

Proof of Concept utveckling av dataanalyseringsverktyg

för teknologievaluering av smarta hem lösningar

Examensarbete inom högskoleprogrammet TIDAL

Marcus Phu

INSTITUTIONEN FÖR DATA- OCH INFORMATIONSTEKNIK

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA & GÖTEBORGS UNIVERSITET

Göteborg 2023

www.chalmers.se

EXAMENSARBETE 2023

Proof of Concept utveckling av dataanalyseringsverktyg

för teknologievaluering av smarta-hemlösningar

Marcus Phu



GÖTEBORGS
UNIVERSITET



CHALMERS

Institutionen för Data- och Informationsteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
GÖTEBORGS UNIVERSITET
Göteborg 2023

Proof of Concept utveckling av dataanalyseringsverktyg
för teknologieuvaluering av smarta-hemlösningar
Marcus Phu

© Marcus Phu, 2023.

Handledare: Morten Fjeld, Data- och Informationsteknik
Examinator: Jonas Duregård, Data- och Informationsteknik

Examensarbete 2023
Institutionen för Data- och Informationsteknik
Chalmers Tekniska Högskola & Göteborgs Universitet
SE-412 96 Göteborg
Telefon +46 31 772 1000

Skriven i L^AT_EX
Göteborg 2023

Proof of Concept utveckling av dataanalyseringsverktyg
för teknologievaluering av smarta hem lösningar
Marcus Phu
Institutionen för Data- och Informationsteknik
Chalmers Tekniska Högskola
Göteborgs Universitet

Abstract

Due to the issues of rising electricity costs in Sweden and households having trouble paying their electrical bills this project aims to develop a tool that enables the household to evaluate what the effect of using a smart home solution have on their electrical expenses. The project was conducted in collaboration with Njord Engineering, a consulting firm, and their client, an energy company. To evaluate the impact of smart home solutions on electricity costs, a Proof-of-Concept data analysis tool was developed.

The tool, a web application designed for PC, enables users to compare their electricity costs under different pricing models, including fixed-rate, variable-rate, and smart home-assisted pricing. By analyzing real-time data obtained from an electricity exchange, the tool provides insights into the financial implications of adopting smart home technologies.

A survey was conducted during the project to gather society's opinions on smart home products and their control preferences. This data was used to develop an algorithm for simulating smart home solution usage. Additionally, an analysis was performed on the simulations to assess the tool's potential in helping households determine the impact of smart home solutions on electricity costs. The analysis involved comparing electricity costs under different rates with the costs associated with using a smart home solution.

The results of the project include a functional data analysis tool and simulation algorithm for smart home solution usage. The analysis of simulations conducted by the tool is also presented.

The project's conclusion is that the developed tool successfully achieved its goals, demonstrating its potential to help users evaluate the impact of smart home solutions on their electricity costs. Although the analysis results are not realistic due to the dataset limitations, they highlight the tool's potential to prove the concept of reducing household electrical costs with smart home solutions.

Nyckelord: Webbapplikation, React.js, TypeScript, Smart home, Electric prices, Agile.

Förord

Examensarbetet har utförts på institutionen för Data- och Informationsteknik på Chalmers tekniska högskola 2023.

Jag vill tacka min uppdragsgivare Njord Engineering och min handledare Haris Ibrahimovic för all hjälp och stöd under hela projektets gång.

Jag vill även tacka Morten Fjeld, min handledare på Chalmers tekniska högskola för all handledning som har skett under denna period.

Marcus Phu, Göteborg, Juni 2023

Akronymer

API	Applikationsprogrammeringsgränssnitt
FN	Förenta Nationerna
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol
I/O	Input/Output
MSR	Model, Service & Router
NPM	Node Package Manager
SEK	Svenska kronor
SHL	Smarta-hemlösning
SK	Server & Klient

Innehåll

Akronymer	ix
Figurer	xiii
Tabeller	xv
1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Mål	1
1.4 Avgränsningar	2
2 Metod	3
2.1 Uppdelning av arbete	3
2.2 Informationssamling	3
2.3 Enkätstudie	4
2.3.1 Metoddiskussion: Enkätstudie	4
2.4 Resultatinhämtning	5
3 Teori	7
3.1 Teoretisk bakgrund	7
3.1.1 Olika typer av elavtal	7
3.1.2 Smarta hem lösningar	8
3.1.3 Last manipulering	8
3.2 Tekniska verktyg	9
3.2.1 TypeScript	9
3.2.2 React.js	10
3.2.3 Node.js och Node Package Manager (npm)	10
3.2.4 Model, Service, Router	10
3.2.5 Server-Klient (SK)	11
3.2.6 MongoDB & NoSQL	12
4 Genomförande	13
4.1 Planering	13
4.2 Designval för applikationen	14
4.3 Applikationsutveckling	16
4.3.1 Frontend	16

4.3.2	Backend	18
4.3.2.1	Uppdelning av dataset	19
4.3.3	Utvecklandet av algoritmen	20
5	Resultat	23
5.1	Applikationens design	23
5.1.1	Alternativsvy	23
5.1.2	Grafvyn	24
5.1.3	Sammanfattningsvy	24
5.2	Applikationens kod	24
5.3	Applikationens algoritm	25
5.3.1	Algoritm: Lastförflyttning	25
5.3.2	Algoritm: Lasteliminering	26
5.4	Resultat av simuleringarna	27
6	Diskussion	31
6.1	Felkällor för resultatdatan	31
6.2	Reflektion på applikationen	32
6.3	Etik och hållbarhet	33
7	Slutsats	35
	Bibliography	37
A	Appendix A	I
B	Appendix B	XV
C	Appendix C	XXIX
D	Appendix D	XXXV

Figurer

2.1	Enkätens struktur	4
3.1	Överblick av MSR	11
3.2	Överblick av Server-Klient designmönstret	12
4.1	Mockup av webbapplikationen.	14
4.2	Formatet på Elprisetjustnu:s API svar.	15
4.3	Första prototypen av frontend för applikationen med inställningar stängd.	16
4.4	Första prototypen av frontend för applikationen med inställningar öppen.	17
4.5	Andra prototypen av frontend med förändrad alternativsvy.	17
4.6	Frontend för applikationen.	18
4.7	Datan som tillhandahölls från extern kund. I ordningen: Datum, tidpunkt, elanvändning och eluttag.	19
5.1	Alternativsvyn med en implementerad hjälp-knapp.	23
5.2	Grafvyn som visar grafen och cirkeldiagrammen för flyttbar last och lastförflyttning.	24
5.3	Sammanfattningsvyn.	24
5.4	Dataflöde vid uppladdning av elrapport.	25
5.5	Flödesschemat för lastförflyttningsdelen av applikationens algoritim.	26
5.6	Flödesschemat för lastelimineringensdelen av applikationens algoritim.	27
A.1	Appendix A1	I
A.2	Appendix A2	II
A.3	Appendix A3	II
A.4	Appendix A4	III
A.5	Appendix A5	IV
A.6	Appendix A6	V
A.7	Appendix A7.1	VI
A.8	Appendix A7.2	VII
A.9	Appendix A7.3	VIII
A.10	Appendix A7.4	IX
A.11	Appendix A7.5	X
A.12	Appendix A7.6	XI
A.13	Appendix A7.7	XII

A.14 Appendix A7.8	XIII
C.1 Grafen för litet hushåll under period 1.	XXIX
C.2 Grafen för litet hushåll under period 2.	XXIX
C.3 Grafen för litet hushåll under period 3.	XXX
C.4 Grafen för medelstort hushåll under period 1.	XXX
C.5 Grafen för medelstort hushåll under period 2.	XXXI
C.6 Grafen för medelstort hushåll under period 3.	XXXI
C.7 Grafen för stort hushåll under period 1.	XXXII
C.8 Grafen för stort hushåll under period 2.	XXXII
C.9 Grafen för stort hushåll under period 3.	XXXIII
D.1 Dokumentet med tillhörande användbara länkar för projektet.	XXXVI

Tabeller

3.1	Exempel på produkter vars elanvändning är flyttbar och icke-flyttbar. Bild tagen från "Energy management algorithm for smart home with renewable energy sources" av Boynuegri et al[12]	9
4.1	Den sammanställda tabellen av resultat från enkäten, flyttbara enheter och vilka eluttag varje produkt är kopplad till.	20
5.1	Sammanställning av resultat för stort hushåll.	28
5.2	Sammanställning av resultat för mellanstort hushåll.	28
5.3	Sammanställning av resultat för litet hushåll.	29

1

Inledning

I detta kapitel presenteras bakgrund, syfte och mål för arbetet samt avgränsningarna som finns i projektet.

1.1 Bakgrund

Under vintern 2022 befann sig Sverige i vad regeringen kallade för en elkris. Sverige har under vinterhalvåret 2022 plågats av elprishöjningar på över 100% [1]. De höjda elpriserna har tvingat regeringen att betala ut elstöd för att stödja både hushåll och företag avseende de ökade kostnaderna[2]. Däremot har det riktats kritik mot elstödspaketet från flera håll. Finanspolitiska rådet (FPR) hävdar i sin årsrapport att elstöden var för omfattande och hade kunnat vara mer riktat till särskilt utsatta hushåll. FPR lyfter även problematiken med statliga kompensationer för ökade priser kan ge upphov till att staten behöver ingripa i fler marknader. Dessutom kan det statliga ingripandet i elmarknaden riskera att pristoppar och elbrist kvarstår[3]. I ett försök att hitta en mer hållbar lösning och förebygga de höga elpriserna utförs detta arbete i samarbete med ett konsultbolag som heter Njord Engineering och deras kund som är ett energibolag.

1.2 Syfte

Projektets syfte är att hjälpa konsumenter att evaluera om smarta-hemlösningar (SHL) är ett alternativ till att minska deras elkostnader. En hemsida kommer att utvecklas för att en konsument ska kunna jämföra och besluta om det är värt att börja använda en SHL.

1.3 Mål

För att uppfylla projektets syfte har fyra mål suttits upp:

1. Utveckla ett proof-of-concept dataanalysverktyg i form av en webbapplikation som låter användaren mata in en rapport innehållande deras elförbrukning, hämtar reell data från en elbörs, applicerar elbörsdatan och presenterar ett resultat.
2. Verktyget ska simulera och visualisera hur användarens elkostnad hade sett ut vid användning av ett timprisavtal, rörligt avtal och timprisavtal med användning

av en SHL.

3. Utföra en undersökning för att ta reda på samhällets syn på smarta-hemprodukter.

4. Utföra en analys på resultatet av simulationerna från verktyget för att utvärdera eventuella kostnadsbesparningar vid användning av SHL och evaluera möjligheten att använda applikationen för att se hur SHL hade påverkat användarens elkostnad.

1.4 Avgränsningar

Projektet bearbetar endast data i form av elrapporter som tillhandahålls av Njord Engineering's kund. Detta är för att undvika att spendera tid på att införskaffa användares elanvändning när dessa tillhandahålls av kunden. Dessa rapporter kommer även att bestå av genererad data som ska simulera verkligheten. Anledningen till att de endast består av genererad data är på grund av dataskyddsförordningen (GDPR).

Applikationen som utvecklas kommer bara att anpassas för datorer och inte mobila enheter. Anledningen till detta är att det kommer förenkla arbetet eftersom man inte behöver designa användargränssnitt som ska passa till flera olika enheter.

I Sverige finns fyra elprisområden men eftersom projektet utförs i Göteborg kommer enbart prisområdet SE3 att appliceras på datan. Möjligheten att applicera andra elprisområden kommer att implementeras men inte användas i simuleringen.

Vid analysen av resultatet kommer enbart elavtalstyperna rörligt och timpris att avhandlas eftersom kostnaden för fastpris är individuellt vilket gör det svårt att utföra en rättvis jämförelse.

2

Metod

Detta avsnitt syftar till att presentera de metoder som har använts under projektet och projektets tillvägagångssätt för att nå projektets syfte.

2.1 Uppdelning av arbete

Projektet har varit uppdelat i tre huvudsakliga faser. En efterforskningsfas för informationssamling om relaterad teori som krävs för uppstart, en utvecklingsfas som är uppdelad i två delmoment utveckling av applikation och utveckling av algoritm, och en resultatfas där simuleringar och analys görs för att dra en slutsats.

2.2 Informationsinsamling

Projektet inleddes med en efterforskning inom ämnet för att ta reda på hur elkostnader beräknas, vad för olika typer av elkontrakt som är tillgängliga, och vad för möjligheter finns det för SHL att sänka elkostnader. Resultatet av efterforskningen blev ett dokument där relevant information finns samlad för att underlätta informationsinhämtning vid framtida problem samt att kunna gå tillbaka till informationskällorna. Dokumentet finns att se i Appendix D.

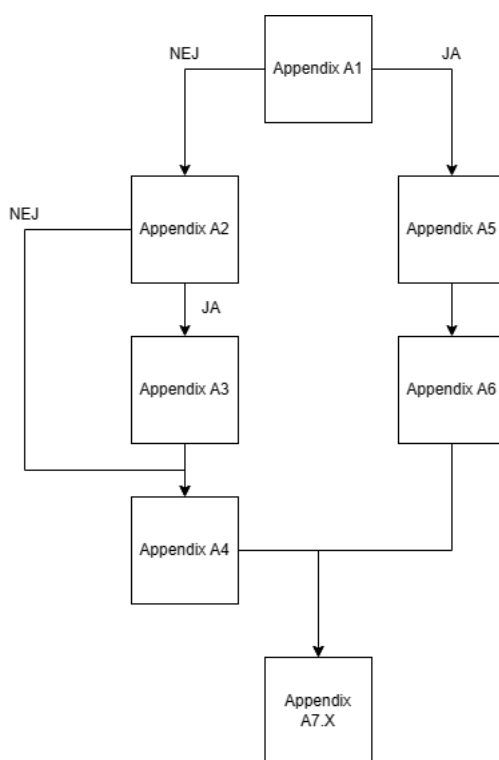
Dokumentet innehöll av en variation av källor som innefattade akademiska rapporter[14][15] för att hämta inspiration kring algoritmen, hemsidor för att inhämta elprisdata[29][30], tidigare kurslitteratur för att förstå hur man utformar en enkät på bästa sätt[31], och diverse videor för att förstå olika koncept. Ytterligare information införskaffades även genom teknisk handledning genom handledaren på företaget där arbetet utförs eller handledaren på Chalmers tekniska högskola.

För att undersöka marknaden för smartahem-produkter och inhämta data för att utveckla algoritmen har en enkätstudie utförts. Enkätstudiens mål var att ta reda på hur samhället ser på smartahem-produkter och att ge utvecklaren bättre förståelse över vilka produkter som ansågs vara lämpliga att styras med en SHL och hur den ska agera.

2.3 Enkätstudie

Enkätstudien som utfördes under projektet var uppbyggd av två delar, en marknadsundersökningsdel där målet var att få en djupare förståelse kring smartahemmarknaden och en algoritmdel vars mål var att undersöka och inhämta data som är applicerbar på algoritmen.

Enkätenstudien är icke-linjär och fortskrider därmed utefter vad studiedeltagaren svarar. Enkätens struktur finns att se i figur 2.1. Skärmbilder på enkätens formulär finns tillgängliga under Appendix A. Marknadsundersökningsdelen består av Appendix A1-6 och Algoritmdelen består av Appendix 7.1-7.8.



Figur 2.1: Enkätens struktur

2.3.1 Metoddiskussion: Enkätstudie

Metodvalet att använda en enkätstudie baserades på att enkäter har fördelen att nå en bredare massa. I och med att målet med enkäten är att få en bättre förståelse av samhället ansågs valet av enkäter vara det bättre alternativet över intervjuer eller observationer. Däremot finns det vissa felmarginaler som kan uppstå och påverka resultaten av projektet. En av dessa felmarginaler är att enkätsvaren är insamlade via sociala medier, teknikforum, och olika kommunikationsapplikationer. I urvalsgruppen "Kommunikationsapplikationer" ingår främst personer som har ett stort teknikintresse och är i åldern 20-35. I övriga urvalsgrupper kan det antas att även de har ett stort teknikintresse då enkäten sprids genom sociala medier som är kopplade till

en ingenjörstudent samt att den även sprids på ett teknikforum. Detta betyder att resultatet som erhålls från enkäten kommer att vara vinklat för teknikintresserade personers perspektiv. Detta har både för- och nackdelar där den tydliga nackdelen är att resultatet inte reflekterar hela samhällets syn på smartahem-produkter utan reflekterar mer teknikintresserade personers syn. Fördelen däremot med att resultaten kommer från teknikintresserade personer är att det är en grupp som tidigare adapterar sig till ny teknik som smartahem. Därmed har de en högre förståelse om produkten samt att de har haft en längre tidsperiod att kunna utvärdera tekniken vilket potentiellt kan ge mer lämplig resultat.

2.4 Resultatinhämtning

Resultatinhämtningen utförs genom att den utvecklade applikationen utför simulationer på historisk användardata därefter analyseras resultatet för att i slutändan dra en slutsats angående applikationens potential att hjälpa en användare att evaluera om deras elkostnader har sänkts vid användning av SHL. Användardatan kommer att bestå av genererad data från Njord Engineerings kund.

Analysen utförs genom att simuleringar utförs på användardata från tre olika hushållstyper som innefattar stora hushåll (fyra personer som bor i en villa), medelstora hushåll (tre person som bor i en lägenhet) och litet hushåll (två personer som bor i en lägenhet). Därefter jämförs elkostnaden vid simulerad användning av en SHL med ett timsprisavtal (justerad) med en simulerad användning utan SHL. Därefter utförs beräkningar för att se skillnaden på elkostnaderna mellan rörligt avtal, timsprisavtal och justerad.

3

Teori

Avseendet med detta kapitel är att presentera den teoretiska bakgrunden som krävs för projektet samt de tekniska verktyg och ramverk som använts under projektet.

3.1 Teoretisk bakgrund

Detta avsnitt ämnar att introducera och förklara grundläggande begrepp och teori som används i projektet. Först introduceras de olika typerna av elavtal som finns tillgängliga för hushållen idag. Därefter tillhandahålls teorin kring smarta hem lösningar.

3.1.1 Olika typer av elavtal

Det finns olika typer av elavtal tillgängliga för de svenska hushållen som alla har sina för- och nackdelar. Enligt Energimarknadsinspektionen är de fyra mest förekommande avtalstyperna i Sverige: fast pris, rörligt pris, timpris eller mixavtal[4].

Ett avtal med fast pris innebär att hushållet betalar samma pris per månad under hela avtalsperioden[5]. Fördelen med ett fast pris är att om det sker stora ändringar på elpriset under avtalsperioden påverkas inte hushållets utgifter. Hushållet får även en enkel engångssumma för att kunna hantera sin ekonomi. Däremot riskerar hushållet att betala ett högre pris för elanvändningen ifall elpriset skulle sjunka. Det bör också nämnas att ett avtal med fast pris oftast kommer med en extra kostnad för att använda denna avtalstyp.

Vid ett rörligt pris avtal debiteras hushållets elanvändning utifrån ett genomsnittligt timpris eller månadspris för avtalsperioden[6]. Således följer hushållets elpris elmarknadens utveckling och elanvändningen är fränkopplad från när på dygnet som användningen sker. Fördelen med ett rörligt avtal är att kostnaden är lägre vid användning under eltopparna då de jämnas ut på grund av att man tar ett genomsnittligt pris för dagen eller månaden.

Ett avtal med timpris innebär att elanvändning debiteras utifrån elpriset på elbörsen vid användnings-tillfället[7]. Hushållets elkostnad blir i denna avtalstyp direktkopplad till elbörsen och kan komma att variera kraftigt beroende på hur elmarknaden ser ut. Fördelen med att ha en timprisbaserad elavtal är att hushållet får möjlighe-

ten att sänka sina elkostnader genom att flytta sin elanvändning från när priset är högt till när priset är lågt.

