all styringen på et brukergrensesnitt.

Hjemmesentralen fra Futurehome har fellestrekk med Homey Pro hjemmesentralen ved at det er en hjemmesentral som er laget for å fungere på så mye som mulig uten et selskap som har alternative motiver for å lukke systemet. Forskjellene er at prisen er mye lavere og det er ikke noe åpenbar mulighet for å koble seg til et KNX system.

Det er ikke garantert at alle enhetene kan kobles til en hjemmesentral selv om det står at kommunikasjonsprotokollen er tilgjengelig. Et innkjøp av flere hjemmesentraler vil også være en ekstra sikring i forhold til at alle enhetene kan kobles til en hjemmesentral. Da er det to alternativer som kan skje, enten så vil det være en hjemmesentral som har muligheten for å styre alt, eller så vil det bli brukt flere hjemmesentraler om hverandre.

5.2.6 Sensorenheter

For å oppnå hovedmålene som er satt kreves det en rekke ulike sensorer. Disse sensorene deles opp i to kategorier hvor den ene kategorien direkte måler energibruken, mens den andre kategorien måler bevegelser og alt av luftkvalitet.

Energisensorene vil fokusere på måling av hele energiforbruket til leiligheten, og enheter som har mulighet å endre effekt relativt raskt. Sensorene som er blitt valgt for innkjøp inn er listet under:

- EVA – Måleravleser (Zigbee)
- Develco EMI Norsk HAN (Zigbee)

- Aeotec Heavy Duty Smart Switch Gen 5 (Z-wave)

Sensorer for måling av temperatur, luftkvalitet og bevegelse er listet opp under. "Multisensor 6 hvit" kan kombinere 6 ulike sensorer som består av bevegelsessensor, temperatur, lyssensor, fuktighetssensor, vibrasjonssensor og UV-sensor.

En kombinasjon av bevegelsensorer som sjekker om det er folk i leiligheten og om dører/vinduer er oppe, og sensorer kan være interessant for å se sammenhengen mellom bruk, luftkvalitet og energibruk.

- QNECT SMART DØR/VINDUSSENSOR HVIT (Zigbee)
- AEOTEC DØR/VINDU SENSOR (ZigBee)
- AEOTEC BEVEGELSESENSOR (Zigbee)
- AEOTEC MULTISENSOR 6 HVIT (Z-wave)

5.2.7 Flerfunksjonelle enheter

Ved nyinnkjøp består de flerfunksjonelle enhetene av smarte høyttalere og veggplugg strømbryterne. De smarte høyttalerne har både sensorer for opptak av lyd, og muligheten til å spille av musikk. Dette gjør at det både er en sensorenhet, og en aktuatorenhet. De flerfunksjonelle enhetene som er kjøpt er listet opp under:

- Google Nest Hub 2 (Wi-Fi)
- Google nest mini 2 generasjon (Wi-Fi)
- Amazon speaker echo dot (Wi-Fi)
- Fibaro Veggplugg (Z-wave)
- Develco Smart Plugg Mini (Zigbee)
- Develco Relax Smart Plugg (Zigbee)

Smarthøyttalere

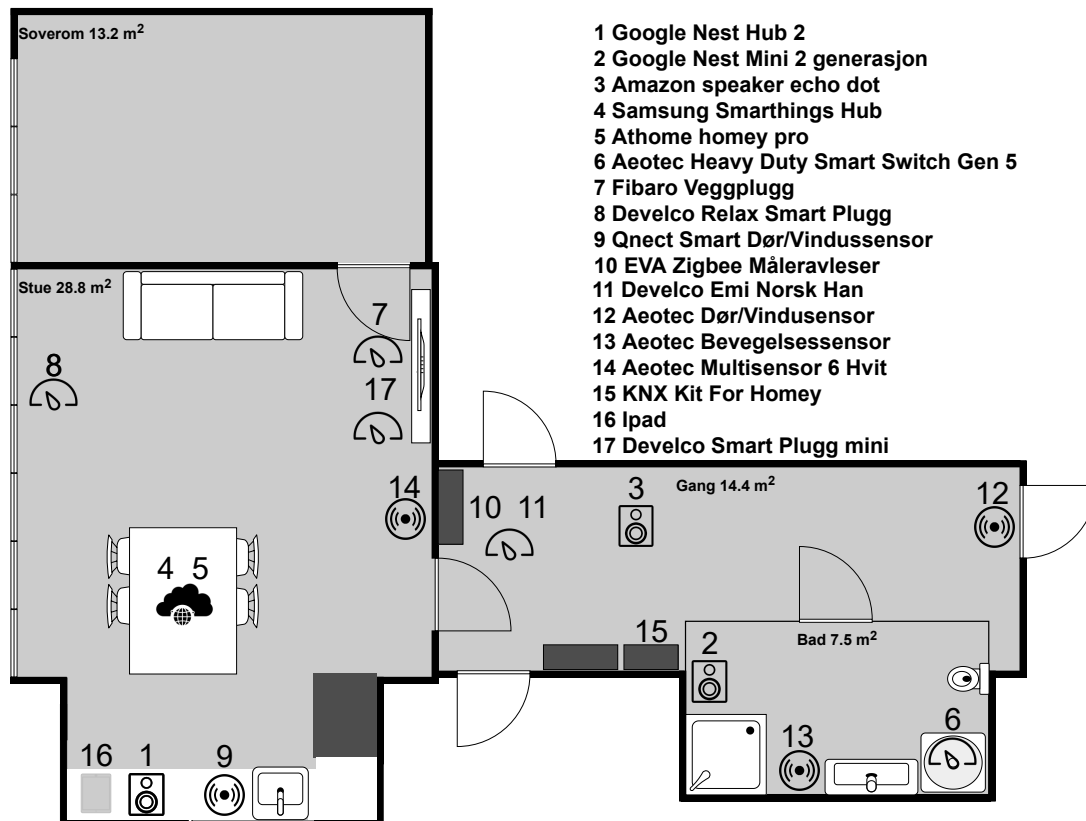
Under innkjøp av komponenter ble det bare funnet to produsenter av smarte høyttalere som er tilgjengelig på det norske markedet. Google sine høyttalere var de eneste som hadde norsk språk. Den andre produsenten var Amazon. Amazon sine høyttalere hadde mange språk tilgjengelig, men ikke norsk.

5.2.8 Forslag til plassering

Oversikt over plasseringen til enhetene er viktig fordi det kan brukes til å finne ut av hvor mange enheter som er nødvendig for å oppnå målene. Det er i tillegg noen enheter som det er kritisk at er plassert riktig for å ha optimal funksjon, som for eksempel bevegelsessensor.

Figur 5.2 viser den planlagte plasseringen til produktene som skal kjøpes inn. Legg merke til at det er plassert en smart-høytaler i hvert rom, og minst en sensor i hvert rom bortsett fra i soverommet da dette ikke blir brukt i denne oppgaven.

Merk at det er kjøpt inn to HAN måleravlesere som er en enhet som i vanligvis det trengs bare en av. I denne leiligheten kan det derimot endres mellom IT- TN nett, og det er derfor to AMS-målere. Dette vil også være en fordel for oppgaven å teste to ulike enheter med samme oppgave.



Figur 5.2: Plassering av enheter i smartleilighet

5.2.9 Implementering av KNX

KNX er som nevnt en åpen protokoll som ikke trenger en sentral enhet for å fungere (underseksjon 3.4.6). Dette har gjort at det er mange forskjellige produsenter som lager deler, og gjør at det i mange tilfeller finnes flere enn en måte å gjøre ting på. I dette tilfellet er målet å koble sammen KNX med hjemmesentralene som er kjøpt inn. Under blir det foreslått to alternative metoder som løsninger. Dette blir derimot ikke testet i masteroppgaven da leveringstiden to av løsningene er blitt for lang, og andre løsninger krever mye programmering. Dette blir derfor teoretiske mulige løsninger som ikke blir testet ut i praksis.

Alternativ 1: Innkjøp av KNX Kit for Homey

Den billigste løsningen ville vært og kjøpt inn et "KNX Kit for Homey", med en pris på 1499 kr skal det være mulig å styre KNX enhetene med Homey Pro som hjemmesentralen [45]. Ifølge salgssidene skal det være mulig å koble seg opp og styre alle enhetene ved hjelp av seks små steg. Problemet her er at "KNX Kit for Homey" ikke er tilgjengelig på det norske markedet enda, denne løsningen er derfor ikke mulig.

Alternativ 2: Home Assistant som et overordnet system

En mulig løsning er å bruke "Home Assistant" som et overordnet system for hele smarthjemmet. Home Assistant er en åpen kilde programvare for hjemmeautomasjon [46], en hjemmesentral i form av programvare.

Ulempen er at dette ville vært den mest omfattende løsningen, og ville krevd koding kombinert med oppsettet av "Home Assistant" enten på en Raspberry Pi enhet eller en server. Det er ikke lett å forutse om Home Assistant ville fungert med alle enhetene som er valgt og det krever i tillegg en "KNX/IP interface" [47].

5.2.10 utfordringer

Hvor er det best å begynne når det skal kjøpes inn produkter. Det er mange mål som må tas hensyn til. Det er derimot ikke en selvfølge hvilket system eller produkter som faktisk er optimale for å oppnå målene som er satt. Alle har et insentiv til å fremme sine egne produkter, derfor må informasjon direkte fra produsenter vurderes nøye, men dette er også her mye av informasjonen kommer fra. Dette gjelder spesielt fra nye produkter, hvor det ellers ofte kreves at det er gjort produkttester fra andre aktører.

Det finnes mange alternativer hos butikkene for nesten alle typer produkter. Det store utvalget har positive og negative sider, men når dette blir kombinert med lite informasjon om forskjeller på produktene blir det vanskelig å velge uten testing. For eksempel kan det være to produkter fra forskjellige produsenter som har nesten lik informasjon på nettsiden, men den ene forskjellen er kommunikasjonsprotokollen. En intuitiv tanke kan da være at produktene skal være likegyldig bortsett fra kommunikasjonsprotokollene, men dette gjenstår å se.

Målet er jo selvfølgelig å skaffe seg det billigste mulig systemet uten å kompensere for de andre målene. Da det er mange alternativer å velge mellom i smarthjemmarkedet, vil en reduksjon i pris i mange tilfeller føre til en reduksjon i funksjoner tilgjengelig i tillegg. Dette var for eksempel tilfellet ved valget av hjemmesentraler. Det var flere alternativer som ble vurdert, men etterhvert ble det klart at "Homey Pro" (den dyreste hjemmesentralen) var den eneste hjemmesentralen som hadde alle protokollene, og en potensiell mulighet til å koble seg til og styre KNX-systemet som var i leiligheten fra før.

Siden målet var å velge produkter med best funksjon uten å tenke på kommunikasjonsprotokoller, blir alternativene flere. Dette gjør det krevende å finne eksperter eller folk med relevant kunnskap og som har hele bildet, da omfanget er så stort. Det er derimot mange med god kunnskap om spesifikke systemer.

Et uventet problem som har oppstått er leveringstiden på varene som er kjøpt er blitt mye lenger enn forventet. Levering på elektronikk har vært problem noen år nå [48], og har også hatt konsekvenser for innkjøp til denne oppgaven.

5.3 Konfigureringsfase

Konfigureringsfasen består av en beskrivelse konfigureringen til hver enkelt enhet, inkludert en forklaring av utfordringene som har oppstått i denne fasen.

5.3.1 Fremgangsmetoder

Som ved innkjøp av enheter er det også naturlig å starte med å konfigurere hjemmesentralene først da dette er midtpunktet av systemet. Det er lastet ned fire apper som tilhører de innkjøpte hjemmesentralene. Den første appen er tilhørende Samsung SmartThing hjemmesentralen. Den andre appen er tilhørende Google smarthøytalerne. Den tredje appen er tilhørende Homey Pro. Den fjerde appen er tilhørende Futurehome hjemmesentralen.

Under konfigureringen er det registrert fire ulike metoder som går igjen for koble sammen enheter til tilhørende hjemmesentraler. Enhetene som har fellestrekk, med at de enten er av samme type, eller kommer fra samme produsent har ofte en lik metode for oppkoblingen.

Metode A

Noen av enhetene hadde en QR-kode som kunne skannes med en av hjemmesentral appene. Dette ville deretter være en automatisk prosess for oppkobling.

Metode B

Metode B ble brukt for noen av Zigbee og Z-wave enhetene. Metoden gikk ut på å sette enheten og hjemmesentralen i søkemode. Deretter vente til at hjemmesentralen oppdager enheten. Dette var den minst pålitelige metoden, da det ikke alltid var tilfellet at enhetene oppdaget hverandre.

Metode C

Metode C ble brukt for noen av Wi-Fi enhetene, og gikk ut på at enheten satt opp et eget Wi-Fi nettverk som ipaden koblet seg til, og deretter kom det et valg opp på Ipaden om å velge riktig Wi-Fi for enheten å koble seg til.

Metode E

Den siste metoden gikk ut på at enheten var mulig å finne i menyen til hjemmesentralappen. Deretter følge en skreddersyd prosess for oppkobling med et par spørsmål i forhold til hva slags type enhet det er.

Tidsbruk

Tabell 5.1 viser informasjon om konfigureringen av enhetene og er hentet fra notatene fra konfigureringen som er vedlegg A. Enhetene som er merket med X i "Tilkoblingsmetode" kolonnen er ikke blitt koblet til systemet da de ikke er blitt levert i tide. Det er heller ikke tatt med konfigurering av ruter.

Tidsbruken som står i tabellen er fra enheten er slått på, til den er koblet sammen og tilgjengelig på hjemmesentralens tilhørende app. Tiden gjelder for den første gangen en enhet ble koblet sammen med en av hjemmesentralene. Denne tiden ble sett på som mest relevant, da tidligere erfaring gjør at tidsbruken ofte blir lavere. Tidsbruken vil variere fra person til person, men resultatene er uansett en pekepinn på hvor lang tid en slik prosess tar. All jobben er ikke over når enhetene er koblet sammen, dette blir forklart nærmere i underseksjon 5.4.3.

Tabell 5.1

	Tidsbruk	Tilkoblingsmetode	Protokoll
Nettverksenheter			
Samsung Smarthings Hub	25 min	Hjemmesentral	Z-wave Zigbee Wi-Fi
Futurehome Smarthub	15 min	Hjemmesentral	Z-wave Zigbee
Homey Pro	15 min	Hjemmesentral	Z-wave Zigbee Wi-Fi Bluetooth
KNX Kit for Homey		X	
Sensorenheter			
Aeotec bevegelsensor		X	Zigbee
Aeotec multisensor 7	30 min	E	Z-wave
Aeotec dør/vindu sensor		X	Zigbee
Qnect smart dør/vindussensor		X	Zigbee
Eva måleravleser	10 min	B	Zigbee
Develco EMI Norsk HAN	5 min	B	Zigbee
Aktuatorenheter			
Samsung The Frame smart-tv	30 min	Unik	Wi-Fi
Sonos Play 3	13 min	C	Wi-Fi
Multifunksjonelle-enheter			
Google Nest hub 2	30 min	Hjemmesentral	Wi-Fi
Google Nest mini 2 generasjon	10 min	Hjemmesentral	Wi-Fi
Google Home 1 generasjon	10 min	Hjemmesentral	Wi-Fi
Echo Dot	30 min	Hjemmesentral	Wi-Fi
Fibaro Veggplugg schuko		X	Z-wave
Aeotec Heavy Duty Smart Gen5		X	Z-wave
Develco smart plugg mini	1 min	B	Zigbee
Develco relax smart plugg	3 min	B	Zigbee
Samsung Kjøleskap RF56M954QR	15 min	C	Wi-Fi
Samsung Tørketrommel DV90N8289AW	5 min	C	Wi-Fi
Samsung Vaskemaskin WW10M86INO	5 min	C	Wi-Fi
Samsung Ovn NV73J9770RS	1 time	C	Wi-Fi

5.3.2 utfordringer

Det har oppstått en rekke utfordringer og problemer under konfigureringsfasen. Dette er utfordringer som åpenbart kommer av mangel i planleggingen, men også problemer som er vanskelig å forutse uten erfaring.

