



AKADEMIN FÖR TEKNIK OCH MILJÖ
Avdelningen för bygg-, energi- och miljöteknik

Kategorisering av byggnader i Gävles fjärrvärmenät utifrån dess effektsignaturer

En fallstudie

Joacim Tillman

2018

Examensarbete, Grundnivå (kandidatexamen), 15 hp
Energisystem
Energisystemingenjör, Co-op

Handledare: Magnus Mattsson
Bitr. handledare: Niklas Lindmark
Examinator: Nawzad Mardan

Sammanfattning

Gävle Energi har nyligen implementerat en ny prismodell till fjärrvärmen med en säsongsprismodell som kom 2018 och en kapacitetsprismodell som kommer 2019. Den nya prismodellen ska återspegla kostnaden för att producera fjärrvärmen samt belöna kunder som utför effektiviseringsåtgärder.

Kapacitetsprismodellen, som denna studie fokuserar på, kommer att baseras på anläggningens energibehov vid -10 grader. Då kapacitetspriset är samma för samtliga kunder så kommer priset kunden betalar att återspegla hur stort energibehov byggnaden har vid -10 grader.

I denna studie har det undersökts om en uppskattning kan utföras för att ta reda på hur stort energibehov en nyansluten kunds byggnad behöver vid -10 grader utifrån tidigare anslutna kunder. Signaturer för 115 tidigare anslutna kunder med byggnader byggda från 2000 – 2018 användes vid denna studie. Byggnaderna kategoriserades för att kunna jämföra energibehovet för varje kund med en liknande byggnad. Utifrån detta skapades uppvärmningssignaturer för varje enskild byggnad, vilka sammanställdes i diagram uppdelade på varje byggnadskategori. Med detta var tanken att en standardsignatur kunde skapas för varje kategori för att sedan kunna använda denna signatur vid kapacitetsberäkning av en ny kunds byggnad.

Då resultatet inte blev som tänkt kunde dessa standardsignaturer dock inte skapas, utan en djupare analys för varje byggnad ser ut att behöva utföras. Hade en standardsignatur skapats utifrån befintliga resultat hade ett felaktigt energibehov tilldelats kunder med hög respektive låg energianvändning.

Två olika metoder användes för att beräkna energibehovet bakom uppvärmningssignaturerna, dels med boarean för byggnaderna, dels med omslutande arean då tanken var att den omslutande arean skulle ge ett bättre resultat. Användningen av den omslutande arean vid framtagandet av signaturerna visade sig dock inte vara av bättre användning då resultaten varierade för mycket.

Nyckelord: Fjärrvärme, prismodell, energibehov, kapacitet, signatur

Abstract

Gävle Energi have recently implemented a new price model for district heating with a seasonal depended price model that came in 2018 and a capacity pricing model that will be implemented 2019. The new price model is supposed to reflect the cost to produce the district heating and to reward customers who preform efficiency measures to their buildings.

The capacity pricing model, on which this study is focused on, will be based on the buildings energy demand at -10 degrees. Since the capacity price is the same for all customers, the price the customer pays instead will reflect the amount of energy demand the building needs at -10 degrees.

In this study it will be investigated whether an estimate can be made to find out how big of an energy demand a newly connected customer's building needs at -10 degrees from previously connected customers. Signatures from 115 previously connected customers with buildings build from 2000 – 2018 were used in this study. The building was then categorized to compare the energy demand for each customer with a similar building. Based on this, signatures were created for each individual building and then put together in a common chart for each category. With this, the idea was that a standard signature could be created for each category to the use this signature when calculating the capacity for a customer's building.

As the result was not as intended, these standard signatures could not be created without preforming a deeper analysis of each building. If a standard signature had been created with these results, an unfair capacity had been awarded to customers with a high and low energy consumption.

Different analyzes were used to calculate the different energy demands for the creation of the signatures, partly with the housing area of the buildings and the surrounding area with the thoughts that the surrounding area would provide the study with a better result. However, the use of the surrounding area in the development of the signatures did not provide to be of better use as the results varied too much.

Keywords: District heating, price model, energy demand, capacity, signature

Förord

Under dessa 10 veckor har det ställts ett stort prov på mig själv. Många problem har uppstått och många problem har lösts. Jag skulle vilja tacka alla som hjälpt mig under denna period och stöttat mig genom detta arbete.

Tack till Gävle Energi för att ha tagit emot mig med öppna armar och visat att jag har varit välkommen hos er.

Ett stort tack Niklas Lindmark på Gävle Energi som har agerat som min handledare på företaget och har hjälpt mig igenom denna perioden med alla frågor och problem jag kommit med.

Tack till Magnus Mattson på Högskolan i Gävle som har varit min handledare genom denna studie och guidat mig väl.

Tack även till Peter Rosenkvist som har låtit mig göra mitt examensarbete hos Gävle Energi på fjärrvärmeavdelningen.

Innehållsförteckning

1.	Introduktion.....	2
1.1	Bakgrund	2
1.2	Gävles fjärrvärmenät.....	3
1.3	Prismodell	4
1.3.1	Gammal prismodell	4
1.3.2	Nya prismodellen.....	5
1.4	Studien	5
1.5	Litteraturstudie	6
2	Teori.....	10
3	Mål och syfte	11
4	Avgränsningar.....	12
5	Metod	13
6	Resultat	15
6.1	Kategori 1 (Flerbostadshus i kvartersbebyggelse)	16
6.2	Kategori 2 (Flerbostadshus friliggande).....	17
6.3	Kategori 3 (Industri och partihandel)	18
6.4	Kategori 4 (Verkstäder)	19
6.5	Kategori 5 (Kontors- och butiksfastigheter)	20
6.6	Kategori 6 (Skolor)	21
6.7	Kategori 7 (Förskolor/Fritids)	22
6.8	Kategori 8 (Sjukhus/Sjukhem)	23
6.9	Kategori 9 (Övriga anläggningar).....	24
6.10	Övriga resultat.....	25
6.10.1	Kategori 1 (Flerbostadshus i kvartersbebyggelse).....	25
6.10.2	Kategori 2 (Flerbostadshus friliggande).....	26
6.10.3	Kategori 8 (Sjukhus/Sjukhem)	27
7	Diskussion och analys.....	28
8	Slutsatser.....	33
9	Referenser	34

1. Introduktion

1.1 Bakgrund

Den fossila bränsleanvändningen och produktionen av elektricitet samt värme ställs idag inför större krav då nya lagar samt mål för miljön och energin implementeras. Både globalt och lokalt måste förändringar ske i samhället för användningen av energin. Fjärrvärme som ses som en klimatsmart energibärare är en början på ett förändrat samhälle.