Ett mixavtal är en kombination av både ett rörligt- och ett timprisavtal där hälften av användningen debiteras utifrån det genomsnittliga timpriset som i den rörliga avtalstypen, och den andra hälften utifrån timpriset vid användning som i timprisavtalet[8]. Detta öppnar upp för möjligheten att ta till vara på fördelarna av båda avtalstyperna där man får en billigare kostnad under de dyrare timmarna, samt att man får möjligheten att kunna flytta sin elanvändning för att undvika de dyraste timmarna på dygnet.

3.1.2 Smarta hem lösningar

Smarta hem lösningar har varit på en uppgående trend under det senaste decenniet. I bara USA har antalet sålda smarta hem enheter ökat från 9,5 miljoner år 2016 till 35,2 miljoner år 2020[9]. Smarta hem lösningar är ett relativt nytt område och har ett flertal definitioner över vad som ska klassas som en smarta hem lösning. En av de vanligaste definitionerna av smarta hem som är myntat av Alam, Reaz & Ali[10] lyder:

”...an application of ubiquitous computing that is able to provide user context-aware automated or assistive services in the form of ambient intelligence, remote home control, or home automation.”

Utifrån denna definition innehåller smarta hem olika enheter som är intelligenta – de går att styra på håll, kan kommunicera med andra smarta enheter och kan automatisera olika processer i hemmet. Enheter som kan räknas in i smarta hem kategorin kan vara en smart hub, smarta glödlampor, olika typer av sensorer, och smarta vägguttag[11].

En smarta hem lösning är således en grupp av smarta hem enheter som tillsammans utgör ett arbete för att underlätta hushållens processer med hjälp av automatisering och kommunikation mellan enheterna.

3.1.3 Last manipulering

Området smarta hem är brett inom forskningsvärlden och det finns flertal försök att använda smarta hem lösningar för att minska elkostnader [13][14][15]. Gemensamt för dessa försök är att det krävs en algoritm för att styra hur smarta hem lösningen ska fungera. Mer specifikt handlar det om att manipulera lasten, det vill säga elanvändningen, genom att antingen flytta lasten eller att kontrollera lasten.

Genom att flytta lasten från en tidpunkt till en annan tidpunkt kan elkostnaden sänkas för den specifika elanvändningen. För en sådan implementation krävs det att elen förbrukas av en produkt vars elanvändning är flyttbar. Termen *deferrable* (flyttbar) och *non-deferrable* (icke-flyttbar) myntades av Boynuegri et al[12] för att

kunna kategorisera dessa produkter. Exempel på produkter vars elanvändning är flyttbar och icke-flyttbar kan ses i tabell 3.1.

Att kontrollera lasten medför att produkten antingen aldrig sätts igång eller att den stängs av när den inte används. Detta är den mest effektiva kostnadsbesparingen i och med att man kan ta bort hela kostnaden. Däremot kräver en sådan lösning att algoritmen kan differentiera ifall produkten är i bruk eller inte samt avgöra om produkten kan stängas av eller inte.

Tabell 3.1: Exempel på produkter vars elanvändning är flyttbar och icke-flyttbar. Bild tagen från "Energy management algorithm for smart home with renewable energy sources" av Boynuegri et al[12]

APPLIANCES	TYPE	RATED POWER [KW]	TIME OF USE
Refrigerator	deferrable	1,666	15min, in every four hour
Washing machine	deferrable	1,4	1,5h, 3 days a week
Iron	Non-deferrable	2,4	1h, 3 days a week
Toaster	Non-deferrable	0,8	16min, 5 days a week
Water heater	Non-deferrable	2	12min, every day
Hair Dryer	Non-deferrable	1,8	5 min, every day
Phone	Non-deferrable	0.005	Always on
LCD-Television	Non-deferrable	0.083	5h, every day
Personal computer	Non-deferrable	0.15	5h, every day
Air conditioner	deferrable	1,14	Summer months 15 min in every hour
Fixed oven	Non-deferrable	2,4	1h, 2 days a week
Cooker hood	deferrable	0,225	1h, every day
Dishwasher	deferrable	1,32	1h, 3 days, a week
Microwave	Non-deferrable	1,2	10 min, 2 days a week
Illumination	Non-deferrable	0.3	5h in every day
Electric Vehicle	deferrable	3	5h in work days 4h in Saturday

3.2 Tekniska verktyg

Avseendet med detta avsnitt är att presentera de tekniska verktyg och ramverk som använts under projektet. Först introduceras programmeringspråk och programbibliotek som använts under projektet. Därefter introduceras de tekniska ramverk och designmönster som används.

3.2.1 TypeScript

TypeScript är ett programspråk som bygger på JavaScript med ytterligare funktionalitet som striktare typkontroll för variabler, funktioner och metoder. Typescript tillåter utvecklare att definiera typer för variabler, parametrar, funktioner och objekt

vilket möjliggör statisk typkontroll som kan flagga potentiella buggar och runtime fel. TypeScript skrivs i .ts-filer men kompileras till JavaScript vid exekvering[16].

3.2.2 React.js

React.js (React) är ett JavaScript bibliotek utvecklat av Meta som främst används för att bygga ett användargränssnitt (UI). Det är ett av de mest populära programvarubiblioteken för att bygga användargränssnittet för webapplikationer [17]. React är ett komponentbaserat bibliotek som tillåter utvecklaren att skapa återanvändningsbara komponenter där varje komponent representerar en egen del av användargränssnittet. Dessa komponenter enkapsuleras och innehar därför sin egna logik, struktur och styling[18].

React medför flera funktioner som JSX element vilket tillåter utvecklare att skriva HTML liknande kod i JavaScript [19], återanvändningsbara komponenter, och States vilket används för att representera data som kan ändras inuti en komponent med hjälp av useState hooks som sedan återrenderar komponenten med den uppdaterade datan[20].

3.2.3 Node.js och Node Package Manager (npm)

Node.js är ett öppet källkodsprojekt och är en asynkron händelsebaserad JavaScript exekveringsmiljö för nätverksapplikationer [21]. Fördelarna med Node.js är att den använder en asynkron, icke-blockerande I/O-modell vilket betyder att den kan hantera flera förfrågningar simultant utan att bli blockerad. Node.js tillåter även körning av JavaScript på servern vilket underlättar för utvecklare genom att tillåta samma programmeringspråk på både klient och server. Node.js tillhandahåller även en uppsättning av inbyggda moduler som är lättillgängliga genom NPM. I projektet används en viktig modul, Axios, vilket möjliggör skapandet av en webbserver som kan hantera HTTP förfrågningar och svar [22].

Node Package Manager är en pakethanterare för Node-paket och moduler[23], vilket fungerar som JavaScript-bibliotek. Dessa moduler kan hittas på NPM:s egna hemsida[24]. Några moduler som används i detta projekt är Recharts för grafkomponenter och Axios för att skicka HTTP meddelanden mellan klient och server.

3.2.4 Model, Service, Router

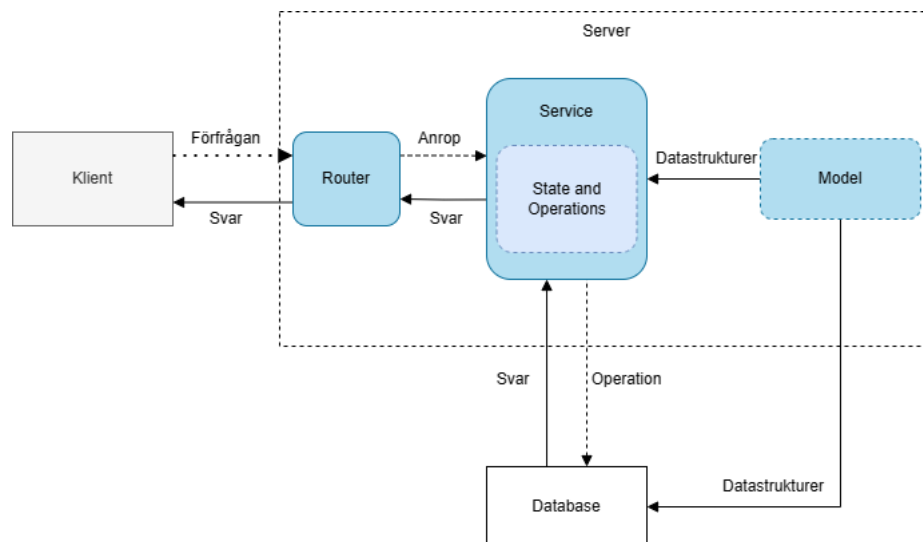
Serverkoden är strukturerad med hjälp av Model-service-router (MSR) designmönstret som använder sig av tre olika lager. I detta fall består lagren av model-lagret, router-lagret och service-lagret.

I model-lagret deklareraras datastrukturerna som används i applikationen. Dess primära roll är att ansvara över hur datastrukturerna i applikationen ska se ut och tillhandahålla dessa till de andra lagren och den externa databasen.

I router-lagret styrs hur inkommande förfrågningar ska omdirigeras till service-lagret. Router-lagret ansvarar för att tolka alla förfrågningar som kommer till servern och sedan anropa den lämpliga metoden som finns på service-lagret.

I Service-lagret utgörs affärslogiken av applikationen. Service-lagret ansvarar för att utföra alla kalkyleringar och lämpliga handlingar som behövs på datamodellen.

Figur 3.1 som följer nedan illustrerar principen för hur MSR fungerar.



Figur 3.1: Överblick av MSR

3.2.5 Server-Klient (SK)

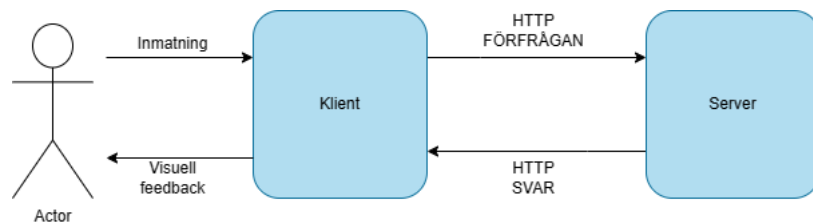
Server-Klient är ett vanligt förekommande designmönster som utgörs av två huvudsakliga komponenter som heter Server och Klient. Detta designmönster används för att dela upp ansvaret mellan klienten som tar hand om frontend och servern som tar hand om backend i en applikation.

Servern ansvarar för att hantera klientens förfrågningar och utifrån dessa utföra de nödvändiga operationerna. Den hanterar affärslogik, datahantering och kan även hantera kommunikationen med databasen.

Klienten representerar användargränssnittet och den del av applikationen som körs på användarens enhet. Klienten ansvarar för att skicka förfrågningar till servern, ta emot svar från servern och hantera användarinteraktion.

Server-Klient designmönstret bygger på kommunikation mellan de båda parterna genom ett klient-server protokoll som till exempel HTTP. Klienten skickar HTTP förfrågningar (GET, POST, PUT eller DELETE) till servern som processerar förfrågningarna och utför nödvändiga operationer för att sedan svara med HTTP svar innehållande statuskoder och svarsinnehåll[25].

Figur 3.2 som följer nedan illustrerar principen för hur SK fungerar.



Figur 3.2: Överblick av Server-Klient designmönstret

3.2.6 MongoDB & NoSQL

MongoDB är ett öppen källkod NoSQL baserad databashanteringssystem. MongoDB skiljer sig från traditionella SQL databassystem genom att den inte bygger på fördefinierade scheman utan istället baseras på dynamiska scheman som möjliggör lagring av olika datatyper och strukturer. I MongoDB baseras arkitekturen på kollektioner och dokument istället för rader och tabeller. I MongoDB motsvarar ett dokument en rad i SQL. Ett dokument innehåller ett nyckel-värde par som används för att selektera data från databasen. Kollektioner är MongoDB:s motsvarighet till SQL:s tabeller och bygger på en samling av dokument.

4

Genomförande

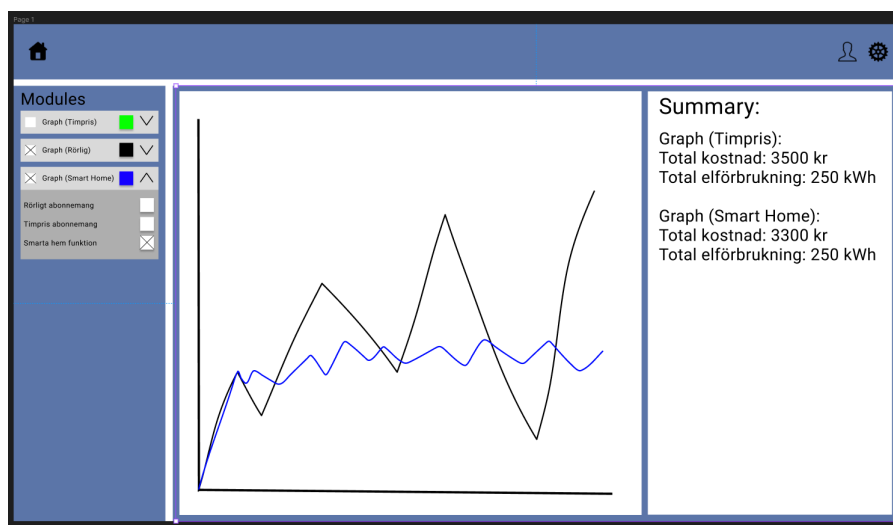
Detta avsnitt ämnas för att förklara hur projektets olika faser är genomförda. Det kommer introduceras vilka valmöjligheter som har uppstått under projektet, vilka beslut som har tagits och varför dessa beslut togs för att ge en mer utförlig förståelse till projektets slutprodukt.

4.1 Planering

Arbetet började med en workshop på Njord Engineering där mål, syfte och krav specificerades för projektet. Det beslutades att webbapplikationen skulle programmeras i programspråket TypeScript och utnyttja biblioteket React.js för att sköta användargränssnittet. Anledningen var att undvika att tillägna onödig tid på att anskaffa ny kunskap om ett nytt programmeringsspråk och istället använda tidigare erfarenhet och relevant kunskap inom ämnet. I denna workshop skapades även en mockup av hur webbapplikationen skulle se ut vilket kan ses i figur 4.1. För mockupen var det primära fokuset att användaren snabbt skulle kunna avläsa datan på ett simpelt sätt utan att behöva lära sig applikationen och dess olika beståndsdelar. För att uppnå detta sattes grafvyn i mitten och tar upp majoriteten av applikationens användargränssnitt. En annan del för att simplificera applikationen är att lägga till en sammanfattningsvy till höger som visar all relevant data i ren text. Den sekundära fokuset var att användaren skulle kunna styra applikationen genom att kunna välja olika jämförelsemöjligheter på ett enkelt sätt vilket resulterade i en alternativsvy som är till vänster. Här diskuterades det ifall alternativet skulle gå att dölja för att öka grafytan eftersom det var den primära fokuset. Däremot bestämdes att inte införa en sådan funktionalitet eftersom ytan som ökade endast ökade i den horisontella linjen och inte gjorde någon avsevärd skillnad samt att det riskerades att användaren blev förvirrad.

Det bokades in veckovisa sprintmöten för att uppvisa resultat och få feedback på utvecklingen som skett under sprinten. Denna feedback visade sig vara väldigt effektiv eftersom produktägarens interaktioner med applikationen kunde skilja sig från utvecklarens intentioner vilket skapade upphov att behöva ändra applikationens utseende och funktionalitet för att göra applikationen mer intuitiv. Under vissa sprintmöten fanns även kunden med för att dela med sig av kravspecifikationer som webbapplikationen behövde uppnå samt presentera en annan användarperspektiv på applikationens funktionalitet och utseende. Därefter planerades sprinten in för att åtgärda feedbacken samt att vidareutveckla applikationen.

Under en av de inledande sprintmötena beslutades det om att skapa en enkätundersökning för att införskaffa data gällande samhällets syn på smartahem-enheter, anledningar till att man använder eller inte använder smartahem-enheter i sitt hushåll samt få en djupare förståelse kring hur algoritmen ska bete sig. Här fördes en diskussion kring vilken undersökningsmetod som hade varit mest effektiv. I slutändan beslutades det för en enkätundersökning eftersom det är tidseffektivt för datan som tillgängliggörs och har större samhällsexponering jämfört med observeringar eller intervjuer.



Figur 4.1: Mockup av webbapplikationen.

4.2 Designval för applikationen

När målen, syften och kraven var specificerade och mockupen färdigställda påbörjades applikationsutvecklingen. Utifrån målen som nämns i kapitel 1.3 Mål bestämdes det att applikationen behövde innehålla ett sätt att få tag på elbörsdata och därmed även ett sätt att lagra denna datan. Ett arbete påbörjades för att inhämta information för att kunna dra ett välgrundat beslut. Under detta arbete jämfördes olika SQL databaser som PostgreSQL och NoSQL. Här avvägdes för- och nackdelar där PostgreSQL hade fördelen att det redan fanns kunskap inom området och att det därför hade varit enklare att påbörja och sätta sig in i ett sådant arbete. PostgreSQL nackdel var dock att det är mer tidskrävande att sätta upp ett sådant databas då man behöver sätta upp relationstabeller för datan. En annan stor nackdel var att handledaren inte hade lika mycket erfarenhet med PostgreSQL jämfört med NoSQL. Fördelen med NoSQL är utöver att handledaren hade mer erfarenhet att det var enklare att sätta upp ett sådant databas då det inte är relationsbaserat. Detta betyder att implementeringstiden kan förkortas avsevärt för samma resultat. Utifrån dessa punkter gjordes beslutet att databasen för applikationen skulle bestå av MongoDB:s NoSQL baserade databashanteringssystem.

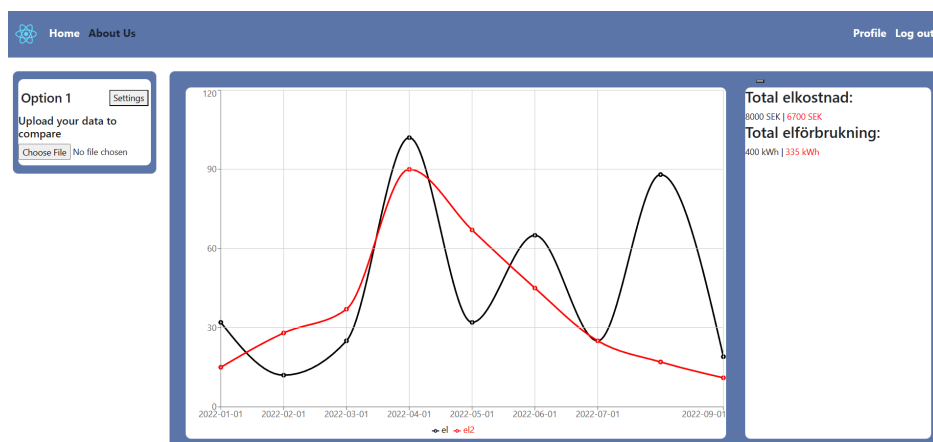
Under arbetet gjordes även ett designval angående vilka designmönster som applikationen skulle använda. Information upphämtades genom nätet angående vad för ramverk som hade passat ett liknande projekt. Eftersom det är en webbapplikation bestämdes det för att använda designmönstret server-klient för att dela upp ansvaret mellan frontend (klient) och backend (server). Fördelen med att ha en sådan här lösning är att datan placeras centralt som en klient kan komma åt[25]. Detta tillåter en uppskalning av applikationen där flera användare teoretiskt[35] kan använda samma data för sin egna dataanalys.