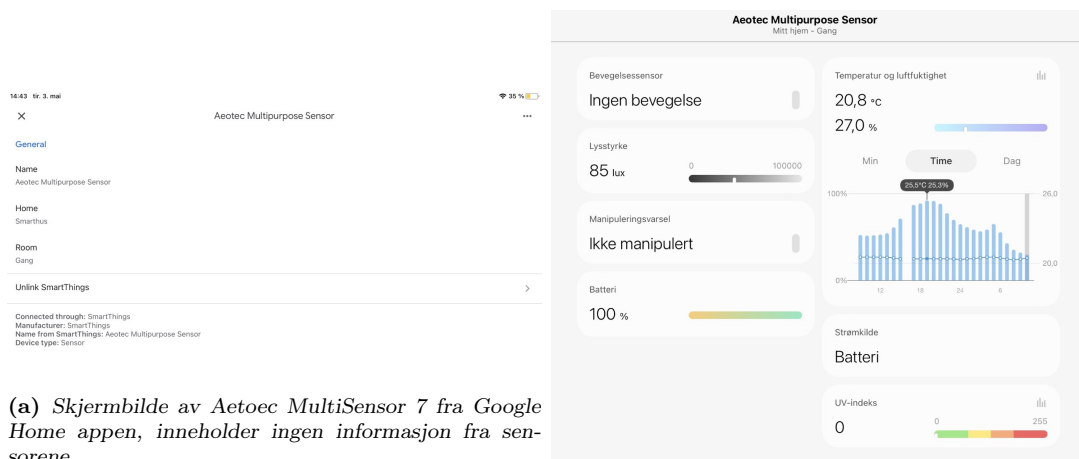
En utfordring som oppsto på grunn av mangel i planleggingen var angående plasseringen til enhetene, da det ikke ble tatt med at mange av enhetene krever en kontinuerlig strømtilgang. Dette angår hovedsakelig enhetene som bruker Wi-Fi protokollen, som høyttalere og andre enheter vist i figur 5.4. Dette kan sees på som åpenbart, men viser at mengden faktorer som må tas i betraktning under planleggingen er en utfordring i seg selv.

Det er lastet ned syv apper som har som funksjon å styre enhetene, altså syv forskjellige grensesnitt som kan styre smartenhetene. Et av målene var at alle enhetene og funksjonene skulle kunne bli styrt fra samme grensesnitt, men dette har ikke blitt oppnådd.

Hovedgrunnen til at dette ikke var mulig er på grunn av at selv om både hjemmesentralen og enheten har samme protokoll tilgjengelig betyr det ikke at de fungerer sammen. Eksempler på opplevde tilfeller av dette er listet opp under:

- Samsung SmartThing hjemmesentralen kan ikke koble til noen av Zigbee enhetene
- Homey pro hjemmesentralen fungerte ikke med Develco Relax Smart plugg (Zigbee)
- Futurehome fungerte ikke med Develco Smart Plugg mini (Zigbee)
- Verken Futurehome eller Homey Pro fungerte med alle Samsung Smartenhetene
- Google Smart høyttalere vises ikke i SmartThing appen
- I Google Home appen viser alle enhetene seg, utenom Samsung smartovnen.

I tillegg er det tilfeller der det er mulig å få enhetene opp i en hjemmesentral app, men funksjonene mangler. Dette gjelder for eksempel med "Aeotec Multisensor 7" . Figur 5.3 viser grensesnittet fra to forskjellige apper hvor "Aeotec Multisensor 7" er tilkoblet. Alle funksjonene er tilgjengelig på Samsung SmartThing appen, mens ingen er tilgjengelig på Google Home appen.



(a) Skjerm bilde av Aeotec MultiSensor 7 fra Google Home appen, inneholder ingen informasjon fra sensorene

(b) Skjerm bilde av Aeotec MultiSensor 7 fra SmartThing appen, informasjon fra alle sensorene er tilgjengelig

Figur 5.3: Informasjon tilgjengelig i Google Home app, og SmartThing app

Dette har også ført til problemer med Google smart høyttalerne og funksjonene hvor det ikke er mulig å spørre om informasjon fra "Aeotec Multisensor 7". Temperaturen i kjøleskapet er derimot mulig å spørre om.

Det har vært flere av oppkoblingene som ikke har gått som forventet. Gjentakelse av samme prosess har i mange tilfeller vært nødvendig, men har fungert og spesielt for Wi-Fi enhetene. Hvorfor det fungerer å koble til etter 5 forsøk med samme utførelse er uforståelig, og gjør det lite brukervennlig.

5.4 Vedlikeholdsfase

Den siste fasen som består av å bruke systemet, å løse mulige problemer som oppstår over tid og utbedringer av systemet. Problemene som oppstår kan ha sammenheng med nye oppdateringer, dårlig design av enhetene eller ekstra utvidelser. Erfaringen som skaffes etter en stund gjør det er mulig å forstå hvilke av funksjonene som blir brukt, og hvilke funksjoner som ikke har noe nytte, eller skaper problemer.

5.4.1 utfordringer

Google smart høyttalerne fungerer bra til å forstå hva som blir sagt, men er dårlig på å forstå hva som menes. De kan svare på overraskende lite og kommandoer må huskes ordrett. Eksempler er at det er nødvendig å huske navnet som er satt på alle de spesifikke lysene for å slå de av eller på. I tillegg må navnet som er gitt til Sonos Play 3 huskes spesifikt, og Google Home svarer ikke på hva navnene er om det spørres etter hvilke høyttalere som er i tilgjengelig.

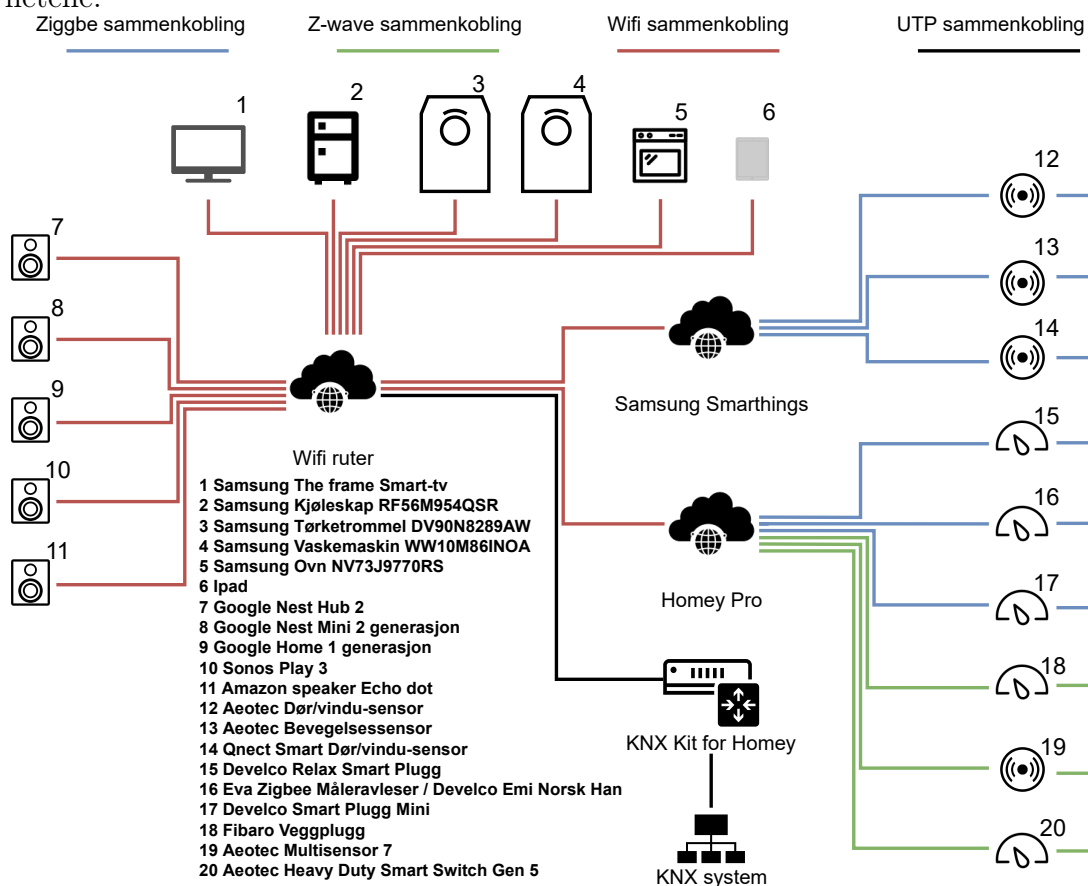
Det er også viktig å være spesifikk. I mange av forsøkende på å slå av lys med stemmen ble Google Smart høyttaleren selv slått av. Dette skjedde på grunn av

at den trodde at "Slå av" ble sagt, som ofte kan skje om navnet på lyset sies for tregt.

Et vedlikeholds tiltak som kreves er at Google Home appen og andre hjemmesentraler må synkroniseres på nytt hver gang det legges til flere enheter. Heldigvis krever ikke dette mer enn å si til en Google Smart høyttaler "Synkroniser med (navnet på hjemmesentral)".

5.4.2 Arkitektur

For å vise forskjellen på antatt resultat og faktisk resultat er det laget to figurer som viser antatt nettverksarkitektur og faktisk endelige nettverksarkitektur. Figur 5.4 viser det første forslaget og antatt nettverksarkitektur av enhetene.



Figur 5.4: Illustrasjon av enhetene med mulige sammenkoblinger ved hjelp av ulike protokoller. Rød strek er en sammenkobling med Wi-Fi protokollen, grønn er Z-wave, blå er Zigbee og svart er UTP. Wi-Fi ruter er koblet til internett

Et mål var å styre alle enhetene fra samme grensesnitt, altså samme app. Hjemmesentralene som er kjøpt inn har alle som mål å være senteret i et smarthjem, og under testingen er det blitt tydelig at de ikke samarbeider med hverandre. Det er

gjort fire forsøk med konfigureringer der en av de fire hjemmesentralene fungerte som senteret av systemet. Dette gikk ut på å koble alle Zigbee og Z-wave enhetene direkte til den ene hjemmesentralen og bruke den tilhørende appen for styring. De fire konfigurasjonene er beskrevet under:

Samsung SmartThing

Det første forsøket var med Samsung SmartThing hjemmesentralen. Hjemmesentralen har den fordelen at mange av Wi-Fi enhetene i leiligheten er Samsung smartenheter som fungerte utmerket sammen med appen. Det som derimot var problemet med denne løsningen, var at Samsung SmartThing hadde problemer med å samarbeide med samtlige Zigbee enheter. Figur E.4 som kan sees i vedlegg C viser Samsung SmartThing appen og enhetene tilkoblet. "Develco Emi norsk Han" var den eneste Zigbee enheten som kom opp i appen, men også denne hadde manglende funksjoner i forhold til når den var koblet til Futurehome eller Homey Pro. Dette gjorde at Samsung SmartThing hjemmesentralen og den tilhørende appen ikke egnet seg som senteret av smarthjemmet.

Futurehome

Det andre forsøket var med Futurehome hjemmesentralen og tilhørende app. Futurehome hjemmesentralen klarte i motsetning til Samsung SmartThing hjemmesentralen å koble til alle Zigbee enhetene med ett unntak "Develco Smart Plugg mini". Det største problemet med denne løsningen var at ingen av Samsung smartenheterene kom opp i Futurehome appen, og ville derfor ikke fungere som et grensesnitt med alle enhetene.

Homey Pro

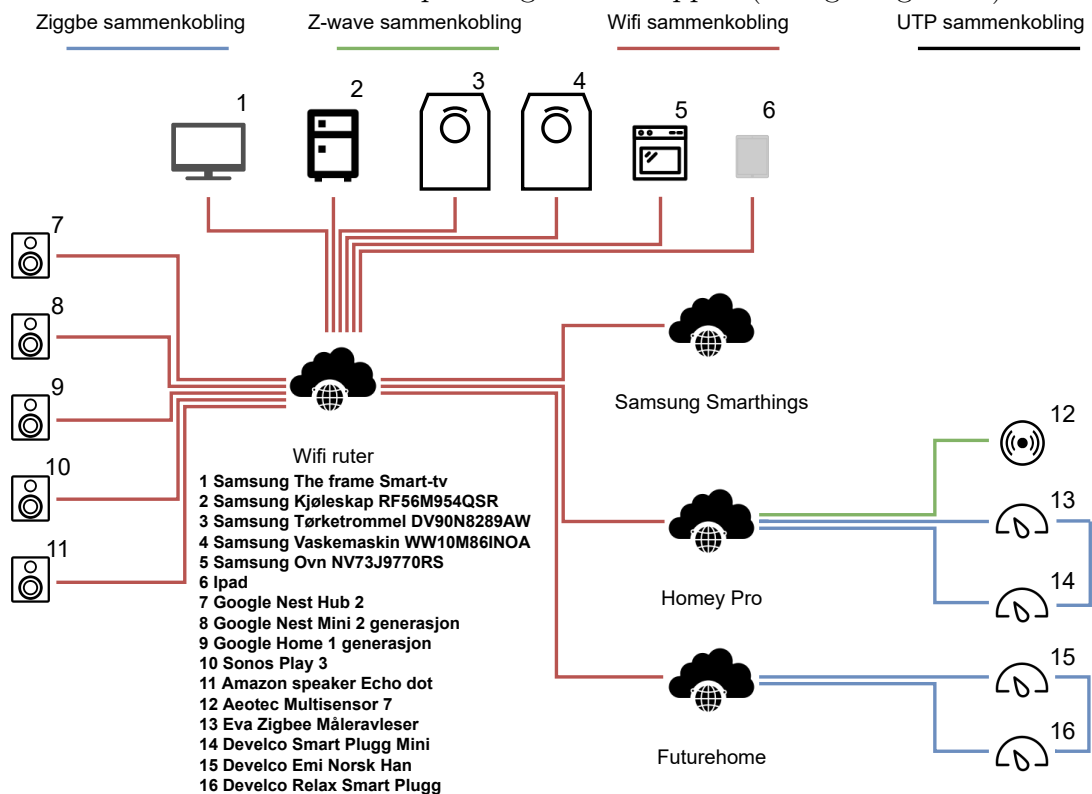
Det tredje forsøket var med Homey Pro, den dyreste av hjemmesentralene. Homey pro fungerte med de fleste Zigbee enhetene, men også med ett unntak, enheten "Develco relax smart plugg". Da den ble koblet sammen med hjemmesentralen kom den opp som "Standard Zigbee enhet", og manglet alle funksjoner. Homey Pro fungerte med en Samsung Smart TV, dette krevde derimot en mer omfattende prosess for sammenkoblingen (beskrevet i vedlegg A). Det som heller ikke var mulig med Homey Pro var å få opp de andre Samsung smartenheterene.