EU har satt upp mål till 2020 för begränsning av utsläppen av växthusgaser. Målet är att minska utsläppen med 20% gentemot utsläppen från 1990. Målet innefattar även att det ska ske en ökning av de förnybara energikällornas andel av den slutliga energikonsumtionen till 20% och att eftersträva en ökning av energieffektiviteten med 20%. I EU används uppskattningsvis 40% av den slutliga energianvändningen av byggnadssektorn[1].

Enligt energimyndigheterna uppgick den totala energianvändningen i Sverige till 390 TWh. Enligt Tabell 1 kan fördelningen ses för respektive energibärare och för fjärrvärmens uppgår den till 50 TWh[2].

Tabell 1: Visar den totala slutliga energianvändningen för olika energibärare i Sverige 2016.

Energibärare	TWh
El	125
Biomassa	102
Olja	88
Fjärrvärme	50
Kol och koks	13
Naturgas	6
Övrigt	6
Totalt	390

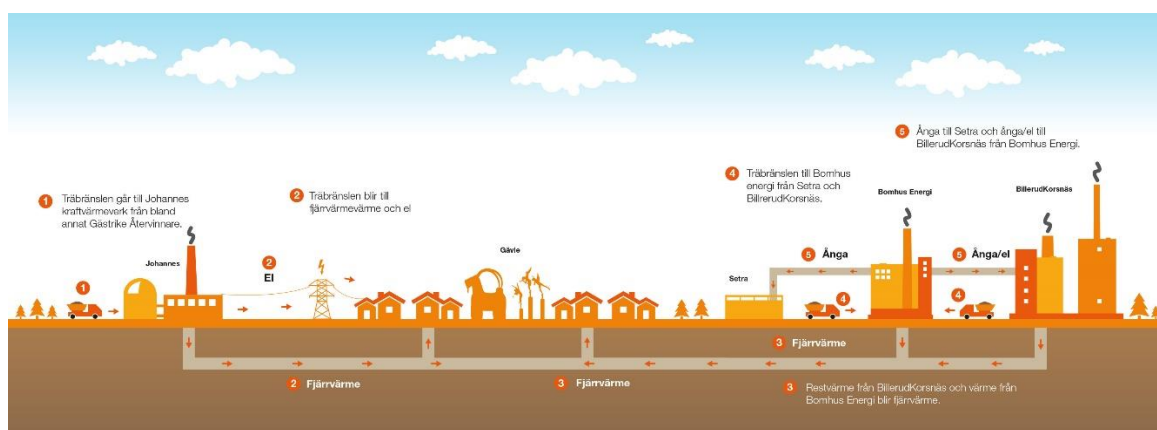
1.2 Gävles fjärrvärmenät

Gävle Energis fjärrvärmesystem består av sex olika komponenter där två av komponenterna är kraftvärmeverk samt två hetvattencentraler och den sista är Bille-
rudKorsnäs med sin restvärmeleverans samt hetvattenpanna. De två kraftvärmever-
ken är idag Johannes kraftvärmeverk samt Bomhus Energi Kraftvärmeverk där Bom-
hus Energi Kraftvärmeverk är hälftenägt av Gävle Energi och Bille-
rudKorsnäs.

Det som gör Gävles fjärrvärmesystem resurseffektivt är samarbetet med Bille-
rudKorsnäs och skapandet av Bomhus Energi och Bomhus Energi Kraftvärmeverk.
Bomhus Energi Kraftvärmeverk skickar sin producerade el samt värme till Bille-
rudKorsnäs efter behov. Bille-
rudKorsnäs skickar i sin tur den överblivna restvärmen
direkt ut på nätet.

Detta gör att mindre biobränsle behöver brännas och restvärmen istället ut som
prima fjärrvärme på fjärrvärmenätet. Bomhus Energi gör även att oljeanvändningen
för Bille-
rudKorsnäs sänks.

Den totala effekten i Gävles fjärrvärmenät är 227 MW där Johannes Kraftvärmeverk
har en effekt på 77 MW[3] inklusive rökgaskondensering och 23 MW el, medans
Bomhus Energi har en panneffekt på 150 MW[4] värme inklusive ånga och rök-
gaskondensering samt 90 MW el. I dagsläget arbetar båda kraftvärmeverken under
den kallare perioden av året från september till maj men med Johannes kraftvärme-
verk som går in när värmebehovet ökar och står idag för ca 33% av den totala leve-
ransen till nätet. Nedan visas en förklarande bild på hur Gävles fjärrvärmesystem
fungerar.



Figur 1: Visar Gävles fjärrvärmenät[5].

Utöver de två kraftvärmeverken så har Gävle Energi två hetvattencentraler. Hetvattencentralerna är endast till för nödlägen som reserv- och spetskapacitet då inte Johannes kraftvärmeverk eller Bomhus Energi Kraftvärmeverk räcker till. Ersbo HVC är den första hetvattencentralen som går in. Denna hetvattencentral använder RME som är ett förnyelsebart bränsle av rapsolja, metan samt ester (Biodiesel). Ersbo HVC har en utgående effekt på 74 MW bestående av två pannor på 37 MW[6].