4.3 Applikationsutveckling

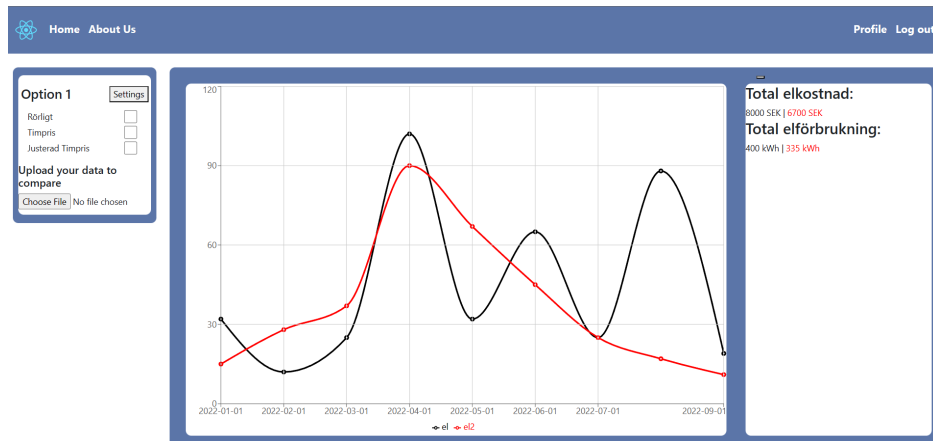
Utvecklingen av applikationen startade igång så fort planeringen och designvalen hade blivit gjorda. Först sattes en arbetstavla upp med hjälp av ett externt program som heter Trello[32] för att hålla reda på vilka tasks som skulle utföras under sprinten. De första två veckorna fokuserades på att utveckla frontenden. Veckan därpå handlade om att utveckla grunden för backenden för att sedan följa den agila utvecklingsprocessen där funktionsimplementation blev primära fokuset.

4.3.1 Frontend

För frontenden sattes en webbsida upp med TypeScript och React.js. Först börjades det med att utveckla grunderna som placering för komponenterna och utseende för varje komponent. Här kom mockupen som tidigare hade skapats till användning och första prototypen av applikationens frontend kan ses i figur 4.3 och 4.4. Redan vid denna prototyp hade några ändringar skett från mockupen där alternativsvyn inte fyllde upp hela höjden samt att varje graf inte hade sin egna alternativ och att de blev undgängda i Settings.

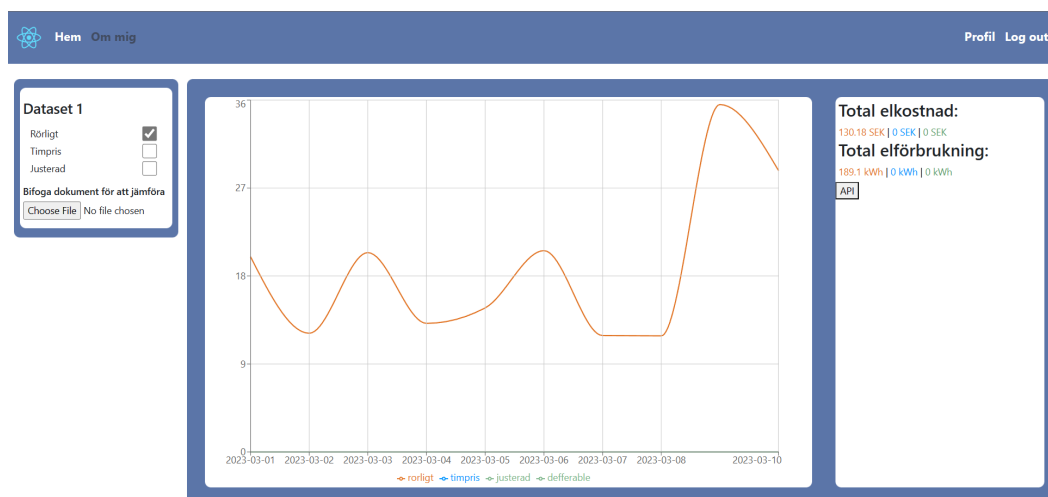


Figur 4.3: Första prototypen av frontend för applikationen med inställningar stängd.



Figur 4.4: Första prototypen av frontend för applikationen med inställningar öppna.

Under testningen av första prototypen påpekades det av produktägaren att det var förvirrande att hitta till själva alternativen eftersom första initiala tanken var att knappen med texten Settings tog hand om alla inställningar för hemsidan och därmed inte var tillräckligt inbjudande för att användaren skulle interagera med den ytan. Därmed gjordes alternativsvyn om där knappen för inställningar togs bort och att alla alternativ var synliga hela tiden. Den andra prototypen av frontenden kan ses i figur 4.5.

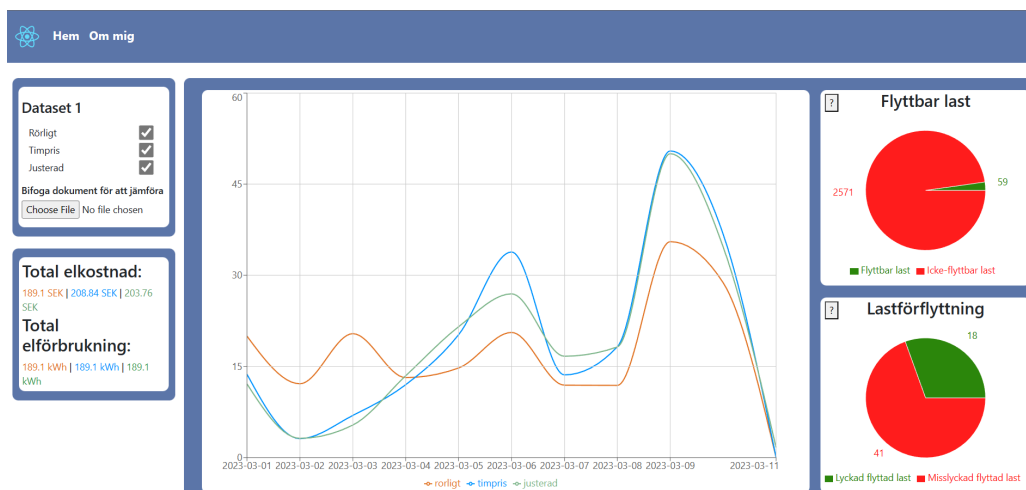


Figur 4.5: Andra prototypen av frontend med förändrad alternativsvy.

Ett annat problem som togs upp på en av sprintmötena var att vid användning av smartahem-algoritmen ansågs det vara svårt att avgöra hur stor påverkan algoritmen hade på elkostnaden. I det här fallet var feedbacken att utifrån sammanfattningsvyn kunde utgå ifall det var en klar skillnad eller inte men att det inte gällde för grafvyn. Här utfördes olika försök för att göra grafen tydligare till exempel att göra linjerna tjockare eller att öka densiteten för rutnäten. Alla försök misslyckades och det kom istället fram till att det inte var grafen som var problemet utan att det låg

4. Genomförande

i hur algoritmen visualiserades. För att åtgärda detta implementerades två cirkeldiagram som visualiserade olika nyckelvärden för algoritmen. Dessa nyckelvärden var "flyttbar last" som visade elanvändning som går att flytta i tid och "lastförflyttning" som visade hur många förflyttningar som lyckades samt misslyckades av algoritmen. Med dessa två cirkeldiagram implementerade var det som kom att bli den tredje prototypen av produktens frontend, vilket kan ses i figur 4.6.



Figur 4.6: Frontend för applikationen.

4.3.2 Backend

När backenden skulle implementeras hölls det ett möte med kunden för att få fram specifikationer av datan som skulle tillhandahållas. Specifikationerna var att datan skulle bestå av ett dataset i form av en excel-fil och innehålla datum, tidpunkt, elanvändning och eluttag för varje timme. Dessutom skulle en excel-fil som innehöll information om vilka eluttag som produkter var kopplade till inkluderas. Varje dataset upskattades innehålla 1000-1200 datapunkter.

Två viktiga komponenter i backenden är: "FileUploadForm" och "graphFactory". FileUploadForm möjliggjorde uppladdningen av en elrapport i form av excel-filer som innehöll datan över elanvändningarna. Formatet på dataseten kan ses på figur 4.7. I linje med vad specifikationerna specificerade innehåller dataseten olika rader med data. Varje rad motsvarar elanvändningen av ett eluttag under en timma. Komponenten processerar då alla rader i filen och sparade de i en två-dimensionell array i applikationen.

1758	2023-03-07	16:00	0,038	Kitchen 2
1759	2023-03-07	16:00	0,006	Bathroom 1
1760	2023-03-07	16:00	0,053	Bedroom A1
1761	2023-03-07	16:00	0,049	Bedroom A2
1762	2023-03-07	16:00	0,047	Bedroom B1
1763	2023-03-07	16:00	0,060	Bedroom B2
1764	2023-03-07	16:00	0,001	Garage 1
1765	2023-03-07	16:00	0,002	Garage 2
1766	2023-03-07	16:00	0,147	Living Room 1

Figur 4.7: Datan som tillhandahålls från extern kund. I ordningen: Datum, tidpunkt, elanvändning och eluttag.

GraphFactory är komponenten som ansvarar över att simulera algoritmen och manipulera datan. Efter att en elrapport laddats upp och FileUploadForm har processerat alla rader i excel-filen utför graphFactory komponenten olika manipuleringar av datan. Vid jämförelse med rörlig elpris inhämtas det rörliga elpriset för månaden från servern eller API:t och beräknar därefter ut vad kostnaden för den timman blev. Likadant händer vid jämförelse med timpris där istället för att inhämta det rörliga elpriset så inhämtas timpriset för den specifika timman. Däremot vid jämförelse med en SHL behöver datan gå igenom en algoritm som manipulerar datan för att simulera användandet av en SHL. När all manipulering är slutförd skickas datan till grafvyn som då visualiserar resultaten.

4.3.2.1 Uppdelning av dataset

Under utvecklingen av backend och applikationen användes ett dummy dataset innehållande ungefär 1200 randomiserade datapunkter. Vid körning av dessa tog applikationen cirka 50 sekunder från att beräkningarna startade till att grafen syntes på grafvyn. Detta ansågs vara godkänt av produktägaren med tanke på datamängden och att den låg under en gräns på en minut. När de riktiga dataseten tillhandahölls visade det sig att de innehöll cirka 7000-11500 datapunkter vilket vid körning orsakade att applikationen kraschade. Efter olika försök att åtgärda problemet beslutades det att istället att skära ner tidsintervallen från en månad till tio dagar som resulterade i en minskning av antal datapunkter till 1700-2500 vilket resulterade i

att simuleringarna tog en till två minuter.

4.3.3 Utvecklandet av algoritmen

I förberedelse av algoritmutvecklandet gjordes en enkätundersökning för att bättre förstå vad samhället anser är acceptabelt för en SHL att utföra. Utifrån resultatet skapades en tabell som mappade vilka produkter som algoritmen skulle kunna styra, om deras elanvändning ansågs flyttbara eller inte flyttbara utifrån Boynuegris deferrable tabell, Bin Zhous förslag på flyttbara enheter[37] och Zhao Zhuangs exempel[38], samt vilka rum som produkterna skulle kunna tillhöra vilket hämtades från en excel fil som innehöll information om vilka produkter som var anslutet till vilket eluttag. Den sammanställda tabellen finns på tabell 4.1.

Utifrån tabellen skapades en array som innehöll eluttagen för alla produkter med flyttbar elanvändning. Kvalificeringen för att klassas som flyttbar var att den behövde anses vara flyttbar (kolumn C) samt att resultatet från enkäten behövde visa ett konsekvent ”Ja” eller ”~” på alla tre delfrågor. Därmed bestod arrayen av Bathroom 1 (tvättmaskin & torktumlare), Kitchen 3 (diskmaskin), Garage 1 (varmvattensberedare), Garage 2 (laddning av elbil & elcykel), Living Room 1 (laddning av robotdammsugare) och Garden 1 (laddning av robotgräsklippare).

Tabell 4.1: Den sammanställda tabellen av resultat från enkäten, flyttbara enheter och vilka eluttag varje produkt är kopplad till.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Produkter	Eluttag	Flyttbar	Låta applikationen styra	Starta på natten när användaren sover	Starta när användaren finns tillgänglig i bostaden			
2	TV	Living room 1, Bedroom B1	Nej	Ja	Nej	Ja	~: Betyder att resultatet inte innehöll en signifikant skillnad för att kunna dra en slutsats.		
3	Lampor	Alla eluttag	Nej	Ja	Ja	Ja			
4	Mobilladdare	Living Room 2, Kitchen 4, Bedroom A1, Bedroom A2	Ja	Ja	Nej	Ja			
5	Kaffemaskin	Kitchen 1	Nej	Ja	Nej	Ja			
6	Tvättmaskin & Torktumlare	Bathroom 1	Ja	Ja	~	Ja			
7	Diskmaskin	Kitchen 3	Ja	Ja	~	Ja			
8	Spis & Ugn	Kitchen 1	Nej	Nej	Nej	Nej			
9	Kylskåp	Kitchen 2	Nej	Nej	Nej	Nej			
10	Varmvattensberedare	Garage 1	Ja	Ja	Ja	Ja			
11	Laddning av elbil & elcykel	Garage 2	Ja	Ja	Ja	Ja			
12	Laddning av robotdammsugare	Living room 1	Ja	Ja	Ja	Ja			
13	Laddning av robotgräsklippare	Garden 1	Ja	Ja	Ja	Ja			
14	Golvvärm	Bathroom 2	Nej	Ja	Ja	Ja			

Baserat på inspiration från algoritmer från annan forskning[13][33] inom området utvecklades applikationens algoritm. Algoritmen är en egenutvecklad och fungerar som en simulation av att användaren utnyttjar en SHL hemma. Den fungerar genom att användarens historiska elrapport matas in till algoritmen som därefter kommer att manipulera datan och sedan skicka datan till grafvyn.

Först implementerades hur algoritmen skulle sköta lastflyttningen vilket krävde att data från elrapporten skulle kopplas med elpriser från elbörsen. Detta görs genom att antingen hämta elpriserna från databasen ifall det finns tillgängligt från ett tidigare anrop annars skickas en förfrågan till Elprisetjustnu för att få tillgång till datan som efter användning sparas till databasen.

Den första iterationen av lastförflyttningsdelen hade däremot ett problem att den i vissa fall kunde simulera att användningen blev dyrare än tidigare. Anledningen var för att algoritmen fungerade genom att vänta tills priset blev billigare än 10% av den initiala kostnaden. Däremot fanns en spärr i form av en maximal väntetid för att produkten inte skulle vara i ett väntande läge konstant. Om spärren nåddes sattes produkten igång oberoende av priset vilket var orsaken till ett högre simulerat elpris. Därmed utvecklades en andra iteration som innehöll en historisk kontroll för att motverka att det blev för många lastförflyttningar där den maximala väntetiden hade uppnåtts.

Efter en sprintmöte med produktägaren kom det fram att resultatet av en algoritm som endast utnyttjade lastförflyttning inte var tillräckligt bra och att det även borde undersökas hur resultatet blir med hjälp av lasteliminering. Här implementerades ytterligare funktionalitet till graphfactory som lyckades eliminera all last som kommer från standby-produkter för att simulera att SHL stänger av produkten när produkten sätts i standby-läge.

5

Resultat

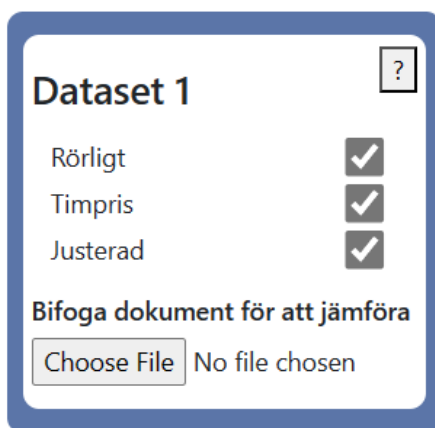
Denna kapitel kommer att gå igenom resultatet av projektet. Först introduceras designen av webbapplikationen för att sedan presentera funktionaliteten av produkten. Resultaten från simuleringarna kommer även att redovisas.

5.1 Applikationens design

Applikationens design följer den tredje prototypen för frontenden men har en del nya implementationer. Även huvudkomponenterna alternativsvyn, grafvyn och sammanfattningsvyns design presenteras i detta kapitel.

5.1.1 Alternativsvy

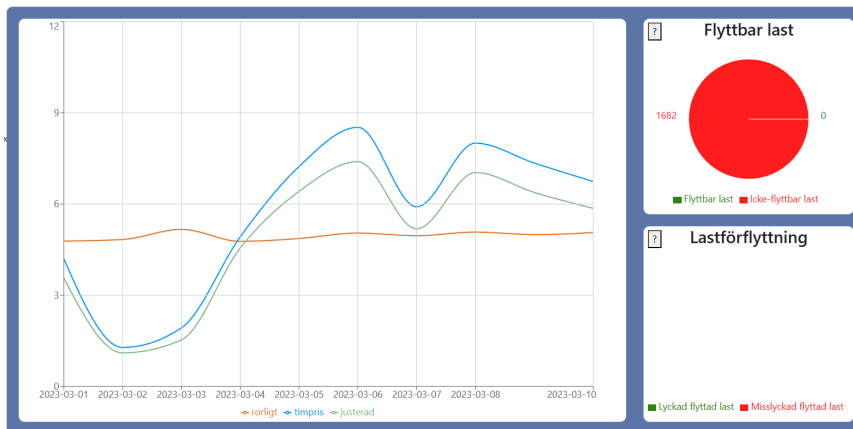
Alternativsvyns slutdesign har fått en ytterligare implementation i form av en hjälpknapp som man kan hovra över för att få en förklaring till de olika alternativen som finns tillgängliga. Rörligt innebär att grafen kommer att visa upp en graflinje som representerar den totala elkostnaden för användaren om den använde ett rörligt avtal. Timpris innebär att grafen kommer att visa upp en graflinje som representerar den totala elkostnaden med ett timprisavtal. Justerad innebär att en graflinje kommer att visas upp som representerar den totala elkostnaden med ett timprisavtal där en smarta hem lösning används. Den nya alternativsvyn kan ses i figur 5.1.



Figur 5.1: Alternativsvyn med en implementerad hjälpknapp.

5.1.2 Grafvyn

Den färdiga applikationens grafvy har fått mindre ändringar kring dess höjd och bredd på dess komponenter. Detta var för att hålla applikationen konsekvent med alla marginaler för komponenten. Resultatet kan ses i figur 5.2.



Figur 5.2: Grafvyn som visar grafen och cirkeldiagrammen för flyttbar last och lastförflyttning.

5.1.3 Sammanfattningsvy

Sammanfattningsvyn har också fått mindre ändringar jämfört med den tredje prototypen. Ändringarna som har skett är att textstorleken för ”Total elkostnad” och ”Total elförbrukning” har minskat. Resultatet av sammanfattningsvyn kan ses i figur 5.3.