Google Home

Det siste forsøket er fundamentalt forskjellig fra de andre. Google Home appen fungerer på den måten at den har muligheten til å synkronisere med appene til andre hjemmesentraler og styre enheter som er koblet til andre hjemmesentraler. Dette gjør det derfor mulig å koble til Zigbee og Z-wave enhetene med de hjemmesentralene de fungerer med, og deretter synkronisere dem med Google home appen.

I dette forsøket ble derfor de fleste Zigbee og Z-wave enheter tilkoblet Homey pro inkludert "Develco Smart Plugg mini", mens Futurehome ble brukt til å koble til "Develco relax smart plugg". Samsung SmartThing klarte å koble til alle Samsung Enhetene. Deretter ble alle hjemmesentral appene synkronisert med Google Home appen. Figur 5.5 viser den endelige nettverksarkitekturen for oppkoblingen.

Problemet med denne løsningen er at selv etter synkronisering med andre hjemmesentraler blir ikke alle enhetene tilgjengelig på Google Home appen. Dette kan sees i skjermbildet av Google Home appen vises i figur E.2 i vedlegg C. Alle funksjonene som er tilgjengelig i hjemmesentralen som har direkte tilkoblingen kommer heller ikke alltid med på Google Home appen (se figur figur 5.3).



Figur 5.5: Illustrasjon av sammenkoblingen av enhetene i siste konfigurasjon. Rød strek er en sammenkobling med Wi-Fi protokollen, grønn er Z-wave, blå er Zigbee og svart er UTP. Wi-Fi ruter er koblet til internett

5.4.3 Funksjoner

Nedenfor er en rekke av funksjonene til smarthjem-systemet beskrevet og forklart. Det er et fokus på funksjoner som er mulig på grunn av sammenkoblingen av enhetene, da dette er nytteverdien som skapes av at det er et smarthjem.

Styring

For å forstå nytteverdien av at enhetene er sammenkoblet er det nødvendig med en beskrivelse av funksjonene til hjemmesentralene. Det er to funksjoner som går igjen i alle hjemmesentralene brukt i oppgaven. Navnene som blir brukt for funksjonene varierer litt, men "automatiseringer" og "scener" er mest brukt [49].

Automatisering er en funksjon der brukeren programmerer ved hjelp av et grafisk grensesnitt i appen. Programmeringen gjør det mulig å sette opp enkle sekvenser med betingelser som utfører valgte reaksjoner. Figur E.8 i vedlegg E.1 viser starten på en slik programmering.

Scener er en funksjon der brukeren setter opp en spesifikk tilstand på flere av enhetene som er koblet til hjemmesentralen samtidig (kalt en scene) som lagres og kan hentes tilbake. Dette gjør det for eksempel mulig å slå av alle lysene som er koblet til hjemmesentralen samtidig. En scene kan for eksempel kalles "Ute" og slå av alle lysene, låse døra, sette ned varmen og lukke gardinene når den er aktiv.

Komfort og praktikalitet

Google Home stemmestyring har funksjoner på de fleste enheter som kommer opp i appen (Se figur E.2 i vedlegg E). Det er derimot ikke intuitivt hva disse funksjonene er og det kreves testing for å få oversikt.

Det finnes også tiltak som kan bli gjort for å gjøre Google smarthøytaler kommandoene mer intuitive. Et tiltak som er gjort er å konfigurere hvilke rom smarthøytalerne tilhører som gjør det mulig å si "Slå av lyset" og lyset på det samme rommet som høytaleren er plassert vil slå seg av. Dette gjør det mer intuitivt enn å huske alle navnene på de spesifikke lysene.

Nedenfor er det listet opp noen av funksjonene som er blitt testet i smartleiligheten. Dette er bare noen av mulighetene da "Automasjon" funksjonen til hjemmesentralene for det meste er hindret av mangel på ideer.

- Ringe fra en smarthøytaler til en annen
- Høytopplesning av temperatur i kjøleskap
- Få oppdatering på mobilen når vaskemaskinen er ferdig
- Skriv liste som blir tilgjengelig på mobilen ved å snakke til Google Smart høytaler
- Slå av og på tv med talekommando
- Spille av musikk hvor som helst i huset ved talekommando
- Slå på TVen automatisk med bevegelsesensor
- Slå av enheter på spesifikke tidspunkter

- Styre alle tilkoblede enheter fra hjemmesentral appene

Kostnadseffektivitet og energisparing

For energisparing er det forskjell på funksjoner i forhold til hvilket hjemmesentral som er i bruk. Homey Pro og Futurehome appene har funksjoner for overvåking av energibruken, mens det er ikke slike funksjoner i appene til Google Home og Samsung SmartThing. Energoovervåkningen på hjemmesentralene fungerer på den måten at målingen fra måleravleseren vises som totalt effektbruk, og de andre tilkoblede smartenhetene vises som en del av den totale effektbruken. Grensesnitt for Futurehome og Homey Pro appene kan sees i figur E.9 og figur E.11 som ligger i vedlegg E.2.

På Homey Pro appen var det mulig for brukeren å velge antatt effektbruk for en enhet. Dette fjerner behovet for å ha en egen måleenhet for enheter som bruker en stabil mengde effekt, og kan derfor spare mye penger på sensorer. Et eksempel på dette vises i figur E.11 (kan sees i vedlegg E.2) hvor det er satt at "Samsung TV" bruker 50 watt når den er på.

"Automatisering" funksjonene på hjemmesentralen kan brukes til å automatisk styre effekten som blir brukt i leiligheten. For eksempel det lages en programmering som slår av enheter i huset når "Eva måleravleser" måler mer enn en satt mengde watt. Dette kan sees i figur E.12 som ligger i vedlegg E.2

Det er mulig å slå av/på effektkrevende Samsung smartenheter fra hvor som helst med internett tilgang med det oppsettet som er nå, ved å slå av alle Samsung Enheterne med Samsung SmartThing.

Sikkerhet

Sikkerhet var ikke et mål for smartleiligheten. Dette gjør at alle sikkerhetsfunksjoner som har blitt oppnådd til en bonus. For sikkerhet kan "Automatisering" funksjonen bli utnyttet. Et eksempel som er testet er muligheten til å lage en alarm ved hjelp av høyttalere og sensorer, som også sender notifikasjon til mobilen når den oppdager bevegelse når ingen skal være hjemme.

Kapittel 6

Diskusjon

Det teoretiske rammeverket sammen med resultatene som har kommet gjennom litteratursøk, innkjøp av smarte enheter, og konfigurering og uttesting av smarthjemmet er grunnlaget for å diskutere de fire spørsmålene som ble introdusert delkapittel 1.1. Diskusjonen er strukturert med fem delkapitler hvor fire av de består av spørsmålene, og det første består av en refleksjon og forklaring rundt de største begrensningene som er identifisert gjennom masteren.

6.1 Begrensninger

Det er identifisert fire viktige begrensninger som blir diskutert nedenfor i forhold til hvordan det påvirker resultatene.

Tidsperspektivet for uttesting av smartleiligheten gjenspeiler ikke hvor lang levetid et slikt system kan ha. Dette gjør at utfordringer som kan oppstå i vedlikeholdsfasen av et smarthjem ikke er blitt ordentlig testet i denne oppgaven. Et lenger tidsperspektiv ville også gitt innsyn til mulige forbedringer av systemet gjennom oppdateringer. Oppkoblingen av de eldre smartenhetene som allerede var i leiligheten inn i det mer moderne nyinnkjøpte systemet hjelper derimot å belyse utfordringen som oppstår ved sammenkoblingen av nye og gamle enheter.

Smarhus er et bredt tema med uendelig stort antall ulike konfigurasjoner og oppsett, i tillegg kommer nyutviklingene i elektronikkverden hyppig og mye kan være endret fra år til år. Dette gjør at vitenskapelige artikler og metastudier om temaet fort kan bli upresise eller ikke oppdaterte, i tillegg gir heller ikke uttesting av noen få systemer pålitelige resultater. I forhold til dette studiet vil det derfor bli interessant å diskutere forskjellene og fellestrekkene fra resultatene til design av smartleiligheten, og resultatene fra kapittel 4.

Tre mål ble satt opp for hva som skulle bli oppnådd med smarthjemmet i underseksjon 5.2.2. Et spørsmål i etterkant har vært om det er blitt kjøpt inn et

riktig antall enheter. Planen var å kjøpe inn 17 enheter for å utbedre smartleiligheten. Antallet ble rettferdiggjort ved hjelp av analysen som ble gjort i forhold til plasseringen av enhetene, kombinert med å plusse på antallet enheter som var nødvendig for å kunne styre alle enhetene. På grunn av problemer med leveringen fra leverandører endte det opp til slutt med å bli levert 12 enheter.

Et mindre antall enheter har påvirket resultatene på den måten at det har blitt gjort mindre uttesting generelt, men det er mangelen på spesifikke enheter som har påvirket mest. Det har for eksempel ikke vært gjort tester med automatisk styring av effektkrevende enheter da "Aeotec Heavy Duty Smart Switch Gen 5" ikke ble levert i tide, men enheter som kan styre mindre effekter har blitt testet og virkemåten skal være lik. Resultatene i forhold til uttesting av protokoller har også blitt færre. Dette gjelder spesielt for Z-wave og KNX, da det kun har vært en Z-wave enhet tilgjengelig og KNX-systemet ikke ble koblet til hjemmesentralen.

Antallet smartenheter som skal til for å oppnå det mulige potensialet varierer selvfølgelig fra mål til mål. For målet "Styring av smarte enheter med stemmestyring" vil kanskje nytteverdien øke med antall ulike enheter, mens for "Overvåking av luftkvalitet og temperatur" kan det antas at det er nok med en sensor per rom kombinert med sensorer ute. Ved målet "Overvåking og styring av energiforbruket" blir det mer komplisert. Nyttverdien som oppnås med dette er ofte knyttet til sparing av penger, og for hver ny innkjøpt enhet vil det være nødvendig med en større innsparing. Det vil derfor være nødvendig å gjøre nåverdiberegning for hver enhet. Dette er nok ikke noe en vanlig person ville gjort.

Til slutt er det viktig å legge vekt på at programmeringen og installasjon av programmer som ikke kommer direkte fra produsentene har vært minimal. Påstandene om at enheter ikke har muligheten for å koble seg til hjemmesentralene er med den antagelsen at det ikke er programmert selv eller gjort med tillegginstallasjoner. Det kan derfor være mulig å oppnå et bedre system ved bruke informasjon som finnes på ulike internettfora og ved å laste ned ekstra programmer.

6.2 Utfordringer under design

Det første spørsmålet presentert under formål for masteroppgaven var:

"Hva slags problemer og utfordringer oppstår under design av et smarthjem og hvilke løsninger kan hjelpe?"

Utfordringer har vært tema både i kapittel 4 og i kapittel 5. I kapittel 5 ble de opplevde utfordringene som oppsto under design av smartleiligheten notert, mens i kapittel 4 ble det gjort en mer overordnet kartlegging av barrierer og utfordringer for smarthjem. Men samsvarer egentlig utfordringene og problemene som blir nevnt i design med utfordringene funnet i litteratursøket. Det var tre

kategoriserer for utfordringer og barrierer som ble tatt opp i kapittel 4. Teknologi, finans og kunnskap (tabell 4.2).

Teknologi

"Teknologi" har flere underkategorier, og det som er mest relevante for å sammenligne er brukervennlighet. Brukervennlighet for design av smarthjem vil kan bli målt i hvor enkelt det er å konfigurere smarthjemmet.

Det ble identifisert fire ulike metoder å koble opp smartenhetene sammen med hjemmesentralen. Dette er ikke optimalt i forhold til brukervennligheten og en felles metode ville gjort alt mer forståelig og effektivt, og kan tyde på et dårlig samarbeid mellom produsentene av enheter og at flere ulike kommunikasjonsprotokoller kompliserer prosessen. Et annet tegn på lite samarbeid er mengden ulike apper og brukerkontoer som var nødvendig. Gjennom design av smartleiligheten ble det lastet ned syv apper og det har blitt laget seks kontoer. Riktignok var fire av disse kontoene for de ulike hjemmesentralene, da det ikke er vanlig med fire hjemmesentraler. Det var som nevnt nødvendig å bruke alle de innkjøpte hjemmesentralene for å få alle enhetene i systemet koblet opp. Dette skyldes selvfølgelig valg av enheter under innkjøp, men hvis det antas at et gjennomsnittlig hjem har en blanding av gamle og nye smartenheter kan det fort være nødvendig med flere hjemmesentraler. Det å bruke flere apper for styring av et smarthjem sier seg selv at er lite brukervennlig. Dette kan derimot motvirkes ved å laste ned en programvare hjemmesentral som igjen skal styre alle hjemmesentralene, men dette er som nevnt ikke testet i denne oppgaven.

Finans

Når det kommer til temaet "finans" har kostnad til innkjøp og tidsbruk vært relevant. Kostnad for vedlikehold har ikke vært mulig å teste da systemet ikke blir testet over flere år. Det har også vært et mål for designet å holde innkjøpsprisen lav, men dette har ikke blitt prioritert over funksjonaliteten til enhetene.

Innkjøpet av tre ulike hjemmesentraler var som nevnt gjort for å teste ulike styringssystemer, når det kommer til resten av innkjøpene var det derimot prisen og funksjon som valgte hvilke som ble kjøpt inn. Prisen for systemet vil uansett komme opp i flere tusen kroner (se vedlegg B). Det er selvfølgelig avhengig av hvor mange enheter som skal kjøpes inn, som igjen er avhengig av hvor mange ulike oppgaver smarthjem skal gjøre. Antall enhetene som er kjøpt inn i dette studiet ble valgt ut ifra hva som ble sett på som minimum nødvendig. Når det kommer til tidsbruken er det også avhengig av antall enheter. Tabell 5.1 viser tidsbruken for første oppkobling med en hjemmesentral. Dette vil derfor være minimum tid uten ekstra konfigurering, det kan nok antas at denne tiden minst dobles. Det er godt mulig mange er villig til å bruke denne tiden, men da må nytteverdien være høy og tydelig før det settes i gang.

Kunnskap

Utfordringene som har oppstått på grunn av manglende erfaring er flere, og spesielt under innkjøp. Utfordringene som har oppstått har vist at det er nødvendig med uttesting av de spesifikke produktene sammen med den hjemmesentralen som skal brukes. Dette er diskutert videre under "Samarbeid mellom protokoller og komponenter"

6.3 Samarbeid mellom protokoller og komponenter

Hvordan fungerer kommunikasjonsprotokoller og komponenter fra ulike produsenter sammen i et smarthus?

Under design har det vært et mål at verken kommunikasjonsprotokoll eller produsent skulle være et hinder for innkjøp av enheter. Dette ble begrunnet med at en større mengde alternativer kombinert med utnyttning av fordelene til kommunikasjonsprotokollene har ville føre til bedre og billigere enheter. Det endelige smarthjem-systemet ende opp med å bruke Z-wave, Zigbee og Wi-Fi. Dette kan anses som en konsekvens at det er disse protokollene som er tilgjengelig på de mest brukte hjemmesentralene (seksjon 4.4).