Carlsborg HVC är den andra hetvattencentralen som även den används som reservspetsanläggning. Denna anläggning har en använder sig av tre pannor på vardera 30 MW men i dagsläget används endast två av pannorna då den tredje pannan är utdömd[7]. Denna anläggning har idag konverterats till samma bränsle som används i Ersbo HVC och använder sig av bioolja men som tidigare använde olja.

1.3 Prismodell

1.3.1 Gammal prismodell

Då många fjärrvärmebolag använder sig av prismodeller som baserar sig på medelvärden över tid istället för anläggningens unika uttagsmönster har det nu blivit intressant för en nyare prismodell för fjärrvärmebolagen. Den tidigare prismodellen fungerar inte till fullo när det sker förändringar i fjärrvärmesystemet för ökat behov samt förändrat energibehov hos konsumenterna.

Gävle energi, ett fjärrvärmebolag i Mellansverige, använde sig tidigare av en prismodell som baserades på en medeleffekt över tid. Prismodellen behandlade tre komponenter, fasta avgifter, effektagift samt en rörlig avgift. De fasta avgifterna baserades på en fast avgift samt en effektagift. Den fast avgiften och effektagiften baserades på ett energibehov för perioden mellan november-mars för de två tidigare åren. Med dessa värden bestäms sedan ett effektvärde (E-värde), där E-värdet är medelvärdet av medeleffekten för de två senaste åren[8]. Prismodellen visas i Tabell 2.

Tabell 2: Visar Gävle Energis gamla prismodell.

E-värde	Fast avgift	Effekt avgift	Rörlig avgift
0 - 20	803 kr	1052 kr * E	406 kr/MWh
21 - 100	5 276 kr	839 kr * E	406 kr/MWh
101 - 500	29 718 kr	597 kr * E	406 kr/MWh
501 -	56 772 kr	543 kr * E	406 kr/MWh

Problemet med denna prismodell är att den inte belönar energieffektiviseringsåtgärder och avspeglar inte kostnaden för att producera fjärrvärmen. Prismodellen ger inte heller kunderna några signaler om när fjärrvärmen är dyr respektive billig att producera. Eftersom prismodellen baseras på energibehovet för de två senaste åren syns energieffektiviseringsåtgärderna inte förens två år senare. Faktorer så som striktare byggnadskrav och energieffektiviseringsåtgärder förändrar värmebehovet i vissa perspektiv vilket kan sätta fjärrvärmebolagen i högre risk men också till en negativ påverkan på miljön[9].

1.3.2 Nya prismodellen

Gävle Energi är en av dessa fjärrvärmebolag som redan har börjat att implementera en ny prismodell med två olika komponenter, säsongsuppdelat energipris samt kapacitetspris. Denna forskning kommer att fokusera sig Gävle Energis nya kapacitetsprismodell att om det är möjligt att kategorisera utvalda verksamheter utifrån dess effektsignaturer. Kapacitetsprismodellen kommer att impliceras 2019 medans säsongsprismodellen kommer 2018.

Kapacitetsmodellen använder sig av ett kapacitetsbehov vilket är byggnadernas bedömda energibehov vid -10 grader. Kostnaden för kapaciteten anges i kWh/dygn och multipliceras sedan med en kostnad enligt gällande prislista vilket är samma för samtliga kunder.

1.4 Studien

För befintliga kunder som är anslutna till Gävle Energis fjärrvärmenät kan effektsignaturen bestämmas med hjälp av historiska mätvärden, men för nya kunder så måste signaturen uppskattas. Den nya prismodellen, kapacitetspris, är av intresse då denna prismodell avspeglar kostnaden för att producera fjärrvärme. Beroende på hur mycket värme din anläggning behöver per dygn vid utetemperaturer -10 grader varierar kostnaden för din kapacitet, det vill säga hur mycket energi kundens anläggning behöver. Forskningen ska kunna hjälpa Gävle Energi att enklare kunna bestämma kapacitetsbehovet för nyanslutna kunder till den nya prismodellen.

Studien fokuserar sig endast på nyanslutna kunder då kapaciteten för kundens byggnad måste uppskattas första året som ansluten kund. Resterande år kommer kunden att betala för sin verkliga kapacitet för byggnaden då mätvärden kommer att finnas från det första året vilket gör att kundens byggnad då kan få ett kapacitetsbehov efter uppmätta värden.

Då privatkunder med villor har en annan prismodell som innefattar en fast kostnad och en rörlig kostnad och inte kommer använda sig av kapacitetsprismodellen så kommer dessa byggnader att uteslutas från studien.

1.5 Litteraturstudie

Då den tidigare prismodellen för Gävle Energis fjärrvärme ska ersättas och den nya ska appliceras så måste de nyanslutna kundernas byggnader kategoriseras utifrån dess effektsignatur. För en nyansluten kund så måste en uppskattning göras för kapacitetsbehovet för byggnaden för det första året kunden är ansluten då det senare finns mätförden för ett korrekt kapacitetsbehov. Detta kan göras utifrån exempelvis byggår, byggteknik, ventilation mm.

Lundström et al.[10] gjorde en forskning, där en modell av en flerfamiljsbostad byggs i programmet IDA ICE där en typisk byggnad för en svensk flerfamiljsbostad i tidigt 1960 och 70-talet vilket är den period då de flesta flerfamiljsbostäder byggdes. En simulation av modellen gjordes för att se vad för förbrukning byggnaden hade i bl.a. värmebehov. Simulationen uppgav ett fjärrvärmebehov på 30 kWh/m² för varmvatten, 8 kWh/m² för värmeförluster och 100 kWh/m² för byggnadens uppvärmning. Lundström utförde sedan olika effektiviseringar av byggnaden i programmet för att se hur mycket energi som sparades. De olika simuleringarna utfördes enskilt utifrån basmodellen. Bland de olika besparingarna så var det tre effektiviseringar som stod för de största besparingarna, tilläggsisolering av externa väggar, värmeåtervinningsventilation (FTX) samt avluftsvärmepump där tilläggsisolering hade 23% besparing, FTX-systemet 28% och avluftsvärmepump 25%.