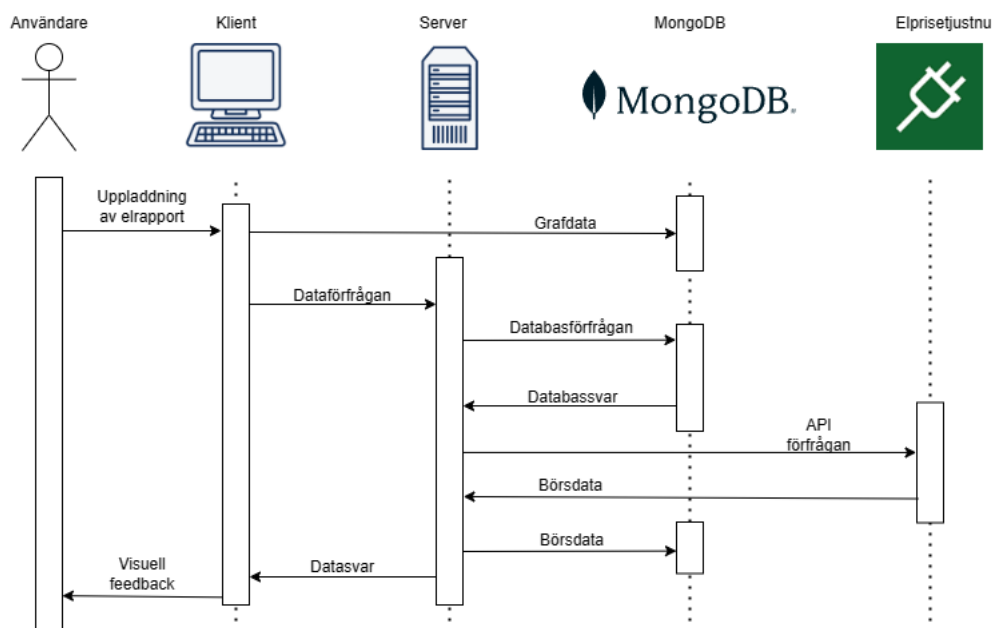
Figur 5.3: Sammanfattningsvyn.

5.2 Applikationens kod

Applikationen är uppbyggd med interna och externa system för att fungera. De interna systemen består av en klient som utgör användargränssnittet och en mindre del av affärslogiken för applikationen samt en server som utgör majoriteten av affärslogiken för applikationen. De externa systemen består av Elprisetjustnu som

tillhandahåller ett API för elbörsdata och MongoDB som förser databasen för applikationen.

Användaren interagerar med klienten och alternativsvyn för att välja vilka elavtals-typer som ska jämföras och laddar därefter upp sin elrapport vilket påbörjar simuleringen. Under simuleringen sker dataförfrågan om relevant data angående elpris till servern. Hos servern sker en förfrågan till databasen för att inhämta elpriset för den begärda tidspunkten och om detta inte finns tillgängligt sker en API förfrågan till Elprisetjustnu:s API. Därefter sparas elprisdatan på databasen för att sedan skickas till klienten som kan utföra sina beräkningar. Dataflödet för processen illustreras i figur 5.4.



Figur 5.4: Dataflöde vid uppladdning av elrapport.

5.3 Applikationens algoritm

Applikationens huvudfunktion att simulera användandet av en SHL baseras på en algoritm. Denna algoritmen är uppbyggd av två delar som ska utföra lastförflyttning respektive lasteliminering.

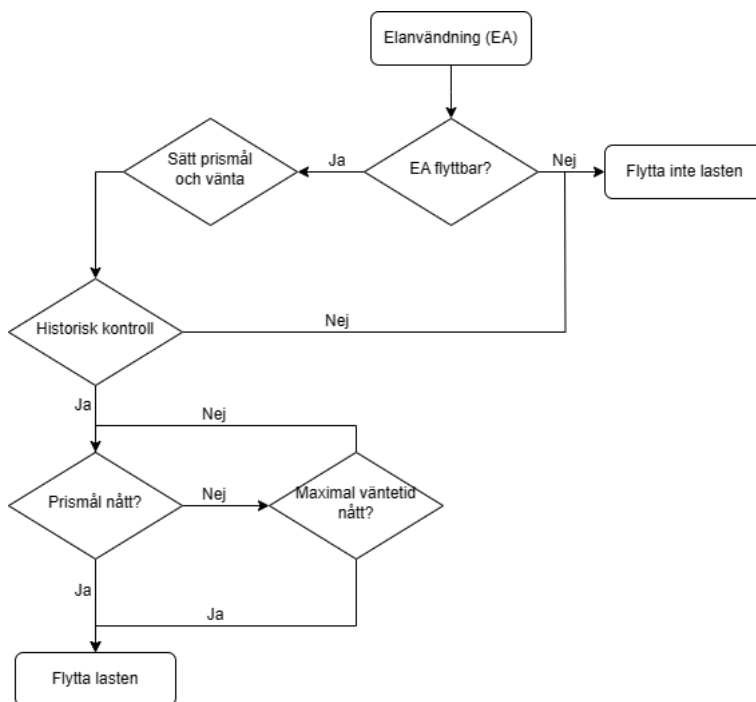
5.3.1 Algoritm: Lastförflyttning

Lastförflyttningdelen agerar som en väntande funktion där huvudprincipen är att invänta vad nästkommande timmas elpris är för att ta ett beslut om lasten ska förflyttas eller inte. Till hjälp använder den sig av tre faktorer: flyttbarhet, prismål och maximal väntetid. Flyttbarhet handlar om att lasten som används kan flyttas i tid eller inte, prismål är en satt prismål på 90% för att flytten endast ska ske när elpriset är lägre än 90% av det initiala elpriset, och maximal väntetid används för

att produkten inte ska vara väntande i en oändlig tid. För att kunna ta ett beslut om att flytta lasten innehåller lastförflyttningsdelen fyra processer:

1. Den första processen identifierar om lasten är flyttbar eller inte. Detta görs genom att jämföra vilket eluttag lasten har sitt ursprung från med arrayen som skapades utifrån vår sammanställda tabell i kapitel 4.3.3.
2. Den andra processen är en historisk kontroll för att filtrera och minska antalet förflyttningar som sker på grund av att den maximala väntetiden har uppnåtts. Denna process fungerar genom att kolla veckan innan under samma tidpunkt och kontrollerar att elpriset har sjunkit under den historiska elpriset prismål.
3. Den tredje processen handlar om att kontrollera om den nästkommande timpriset är under prismålet.
4. Den fjärde processen kontrollerar om den maximala väntetiden har nåtts eller inte.

Beroende på resultatet från dessa processer kommer algoritmen att besluta om lasten ska flyttas eller inte. Dessa beslut kan ses på flödesschemat i figur 5.5.



Figur 5.5: Flödesschemat för lastförflyttningsdelen av applikationens algoritim.

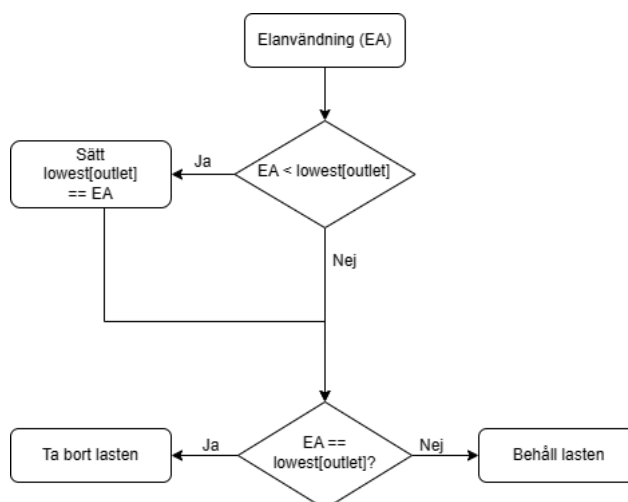
5.3.2 Algoritm: Lasteliminering

I detta projekt ligger fokuset på att eliminera all last som kommer från att produkter är i standby-läge. För att uppnå detta har applikationens algoritim utvecklats för att identifiera och eliminera all standby-last. Lastelimineringsdelen bygger på två processer: identifiering och eliminering.

För att identifiera all last från standby-produkter utnyttjas sambandet att standby-last från olika produkter alltid kommer vara det lägsta som kan användas av en

produkt. Utifrån denna kunskap skapas en array som inkluderar alla produkters lägsta last där den kontinuerligt uppdateras under simuleringen för att motverka om en produkt skulle komma att flyttas från ett rum till ett annat rum vilket hade påverkat resultaten. Med hjälp av arrayen går det att identifiera all standby-last som algoritmen ska eliminera.

Elimineringen av standby-lasten sker genom att jämföra lasten från elrapporten med lasten för eluttaget som en produkt är kopplad till. Beroende på utfallet går det att besluta om lasten ska tas bort eller inte. Flödesschemat för lastelimineringdelen går att se på figur 5.6.



Figur 5.6: Flödesschemat för lastelimineringdelen av applikationens algoritim.

5.4 Resultat av simuleringarna

Resultaten kommer att presenteras utifrån urvalsgrupperna stora hushåll, mellanstora hushåll och små hushåll samt perioder som består av tio dagars intervaller och hela månaden. Perioderna kommer att benämnas som period 1 (2023-03-01 - 2023-03-10), period 2 (2023-03-11 - 2023-03-20), period 3 (2023-03-21 - 2023-03-30) och hela månaden (2023-03-01 - 2023-03-30). Resultaten från simulationerna kan ses i appendix C.

Utifrån resultaten från simuleringarna har minskade elkostnader på alla tio dagars intervaller och över hela månaden observerats för alla urvalsgrupper. Störst besparing sågs hos stora hushåll med en besparing på 30,01% av elkostnaden över en period vid jämförelse mellan rörligt och justerad. Vid jämförelse mellan timpris och justerad låg den procentuella besparingen på 14,26%. Minst besparing gjordes hos små hushåll med besparingar på 23,74% vid jämförelse mellan rörligt och justerad respektive 12,16% vid jämförelse med timspris.

För stora hushåll var den simulerade elkostnaden under period 1: 153,7 SEK (rör-

5. Resultat

ligt), 159,81 SEK (timpris) och 138,49 SEK (justerad). Vid period två visade elpriset: 154,01 SEK, 119,51 SEK och 102,11 SEK. Under period 3 visade elpriset: 163,41 SEK, 105,29 SEK och 89,15 SEK. Totalt över månaden var den totala kostnaden för rörligt pris 471,12 SEK, för timpris var kostnaden 384,61 SEK och för justerad var den 329,75 SEK. Jämfört med rörligt är då den totala besparingen med en smarta hem lösning 30,01% och jämfört mot timpris är den totala besparingen 14,26%. Se tabell 5.1 för en sammanställning av resultatet.

Gällande mellanstora hushåll var den simulerade elkostnaden under period 1: 111,01 SEK, 123,81 SEK och 107,83 SEK. Under period två visade elpriset: 101,01 SEK, 78,94 SEK och 68,61 SEK. Under period tre var elpriset: 108,58 SEK, 77,02 SEK och 65,66 SEK. Totalt över månaden var den totala kostnaden för rörligt pris 320,6 SEK, för timpris var kostnaden 279,77 SEK och för justerad var den 242,1 SEK. Jämfört med ett rörligt avtal är den totala besparingen 24,49% och jämfört mot ett timprisavtal är den totala besparingen 13,47%. Se tabell 5.2 för en sammanställning av resultatet.

Även för små hushåll kunde minskade elkostnader observeras. Under period 1 var den simulerade elkostnaden 49,55 SEK, 56,08 SEK och 49,09 SEK. Under period 2 var kostnaden 52,05 SEK, 41,81 SEK och 36,97 SEK. I den tredje perioden var kostnaden 55,61 SEK, 38,59 SEK och 33,83 SEK. Totalt över hela månaden var den totala kostnaden för rörligt pris 157,21 SEK, för timpris var den totala kostnaden 136,48 SEK och för justerad var den 119,89 SEK. Den justerade är då jämfört med ett rörligt är då den totala besparingen 23,74% och jämfört mot timpris är den totala besparingen 12,16%. Se tabell 5.3 för en sammanställning av resultatet.

Tabell 5.1: Sammanställning av resultat för stort hushåll.

Hushållstyp: Stort hushåll	Period 1 (2023-03-01 - 2023-03-10)	Period 2 (2023-03-11 - 2023-03-20)	Period 3 (2023-03-21 - 2023-03-31)	Totalt (SEK)	Skillnad jmf rörligt (%)	Skillnad jmf timpris (%)
Rörligt	153,7	154,01	163,41	471,12		
Timpris	159,81	119,51	105,29	384,61		
Justerat	138,49	102,11	89,15	329,75	30,01%	14,26%

Tabell 5.2: Sammanställning av resultat för mellanstort hushåll.

Hushållstyp: Mellanstort hushåll	Period 1 (2023-03-01 - 2023-03-10)	Period 2 (2023-03-11 - 2023-03-20)	Period 3 (2023-03-21 - 2023-03-31)	Totalt (SEK)	Skillnad jmf rörligt (%)	Skillnad jmf timpris (%)
Rörligt	111,01	101,01	108,58	320,6		
Timpris	123,81	78,94	77,02	279,77		
Justerat	107,83	68,61	65,66	242,1	24,49	13,46

Tabell 5.3: Sammanställning av resultat för litet hushåll.

Hushållstyp: Litet hushåll	Period 1 (2023-03-01 - 2023-03-10)	Period 2 (2023-03-11 - 2023-03-20)	Period 3 (2023-03-21 - 2023-03-31)	Totalt (SEK)	Skillnad jmf rörligt (%)	Skillnad jmf timpris (%)
Rörligt	49,55	52,05	55,61	157,21		
Timpris	56,08	41,81	38,59	136,48		
Justerat	49,09	36,97	33,83	119,89	23,74	12,16

6

Diskussion

Detta kapitel syftar till att diskutera resultatdatan, möjliga framtida utvecklingspunkter för vidareutveckling av applikationen och arbetets påverkan på den sociala och ekologiska hållbarheten samt etik.

6.1 Felkällor för resultatdatan

Resultaten som observerades var förvånansvärt positiv då stora besparingar över alla urvalsgrupper kunde göras med hjälp av smarta hem lösningar. En punkt värd att nämna är att storleken på besparingarna med största sannolikhet innehåller en felmarginal. Vid en djupare analys av resultaten observerades det att mars hade flera fluktueringar i elpris där median- och medelvärdet för elpriset under marsmånad var 0,32361 respektive 0,6884431. På grund av dessa fluktueringar kommer ett rörligt elavtal ge en högre kostnad jämfört med ett timprisavtal.

En annan punkt som behöver lyftas är att dataseten som simuleringarna är gjorda på innehåller två felkällor som behöver tas i beaktande. Den första felkällan är att resultatet endast bygger på månaden mars 2023 och bör därför inte ses som representativ för hela året eftersom det finns flera externa variabler som kan påverka resultatet. Ett sådant exempel kan vara varierande elpriser som påverkas av hur mycket elektricitet som genereras per dag. Om det blåser mycket ökas elektriciteten som genereras från vindkraftverken vilket då pressar ner elpriserna men om det är en vindstilla dag minskar elproduktionen och elpriserna pressas istället upp. Därför har tid på året väldigt stor påverkan på elpriserna eftersom vädret oftast har en koppling till vilken årstid det är. När analysen då görs enbart på en månad betyder det att resultaten endast speglar den specifika månaden som analysen gjorts på. Ett annat exempel är vilka produkter som används under en tidsperiod. Under olika delar på året används olika produkter där under sommarhalvåret används en robotgräsklippare eller en luftkonditioneringsapparat (AC) fler gånger än ett värmeelement. Till skillnad under vinterhalvåret är värmeelementen igång medan AC:n är avstängd. Att vissa produkter används under olika tider på året kan även det påverka slutresultatet då algoritmen som används i applikationen har en lastförflyttningsdel som bygger på vilka produkter som används och om det under en period i året används fler produkter vars elanvändning är flyttbar ökas effektiviteten för denna del. För att uppnå en mer representativt och träffsäkert resultat hade det behövts utföra en analys som innehåller mer data som spänner sig över en längre tidsperiod för att ta hänsyn till alla möjliga variabler som kan påverka. Däremot har det inte

varit möjligt för denna studien att utföra en större analys eftersom datan tillhandahålls av en extern kund och därmed gick det inte att få tillgång till en större dataset.

Den andra felkällan är att dataseten som simuleringarna har gjort på endast består av en möjlig förbrukningsmönster för respektive hushållstyp. Problematiken ligger i att ett hushålls förbrukningsmönster oftast är väldigt individuella. Till exempel kan ett stort hushåll på fyra personer innehålla flera medlemmar som spelar dataspel vilket gör att förbrukningsmönstret kommer se ut på ett specifikt sätt men ett stort hushåll skulle även kunna innehålla fyra familjemedlemmar som gillar att läsa böcker och inte spelar dataspel vilket hade fått förbrukningsmönstret att se på ett helt annorlunda sätt. Därför behöver det nämnas och ta i beaktande att resultatet från dessa simuleringar inte speglar alla användare som passar in i en specifik hushållstyp med hänvisning till att datan är innehåller för lite information. För att uppnå en bättre och mer representativ resultat hade det krävt att en analys görs på en större datamängd med en större populationsgrupp för varje hushållstyp.

6.2 Reflektion på applikationen

Applikationen har överlag bedömts som bra av både produktägare och kund. Produkten har lyckats med alla beräkningar som krävts och har lyckats med att visualisera den enorma mängden data som matats in till applikationen på ett lättbegripligt sätt.

Det finns ett par förbättringsmöjligheter för applikationen angående optimering och förbättringar av algoritmen. Inom optimering finns det ett stort arbete att strukturera om hela grunden från att använda datastrukturer som en två dimensionell array[40] till en datastruktur som ett röd-svart träd[41] för att sänka applikationens komplexitet från $O(n)$ [42] till $O(\log n)$ [43] vilket hade sänkt beräkningstiden för simulationerna drastiskt. I nuvarande fall ligger simulationstiden på en till två minuter samt att maximala antalet datapunkter som varje inmatade elrapport kan använda ligger vid 3000 innan applikationen kraschar. Att undersöka möjligheten att sänka komplexiteten kan hypotetiskt sänka simulationstiden till under minuten samt att applikationen skulle kunna utföra simulationer på en elrapporter som har större antal datapunkter. Därmed hade användarupplevelsen förbättrats genom att användaren inte behöver sitta och vänta efter att ha laddat upp sin elrapport samt att användaren inte hade behövt dela upp sina elrapporter i olika delar.

Förbättringsmöjligheterna för algoritmen handlar mer om att utöka algoritmens funktionalitet. Som algoritmen fungerar i slutprodukten tas olika funktioner som historisk data, elprisändringar och identifiering av standby-lägen in i beräkningarna för att kunna bestämma om lasten kan flyttas eller kontrolleras. Här hade ett stort förbättringsområde kunnat vara att även implementera en funktion där ett batteri används för att lagra el och sedan använda den elen istället för att elen köps från en elbörns. En vetenskaplig artikel[44] i detta område har utforskat olika algoritmer med batterilagring i åtanke. Med hjälp av ett batteri kan alla produkters elanvändning

göras flyttbara vilket potentiellt skulle öka effektiviteten av algoritmens lastförflyttningsdel. Dessutom tillgängliggörs även möjligheten att sälja elen på elbörsen för att dra nytta av fördelarna med ett timprisavtal ännu mer. Detta är ett förbättringsförslag som hade kunnat göra algoritmen ännu bättre på att avgöra ifall det går att sänka användarens elkostnad ytterligare.

6.3 Etik och hållbarhet

En etisk aspekt som alltid lyfts kring ämnet smarta hem är att företagen som tillhandahåller dessa lösningar kan inkräkta på användarens integritet genom avlyssning eller tracking. Man behöver ha i åtanke att resultatet av detta projekt kan komma att utnyttjas av företag som vill sälja sina smarta hem produkter för att tjäna pengar. Det finns även en risk att företaget höjer priser på dessa produkter vilket skulle motverka projektets övergripande mål att förbättra hushållens ekonomi.