Smarthjem-systemet som er testet i denne oppgaven har en struktur med en hjemmesentral som senter. I et slikt system vil det ikke være signaler direkte mellom smartenheter, men all kommunikasjonen vil gå fra smartenhet til hjemmesentral. Virkemåten til et slikt system er derfor basert på hvor godt hjemmesentral og smartenhet kommuniserer, og hvor godt hjemmesentralen utnytter kommunikasjonen. Med andre ord, bra programvare i hjemmesentralen og fungerende kommunikasjon mellom hjemmesentralen og smartenhetene fører til et velfungerende smarthjem. Dette vil også bety at i denne masteroppgaven vil en kommunikasjonsprotokoll bli dømt i forhold til hvor godt den kommuniserer med hjemmesentralen.

I de tilfellene som er oppdaget der en enhet ikke har fungert sammen med en hjemmesentral tyder alt på at dette er på grunn av at enheten ikke er integrert i programvaren til hjemmesentralen, og ikke på grunn av mangler i kommunikasjonsprotokollen. Dette er fordi det ikke har vært ett tilfelle der en enhet ikke hatt muligheten til å kobles til i hvert fall en av hjemmesentralene. Det er derfor ikke kommunikasjonsprotokollen på en enhet som er avgjørende for hvordan den fungerer sammen med resten av systemet, men heller programvaren til hjemmesentralen. Dette gjør det tydelig at bare fordi en smartenhet har samme kommunikasjonsprotokoll som en hjemmesentral, betyr det ikke automatisk at de fungerer sammen. Dette virker det derimot som produsentene av kommunikasjonsprotokollene prøver å formidle i sin reklame for store mengder sertifiserte enheter som de påstår automatisk skal fungere sammen.

Når det kommer til unike fordeler som kommunikasjonsprotokollene har i forhold til hverandre har ikke resultatene fra denne masteroppgaven gitt håndfaste konklusjoner, men antydninger. Antydningene sier egentlig det samme som teorien om kommunikasjonsprotokoller. En kan for eksempel se på at strømbruken til hver enkelt enhet bekrefter det som står i teorien, men dette er åpenbart. Det som er mer interessant er om det er oppdaget forskjell fra Z-wave og Zigbee da disse protokollene har ganske like egenskaper ifølge teorien. Den eneste forskjellen som oppdaget er at Z-wave enheten var kompatibel med alle hjemmesentralene, dette var ikke tilfellet for Zigbee enhetene, derfor kan det være en svak antydning til at Z-wave enheter oftere er kompatible.

Ulemper/fordeler med flere kommunikasjonsprotokoller

For å dømme hvordan et smarthjem-system med flere protokoller fra ulike produsenter fungerer er det interessant å se på fordelene og ulempene det bringer, og deretter veie dem opp mot hverandre. Mulige ulemper er listet opp nedenfor:

- De signalene som de trådløse protokollene sender kan forstyrre hverandre
- Protokoller som Zigbee/Z-wave får ikke utnyttet fordelene av at flere enheter med samme protokoll gjør det mulig å sende signalet ulike ruter og kan gi en lenger rekkevidde
- Kan føre til at det er nødvendig med flere ulike oppkoblingsmetoder med mellom smartenhet og hjemmesentral, dermed gjøre det å designe mer komplisert

Fordeler som kommet fram er listet opp nedenfor:

- Antallet enheter tilgjengelig øker
- Alle fordelene til de spesifikke kommunikasjonsprotokollene kan utnyttes
- Øker sannsynligheten for at det er mulig å inkludere gamle enheter i systemet
- Kan fordele enheter på forskjellige protokoller slik at maksimumsgrensen for antall enheter øker

Før evalueringen av spørsmålet om kommunikasjonsprotokoller bør også spørsmålet om hvordan et smarthus med komponenter fra ulike selskap påvirker virkemåten bli betraktet. Det er også her mulig å lage en liste med fordeler og ulemper og deretter veie sidene opp mot hverandre. Det blir derimot ikke ansett som nødvendig, da resultatene er mer svart-hvitt. Med svart-hvitt menes det at hvis komponenter fra ulike selskap ikke fungerer sammen, mens komponenter fra samme selskap fungerer sammen er det uansett produsentenes skyld. Det har gang på gang gjennom uttestingen vært problemer med samarbeid med enheter fra ulike selskap og de spesifikke problemene er nøye forklart i kapittel 5. Det har også vært tydelig at enheter fra samme selskap fungerer bra sammen. Det har

faktisk ikke vært ett tilfelle der smartenheter fra samme selskap som hjemmesentralen ikke har fungert med hjemmesentralen, og Google- og Samsung enhetene er gode eksempler på dette. Dette bør ikke tolkes som at smartenheter fra ulike selskaper ikke kan samarbeide, tvert imot er mye av smartleiligheten bygd på enheter fra ulike selskaper. Det bør derimot bli ansett som mindre sannsynlig, og bør ikke bli tatt som en selvfølge.

Når fordelene og ulempene for bruken av flere kommunikasjonsprotokoller skal oppsummeres tyder svarene på at fordelene er verdt det i forhold til de potensielle ulempene, da fordelene er mer konkrete. Dette kombinert med alle resultatene i oppgaven som tyder på at det er dårlig samarbeid mellom produsenter av smartenheter og at disse feilene sjeldent kan skyldes kommunikasjonsprotokollen.

6.4 Guide for design av et smarthjem

Kan det formes en generell guide for å bygge opp et smarthjem?

Kapittel 4 presenterer en fremgangsmåte for å konstruere et smarthjem som er basert på forsøk presentert i tidligere publikasjoner. Fremgangsmåten er laget ved å observere hvordan deltakerne gikk frem da oppgaven var å konstruere et smarthjem. Denne fremgangsmåten blir bygd videre på med det formålet at den skal fungere som en guide. Guiden blir deretter testet ut under faktiske forhold da den blir brukt for design av smartleiligheten.

Gjennom testingen av fremgangsmåten er det blitt identifisert svakheter og potensielle forbedringer for guiden. Guiden var et forsøk på å gi en strømlinjeformet fremgangsmåte for å effektivisere, minske utfordringer og gi råd til hva som burde reflekteres på under design. Siden det skulle være en generell guide for alle typer smarthjem gir den ikke spesifikke råd om valg av enheter, men overordnede råd om alt som burde blitt tatt med i vurderingen.

I løpet av design ble det opplevd at kompleksiteten av å kjøpe inn så mange ulike enheter med forskjellige formål gjorde at valget av komponenter (steg 1.4) ble en tidskrevende og kompleks oppgave. For å gjøre dette mindre komplekst kunne vært det heller blitt satt ett mål (sammenlignet med tre i denne oppgaven) for smarthjemmet, og heller starte hele fremgangsmåten på nytt for neste mål. Dette ville gjort prosessen mindre omfattende.

Et annet forslag er gi flere kriterier i guiden, altså snevre inn med mer spesifikke typer oppgaver som skal løses med mer spesifikke metoder. Dette ville gjort guiden mindre generell, men ville økt nytteverdien for dem som hadde mer spesifikke prosjekter. Et annet forslag kunne vært å bruke denne guiden som et skjellet for produksjon av mer spesifikke guider.

For å evaluere guiden ville det i videre arbeid vært interessant å se på hvordan en gruppe mennesker ville prøvd å bygge opp et smarthjem, med og uten guiden.

Dette vil kunne bli brukt som et sammenligningsgrunnlag som igjen kunne blitt brukt til å måle nytteverdien til guiden.

6.5 Nytteverdi

Hva er nytteverdien til dagens smarthjem-løsninger i forhold til eldreomsorg og det grønne skiftet, og hvordan fungerer løsningene?

Diskusjonen og konklusjonen for nytteverdien vil ta grunnlag i funksjonene og erfaringen som er oppnådd i smartleiligheten. Dette er rettferdiggjort med at hjemmesentralene som er brukt i systemet er som nevnt de mest solgte i Norge, og at funksjonaliteten til hjemmesentralen er helt avgjørende for hva som er mulig og derav den mulige nytteverdien. utfordringer vil selvfølgelig også bli tatt med som en form for motvekt. Nytteverdidiskusjonen blir delt opp i to deler, eldreomsorg og det grønne skiftet.

Eldreomsorg

Det er flere temaer og funksjoner som blir sett på som relevant for eldrebølgen og eldreomsorg. De funksjonene som blir sett på som interessante handler om å gi eldre muligheten til å være uavhengige lenger, dette kan være i form av automatisering av oppgaver, hjelpemidler for hukommelse og hjelpemidler for kommunikasjon. Det er antatt at dagens eldre har gjennomsnittlig lavere IT-kunnskaper enn resten av befolkningen.

Det mest åpenbare hjelpemidlene for eldreomsorg er roboter som gjør oppgaver. Dette kan være i form av robotstøvsugere eller gressklippere, Denne typen enheter har ofte kommunikasjonsfunksjoner som gjør at de kan styres, men er ikke blitt testet ut i denne oppgaven da det er kommunikasjon mellom enheter som har blitt evaluert. De enhetene som derimot får stor nytte av kommunikasjonen mellom enhetene er smarthøytalere. Uttestingen viser at smarthøytalere ikke bare fungerer for direkte styring av enheter, men er også gode på å sette alarmer og påminnelser, i tillegg kan de google spørsmål for deg. Dette kan være ekstra interessant for en eldre befolkning som ikke er har lært seg hvordan man effektivt utnytter internett og søkemotorene. Det å skrive søkeord og utnytte troverdige nettsider er en egenskap som må læres, men som smarthøytaleren automatisk gjør for deg. Når det kommer til kommunikasjon, er også smarthøytalene relevante. En funksjon smarthøytalene har med seg er at det er mulig å ringe til hver spesifikk smarthøytaler, og mellom høytalene. Dette gir flere muligheten enn telefon for å få kontakt med personer.

Selv om det er mye funksjoner tilgjengelig er det derimot et stort problem er at smarthøytalene ikke fungerer bra nok. Dette gjelder spesielt at de ikke forstår betydningen til setninger, men også for tolkninger av ord, spesielt når det kommer til tall. Setninger må ofte omformuleres for å oppnå ønsket resultat, dette gjør funksjonen lite intuitiv og tidskrevende. Det kan heller ikke antas

at smarthøytaleren har et svar for alt du spør om, og når det ikke finnes svar vil den automatisk google spørsmålet, som er en god tanke, men gir ikke alltid et svar. Dette gjør at de egnes dårlig for eldre mennesker uten IT-kunnskap. Kombiner dette med at det krever mye IT-kunnskap å sette opp og vedlikeholde et smarthjem forsvinner nytteverdien ganske raskt, og kan fort skape flere problemer enn det løser.

Det er derimot mulig å se på det fra et perspektiv der teknologien ikke blir utnyttet og vedlikeholdt av de eldre selv, men av ansatte i helsevesenet. Da er spesielt funksjoner som gjør at alle smartenhetene kan overvåkes relevant. Et spesifikt eksempel som er mulig med oppsettet i smartleiligheten vil være å bruke brukergrensesnittet til hjemmesentralen for å enkelt programmere en funksjon som gir varsler dersom en bevegelsessensor ikke har blitt trigget i løpet av en tidsperiode. En sensor ved utgangen til soverommet vil dermed kunne brukes til å automatisk sjekke om en eldre person beveger seg i løpet av dagen ved å sende varsling når det ikke er tilfellet. Dette krever at folk godkjenner en form for overvåking som er en annen diskusjon.

For å oppsummere tyder det på at dagens smarthjem for bruk av eldreomsorg er en mulighet selv med vanlige kommersielle løsninger, men ikke om det utnyttes av den eldre personen selv, da dette ikke er brukervennlig nok. Det kan derimot bli utnyttet av helsepersonell for at eldre skal kunne bo lenger hjemme.

Det grønne skiftet

Energisparing er rangert høyest av eksperter når det kommer til bruksområder for smarthjem (se tabell 4.1). Det ble derfor antatt tidlig i masteroppgaven at dette vil være et tema hvor effekten av løsningene er tydelig. Det er i tillegg nevnt studier (se underseksjon 4.1.1) som konkluderer med at bruken av visualiseringsteknologi som smarthus implementerer, reduserer energibruken. Et av hovedmålene under design av smartleiligheten var overvåking og styring av energibruken i smartleiligheten, og under design og uttesting ble det tydelig at mye av fokuset til hjemmesentralene var å overvåke og styre effekten, men det er som nevnt store forskjeller på hjemmesentralene.

Derfor må det velges en hjemmesentral med energi i fokus, men dette er ikke den eneste betraktningen som må tas når det skal kjøpes inn smartenheter for et smarthjem som skal redusere og endre energibruken. Hele prosessen er ganske kompleks, og det er fordel med kunnskap om hva som bruker energi og nettleiemodellen. Selv da er det vanskelig å lage modeller som spår hvor penger som vil bli spart og om det er lønnsomt.

Funksjonene som er mulig å oppnå kun med "Develco Smart Plugg mini", "Eva Zigbee Måleravleser" og en smart-temperaturmåler er derimot tydelig effektive på styring og diktering av effektbruken. Fordelen med å bruke "smartplugg" som "Develco Smart Plugg mini" er at gamle ovner kan gjøres om til smarte. Ved å bruke "automatisering" funksjonen til hjemmesentralene er det mulig å

utnytte volatiliteten i strømprisene, lage nattsinking av varme og slå av enheter når den totale effektbruken er høy.

Når det er sagt vil det uansett koste en del med flere slike "smartplugger", og smartenhetene som kan bryte høyere effekt som "Aeotec Heavy Duty Smart Switch Gen5 Z-Wave" er de dyreste. Det krever i tillegg hvis det skal implementeres i et fast elektriskanlegg som igjen fører til at det må hyres inn en registrert installasjonsvirksomhet, som igjen koster ekstra.

Som med mange andre nye konsepter for tiden kan smarthus virke som en løsning som søker et problem, i motsetning til en løsning på et problem. Det er derimot identifisert flere eksempler på effektive metoder for styre effekten. Dette er positivt da energisparing var det bruksområde som ble ansett å ha størst potensial, men det krever mye kunnskap og gjennomtenkt design og konfigurering. Det kan i tillegg ha en høy pris, og det er vanskelig å spå lønnsomheten.

Kapittel 7

Konklusjon

Som med mange andre nye konsepter for tiden kan smarthus virke som en løsning som søker et problem, i motsetning til en løsning på et problem. Det er uansett funnet nytteverdi av løsningene som er testet.

For eldreomsorg kan smarthjem funksjoner som automatisering av arbeidsoppgaver, hjelpemidler for hukommelse og kommunikasjon utnyttes. Systemet som er testet i denne masteroppgaven er derimot ikke ansett brukervennlige nok, verken å konstruere, vedlikeholde eller bruke. Dette gjelder spesielt stemmestyringen som skaper flere problemer enn det løser. Det blir derfor ikke sett på som fornuftig at eldre setter opp et eget smarthjem. Det er derimot en mulighet at dette kan utnyttes ved hjelp av IT-utdannede fra helsevesenet.

Når det kommer til det grønne skiftet blir bruksområde energisparing ansett som relevant og oppnåelig. Uttestingen av smartleiligheten har vist at det er mulig å overvåke og automatisk styre den elektriske effekten til leiligheten med riktige komponenter. Ulempen er at det krever mye kunnskap og gjennomtenkt design og konfigurering. Det kan i tillegg ha en høy pris, og det er vanskelig å spå lønnsomheten.

De største utfordringene under design av et smarthjem kommer av lite samarbeid mellom produsenter og at smarthjem generelt har en høy kompleksitet. Dette fører til en overkomplisert konstruksjon som byr på utfordringer som:

- Flere ulike metoder for å koble sammen smartenheter med hjemmesentralen
- Krav om å lage mange ulike brukerkontoer og laste ned flere ulike apper
- En komplisert innkjøpsfase som krever erfaring med hver spesifikk enhet som skal implementeres i smarthjemmet.