Dessa resultat kan hjälpa vid kategorisering av byggnader i fjärrvärmenätet då man tydligt kan se vilka besparingar olika effektiviseringsåtgärder har, dock är besparingarna inte desamma för olika byggnader vilket måste tas hänsyn till. Forskningen kollar dock bara på om en av dessa effektiviseringar impliceras vilket kan göra det svårt att bedöma om flera effektiviseringar impliceras samtidigt, eventuellt att byggnaden redan är tilläggsisolerad men att kunden vill investera ett FTX-system. Detta skulle betyda att effektiviseringen inte skulle bli lika stor som om byggnaden inte hade tilläggsisolerats. Det samma gäller för simuleringsresultatet, exempelvis en nyare eller äldre byggnad behöver inte ha samma värmebehov vilket då kan bli svårare att uppskatta. I vissa fall kan dokument om byggnaderna finnas tillgängliga vilket gör att åtgärder kanske kan ses i dokumenten vilket gör att uppskattningen av effektsignaturen och värmebehovet blir enklare.

I en tidigare forskning som gjorts av Heller [11], utfördes en simulation av värmebehovet för ett opererande fjärrvärmesystem. Heller menar på att om existerande mätvärden finns så ska tillvägagångssättet för beräkningen av värmebehovet ske på olika vis.

”Om kunskap finns tillgängligt för ett givet fall eller belastning för ett nytt system rekommenderas simuleringsmetoden. Metoden innefattar emellertid många parametrar som kan leda till fel och osäkerhet. Om kunskap om fallspecifika parametrar är sällsynta kan grad-dygnsmetoden leda till realistiska resultat. För lågenergi, soloptimerade byggnader så leder energisignaturen till rimliga resultat och om systemövergripande värmebehovsdata finns tillgängliga kan energisignaturmetoden göra bättre ifrån sig än grad-dygnsmetoden.”

Heller menar då på att signaturmodellen inte är det optimalaste sättet att använda sig av då inte tillräckligt med parametrar och värden finns tillgängliga vilket Gävle Energi ska använda sig av. Istället menar Heller att man ska använda sig av grad-dygnsmetoden som beräknas utifrån antalet observationer och mätningar där den genomsnittliga omgivande temperaturen ligger under ett specifikt värde. Tidsperioden för varje mätning kan variera från en timme till en dag. De samtliga mätvärdena summeras sedan under periodlängden och därefter bestäms ett graddygnsvärde. Han påpekar även att beräkningar och uppskattningar av värmebehov av byggnader är en väldigt komplex uppgift för större system som innefattar flera värmekunder. Detta kan vara viktigt att ta hänsyn till vid beräkningen och uppskattningen av en byggnads signatur.

J. Song et al.[9] gjorde en forskning, för att se över olika prismodeller som används av svenska fjärrvärmebolag. Studien omfattade en datainsamling av REKO som är en samling av svenska fjärrvärmebolag som jobbar genom att utveckla relationen mellan fjärrvärmeleverantörerna och kunderna. Datainsamlingen omfattade 80 svenska fjärrvärmebolag som står för 85% av den årliga värmeproduktionen för fjärrvärmebolagen i Sverige.

Resultatet visade att bara 6 % av kunderna använder sig av en liknande prismodell som Gävle Energi ska applicera. Song menar att denna metod fungerar bra till flerk familjsbostäder men att den del av kunderna inte har en linjär korrelation mellan deras värmebehov och utetemperatur. Om så är fallet så kan kapacitetsvärdet vara svårbedömt.

K. Sernhed et al. [12] gjorde en kvalitativ undersökte kundernas perspektiv på olika prismodeller för fjärrvärme. Undersökningen behandlade tre fjärrvärmebolag i Sverige där bolagen hade applicerat en ny prismodell till kunderna där kunderna anslutna till de olika bolagen fick genomföra en gruppintervju. Intervjuerna omfattade mer än 50 kunder där de olika prismodellerna diskuterades om hur kunderna såg på modellen. Resultaten från gruppintervjuerna visade att kunderna fann svårigheter att förstå prismodellerna och speciellt modellerna som behandlade värmebehovssignaturerna och hur dessa fungerade. Resultaten bevisar på komplikationer mellan fjärr-

värmebolagen och kunderna vilket kan vara missvisande då inte tillräckligt med information har getts till kunderna. Problem som då kan uppstå är att kunder istället inte ansluter sig till fjärrvärmenätet då det inte känner någon trygghet i prismodellen. Det viktigaste för kunderna utifrån intervjuerna är när prismodellerna inte belönar energibesparingar från kunderna utan istället får betala samma pris. Detta kan ske när värmebehovet är svårt att uppskatta vilket gör att kunderna inte kan skapa en budget för energieffektivisering då åtgärderna inte belönar dem.

G. Nordström [13] gjorde en annan forskning för att se om användandet av energisignaturer kan vara lämpligt vid beräkningar av en-familjs villor. Nordströms forskning behandlade flera olika villor med olika byggnadsårtal, byggnadsskal, isolering mm. Anledningen till Nordströms forskning var för att se om det var möjligt att använda sig av en simpel en-variabel metod för att undersöka byggnadernas energiprestanda. Forskningsexemplen genomfördes även med åtanke för klimatet då energibehovet beräknades under den kallare årsperioden från november – februari. Ett av resultaten som Nordström kom fram till var att olika tidslängder behövs för insamling av data.

”Resultatet visar att beställa värmeförlustfaktorn i småhus med hjälp av en enkel-variabelmetod ger goda resultat. Dagliga genomsnittsvärden är en bra tidslängd för att analysera hus som värms med radiatorer under fönstren. Medan byggnader med ett golvvärmsystem i en betongplatta måste ha ett längre tidsperspektiv, ca 3 dagar.”