Utifrån ett hållbarhetsperspektiv har projektets ämne en tydlig koppling till den sociala- och ekologiska pelaren inom hållbar utveckling[46]. Mål 7 av FN:s 30 globala mål[47] handlar om att alla människor ska ha tillgång till och råd med energi. Detta arbetets syfte är direkt kopplat till att sänka elkostnaderna för att samhället ska ha råd med elektriciteten. Däremot kräver det att hushållen behöver införskaffa denna teknik vilket kan komma att vara en klyfta i samhället över vilka som kan få tillgång till lägre elkostnader och inte.

Ur den ekologiska aspekten kan arbetet påverka mängden smarta hem produkter som säljs. Dessa produkter tillverkas oftast i plast och innehåller oftast något ledande material. Att samhället behöver införskaffa dessa produkter skulle kunna betyda en ökning av mängden plast och jordartsmetaller som används vilket skulle påverka den ekologiska aspekten negativt.

7

Slutsats

Detta arbete har gått ut på att utveckla en dataanalyseringsverktyg i form av en webbapplikation för att hjälpa konsumenter att evaluera om smarta-hemlösningar är ett bra alternativ för att minska deras elkostnader.

Slutprodukten av verktyget har uppnått alla mål angående inmatning av rapporter, inhämtning och applicering av reell elbörsdata samt simulering och visualisering av resultaten. Slutprodukten lyckas även med att presentera användarens elkostnad vid användning av ett timprisavtal, rörligt avtal och timprisavtal i samband med användning av en SHL. Applikationen har dock stora förbättringsmöjligheter inom optimering och förbättringar av algoritmen. I applikationens nuvarande skick tar en simulering upp emot två minuter vilket borde kunna skäras ner till under en minut vid användning av mer lämpliga datastrukturer. För algoritmen finns flera utvecklingsmöjligheter som att tillgängliggöra simulering med användning av ett batteri eller att utnyttja försäljning av el på en elbörs som ett ytterligare alternativ till kostnadsbesparning.

För att evaluera möjligheten att använda applikationen för att se hur SHL hade påverkat användarens elkostnad utfördes en analys. Analysen gjordes på simulationer baserade på genererad exempeldata som tillhandahölls av en extern kund. Resultatet av analysen innehöll positiva siffror vilket indikerar att det finns en möjlighet att SHL kan minska hushållens elkostnader. Däremot innehåller den tillhandahållna datan för specifik data i form av för liten tidsperiod och endast tre olika elrapporter vilket är en för liten datamängd. Därför kan och bör inga representativa slutsatser dras utav resultaten då den inte reflekterar verkligheten.

Däremot visar analysen applikationens potential och dess möjlighet att bevisa konceptet att SHL har en möjlighet att sänka elkostnaderna. Däremot krävs det ytterligare forskning inom området där en större datamängd över en längre tidsperiod innefattas i datan som analyseras för att förbättra applikationens möjlighet att ge en mer realistisk bild över användarens elanvändning.

Litteraturförteckning

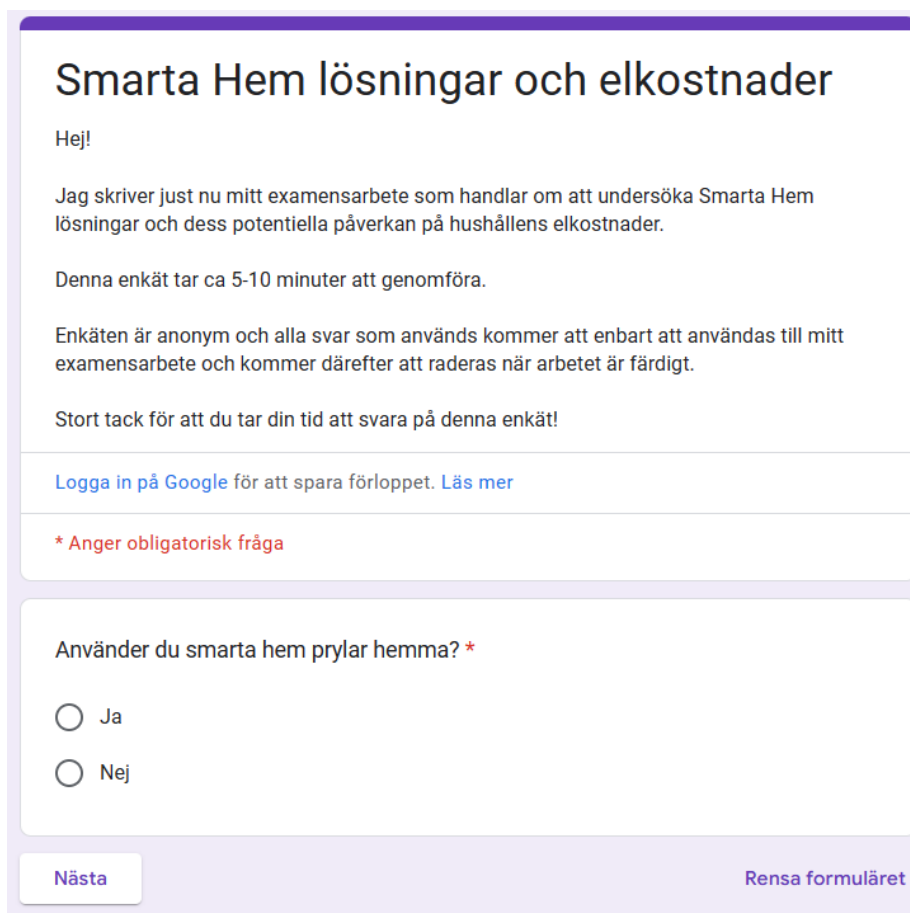
- [1] SVT, "Elpriset rusar igen - fördubblas", 2022. [Online] Tillgängligt: Länk (hämtad: 2023-05-13)
- [2] Regeringskansliet, "Elstöd och andra åtgärder", 2022. [Online] Tillgängligt: Länk (hämtad: 2023-05-13)
- [3] L. Heikensten, L. Laun, A. Alstadsaeter, M. Dillén, J. Roine, A. Seim, "Svensk finanspolitik - Finanspolitiska rådets rapport 2023" Finanspolitiska Rådet, Stockholm, Sweden, 2023. [Online]. Tillgängligt: Länk (hämtad: 2023-06-18)
- [4] Energimarknadsinspektionen. "Avtalstyp och elområde", [Online] Tillgängligt: Länk (hämtad: 2023-05-21)
- [5] Energimarknadsinspektionen. "Fast pris", [Online] Tillgängligt: Länk (hämtad: 2023-05-21)
- [6] Energimarknadsinspektionen. "Rörligt pris (månadsbaserat)", [Online] Tillgängligt: Länk (hämtad: 2023-05-21)
- [7] Energimarknadsinspektionen. "Timspris (rörligt timsdebiterat pris)", [Online] Tillgängligt: Länk (hämtad: 2023-05-21)
- [8] Energimarknadsinspektionen. "Mixavtal", [Online] Tillgängligt: Länk (hämtad: 2023-05-21)
- [9] Statista, "Smart home devices unit shipments in the United States from 2016 to 2020", 2022. [Online]. Tillgängligt: Länk (hämtad: 2023-05-23)
- [10] M. R. Alam, M. B. I. Reaz & M. A. M. Ali. (2012). "A Review of Smart Homes—Past, Present, and Future". IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews), 42 (6), ss. 1190–1203. DOI:10.1109/TSMCC.2012.2189204 Länk (hämtad: 2023-05-24)
- [11] Elcenter AB, "Exempel på smarta hem produkter", (2020). [Online]. Tillgängligt: Länk (hämtad: 2023-05-24)
- [12] A.R. Boynuegri, B. Yagcitekin, M. Baysal, A. Karakas, M. Uzunoglu. (2013). "Energy management algorithm for smart home with renewable energy sources". International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives. ss. 1754. 10.1109/PowerEng.2013.6635883. Länk (hämtad: 2023-05-24)
- [13] A. H. Mohsenian-Rad and A. Leon-Garcia, "Optimal Residential Load Control With Price Prediction in Real-Time Electricity Pricing Environments", in IEEE Transactions on Smart Grid, vol. 1, no. 2, ss. 120-133, Sept. 2010, doi: 10.1109/TSG.2010.2055903. Tillgängligt: Länk (hämtad: 2023-05-24)
- [14] B Zhou, W Li, K W Chan, Y Cao, Y Kuang, X Liu, X Wang, 'Smart home energy management systems: Concept, configurations, and scheduling strategies', Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 61, 2016, Pages 34, ISSN 1364-0321.. Tillgängligt: Länk (hämtad: 2023-05-24)

- [15] Boynuegri, A.R. & Yagcitekin, Bunyamin & Baysal, Mustafa & Karakas, Arif & Uzunoglu, Mehmet. (2013). "Energy management algorithm for smart home with renewable energy sources". International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives. 1753-1758. 10.1109/PowerEng.2013.6635883. Länk (hämtad: 2023-05-24)
- [16] TypeScript, "TypeScript - JavaScript with Syntax for Types", 2023. [Online]. Tillgänglig: Länk (hämtad: 2023-05-24)
- [17] Tanguy Krottoff, "Github", 2023. [Online]. Tillgänglig: Länk (hämtad: 2023-05-23)
- [18] React, "React", 2023. [Online]. Tillgänglig: Länk (hämtad: 2023-05-23)
- [19] React, "Writing Markup With JSX", 2023. [Online]. Tillgänglig: Länk (hämtad: 2023-05-23)
- [20] React, "Updating the screen", 2023. [Online]. Tillgänglig: Länk (hämtad: 2023-05-23)
- [21] Nodejs, "About", 2023. [Online]. Tillgänglig: Länk (hämtad: 2023-05-23)
- [22] GeeksForGeeks, "The pros and cons of node js in web development", 2023. [Online]. Tillgänglig: Länk (hämtad: 2023-05-23)
- [23] Npmjs, "About", 2023. [Online]. Tillgänglig: Länk (hämtad: 2023-05-23)
- [24] Npmjs, "Npmjs.com", 2023. [Online]. Tillgänglig: Länk (hämtad: 2023-05-23)
- [25] Anand Butani, "5 Essential Patterns Software Architecture", 2023. [Online]. Tillgänglig: Länk (hämtad: 2023-05-23)
- [26] TechTarget, "MongoDB", 2023. [Online]. Tillgänglig: Länk (hämtad: 2023-05-23)
- [27] MongoDB, "Query Documents", 2023. [Online]. Tillgänglig: Länk (hämtad: 2023-05-23)
- [28] Simplilearn, "What is Git?", 2023. [Online]. Tillgänglig: Länk (hämtad: 2023-05-23)
- [29] Nord Pool, "API | Nord Pool", 2023. [Online]. Tillgänglig: Länk (hämtad: 2023-05-24)
- [30] Elprisetjustnu, "Elpris API", 2023. [Online]. Tillgänglig: Länk (hämtad: 2023-05-24)
- [31] J. Preece, Y. Rogers, H. Sharp, "7.5 Questionnaires" in Interaction Design: Beyond human-computer interaction, 4th ed., John Wiles & Sons. Ed. New Jersey, USA, 2015, ch. 7, ss. 244-255.
- [32] Trello, "About us", 2023. [Online]. Tillgänglig: Länk (hämtad: 2023-05-24)
- [33] T. Hubert and S. Grijalva, "Modeling for Residential Electricity Optimization in Dynamic Pricing Environments," in IEEE Transactions on Smart Grid, vol. 3, no. 4, ss. 2228-2230, Dec. 2012, doi: 10.1109/TSG.2012.2220385. Tillgänglig: Länk (hämtad: 2023-03-25)
- [34] A. Leff and J. T. Rayfield, "Web-application development using the Model/View/Controller design pattern," Proceedings Fifth IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference, Seattle, WA, USA, 2001, ss. 118-127, doi: 10.1109/EDOC.2001.950428. Länk (hämtad: 2023-05-25)
- [35] Oracle. "Characteristics of Client/Server Architecture", [Online]. Tillgänglig: Länk (hämtad: 2023-05-25)

-
- [36] ExpressJS. "Web Applications", [Online]. Tillgänglig: Länk (hämtad: 2023-05-25)
- [37] B Zhou, W Li, K W Chan, Y Cao, Y Kuang, X Liu, X Wang, 'Smart home energy management systems: Concept, configurations, and scheduling strategies', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 61, 2016, Pages 34, ISSN 1364-0321. Länk (hämtad: 2023-05-24)
- [38] Z Zhuang, L W Cheol, S Yoan, S K Bin, 'An optimal power scheduling method for demand response in home energy management system', *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 4, nr. 3, 2013, Pages 1391-1400, ISSN 1949-3053. Tillgänglig: Länk (hämtad: 2023-05-25)
- [39] B Zhou, W Li, K W Chan, Y Cao, Y Kuang, X Liu, X Wang, 'Smart home energy management systems: Concept, configurations, and scheduling strategies', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 61, 2016, Pages 34, ISSN 1364-0321. Länk (hämtad: 2023-05-24)
- [40] FreeCodeCamp, "JavaScript 2D Array – Two Dimensional Arrays in JS", 2023. [Online]. Tillgänglig: Länk (hämtad: 2023-06-01)
- [41] GeeksForGeeks, "Introduction to Red-Black Tree", 2023. [Online]. Tillgänglig: Länk (hämtad: 2023-06-01)
- [42] Flexiple, "Data Structure Complexity Chart", 2023. [Online]. Tillgänglig: Länk (hämtad: 2023-06-01)
- [43] Flexiple, "Complexity for Advanced Data Structures", 2023. [Online]. Tillgänglig: Länk (hämtad: 2023-06-01)
- [44] T. Hubert and S. Grijalva, "Modeling for Residential Electricity Optimization in Dynamic Pricing Environments," in *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 3, no. 4, ss. 2225-2226, Dec. 2012, doi: 10.1109/TSG.2012.2220385. Tillgänglig: Länk (hämtad: 2023-05-25)
- [45] Sveriges Ingenjörer, "Hederskodex", 2023. [Online]. Tillgänglig: Länk (hämtad: 2023-06-01)
- [46] Vetenskap & Allmänhet, "Hållbar Utveckling", 2020. [Online]. Tillgänglig: Länk (hämtad: 2023-06-01)
- [47] FN-förbundet, "Mål 7: hållbar energi för alla". [Online]. Tillgänglig: Länk (hämtad: 2023-06-01)

A

Appendix A



Smarta Hem lösningar och elkostnader

Hej!

Jag skriver just nu mitt examensarbete som handlar om att undersöka Smarta Hem lösningar och dess potentiella påverkan på hushållens elkostnader.

Denna enkät tar ca 5-10 minuter att genomföra.

Enkäten är anonym och alla svar som används kommer att enbart användas till mitt examensarbete och kommer därefter att raderas när arbetet är färdigt.

Stort tack för att du tar din tid att svara på denna enkät!

[Logga in på Google](#) för att spara förloppet. [Läs mer](#)

*** Anger obligatorisk fråga**

Använder du smarta hem prylar hemma? *

Ja

Nej

[Nästa](#) [Rensa formuläret](#)

Figur A.1: Appendix A1

Vid svar av Nej på förra frågan

Kan du tänka dig att använda smarta hem produkter i framtiden? *

Ja

Nej

Bakåt Nästa Rensa formuläret

Figur A.2: Appendix A2

Vid svar "Ja"

Vad för smarta hem produkter kan du tänka dig använda? *

Smarta lampor alternativt glödlampor

Smarta vägguttag

Smarta rörelsesensorer eller andra sensorer

Smarta hubbar (Google Nest, Alexa, Apple HomePod, etc.)

Smarta applikationer för att styra produkterna t.ex. Google Home appen, Apple Home app eller Deltaco Smart Home

Övrigt: _____

Bakåt Nästa Rensa formuläret

Figur A.3: Appendix A3

Ange på en skala 1-5 hur väl du håller med om dessa åsikter.

1: Håller inte med.
2: Håller delvis inte med.
3: Håller varken med eller inte med.
4: Håller delvis med.
5: Håller med.

Jag använder inte smarta hem prylar på grund av att det är för dålig säkerhet kring produkterna. *

1 2 3 4 5

Håller inte med Håller med

Jag använder inte smarta hem prylar på grund av att produkterna kostar för mycket. *

1 2 3 4 5

Håller inte med Håller med

Jag använder inte smarta hem prylar på grund av rädsla angående avlyssning och spårning av min vardag. *

1 2 3 4 5

Håller inte med Håller med

Jag använder inte smarta hem prylar för att jag inte ser någon mening med det. *

1 2 3 4 5

Håller inte med Håller med

Bakåt Nästa Rensa formuläret

Figur A.4: Appendix A4

Vid svar av Ja på förra frågan

Vad för smarta hem produkter använder du? *

- Smarta lampor alternativt glödlampor
- Smarta vägguttag
- Smarta rörelsesensorer eller andra sensorer
- Smarta hubbar (Google Nest, Alexa, Apple HomePod, etc.)
- Smarta applikationer för att styra produkterna t.ex. Google Home appen, Apple Home app eller Deltaco Smart Home
- Övrigt: _____

Bakåt Nästa Rensa formuläret

Figur A.5: Appendix A5

Ange på en skala 1-5 hur väl du håller med om dessa åsikter.

1: Håller inte med.
2: Håller delvis inte med.
3: Håller varken med eller inte med.
4: Håller delvis med.
5: Håller med.

Jag använder Smarta Hem produkter för att jag de underlättar min vardag. *

1 2 3 4 5

Håller inte med Håller med

Jag använder Smarta Hem produkter för att jag sparar tid. *

1 2 3 4 5

Håller inte med Håller med

Jag använder Smarta Hem produkter för att jag kan spara pengar på det. *

1 2 3 4 5

Håller inte med Håller med

Jag använder Smarta Hem produkter för att det är kul/en hobby. *

1 2 3 4 5

Håller inte med Håller med

[Bakåt](#) [Nästa](#) [Rensa formuläret](#)

Figur A.6: Appendix A6

Vilka av dessa produkter kan du tänka dig att låta en smarta hem applikation styra?