Denne masteroppgaven har identifisert en rekke fordeler og ulemper for et smarthjem som bruker flere kommunikasjonsprotokoller. Flere av fordelene som er identifisert er aktivt blitt utnyttet i designet av smartleiligheten. Den største fordelen er det økte valgmulighetene for smartenheter som kan brukes.

For et smarthjem med kommunikasjonsprotokoller og komponenter fra ulike produsenter er funksjonaliteten til hjemmesentralen helt sentral for sammenkoblingen og virkemåten. utfordringer med sammenkobling i smarthjem skyldes oftest mangel på integrering av smartenheter i hjemmesentralens programvare.

At smartenheter fra ulike selskaper kan samarbeide og kommunisere kan ikke tas som en selvfølge. Det er derfor nødvendig å skaffe erfaring av hvordan spesifikke smartenheter fungerer sammen med den valgte hjemmesentralen, for å være sikker på at enheten kan implementeres i smarthjemmet.

Utvikling og utforming av et smarthjem er tidskrevende og utfordrende. I denne masteroppgaven er det presentert et forslag til en generell guide for design av et smarthjem. Guiden viser en stegvis tilnærming som inneholder metoder og vektlegger hva som er viktig å fokusere på. Det blir foreslått at videre arbeid kan bestå av et forsøk med flere deltakere som forsøker å konstruere et smarthjem med og uten guiden. For å evaluere og skaffe et sammenligningsgrunnlag for guiden.

References

- [1] Vegar Jansen. *Norske Futurehome byr på mange gode løsninger*. Hentet online 14.12.2021 <https://www.tek.no/test/i/Ad4JME/futurehome>. 2021.
- [2] Muhammad Usama Bin Aftab. *Title: Building Bluetooth Low Energy Systems*. Packt Publishing, 2017.
- [3] M. Ennafiri and T Mazri. “Internet of Things for Smart Healthcare: A Review on a Potential IOT Based System and Technologies to Control COVID-19 Pandemic”. In: *Innovations in Smart Cities Applications Volume 4*. Vol. 183. 2021, pp. 1256–1269.
- [4] Maarten De Groote, Jonathan Volt, and Frances Bean. *SMART BUILDINGS DECODED*. Paper av Buildings Performance Institute Europe. Hentet online 19.05.2022. URL: https://www.bpie.eu/wp-content/uploads/2017/06/PAPER-Smart-buildings-decoded_05.pdf.
- [5] Jonas Skaadel. *Prosjektoppgave Intelligente hjem*. Ikke publisert. 2021.
- [6] Chrispin Gray et al. “Smart Is Not Free Energy Consumption of Consumer Home Automation Systems”. In: *IEEE TRANSACTIONS ON CONSUMER ELECTRONICS* (2020).
- [7] Harald Øverby. *internettprotokoll*. Hentet online 16.05.2022. URL: <https://snl.no/internettprotokoll>.
- [8] Vegar Jansen. *Hjemmesentralens ABC*. Hentet 30.11.2021 <https://www.tek.no/nyheter/guide/i/9vXglr/smarte-hjem-hjemmesentraler>. 2019.
- [9] Kurniawan Agus. *Title: Intelligent IoT Projects in 7 Days*. Packt Publishing, 2017.
- [10] Harald Øverby. *protokoll (IT)*. https://snl.no/protokoll_-_IT. Jan. 2021.
- [11] Harald Øverby. *kommunikasjonsprotokoll*. Online. Hentet 07.05.2022. 2021.
- [12] Stefan Marksteiner et al. “An Overview of Wireless IoT Protocol Security in the Smart Home Domain”. In: *2017 Internet of Things Business Models, Users, and Networks* (2017).
- [13] Darrel Ince. *A Dictionary of the Internet (4 ed.)* Oxford University Press, 2019.
- [14] Alejandro Aragon Zavala. *Indoor Wireless Communication From Theory to Implementation*. Wiley, 2017.

- [15] *LONWORKS FTT-10A Free Topology Transceiver User's Guide Version 6*. Funnet online 10.12.2021 https://ctlsys.com/support/lonworks_ftt10_cables/. 2001.
- [16] *Rekkeviddeplanlegging*. Hentet online 23.11.2021. URL: <https://support.futurehome.no/hc/no/articles/204682125-Rekkeviddeplanlegging>.
- [17] Tarmo Anttalainen. *Introduction to Communication Networks*. Artech House, 2014.
- [18] Louis E Frenzel Jr. *Handbook of Serial Communications Interfaces*. Elsevier, 2016.
- [19] Dean Anthony Gratton. *The Handbook of Personal Area Networking Technologies and Protocols*. Cambridge University Press, 2013.
- [20] Ms. Harneet kaur and Ms. Sukesha Sharma. "A Comparative Study of Wireless Technologies: Zigbee, Bluetooth LE, EnOcean, Wavenis, Insteon and UWB". In: *UACEE International Journal of Advances in Computer Networks and its Security – IJCNS 3* (2013).
- [21] *The Zigbee Alliance Rebrands as Connectivity Standards Alliance*. Hentet 03.12.2021 https://zigbeealliance.org/news_and_articles/connectivity-standards-alliance/. 2020.
- [22] Szymon Rządkosz. *A tale of five protocols*. Silvair, 2018.
- [23] *Zigbee Certification Milestone*. Blog. <https://csa-iot.org/newsroom/zigbee-certification-milestone/>. 2021.
- [24] Slingerland Janet. *Wi-Fi*. Focus Readers, 2017.
- [25] *Silicon lab frequency map z-wave*. Funnet online 24.11.2021 <https://www.silabs.com/wireless/z-wave/global-regions>.
- [26] Christian Paetz. *Z-Wave Essentials*. Prof. Dr. Christian Paetz, 2017.
- [27] Mathias Baert et al. "The Bluetooth Mesh Standard: An Overview and Experimental Evaluation". In: *Sensors* (2018).
- [28] Hermann Merz, Thomas Hansemann, and Christof Hübner. *Building Automation Communication Systems with EIB/KNX, LON and BACnet Second Edition*. Springer, 2018.
- [29] *KNX Manufacturers list*. Found online 25.11.2021 <https://www.knx.org/knx-en/for-professionals/community/manufacturers/>.
- [30] *KNX basics*. Hentet online 25.11.2021 https://www.knx.org/wAssets/docs/downloads/Marketing/Flyers/KNX-Basics/KNX-Basics_en.pdf.
- [31] Fatima Sapundzhi. "A Survey of KNX Implementation in Building Automation." In: *TEM* (2020).
- [32] K. Dzierzek. "The Use of KNX/EIB to Control Devices in an Intelligent Home". In: *Faculty of Mechanical Engineering - Technical University of Košice* (2013).
- [33] Wolfgang Granzer. *Simulation of a knx network with EIBsec protocol extensions*. Diplomarbeit Technischen Universität Wien. Found online 27.11.2021 https://www.auto.tuwien.ac.at/bib/pdf_thesis/THESIS0002.pdf. 2008.

- [34] *LEARN ABOUT BLUETOOTH Mesh Networking*. Hentet online 07.05.2022. URL: <https://www.bluetooth.com/learn-about-bluetooth/recent-enhancements/mesh/>.
- [35] Konstantinos Christopoulos et al. *Components and Services for IoT Platforms*. Chapter 18 Building Automation Systems in the World of Internet of Things. Springer, 2017.
- [36] Benjamin K Sovacool a b and Dylan D. Furszyfer Del Rio c. “Smart home technologies in Europe: A critical review of concepts, benefits, risks and policies”. In: *Elsevier* (2020).
- [37] *Endring i nettleiemodell utsatt*. Tilgjengelig på: <https://lede.no/nettleie/> Hentet 22.04.2022. 2022.
- [38] Marikyan Davit, Papagiannidis Savvas, and Alamanos Eleftherios. “A systematic review of the smart home literature: A user perspective”. In: *Technological Forecasting & Social Change* (2019).
- [39] E. Isa and N. Sklavos. “Smart Home Automation: GSM Security System Design & Implementation”. In: *Journal of Engineering Science and Technology Review 10 (3) (2017) 170-174* (2016).
- [40] Karonline Ingebrigtsen and Henning Taxt. *Elektriske styringssystemer i boliger*. Research report from SINTEF Energi AS. 2019.
- [41] Balta-Ozkan Nazmiye, Amerighi Oscar, and Boteler Benjamin. “A comparison of consumer perceptions towards smart homes in the UK, Germany and Italy: reflections for policy and future research”. In: *Technology analysis & strategic management* (2014).
- [42] S. Mennicken and E. Huang. “Hacking the natural habitat: An in-the-wild study of smart homes, their development, and the people who live in them”. In: 7319 (2012), pp. 143–160.
- [43] Zied Mani and Inès Chouk. “Drivers of consumers’ resistance to smart products”. In: *Journal of Marketing Management* (2016).
- [44] Erik Stokkeland. Personlig korrespondanse. Oct. 2021.
- [45] *KNX Kit for Homey*. Salgsside for kit for homey. Hentet 03.05.2022 : <https://homey.app/no-no/store/product/knx-kit-for-homey-731/>.
- [46] Alex Kretzschmar. *How to achieve smart home nirvana (or, home automation without subscription)*. Online hjelpeside for Home Assistant. Hentet online 02.05.2022. 2021. URL: <https://arstechnica.com/information-technology/2021/03/how-to-achieve-smart-home-nirvana-or-home-automation-without-subscription>.
- [47] *KNX*. Online hjelpeside for Home Assistant. Hentet online 02.05.2022 : <https://www.home-assistant.io/integrations/knx/>.
- [48] Morten Iversen. *Krisen fortsetter med full styrke – rekordlang ventetid for databrikker*. Publisert online. Hentet 25.04.2022. 2021. URL: <https://www.dn.no/utenriks/samsung/elektronikk/krisen-fortsetter-med-full-styrke-rekordlang-ventetid-for-databrikker/2-1-1051139>.
- [49] Vegar Jansen. *SmartThings Hub kan mye mer enn å styre Samsungs smarte dingser*. Hentet online 14.12.2021 <https://www.tek.no/test/i/Jog7Q7/samsung-smartthings-hub-v3>. 2020.

Vedlegg A

Notater design

A.1 Nettverksenheter

Hjemmesentraler

Integreringsprosessen starter med hjemmesentralene og nedlasting av tilhørende apper til Ipaden. Appene fungerer som grensesnittet mellom brukeren og hjemmesentralen.

Samsung SmartThings

Konfigureringsfasen startet med å laste ned appen "SmartThings" på Ipaden. Appen er tilhørende Samsung SmartThings hjemme. Det første som ble konfigurert i appen var rom, altså en beskrivelse av leiligheten. For å koble sammen appen og hubben ble en QR-kode ved hjelp av kamera, deretter et valg om hvilket WIFI nettverk som skal bli brukt. Her ble valgt Smarthus internett 2.4 Ghz da det har lenger rekkevidde enn 5g.

Alt stoppet derimot da oppdateringen kom. Denne var evigvarende selv om prosessen så langt virket korrekt. Det var like før jeg slo av appen før den starta. Hjemmesentralen blinket ikke slik den som beskrevet, og det var bare flaks at jeg ikke startet den på nytt før den startet.

Til slutt til tildelte jeg hubben rommet "stua", og første fase av konfigureringen var ferdig.

Tidsbruk 25 minutter.

Generell prosess for å koble til nye enheter til Samsung SmartThings hub.

Steg 1. Scanne QR-code til enhet, eller søke på navnet til enheten spesifikt i appen.

Steg 2. Blir ført til en stegvis prosess som er skreddersydd til enheten med et variert antall steg.

Futurehome

Future home tok 15 minutter å sette opp. Måtte bare gi informasjon om adresse og trykke på koble til hjemmesentral.

Homey pro

Lastet ned app. Lagde konto. Koble til nettet som Homey setter opp. Velge riktig WIFI. Oppdatering. Ferdig. 13 min

A.1.1 Sensorerenheter

EVA - Måleravleser

Norweigan HAN

Satt i søkemodus ved å holde inne en knapp til et rødt lys begynte å blinke. Tok 5 minutter å koble til både Futurehome og Samsung SmartThings hub. Mye mer informasjon på futurehome. Det sto også på nettet at de var laget for å fungere med futurehome.

5 min

Norweigan han mistet tilkoblingen til Samsung SmartThing, og ikke fått den koblet tilbake selv om den er koblet til Futurehome hubben.

Aetoec MultiSensor 7

Samsung smartThings hub Prosessen starter med å åpne Samsung SmartThings appen. Velge koble til ny enhet og Aetoec Multisensor 7 ligger der tilgjengelig. Deretter velges rom, og hvilken hub som skal brukes. Neste steg står det "Press action button once". Dette blir gjort, men ingen respons. Etter mye forskjellig testing kom jeg fram til at det er nødvendig å slå den på ved å holde ned action button lenge, og deretter presse den ned raskt. Dette er ikke informert om i brusanvisningen eller i prosessen i appen.

30 min

Futurehome Prøvde samme instruksjoner som forrige, men fungerte ikke å koble til på første forsøk.

Develco Smart Plug Mini

Oppkoblingen av develco Smart Plug Mini og Samsung SmartThings hubben er vanskelig. Finner ikke merket på SmartThing appen. Dette er etter at kundeservice på flere butikker garanterte at det fungerte sammen, da det sto at Zigbee fungerte med Samsung SmartThings hubben.

Etter mye googling ble konklusjonen at Samsung SmartThings og Develco produkter ikke fungerer sammen uten egen koding. Et eksempel på produkt som

hjemmesentral som ikke fungerer sammen, selv om begge har Zigbee protokollen tilgjengelig.

Tidsbruk 20 minutter. Uten å lykkes.

Etter å ha sjekka på nettet har jeg funnet ut at den er blitt koblet sammen, men at den kommer opp som "z-wave Remote". Det er rart, siden den Develco Smart Plug Mini bruker Zigbee protokollen, og er heller ikke en "Remote" Futurehome

Homey Pro Valgte fra liste. Resatt enheten ved å trykke på knappen 1 min

Develco Smart Plug Mini

Ganske rask når den fungerte med hjemmesentralen, samme oppkobling som "Develco Smart Plug Mini" 5 min

A.1.2 Flerfunksjon-enheter

Google Nest hub 2

Dette er en hjemmesentral og en smarthøytaler samtidig. Målet er ikke å bruke denne spesifikt som en hjemmesentral, men som en smarthøytaler som et supplement til de to andre hjemmesentralene. Dette er fordi Google Nest Hub 2 bare har WIFI kommunikasjonprotokollen tilgjengelig..

For å sette opp denne starter det med å laste ned en ny app på ipaden. Google home appen, og scanne en QR-kode på høyttaleren.

Merk må legge inn adresse på alle hjemmesentralene.

Funksjoner

Slå av/på tv. Spille av musikk, på alle enhetene i huset. Slå av på tørketrommel, ovn, oppvaskmaskin. Ingen funksjoner med kjøleskapet.

tidsbruk 30 min

Alexa

Fikk satt opp Alexa, men sliter med å koble den sammen med SmartThings appen.

30 min.

Google nest mini

Ganske lett samme prosess som tidligere bare færre steg siden den allerede var satt opp den andre og mye av innstillingene var lagret. Det eneste som stoppet effektiviteten var en oppdatering.