Nordströms forskning baserar sig dock på villor medan Gävle Energi ska uppskatta signaturen för större byggnader. Men Nordströms forskning kan ändå vara till intresse då forskningen skapar ett perspektiv på tidslängden för analyser. Om inte befintliga mätvärden finns för en byggnad så kan det behövas göra nya mätningar för byggnaden. Nordström menar även att signaturmodellen är lämpligt vid ett kallare klimat där det sker större temperaturdifferenser vilket är lämpligt eftersom forskningen kommer att behandla Sverige vilket har ett sådant klimat. Metoden fungerar även på gamla som nya byggnader.

I en studie av M. Gustafsson et al.[1] gjordes en undersökning med hur energibesparingsmetoder påverkar byggnader som är anslutna till ett fjärrvärmenät. Studien tar bland annat upp om hur värmeverk och kraftvärmeverken påverkar målen som EU satt upp. Studien menar att de fjärrvärmenät som använder sig av kraftvärme kommer bidra mycket till 20/20/20 målet och att värmeverken och kraftvärmeverken kommer ha en stor betydelse för framtidens hållbara utveckling för värmeproduktion.

Studien visade även att 72% av energin används för uppvärmning samt varmvatten medans 10% användes för byggnads elektricitet och 18% användes till elektricitet av användaren av lägenheterna. I studien användes en basmodell som skapades i IDA ICE där en typisk flerfamiljsbostad användes. Byggnaden innefattade 27 lägenheter och hade en total boarea på 2500 m². Byggnadens totala energianvändning uppgick till 320 MWh vilket resulterade till en årlig energianvändning på 120 kWh/m².

I en studie skriven av E. Kurkinen [14] från Tekniska Forsknings Institutet av Sverige, gjorde en undersökning av åtta flerfamiljsbostäder där dessa byggnader byggda mellan 1940 - 1980 visar en stor potential för energibesparing då två av dessa byggnader visade en minskning av energibehovet med mer än 60% efter en renovering. Enligt energimyndigheterna är det möjligt att sänka energianvändningen av byggnader byggda 1960 – 1975 med 70% genom en omfattande renovering.

K. Difs et al. [15] skriver i en studie, om energikonverteringsåtgärder för byggnader som är kopplade till ett fjärrvärmenät. Studien tar upp information om hur mycket energi som byggnadssektorn står för och menar på att detta skapar möjligheter för energikonverteringsåtgärder (ECMs) i flerfamiljsbostäder. Studien tar upp tre olika ECMs, värmebelastningskontroll, isolering av vind samt elbesparingar.

Resultatet utifrån studien visar att prioriteringar av energisystemets elbesparingar ska ske före en minskning av fjärrvärmen för både ett ekonomiskt perspektiv samt ett globalt CO₂ perspektiv.

I en studie om effekterna för besparingsmetoder för värme och el i flerfamiljsbostäder kopplade till fjärrvärmenätet skriven av N. Truong et al. [16], beskriver dem i studien att besparingsmetoderna kan vara väldigt komplexa. Besparingsmetoderna är beroende av inte bara hur energin används som behov utan även hur energin skickas från fjärrvärmeanläggningarna vilket är i Växjö i detta fall.

Studien testades på både en betongskalsbyggnad och en byggnad med trä som omslutande ytterväggar. Energibesparingsåtgärderna som testades var minskning av varmvatten, byggnadsskalet samt värmeåtervinningsventilation.

Resultaten visade att energibesparingsmetoderna som testades hade väldigt liten skillnad på de olika byggnadsskalen. De primära energibesparingsåtgärderna beror istället på typen av energieffektivitet och sammanställning av produktionssystemet för fjärrvärmen. Men för de olika metoderna som testades visade det sig att elbesparingarna hade de högsta besparingen för dessa byggnader.

2 Teori

För fortsatt förståelse för detta arbete så presenteras nedan några teorier för att göra läsningen lättare.

I rapporten kommer signaturer för byggnaderna vara att begrepp som behandlas mycket. Det som menas med en byggnads signatur är hur energibehovet för en byggnad förhåller sig till utomhustemperaturen. Signaturerna är uppritade i diagram för y-axeln representerar energibehovet per dygn och kvadratmeter medans x-axeln representerar utomhustemperaturerna. Utifrån detta kan sedan byggnadens signatur ritas upp från alla de tidigare mätvärdena men en trendlinje som då kommer att ha en negativ lutning då energibehovet kommer vara större vid kallare utetemperaturer.

En byggnads kapacitet tas även upp i rapporten. Kapaciteten för en byggnad beskrivs som kWh/dygn och är ett mått för stort behov en byggnad behöver per dag. Kapaciteten är viktig i denna rapport då det är efter den som avgör för hur mycket kunde måste betala gentemot Gävle Energis pris.

3 Mål och syfte

Målet med denna studie är undersöka om hur nya kunders kapacitetsbehov kan bestämmas enligt Gävle Energis nya prismodell för fjärrvärme. Studien ska även undersöka om energisignaturerna för tidigare anslutna kunder kan hjälpa att kapacitetsbestämma nya kunder då de nya kundernas energianvändning måste uppskattas. Utifrån studien ska förhoppningsvis kapacitetsbehovet för en nyanslutna kund bestämmas och ett korrekt kapacitetsbehov ska uppskattas för den nya kunden. Den nyanslutna kundens byggnad ska enligt kategori kunna prissättas. Gävle Energi ska sedan kunna ta nytta av detta för att sedan kunna använda denna metod.

4 Avgränsningar

Då denna studie behandlar kategorisering samt kapacitesbestämning av nyanslutna kunder till fjärrvärmenätet har avgränsningar gjorts i arbetet. Studien har behandlat tidigare anslutna kunder med byggnader som har ett byggnadsår senare än år 2000. Detta är på grund av att de nya kunderna som ansluter sig till fjärrvärmenätet idag oftast har byggnader som energimässigt liknar de byggnader som är byggda efter 2000 vilket då ger ett korrektare resultat.

Privatkunder med villor är inte med i denna studie då privatkunderna använder sig av en annan prismodell. Privatkunder betalar istället för en fast avgift och för en rörlig avgift vilket denna studie inte handlar om.