1: Mycket osannolikt
2: Osannolikt
3: Sannolikt
4: Mycket sannolikt

TV *

	Mycket osannolikt	Osannolikt	Sannolikt	Mycket Sannolikt
Låta en smarta hem applikation styra	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Låta produkten starta medan jag sover	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Låta produkten starta medan jag är i bostaden och tillgänglig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figur A.7: Appendix A7.1

Lampor *

	Mycket osannolikt	Osannolikt	Sannolikt	Mycket Sannolikt
Låta en smarta hem applikation styra	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Låta produkten starta medan jag sover	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Låta produkten starta medan jag är i bostaden och tillgänglig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Mobilladdare *

	Mycket osannolikt	Osannolikt	Sannolikt	Mycket Sannolikt
Låta en smarta hem applikation styra	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Låta produkten starta medan jag sover	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Låta produkten starta medan jag är i bostaden och tillgänglig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figur A.8: Appendix A7.2

Kaffemaskin *				
	Mycket osannolikt	Osannolikt	Sannolikt	Mycket Sannolikt
Låta en smarta hem applikation styra	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Låta produkten starta medan jag sover	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Låta produkten starta medan jag är i bostaden och tillgänglig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Tvättmaskin & Torktumlare *				
	Mycket osannolikt	Osannolikt	Sannolikt	Mycket Sannolikt
Låta en smarta hem applikation styra	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Låta produkten starta medan jag sover	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Låta produkten starta medan jag är i bostaden och tillgänglig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figur A.9: Appendix A7.3

	Mycket osannolikt	Osannolikt	Sannolikt	Mycket Sannolikt
Låta en smarta hem applikation styra	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Låta produkten starta medan jag sover	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Låta produkten starta medan jag är i bostaden och tillgänglig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	Mycket osannolikt	Osannolikt	Sannolikt	Mycket Sannolikt
Låta en smarta hem applikation styra	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Låta produkten starta medan jag sover	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Låta produkten starta medan jag är i bostaden och tillgänglig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figur A.10: Appendix A7.4

Kylskåp *

	Mycket osannolikt	Osannolikt	Sannolikt	Mycket Sannolikt
Låta en smarta hem applikation styra	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Låta produkten starta medan jag sover	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Låta produkten starta medan jag är i bostaden och tillgänglig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Varmvattensberedare *

	Mycket osannolikt	Osannolikt	Sannolikt	Mycket Sannolikt
Låta en smarta hem applikation styra	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Låta produkten starta medan jag sover	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Låta produkten starta medan jag är i bostaden och tillgänglig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figur A.11: Appendix A7.5

Laddningen av elbil/elcykel *

	Mycket osannolikt	Osannolikt	Sannolikt	Mycket Sannolikt
Låta en smarta hem applikation styra	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Låta produkten starta medan jag sover	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Låta produkten starta medan jag är i bostaden och tillgänglig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Laddning av mobiltelefon *

	Mycket osannolikt	Osannolikt	Sannolikt	Mycket Sannolikt
Låta en smarta hem applikation styra	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Låta produkten starta medan jag sover	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Låta produkten starta medan jag är i bostaden och tillgänglig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figur A.12: Appendix A7.6

Laddning av robotdammsugare *

	Mycket osannolikt	Osannolikt	Sannolikt	Mycket Sannolikt
Låta en smarta hem applikation styra	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Låta produkten starta medan jag sover	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Låta produkten starta medan jag är i bostaden och tillgänglig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Laddning av robotgräsklippare *

	Mycket osannolikt	Osannolikt	Sannolikt	Mycket Sannolikt
Låta en smarta hem applikation styra	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Låta produkten starta medan jag sover	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Låta produkten starta medan jag är i bostaden och tillgänglig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figur A.13: Appendix A7.7

Golvvärme *

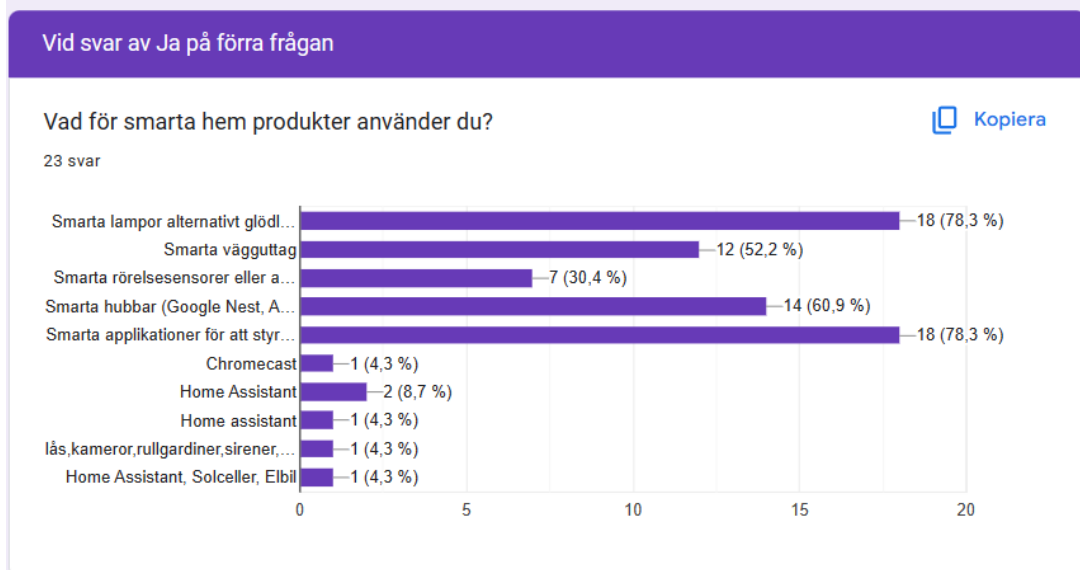
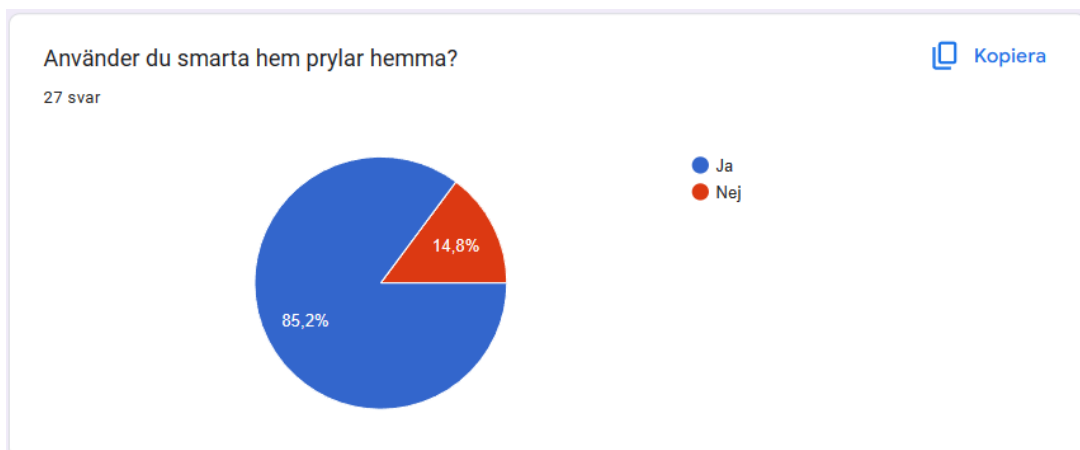
	Mycket osannolikt	Osannolikt	Sannolikt	Mycket Sannolikt
Låta en smarta hem applikation styra	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Låta produkten starta medan jag sover	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Låta produkten starta medan jag är i bostaden och tillgänglig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

[Bakåt](#) [Skicka](#) [Rensa formuläret](#)

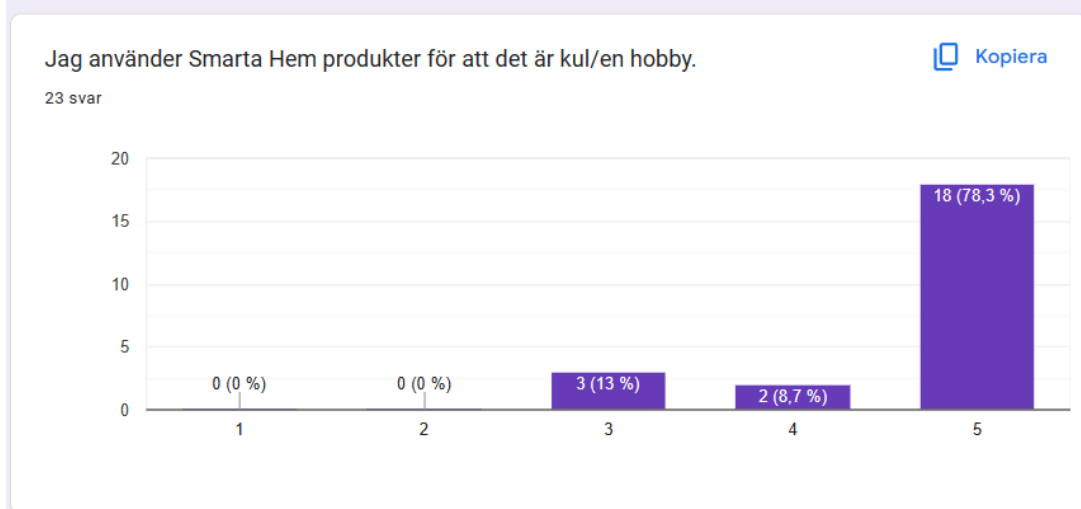
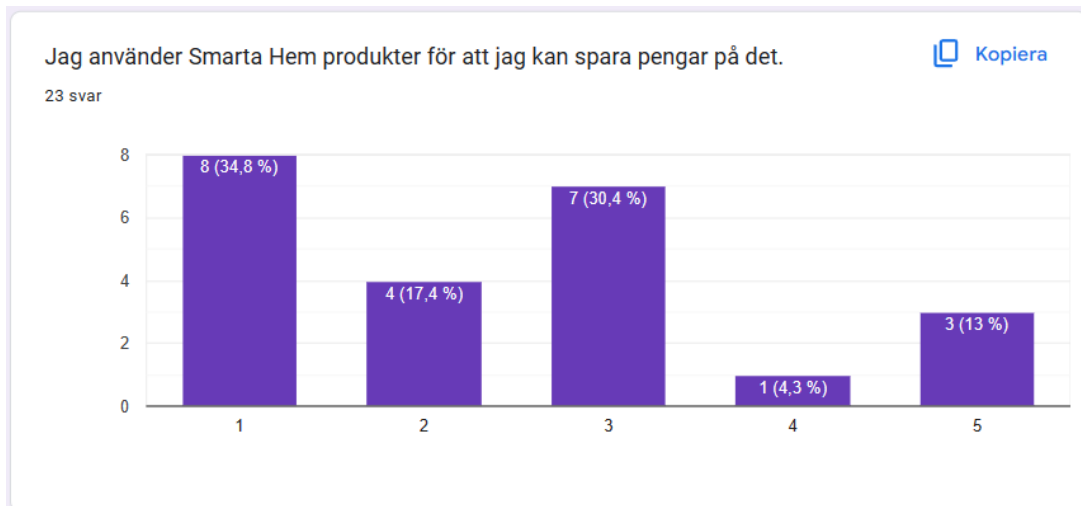
Figur A.14: Appendix A7.8

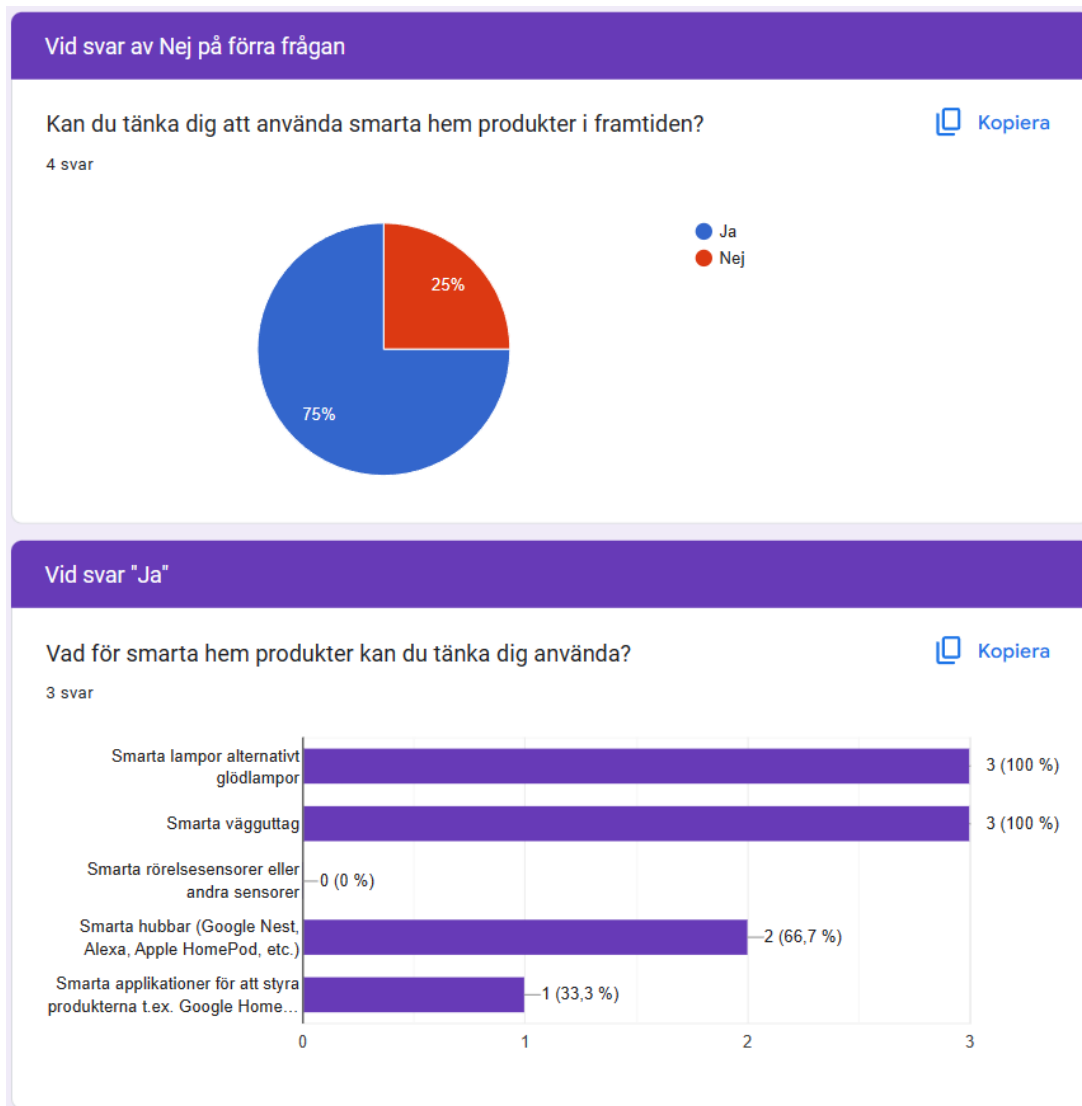
B

Appendix B








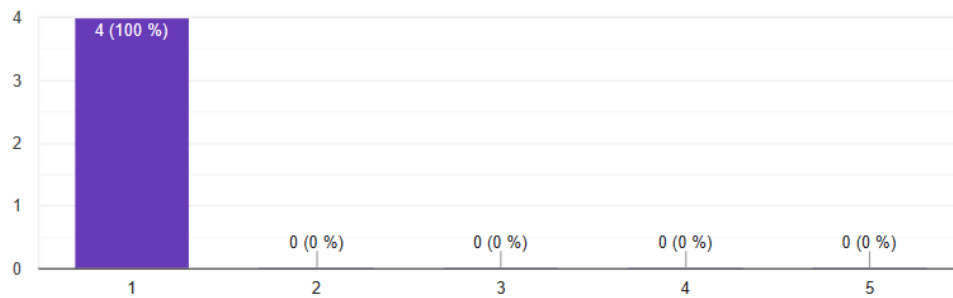


Ange på en skala 1-5 hur väl du håller med om dessa åsikter.


Jag använder inte smarta hem prylar på grund av att det är för dålig säkerhet kring produkterna.

 Kopiera

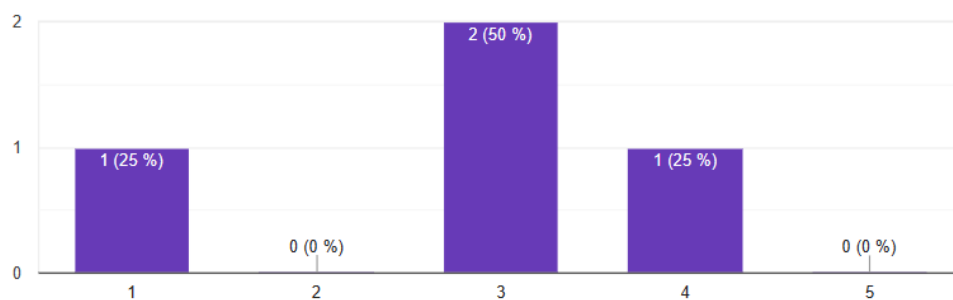
4 svar



Jag använder inte smarta hem prylar på grund av att produkterna kostar för mycket.


 Kopiera

4 svar

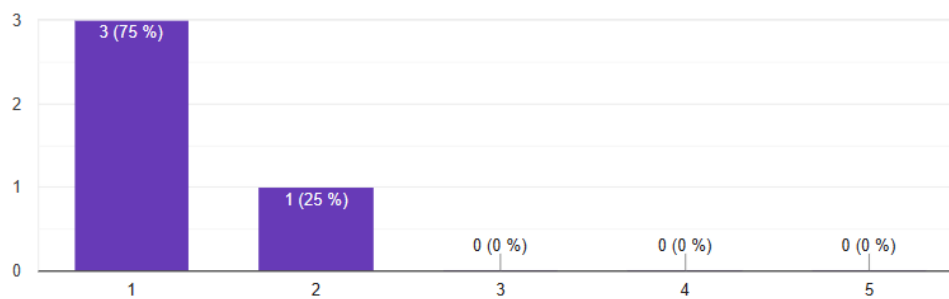


B. Appendix B


Jag använder inte smarta hem prylar på grund av rädsla angående avlyssning och spårning av min vardag.