Tidsbruk 10 min

Google home 1 generasjon

Samme prosess som de nye google home enhetene, bortsett fra at det krevde en oppdatering i tillegg. Alt virker som denne nå blir like bra som de andre smarthøytalerne.

tidsbruk 10 min

Samsung ovn

Prøvde det samme for å koble til wifi 3 ganger på 2 forskjellige dager, og av en eller annen grunn fungerte det siste ganger. Da fikk jeg oppdatert ovnen og deretter koblet den opp mot appen.

Fordelene man får ut av det er at man kan sette på ovnen fra hvor man vil. Den kommer opp i appen som en enhet.

1 time

Samsung Kjøleskap

Brukte skjermen på samsung kjøleskapet og skapte gikk inn på innstillinger hvor jeg fikk kjøleskapet koblet fra forrige eier, deretter satt kjøleskapet opp en egen WIFI-hotspot. Koblet deretter ipaden til dette nettet, og valgte hvilke WIFI som kjøleskapet skulle kobles til.

Prosessen tok cirka 15 min, kunne tatt mindre tid om kjøleskapet var helt nytt og jeg ikke måtte endre fra tidligere eier.

Samsung tørketrommel

Null problem. Startet appen valgte Tørketrommel, den satt på et eget wifi nett koblet til dette og valgte hvilket nett det skulle koble seg til.

Tid 5 min

Samsung vaskemaskin

Samme prosess som tørketrommel

5 min

A.1.3 Aktuatorenheter

sonos 3 play

laste ned app. Lage konto. Resette sonosen. Sette den i søkemode, og let etter sono på app. Koble til eget netteværk sonos høytaler. velge nett. oppdater. ferdig 15 min

Smart-TV

Fikk ikke koblet til nettet første dagen, men det endret seg plutselig etter en dag og dermed fungerte det.

Forsøk på å få tven inn i appen har den mislyktes 2 ganger, uten forklaring på hvorfor.

Tid 30 min

Homey pro-tv Må finne ip adressa til tv for å koble sammen. Etter ip adresse og en token generert for å gi tillatelse på samsungkontoen ble det koblet sammen.

A.1.4 Bemerkninger

WIFI er en bra protokoll for store enheter med en kontinuerlig strøminngang.

Wifi enheter kan kobles til flere styringsystemer på likt.

Strømbruken til Z-wave er veldig lav og det vises ved at Multisensor 7 ikke har mistet strøm all tiden

Det er viktig å sjekke at enhetene fungerer og er optimalisert for spesifikke hjemmesentraler

Sikkerhet:

Noen hadde logget inn med en samsung konto tidligere, denne var ikke logget ut av og jeg kom rett inn på kamera til denne personen.

Strømstyringen fungerer best med Homey Pro appen. Homey pro appen gjør det mulig å sette opp antatt strømforbruk på ulike enheter.

Enhetene som var fra samme produsent, i dette tilfellet Samsung fungerte utmerket sammen. Samsung enheter fungerer bra sammen

All informasjonen er tilgjengelig gjennom internett

Norwegian han mistet tilkoblingen til Samsung SmartThing, og ikke fått den koblet tilbake selv om den er koblet til Futurehome hubben. zigbee

Google smart høyttalerne ikke vises i SmartThing Appen, selv om de er blitt konfigurert og koblet sammen, ved å koble sammen Google bruker og Samsung bruker.

A.1.5 Ekstra data

Antall apper installert: 7

Antall kontoer laget: 7

Vedlegg B

Innkjøp

Navn	Funksjon	Plassering	Pris	
Google Nest Hub 2	Stemmestyring, kontrollpanel,	Stue	990 kr Power	https://www.power.no/tv-og-lyd/traadloese-hoeyttalere/smarthoeyttaler/google-nest-hub-kritt-2nd-gen/p-1169623/
Google nest mini 2 generasjon	Stemmestyring	Bad	490 kr Power	https://www.power.no/tv-og-lyd/traadloese-hoeyttalere/smarthoeyttaler/google-nest-mini-kull/p-1034936/?q=google%20nest%20mini
Samsung Smarthings hub	Hjemmesentral	Stue	1190 Power	https://www.power.no/smarthjem/kontrollheter/samsung-smarthings-hub-gpu999svlgga/p-1011703/?q=samsung%20smarththing
Amazon speaker echo dot	Stemmestyring	stue	935 Cdon	https://www.powerplanetonline.com/en/amazon-echo-dot-3-a-gen-black-smart-speaker-alexa
Athom Homey pro	Hjemmesentral	Stue	4799 kr Power	https://www.power.no/smarthjem/kontrollheter/athom-homey-pro-smarthub-homey-eu-02-pro/p-1021140/?q=athom%20homey
Aeotec Heavy Duty Smart Switch Gen5 Z-Wave	Slå av varmvannsberederen	Bad	1199 elektroim portøren	https://www.elektroimportoren.no/aeotec-heavy-duty-smart-switch-gen5-z-wave/4512389/Product.html
Fibaro Veggplugg hvit schuko	Sjekke strømforbruk		399 power	https://www.power.no/smarthjem/smarthjem-kontakter-og-plugger/fibaro-wall-plug-fgwpf-102/p-1040735/
Develco smart plugg min	Sjekke strømforbruk		469 elektroim portøren	https://www.elektroimportoren.no/develco-smart-plugg-mini-schuko-4514702/Product.html
Develco relax smart plugg	Sjekke strømforbruk		549 elektroim portøren	https://www.elektroimportoren.no/develco-relax-smart-plugg/4509417/Product.html

Figur B.1: Liste over innkjøp side 1

QNECT SMART DØR/VINDU SSENSOR ZIGBEE HVIT	Sensor		299 Power	https://www.power.no/smarthjem/smart-sikkerhet-og-overvaakning/smart-alarmer-og-sensorer/qnect-smart-doervindussensor-zigbee-hvit/p-1149245/
EVA - Zigbee - Måleravleser	Han port strømmåler		599 elektroim portøren	https://www.elektroimportoren.no/eva-zigbee-maaleravleser/94321/Product.html
Develco EMI Norsk HAN	Han port strømmåler		799 kr Elektroim portøren	https://www.elektroimportoren.no/develco-emi-norsk-han/4514731/Product.html
AEOTEC DØR/VINDU SSENSOR	Vindu sensor, sjekker om den er åpen		350 kr Power	https://www.power.no/smarthjem/smart-sikkerhet-og-overvaakning/smart-alarmer-og-sensorer/aeotec-doervindu-sensor/p-1132222/
AEOTEC BEVEGELSE SSENSOR	Bevegelse sensor		309 kr Power	https://www.power.no/smarthjem/smart-sikkerhet-og-overvaakning/smart-alarmer-og-sensorer/aeotec-bevegelsessensor/p-1132221/
AEOTEC MULTISENSOR 6 HVIT	<i>Sensor som oppdager bevegelse vibrasjon, lys</i>		699 kr Power	https://www.power.no/smarthjem/smart-sikkerhet-og-overvaakning/smart-alarmer-og-sensorer/aeotec-multisensor-6-hvit/p-1040714/
KNX Kit for Homey	<i>Gateway fra knx til homey</i>		1499 kr	https://homey.app/no-no/store/product/knx-kit-for-homey-731/
Futurehome Smarthub	<i>Hjemmesentral</i>		2199	https://www.elektroimportoren.no/futurehome-smarthub/4500002/Product.html

Figur B.2: Liste over innkjøp side 2

Vedlegg C

Enheter

Tabell C.1: Hvitevarer på kjøkken

Kjøkken			
Produkt	Model	Kommunikasjonsprotokoller	Produsent
Kompaktovn	NQ50J9530BS	-	Samsung
Varmluftsovn	NV73J9770RS	Wifi	Samsung
Induksjonstopp	NZ84J9770EK	-	Samsung
Oppvaskmaskin	DW60J9970BB	-	Samsung
Kjøleskap	RF56M9540SR	Wifi	Samsung
Varmtvannsbereder	XFJ-FSG	-	JNOD

Tabell C.2: Produkter i stua til smartleiligheten

Stue			
Produkt	Model	Kommunikasjonsprotokoller	Produsent
TV	The Frame 65	Wifi, bluetooth	Samsung
Støvsuger	x	Wifi	Samsung
Varmepumpe	x	-	Samsung
Høyttaler	Play 3	Wifi	Sonos
Smarthøyttaler	Google home (Første generasjon)	Wifi	Google

Tabell C.3: Sikringskap

Sikringsskap			
Produkt	Model	Kommunikasjonsprotokoller	Produsent
IntesisBox gateway IP	x	Kablet eth	Intesis
LogicMachine 4	x		Embedded systems
Aircondition	x	-	Samsung

Tabell C.4: Produkter på badet til smartleiligheten

Stue			
Produkt	Model	Kommunikasjons protokoller	Produsent
Tørketrommel	DV90N8289AW	Wifi	Samsung
Vaskemaskin	xWW10M86INOA	Wifi	Samsung