5 Metod

Då denna studie behandlar nyanslutna kunder till fjärrvärmenätet togs beslutet att det är bättre att jämföra nyanslutna kunder från en relativt ny period för att sedan kunna jämföra dessa byggnader. Därför valdes en period från 2000 - 2018 då dessa byggnader är av en nyare typ vilket kan jämföras med nya byggnader idag.

För att göra detta urval användes ett GIS program av Gävle Energi. Detta GIS-system (iKartan) kan användas för att se alla Gävles fjärrvärmeledningar, centraler, mätare men även andra kategorier inom exempelvis elnätet. I iKartan bestämdes sedan parametrar för att göra sökningen lättare. Parametrarna som valdes var anslutningsår av byggnaderna samt byggnader som befinner sig inom 1 meter från en fjärrvärme-central. Detta urval gjordes för att rätt byggnader skulle visas i det senare exporterade Excel arket.

I iKartan markerades sedan olika områden där Gävle har sitt fjärrvärmenät, då hela fjärrvärmenätet var för stort urval. Anslutningsåren för byggnaderna var även tvungen att delas upp. Då urvalen hade skapats för de olika områdena exporterades sedan samtliga kunder i dessa områden till ett Excelark.

När alla kunderna för de markerade området visades i Excel så sorterades kunderna med villor bort då villor inte använder sig av kapacitetsmodellen. De kvarstående byggnaderna börjades sedan undersökas närmare.

För att kunna jämföra de olika byggnaderna med varandra behövdes ett sätt att urskilja byggnaderna från varandra. Metoden för att göra detta var att använda ett kategoriträd där varje byggnad placerades i en lämplig kategori. Genom att använda iKartans och andra GIS-systems "street-view" funktion och även internetsökningar kunde byggnaderna urskiljas från varandra och placeras i kategorierna. Se kategorierna i tabell nedan.

Tabell 3: Visar kategoriindelning som används i studien.

Kategorinummer	Kategori
1	Flerbostadshus i kvartersbebyggelse
2	Flerbostadshus friliggande
3	Industri och partihandel
4	Verkstäder
5	Kontors- och butiksfastigheter
6	Skolor
7	Förskolor/fritids
8	Sjukhus/sjukhem
9	Övriga anläggningar

När byggnaderna hade placerats i de olika kategorierna började varje enskild byggnad ses över. Då den totala energianvändningen per år kunde ses i den hämtade Excel-filen behövdes ett sätt för att kunna jämföra energianvändningen för de olika byggnaderna. Detta gjordes genom att använda sig av byggnadens boarea. Boarean beräknades genom att mäta varje byggnads yta var för sig för att sedan multiplicera den uppmätta ytan mot antalet plan i byggnaden. Detta gav en uppskattning för hur mycket energi en byggnad använder per kvadratmeter.

För varje byggnad börjades sedan signaturerna för kapacitetsmodellen tas fram. Genom Gävle Energis rapportverktyg Qlickview kunde all data för byggnaderna ses. I Qlickview togs sedan energibehovet fram för samtliga dagar för de fyra tidigare åren. För dessa dagar kunde även temperaturen visas vilket gjorde att byggnadens signatur även kunde ritas upp i ett punktdiagram. Signaturen representeras utav en trendlinje av energibehovet vid de olika temperaturerna.

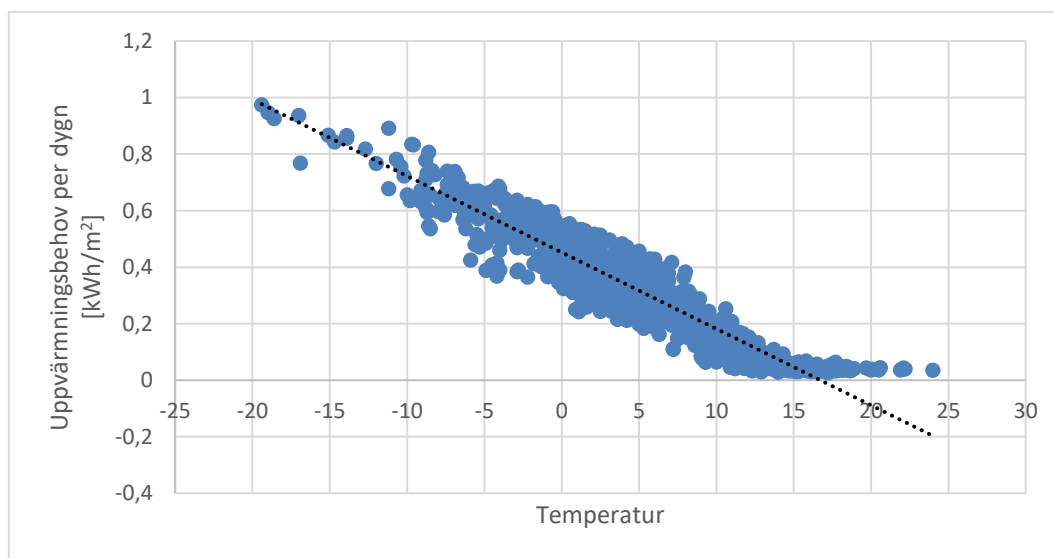
När signaturen hade skapats för samtliga byggnader kunde sedan signaturerna för byggnaderna i samma kategori placeras i samma punktdiagram. Detta gjordes för att lättare kunna se hur användningen för byggnader inom samma kategori skiljer från varandra och om möjligt skapa en standardsignatur för byggnader inom samma kategori.

Efter att alla byggnader placerats i samma punktdiagram utifrån dess kategori gjordes samma analys om igen men med användning av den omslutande arean för varje byggnad. Den omslutande arean beräknades med hjälp av användningen av iKartan där längden och bredden mättes upp för byggnaden. En uppskattning av byggnaden höjd gjorde utifrån antal planen i byggnaden. Rumshöjden valdes till 2,4 m enligt boverkets standard [17], vilket sen multiplicerades med antalet plan i byggnaden. Ytan för taket beräknades genom att multiplicera längden och bredden för byggnaden.