 Kopiera

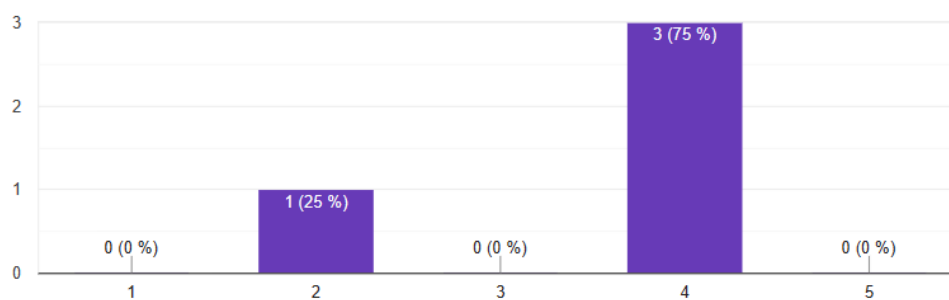
4 svar

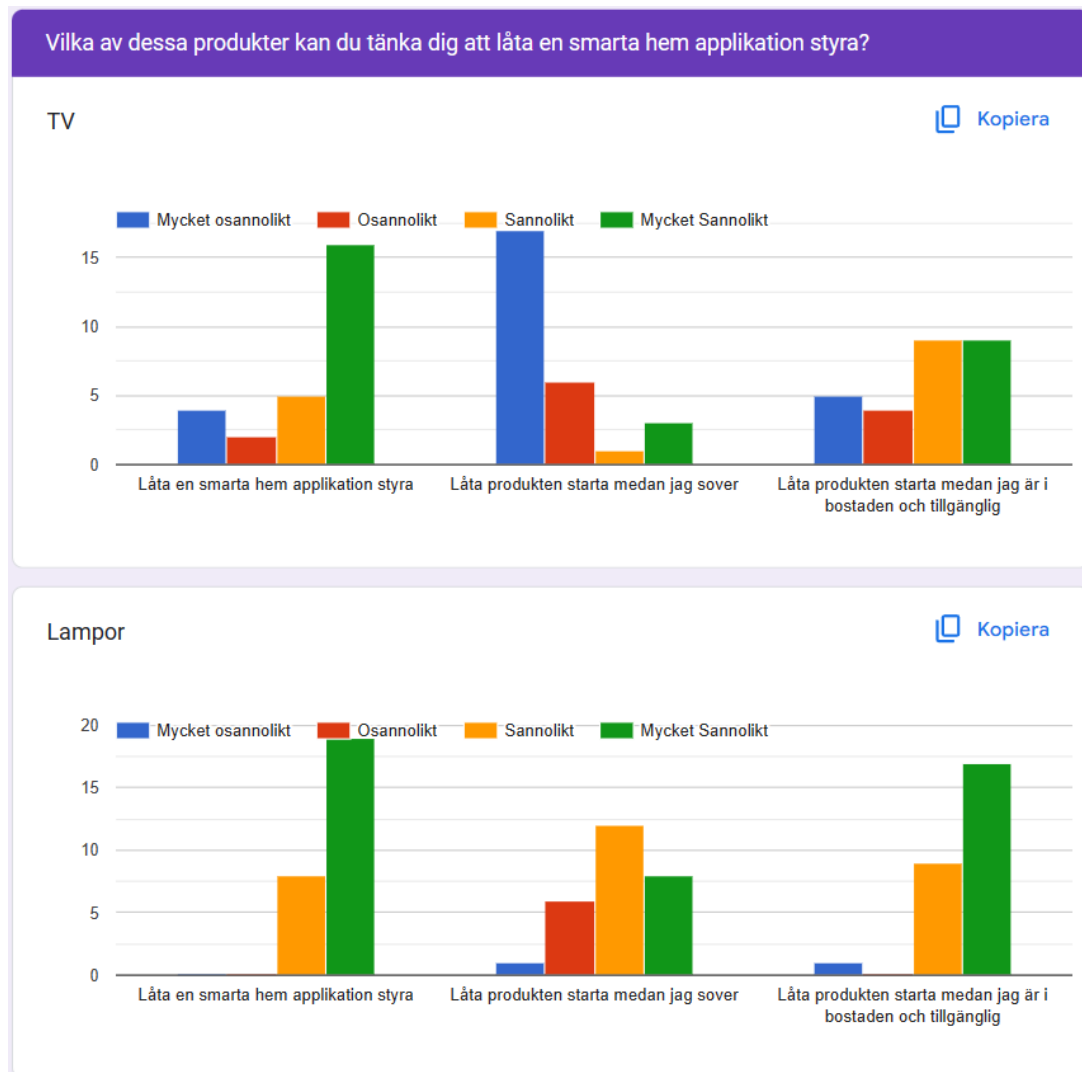


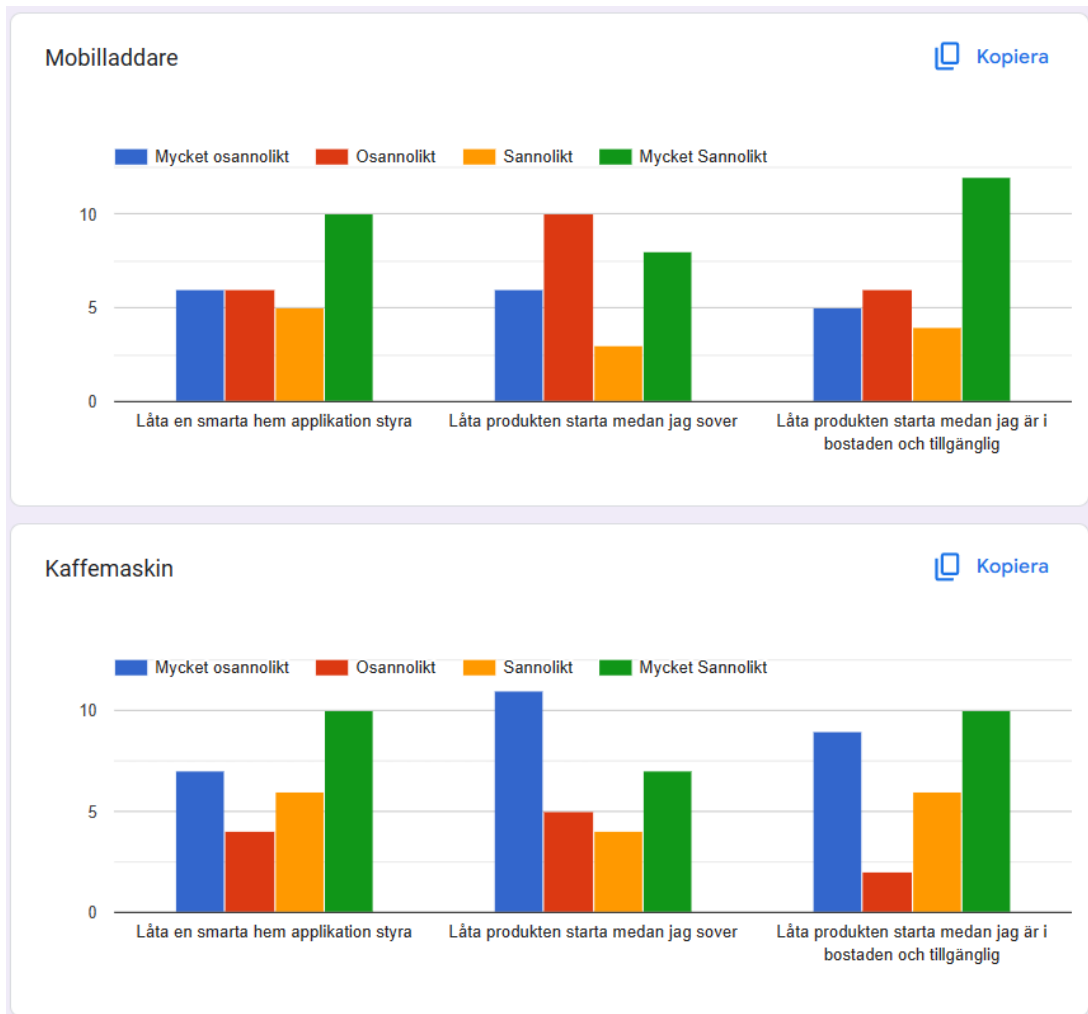
Jag använder inte smarta hem prylar för att jag inte ser någon mening med det.

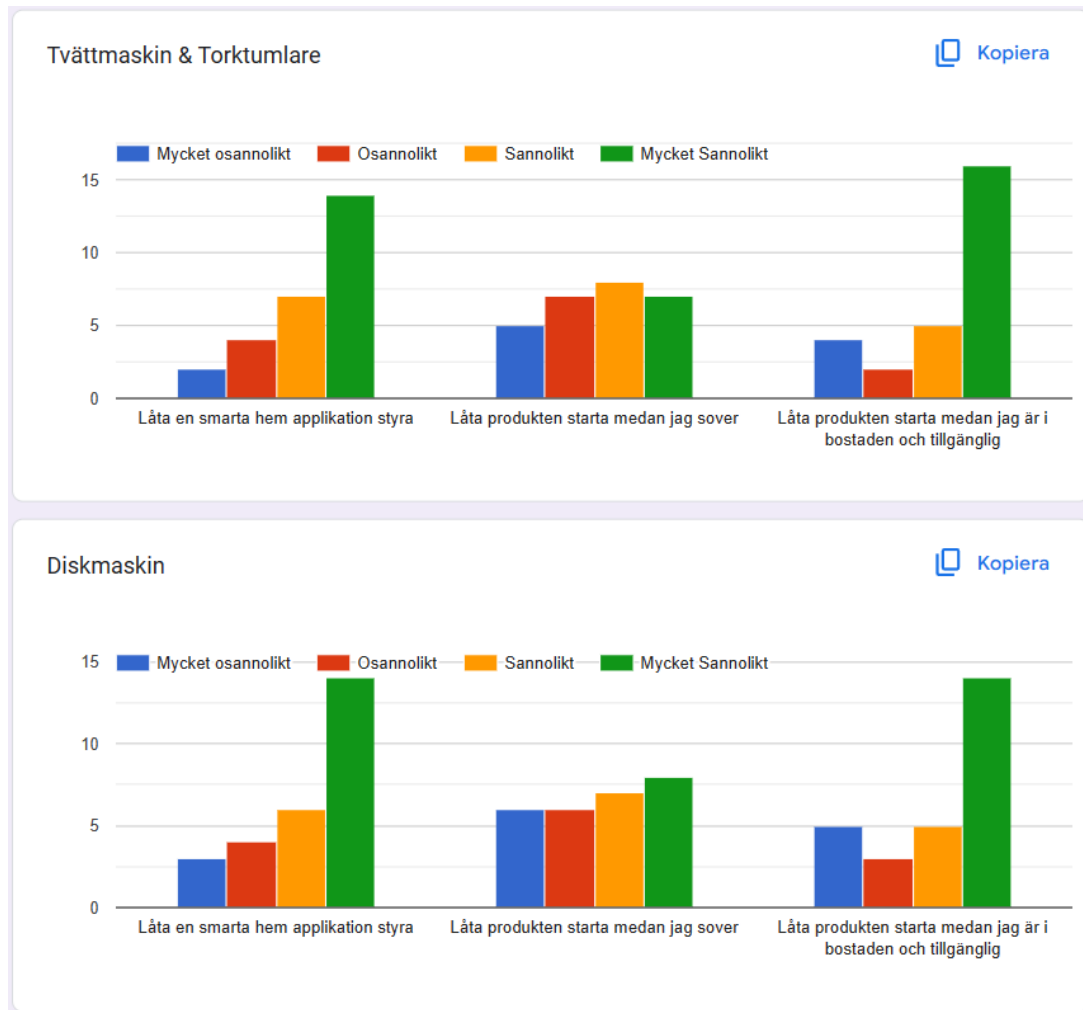
 Kopiera

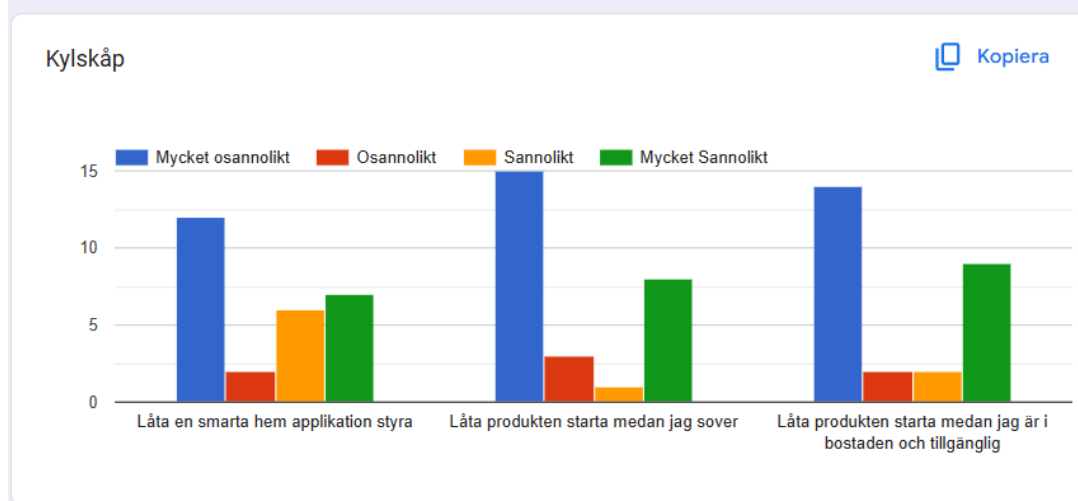
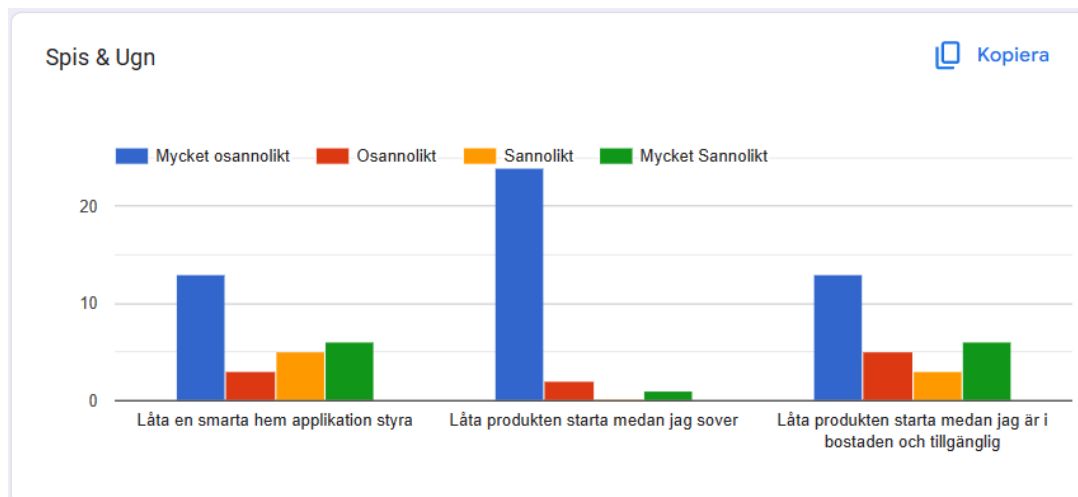
4 svar