Vedlegg D

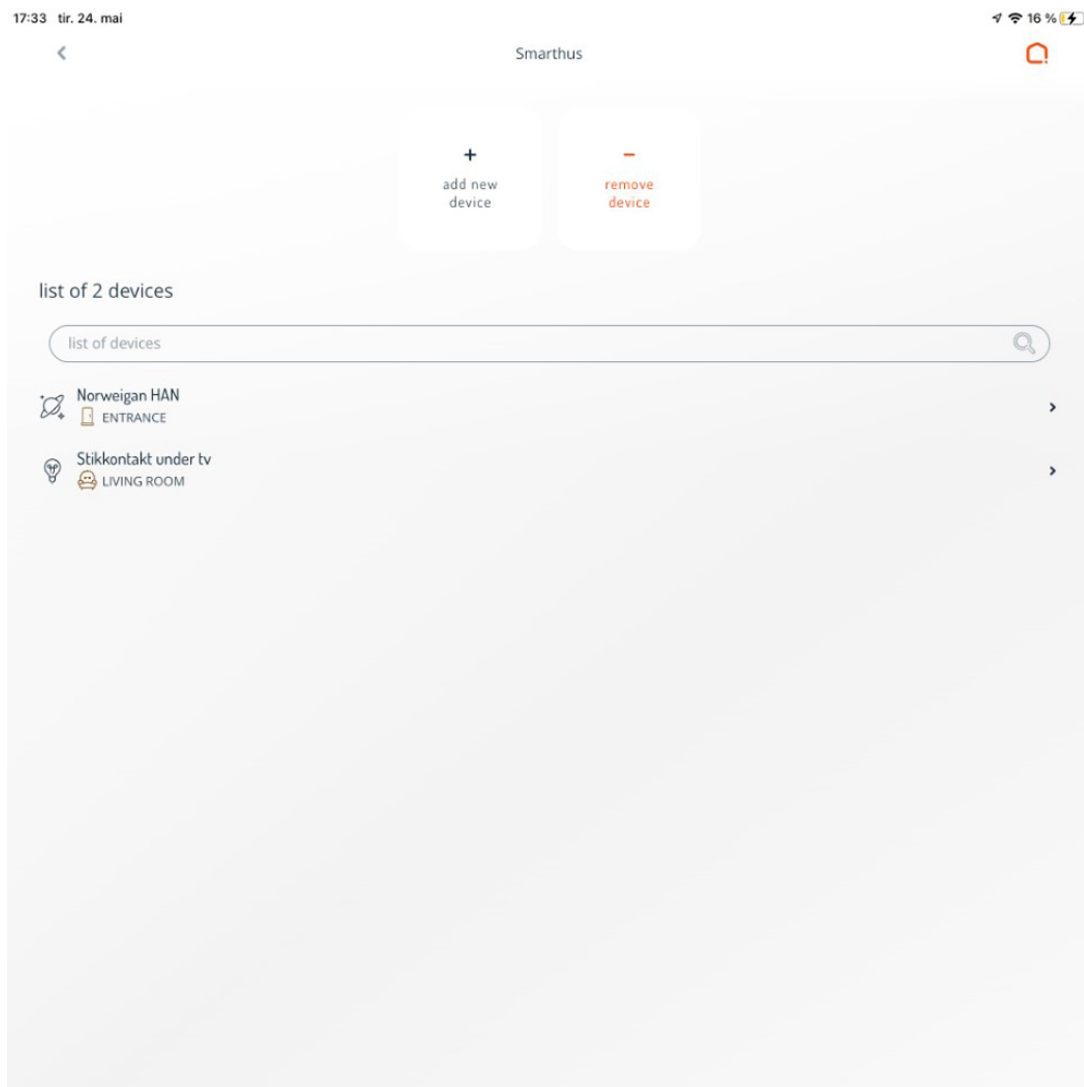
Plantegningen til smartleiligheten



Figur D.1: Smartleilighet

Vedlegg E

Hjemmesentral grensesnitt



Figur E.1: Grensesnitt for Futurehome appen



Smarthus

Set Up Home & Away Routines

Konfigurer Duo-anrop

Invite home member

Connect Sonos



Lights



Media



Call Home



Routines



Settings

Bad

2 devices

Offline
Tørketrommel

Offline
Vaskemaskin

Kjøkken

1 device

Kjøkken

Stue

8 devices

Off
Stikkontakt
under tv

Off
Samsung TV

Stue

Mini høyttaler

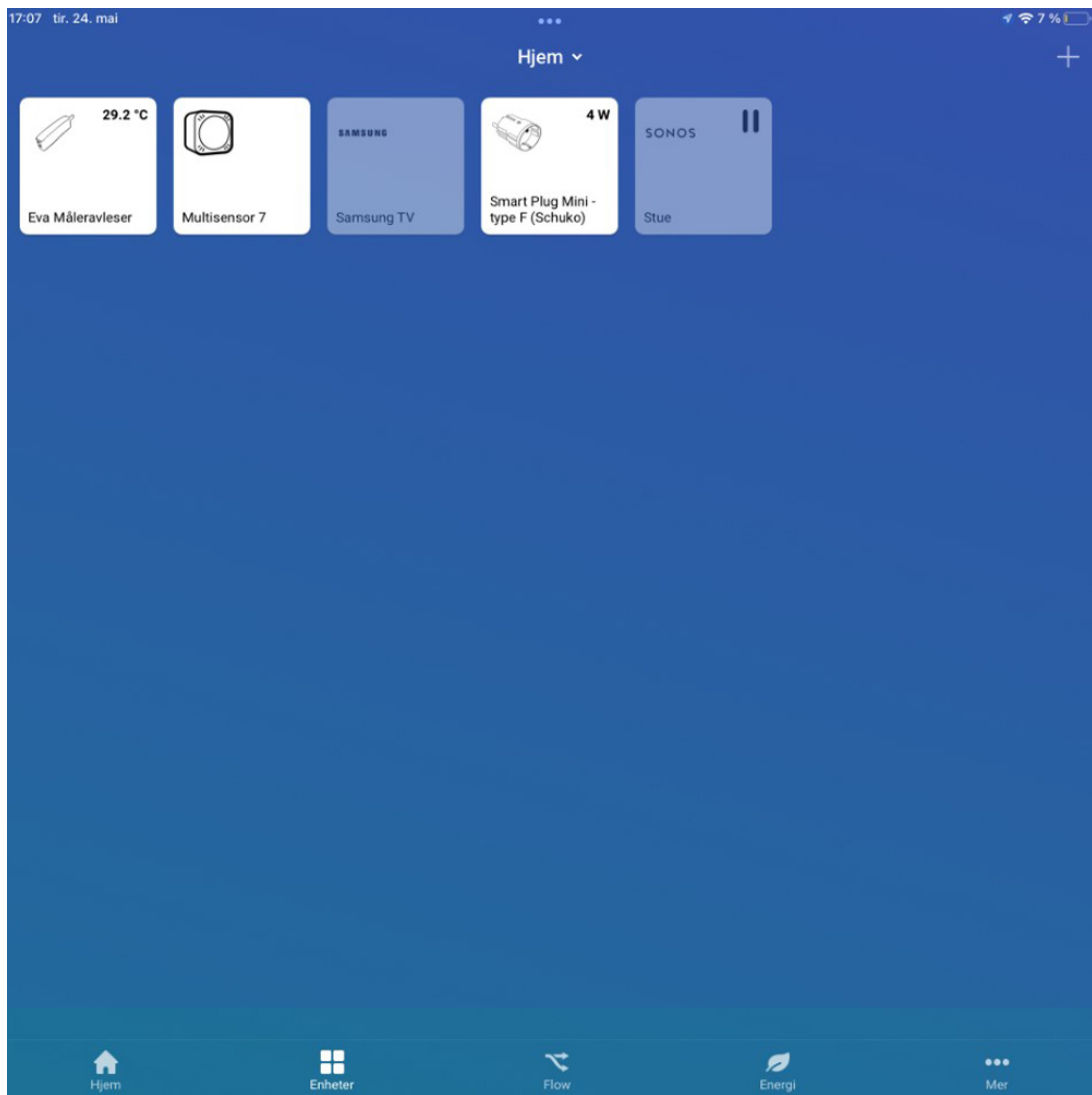
Stue

On
stikkontakt
ved sofa

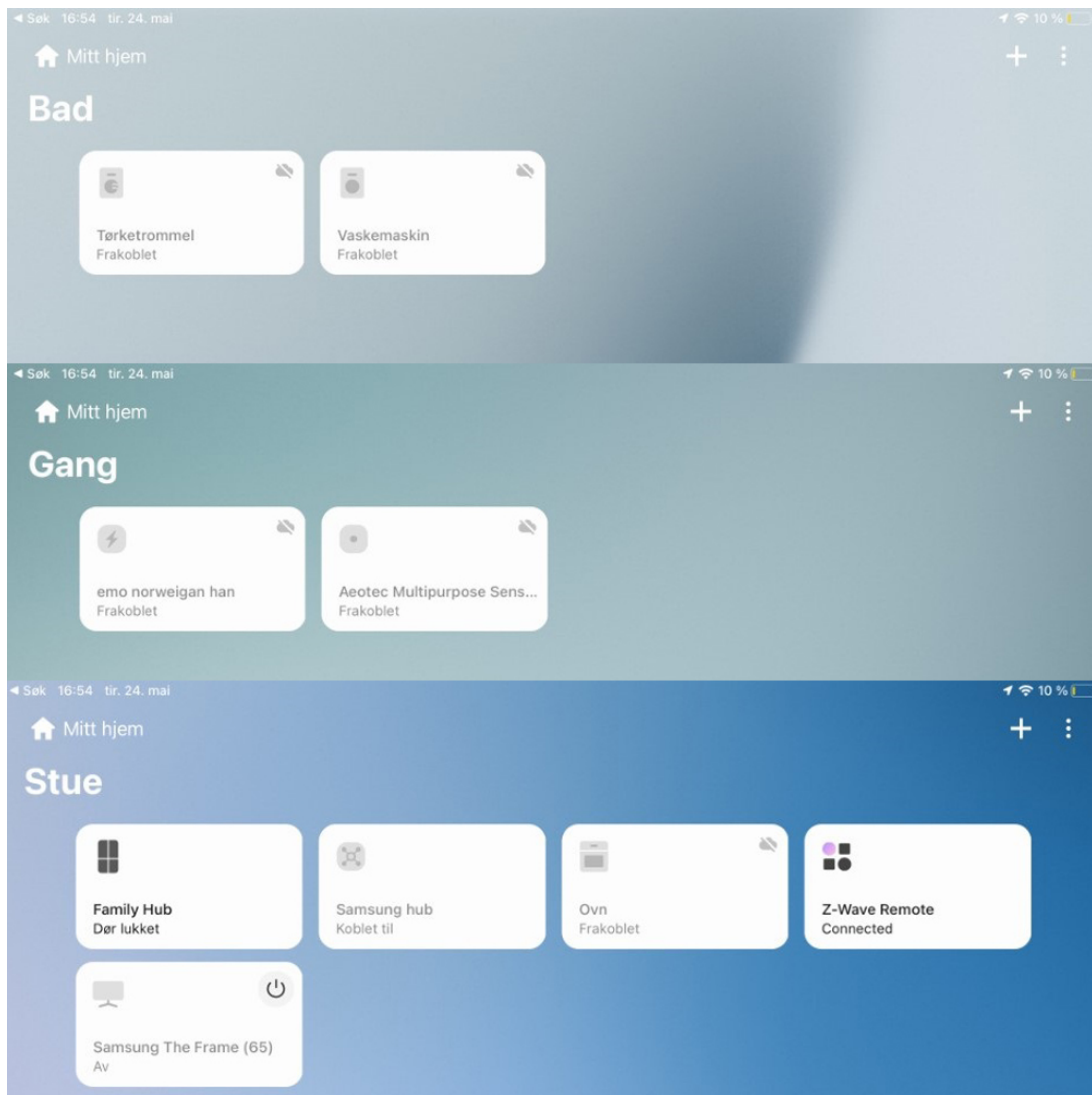
Offline
Aeotec
Multipurpo...

Family Hub

Figur E.2: Grensesnitt for Google home appen

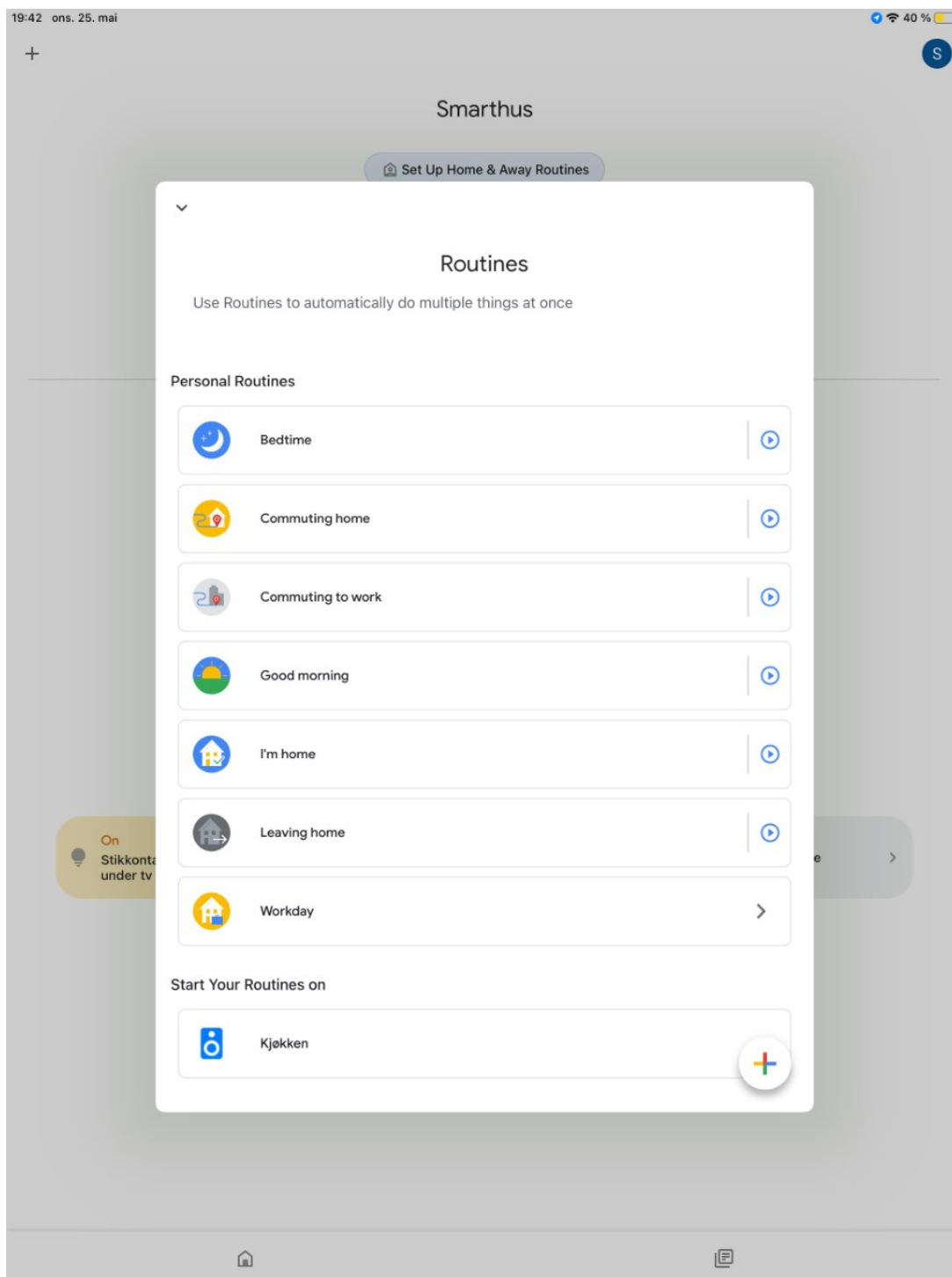


Figur E.3: Grensesnitt for Homey Pro appen

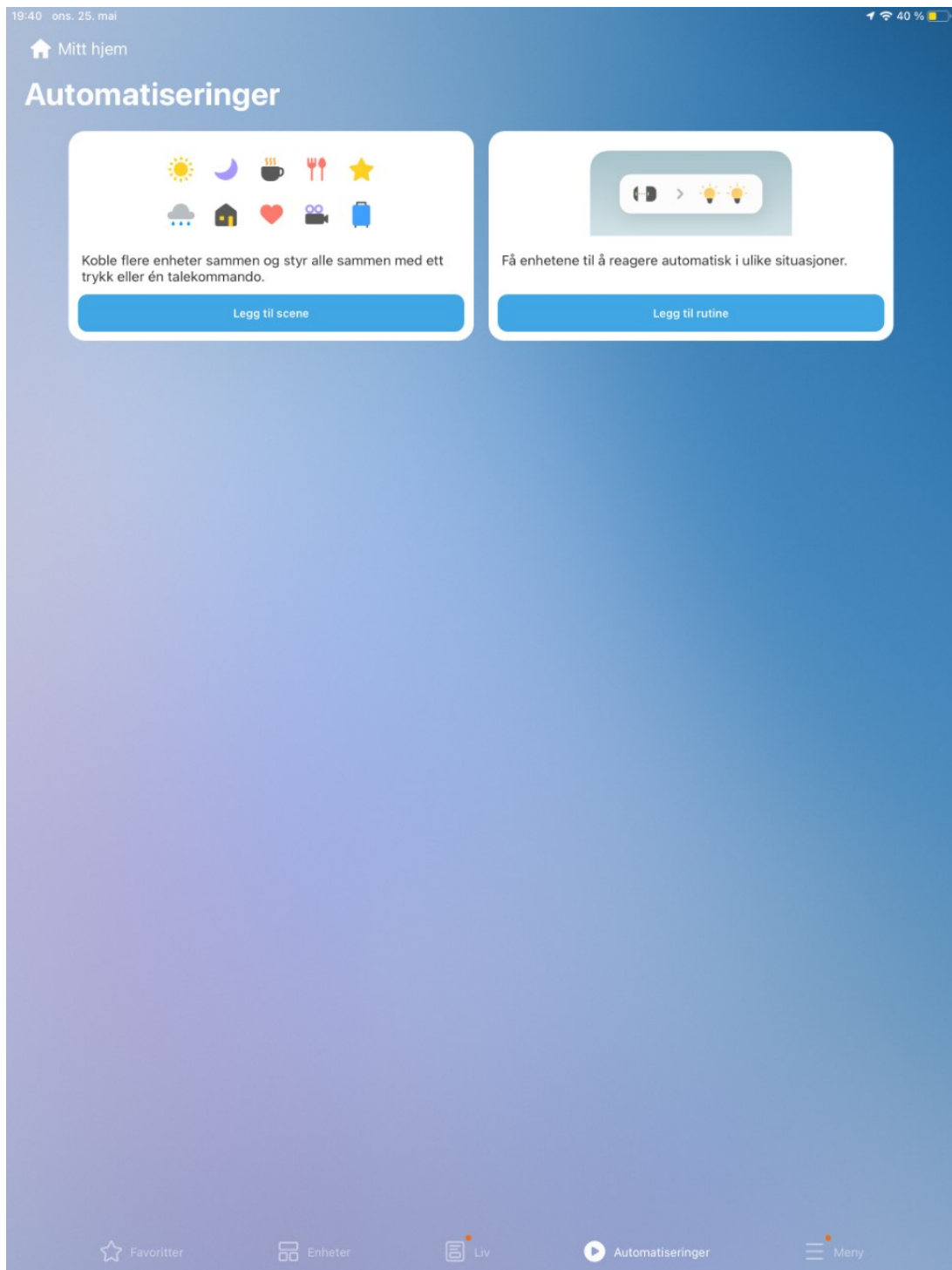


Figur E.4: Grensesnitt for Samsung SmartThing appent

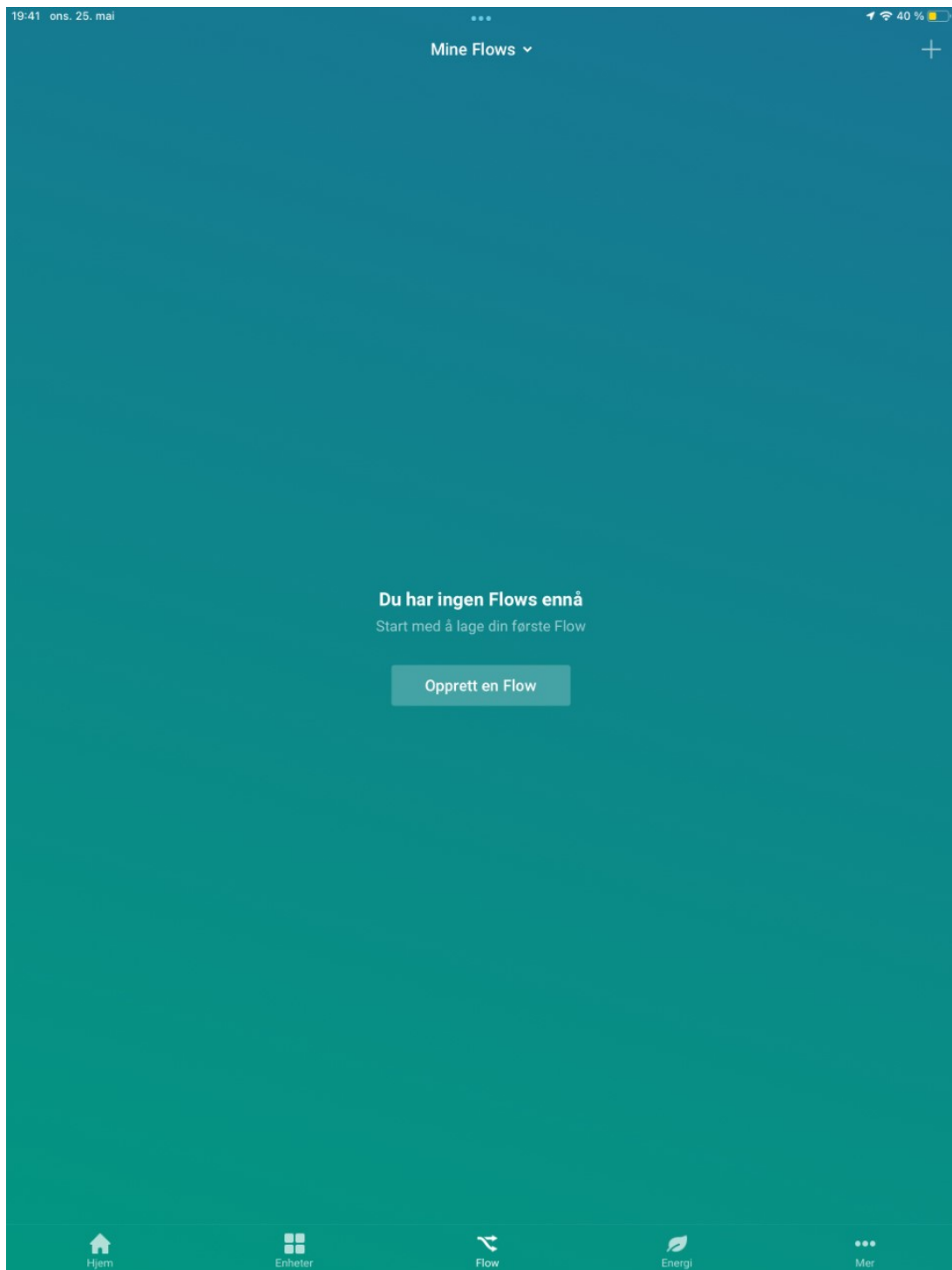
E.1 Automatisering og scener



Figur E.5: Google home automasjon



Figur E.6: *Samsung SmartThing app automasjon*



Figur E.7: Homey pro app automasjon

19:42 ons. 25. mai



...