När signaturerna hade skapats med den omslutande arena så placerades sedan byggnader i samma kategori i nya punktdiagram för att sedan kunna jämföra skillnaden mellan användandet av boarean och den omslutande arena vid framtagandet av en byggnads signatur.

6 Resultat

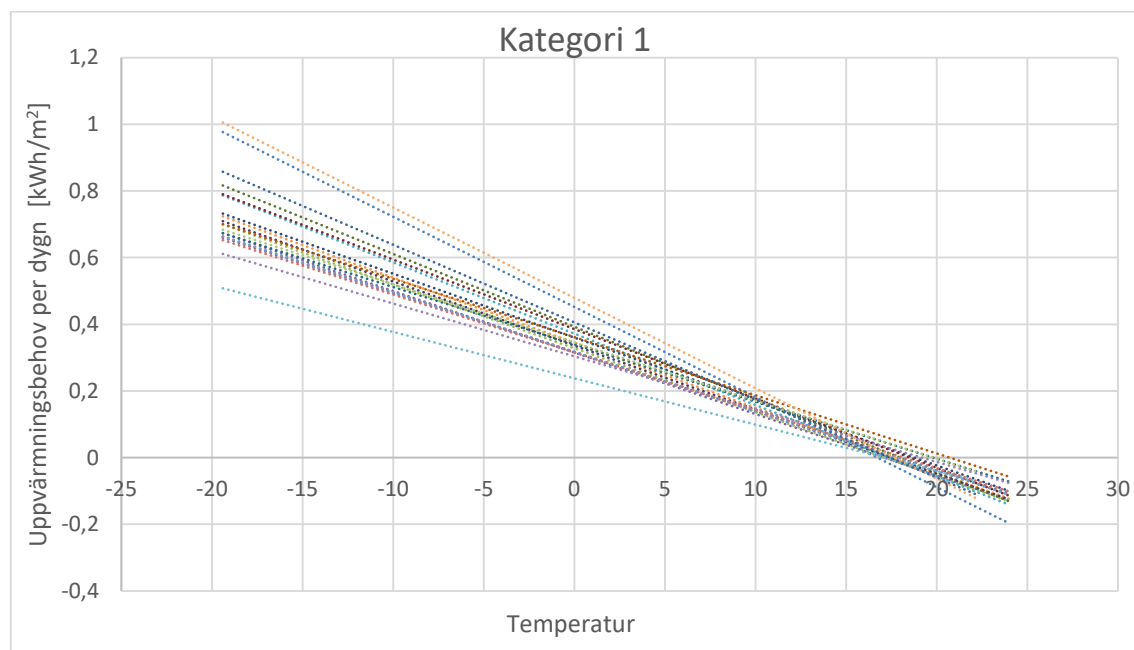
Efter de utvalda byggnaderna tagits fram utifrån urvalen i iKartan återstod 115 byggnader från årsspannet 2000 - 2018. Av dessa byggnader var 12 stycken för nya så det inte fanns några mätvärden vid olika temperaturer. För att få ett tydligare begrepp på hur signaturerna ser ut visas det i figur 2. Figuren visar alla mätvärden vid olika temperaturer för året och vilken energianvändning denna byggnad har per dygn samt boarean. Utifrån dessa punkter skapas sedan signaturen med hjälp av en trendlinje för punkterna vilket representerar byggnadens signatur.



Figur 2: Visar hur en signatur ser ut med alla mätvärden.

6.1 Kategori 1 (Flerbostadshus i kvartersbebyggelse)

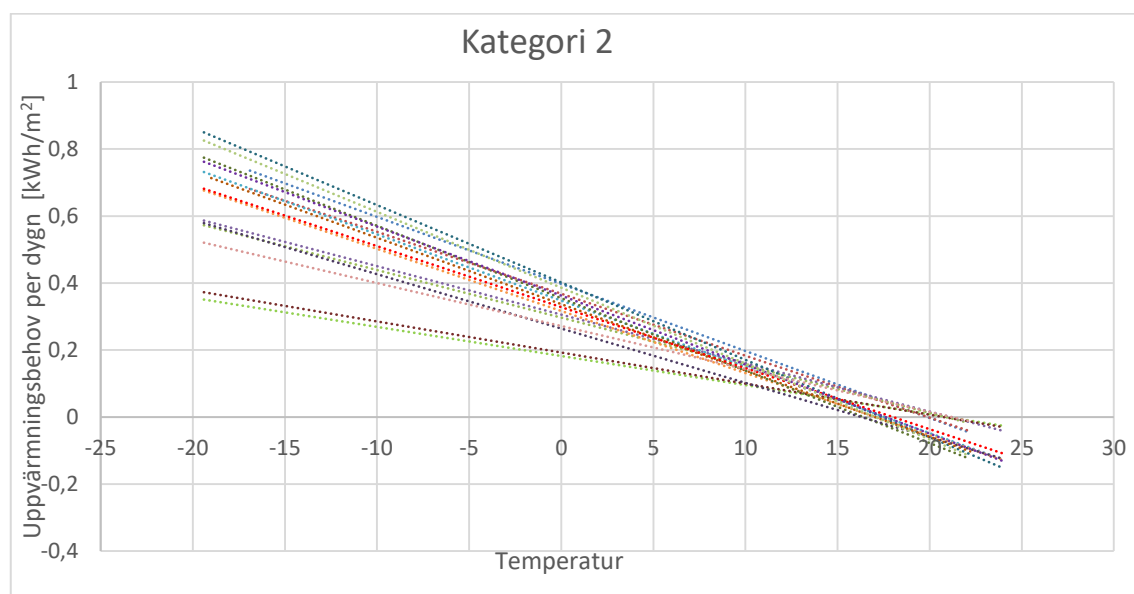
Nedan visas resultatet vid användandet av boarean vid framtagandet av signaturen för kategori 1. I figur 3 kan det tydlig visas att spridningen ökar vid lägre utetemperaturer och visar en skillnad på ca 0,54 kWh/m² vid -20 grader för byggnaden med den lägsta behovet och byggnaden med det högsta behovet. Vid -10 grader där kapacitetspriset ska betalas för har byggnaden med det lägsta behovet och det högsta behovet en skillnad på ca 0,4 kWh/m² vilket fortfarande är högt.