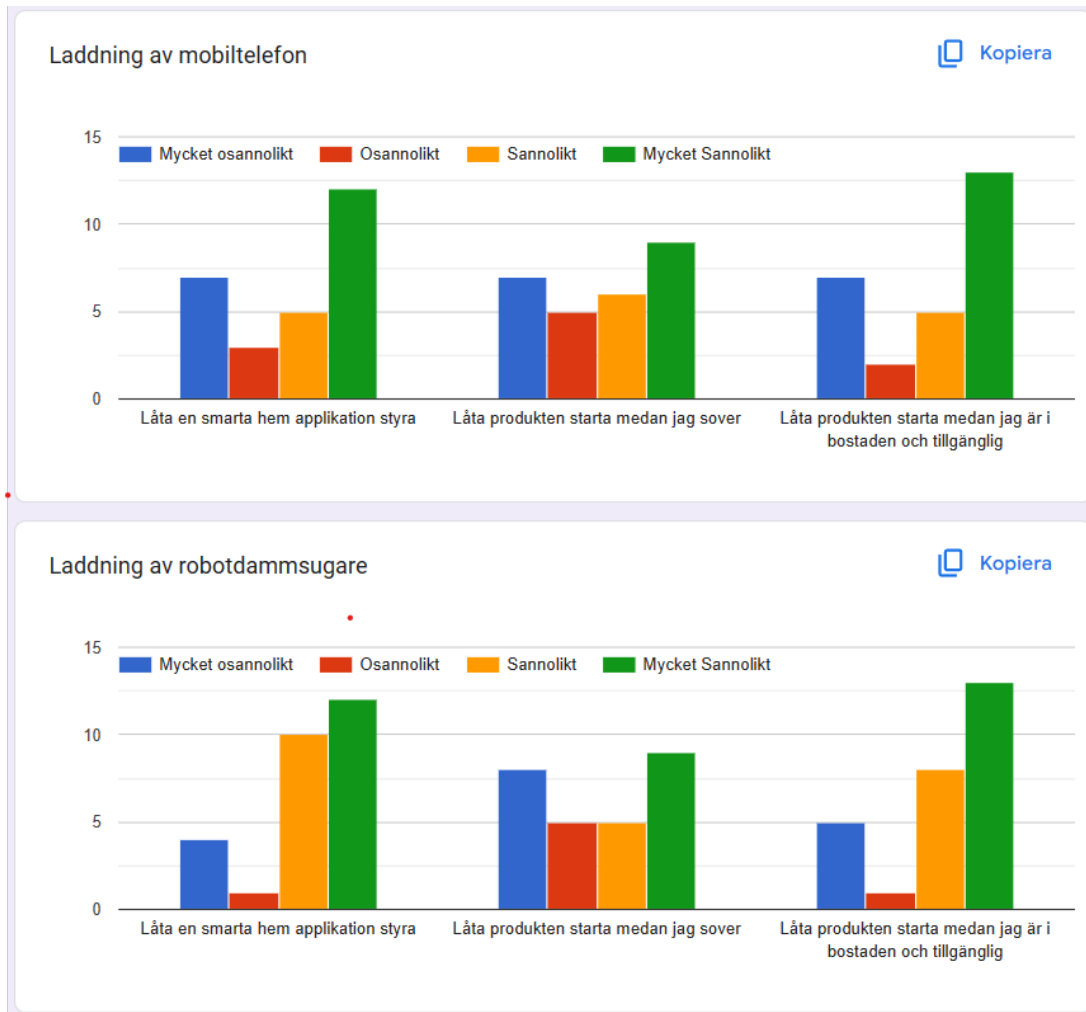


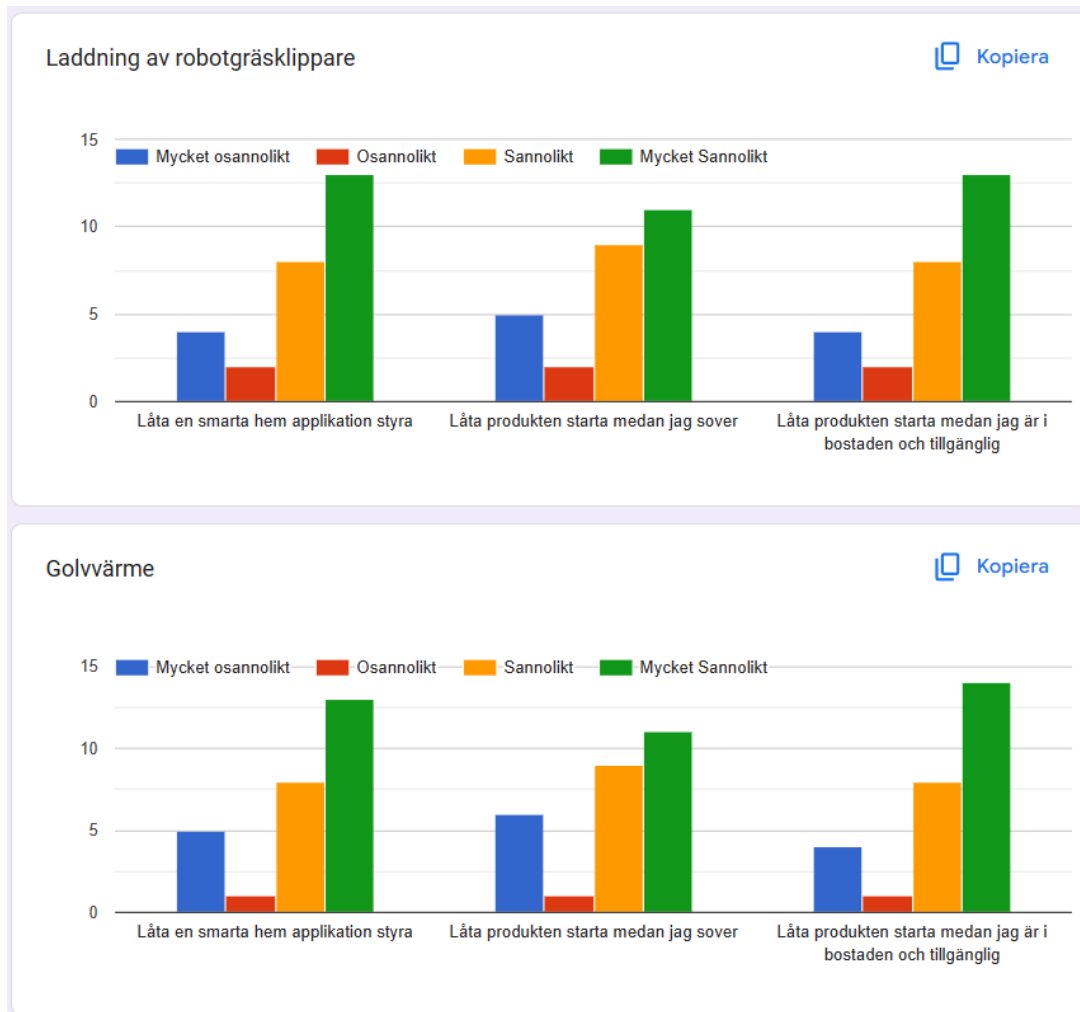






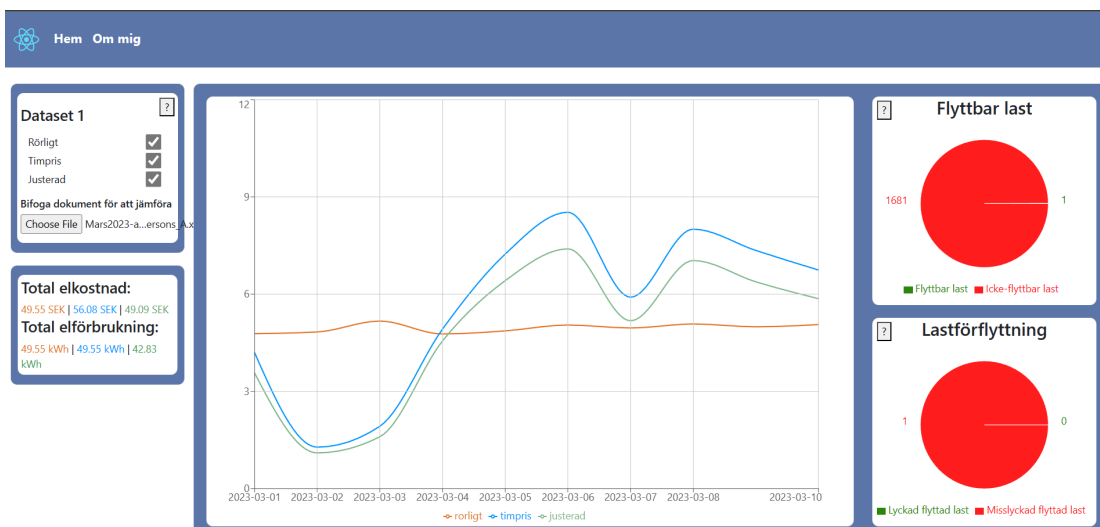




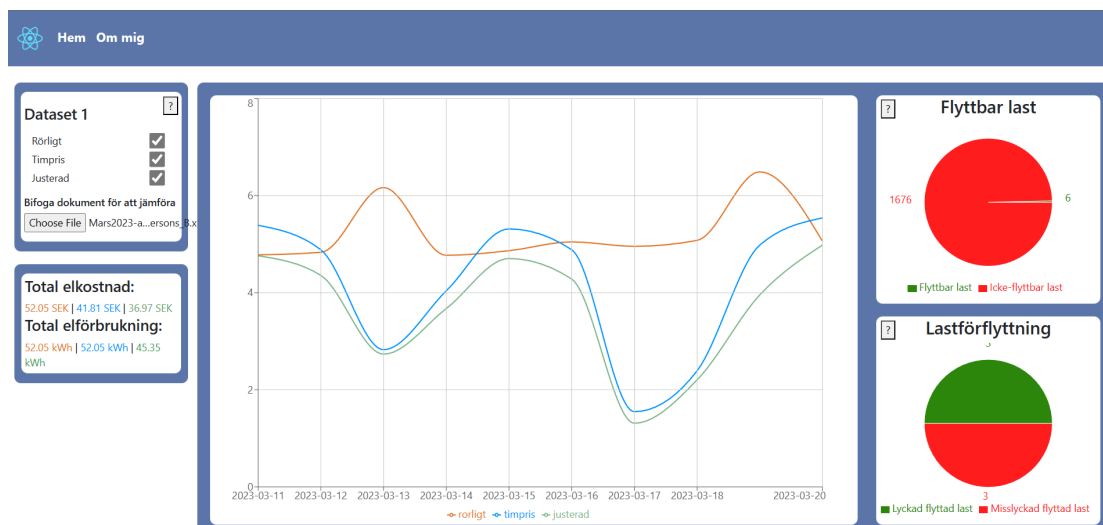


C

Appendix C

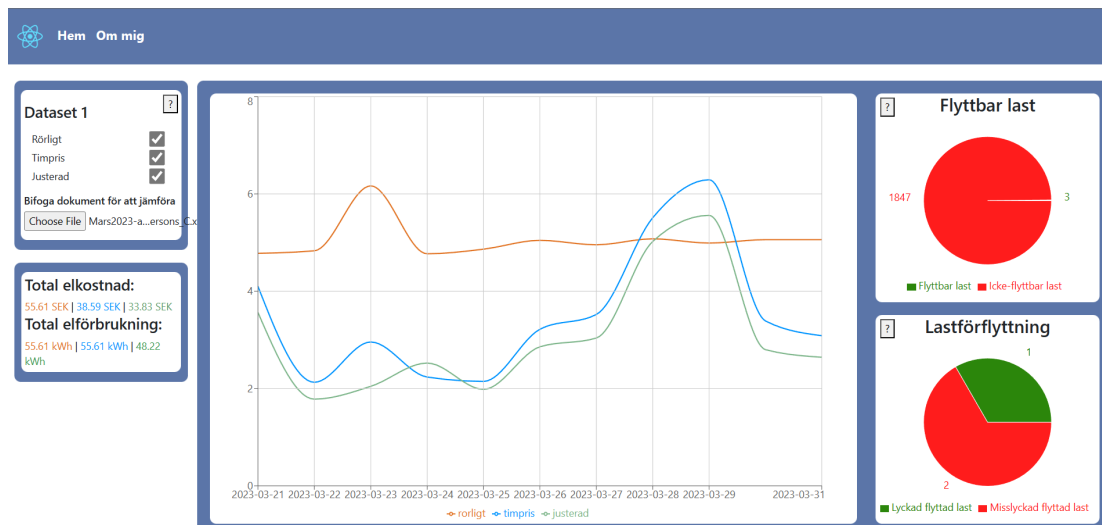


Figur C.1: Grafen för litet hushåll under period 1.

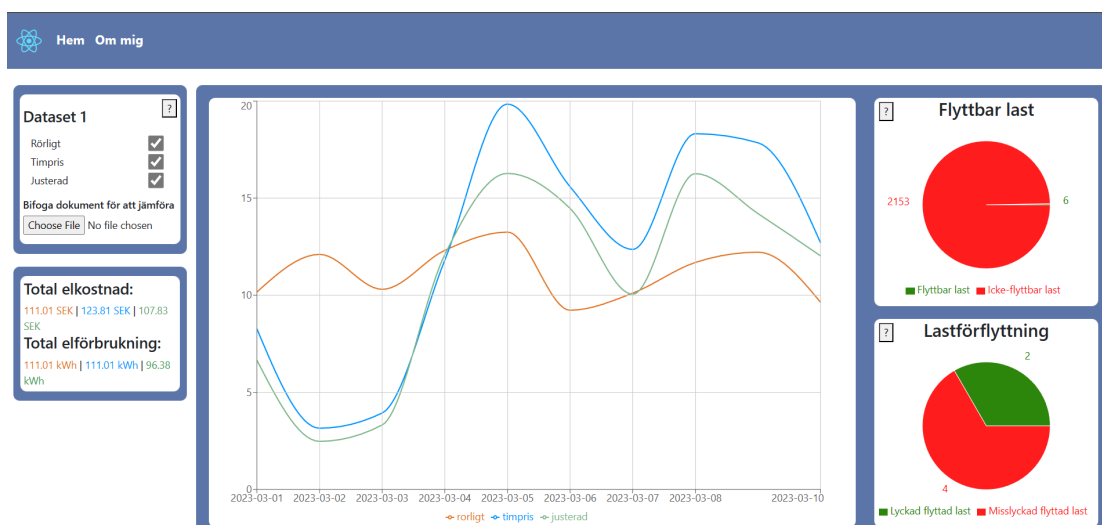


Figur C.2: Grafen för litet hushåll under period 2.

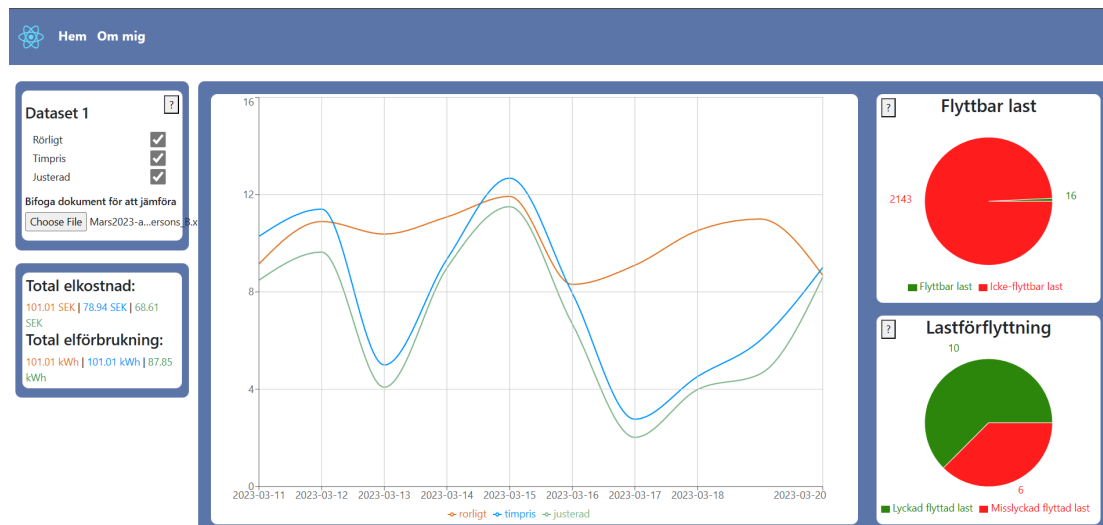
C. Appendix C



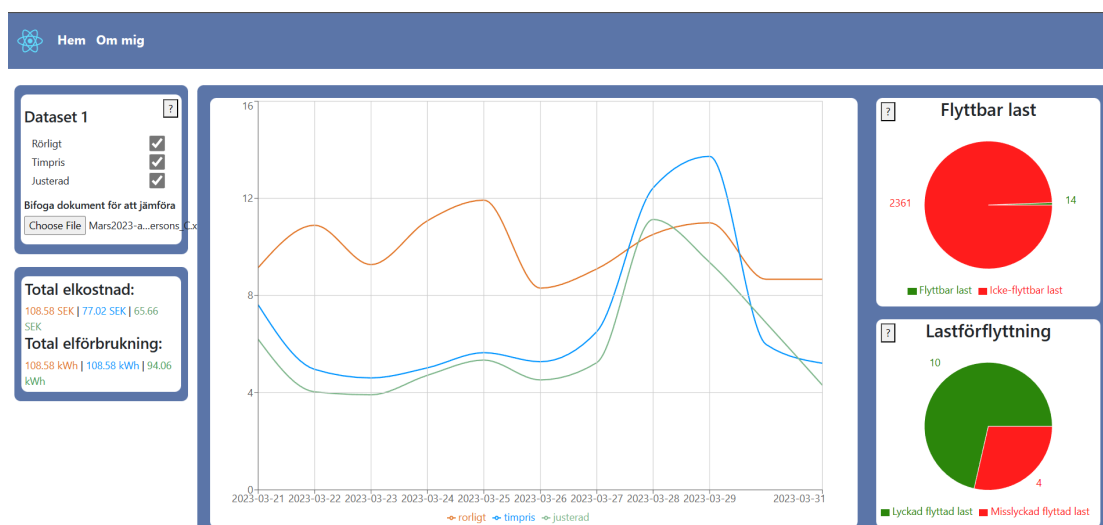
Figur C.3: Grafen för litet hushåll under period 3.



Figur C.4: Grafen för medelstort hushåll under period 1.

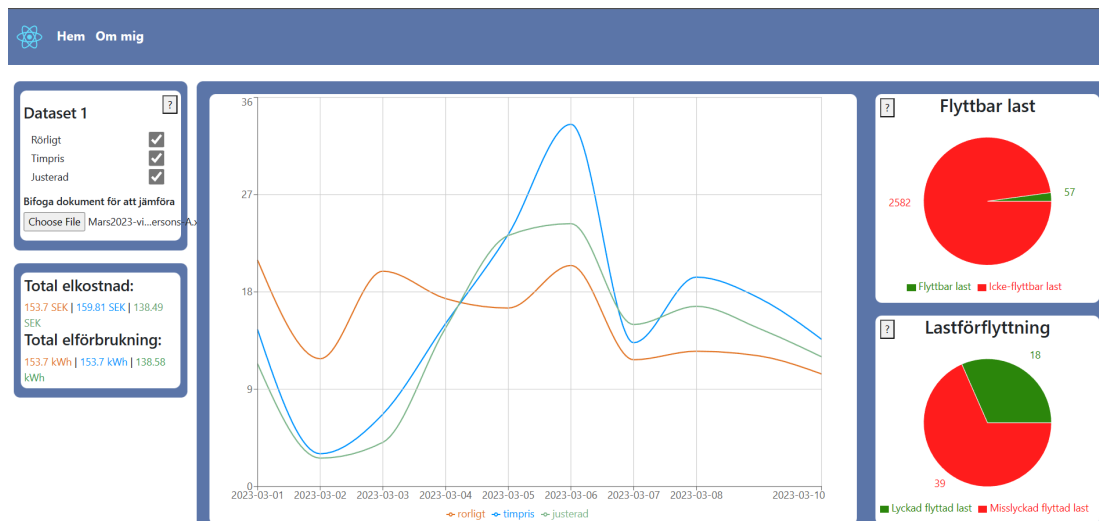


Figur C.5: Grafen för medelstort hushåll under period 2.

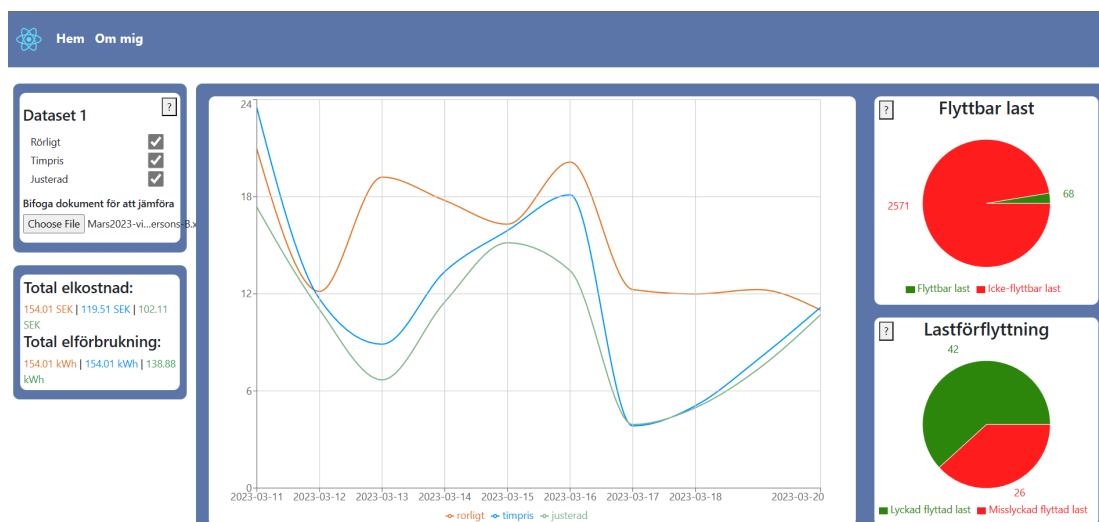


Figur C.6: Grafen för medelstort hushåll under period 3.

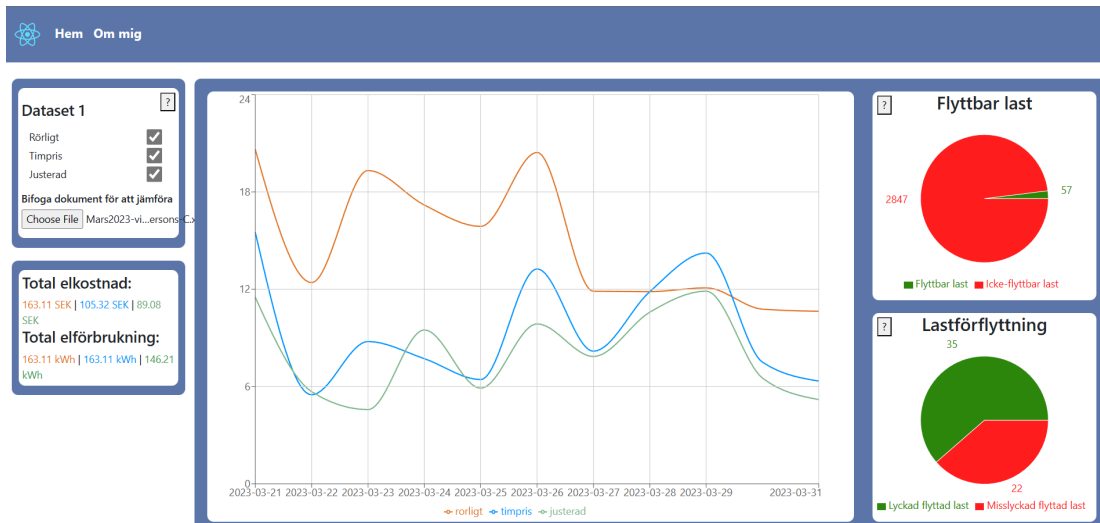
C. Appendix C



Figur C.7: Grafen för stort hushåll under period 1.



Figur C.8: Grafen för stort hushåll under period 2.



Figur C.9: Grafen för stort hushåll under period 3.

D

Appendix D

Bra artiklar för exjobb

Möjliga API:er:

[Static Content \(entsoe.eu\)](#) - Öppen API för elprisdata, hela Europa
[Elpriset just nu – Se elpriset idag, timme för timme](#) - Öppen API för elprisdata i Sverige
[API | Nord Pool \(nordpoolgroup.com\)](#) - Nordpools API
[Energidata API | Datahämtning utan mellanhänder - eon.se](#) - EON:s API, inte gratis
[Energy prices in Europe today - Electricity spot price](#) Elprisetjustnu:s API för hela Europa
[EntryScape](#) - Energimarknadsinspektionens API för elpriser

Elavtal:

[Ellevio | Vilket avtal ska jag välja?](#) - Elavtalstyper
[Olika avtalstyper - Energimarknadsinspektionen \(ei.se\)](#) - Elavtalstyper
[Timprisavtal | Energimarknadsbyrån \(energimarknadsbyran.se\)](#) - Timpris
[Avtal om rörligt pris - månadsbörpris | Energimarknadsbyrån \(energimarknadsbyran.se\)](#) - Rörligt

Smarta hem rapporter:

[\(PDF\) Energy management algorithm for smart home with renewable energy sources \(researchgate.net\)](#)

[Optimal Residential Load Control With Price Prediction in Real-Time Electricity Pricing Environments | IEEE Journals & Magazine | IEEE Xplore](#)

[Smart home energy management systems: Concept, configurations, and scheduling strategies - ScienceDirect](#)

[Modeling for Residential Electricity Optimization in Dynamic Pricing Environments | IEEE Journals & Magazine | IEEE Xplore](#)

MongoDB:

[MongoDB vs. PostgreSQL: Compare Database Structure | Integrate.io](#)
[MongoDB Vs PostgreSQL | MongoDB](#)
[MongoDB vs PostgreSQL - javatpoint](#)
[When To Use MongoDB Instead Of PostgreSQL For Web Projects \(cloudinfrastructureservices.co.uk\)](#)
[Query Documents — MongoDB Manual](#) - Query översättningar

Boken - Interaction Design: Beyond human-computer interactions:

Läs kapitel 10, kapitel 11, kapitel 13, kapitel 7.4, 7.5
Enkätutformning: Kap 7.5

Boken - Designing The User Interface 4th edition:

Kapitel 2: Principles
Kapitel 12.4: Display design

INSTITUTIONEN FÖR DATA- OCH INFORMATIONSTEKNIK
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA & GÖTEBORGS UNIVERSITET

Göteborg, Sverige

www.chalmers.se



GÖTEBORGS
UNIVERSITET



CHALMERS