newautomation

40 %

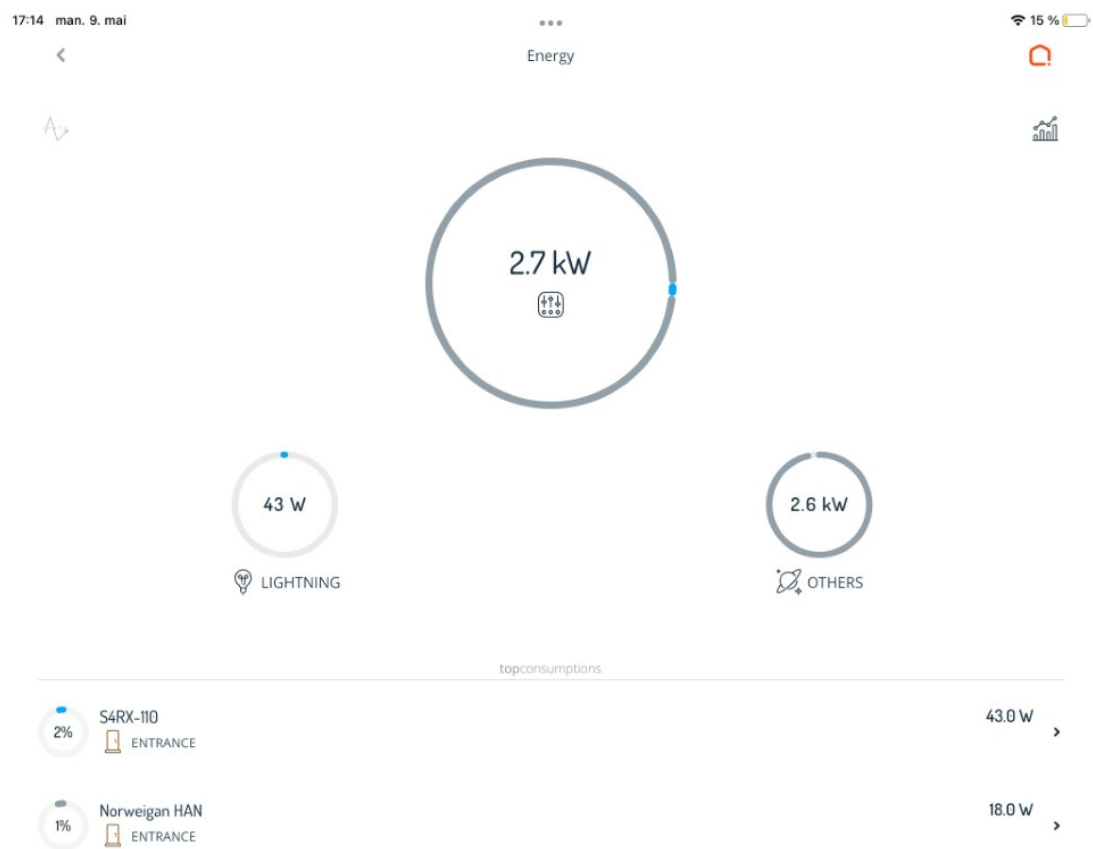


When

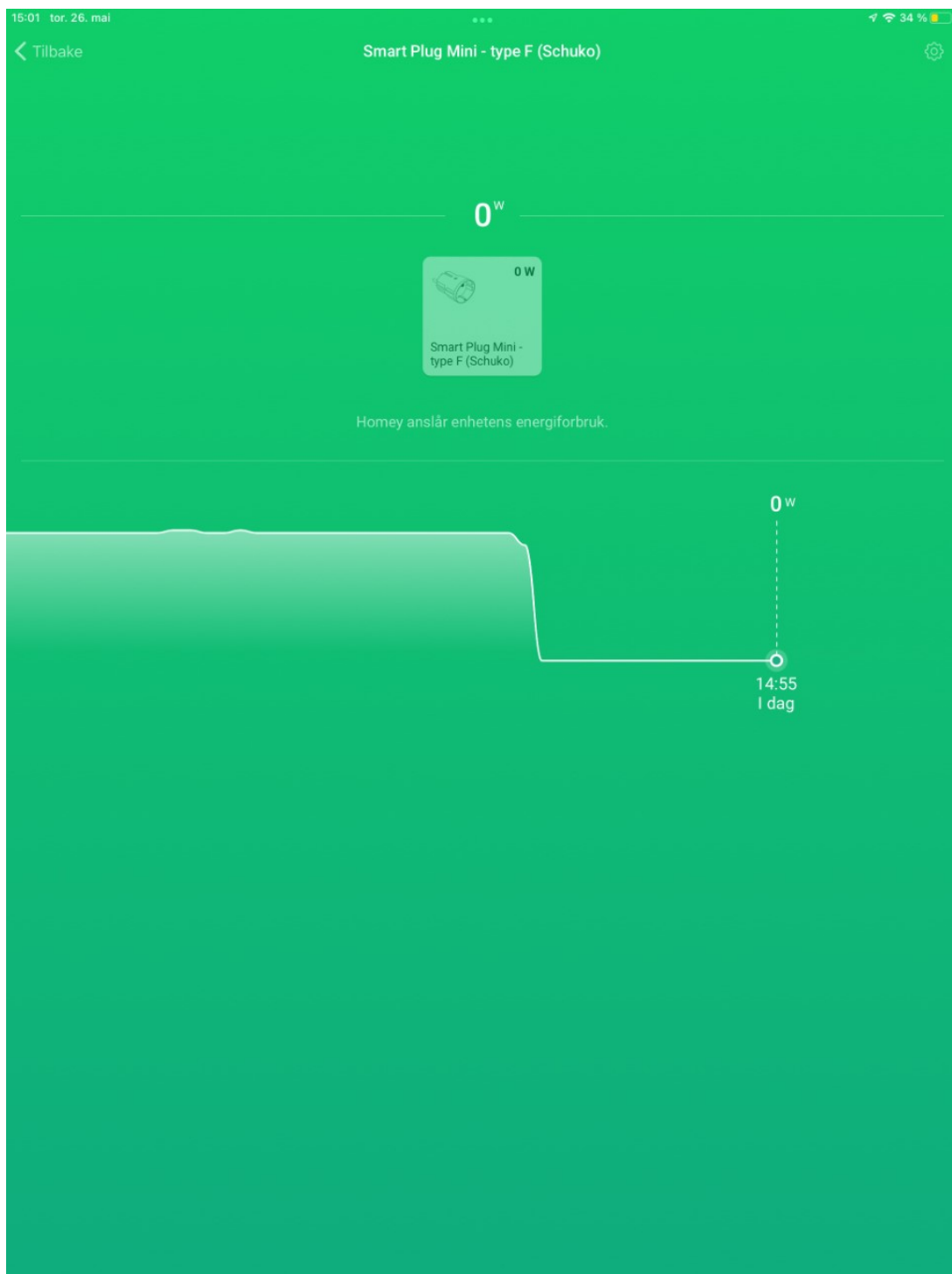


Figur E.8: *Futurehome automasjon*

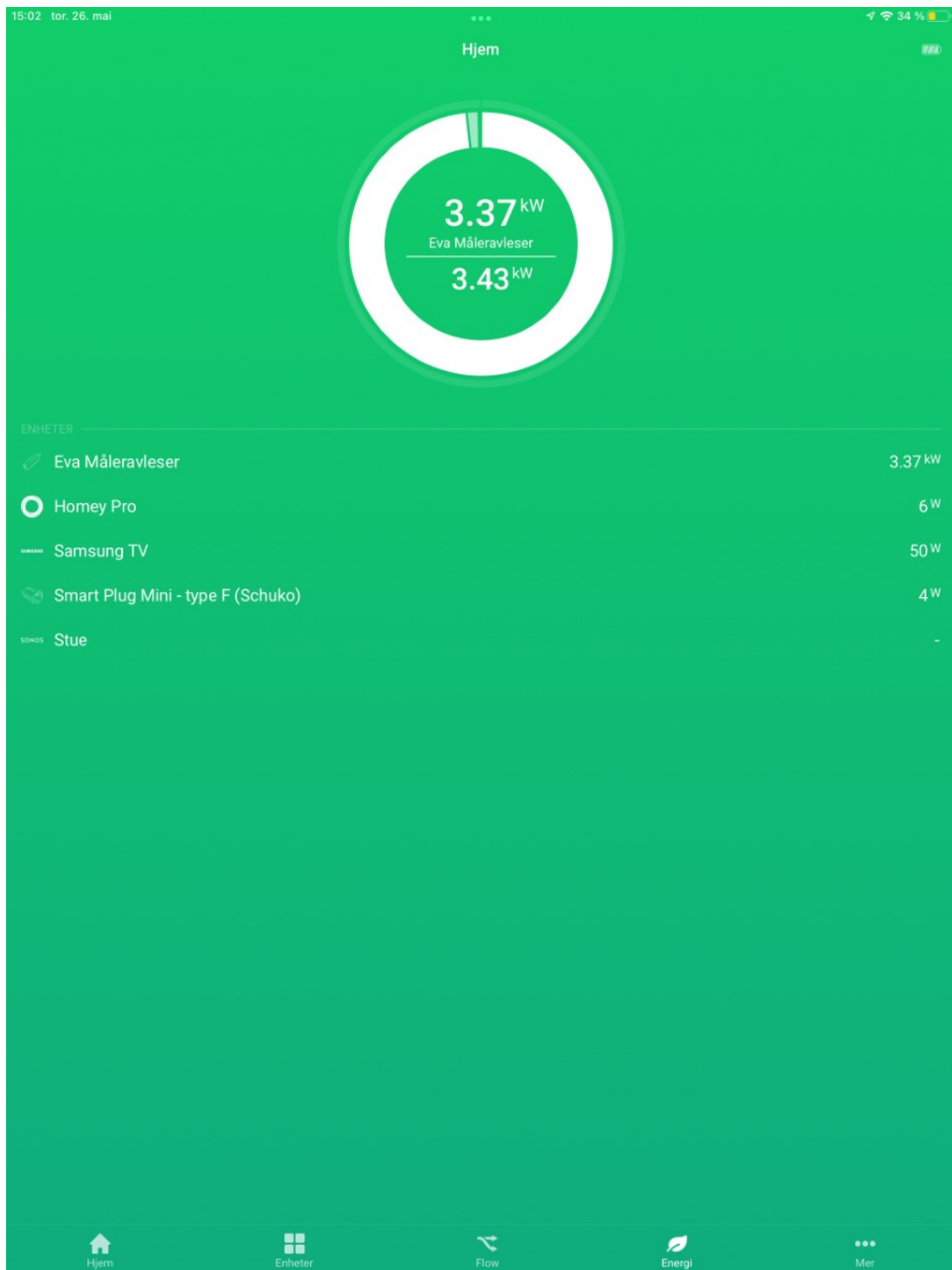
E.2 Energi



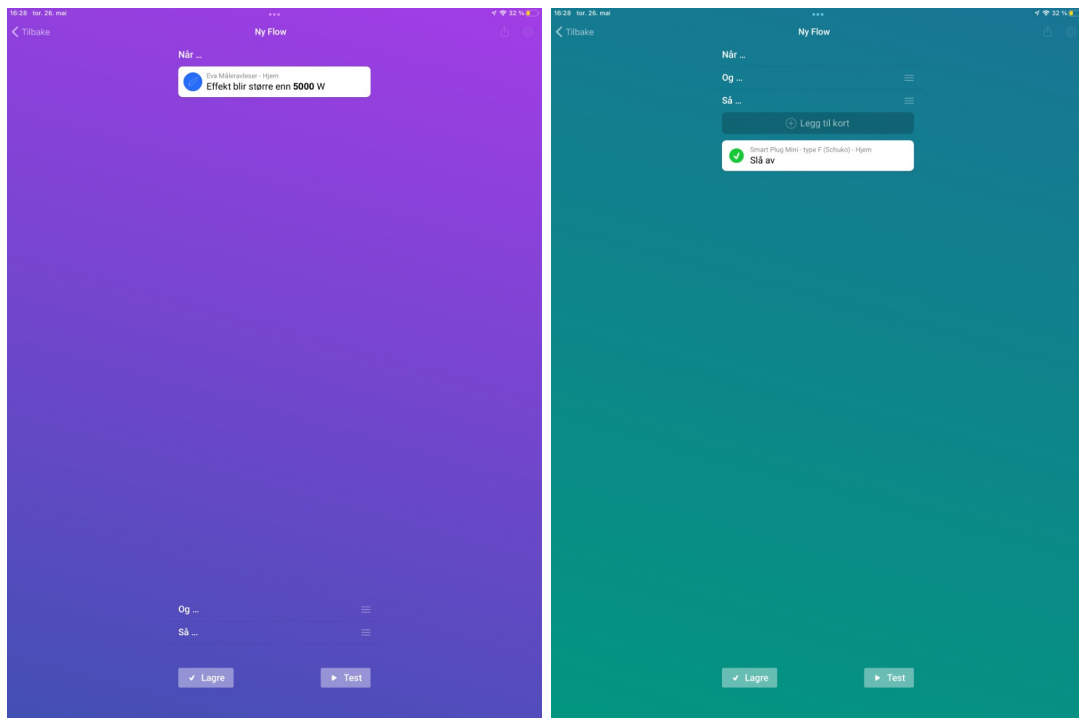
Figur E.9: Futurehome oversikt over effektbruk



Figur E.10: Homey Pro graf med effektbruken over tid til "Smart Plug Mini"



Figur E.11: Effektbruk homey pro



Figur E.12: Brukergrensesnitt for automasjons funksjoner på Homey Pro app. Når "Eva Måleravleser" måler spenning er større enn 5000 W slår "Smart Plug Mini" seg av