Figur 3: Visar samtliga signaturer för byggnader i kategori 1.

6.2 Kategori 2 (Flerbostadshus friliggande)

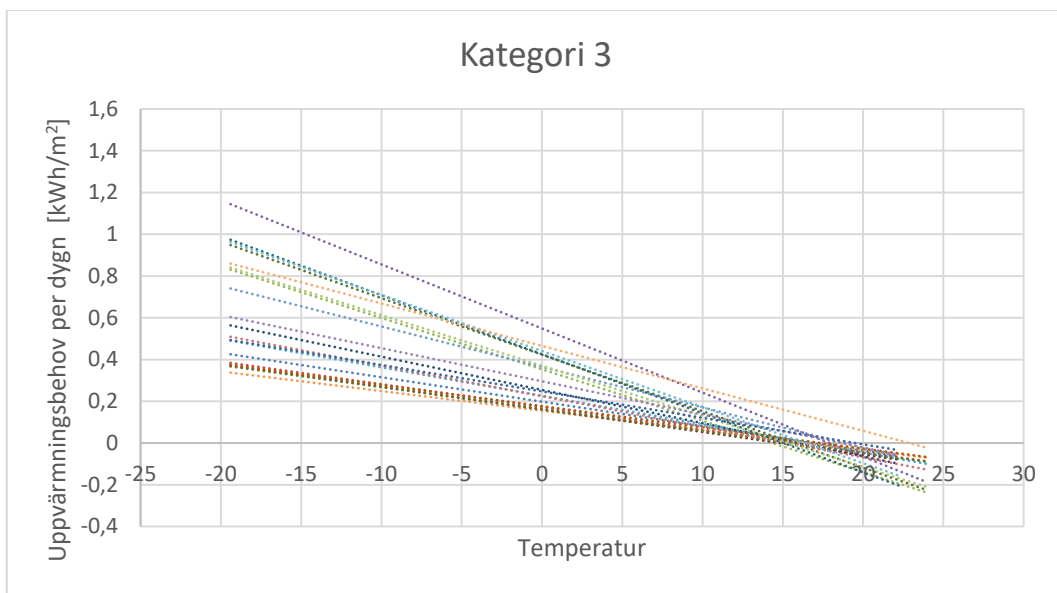
För kategori 2 visar de sammansatta signaturerna för varje byggnad inom kategorin en mindre spridning än i kategori 1. Vid -20 grader visar byggnaden med det lägsta behovet och det högsta behovet en skillnad på ca 0,45 kWh/m² medan skillnaden för dessa byggnader vid -10 grader är ca 0,35 kWh/m². I figur 2 kan det även ses att två byggnader skiljer sig mot de andra vilket är byggnaderna med den lägsta energianvändningen.



Figur 4: Samtliga signaturer för byggnader i kategori 2.

6.3 Kategori 3 (Industri och partihandel)

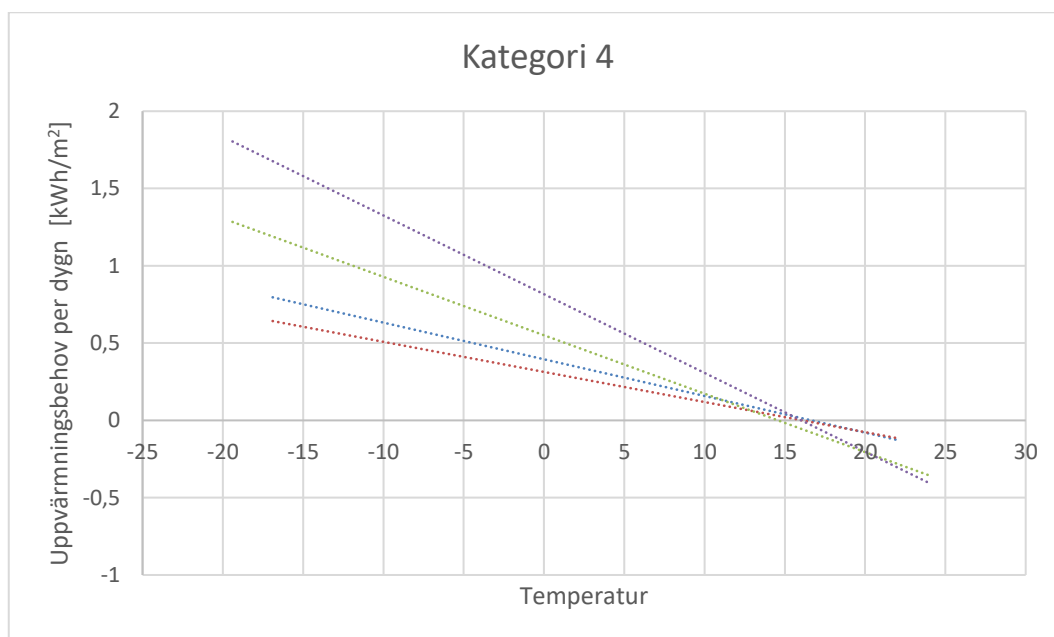
I figur 5 kan resultatet för kategori 3 visas. Spridningen för denna kategori är även här större än förväntat med en skillnad på ca 0,72 kWh/m² vid -20 grader mellan byggnaden med det lägsta behovet och byggnaden med det högsta behovet. Vid -10 grader är skillnaden mellan byggnaderna ca 0,67 kWh/m².



Figur 5: Samtliga signaturer för byggnader i kategori 3.

6.4 Kategori 4 (Verkstäder)

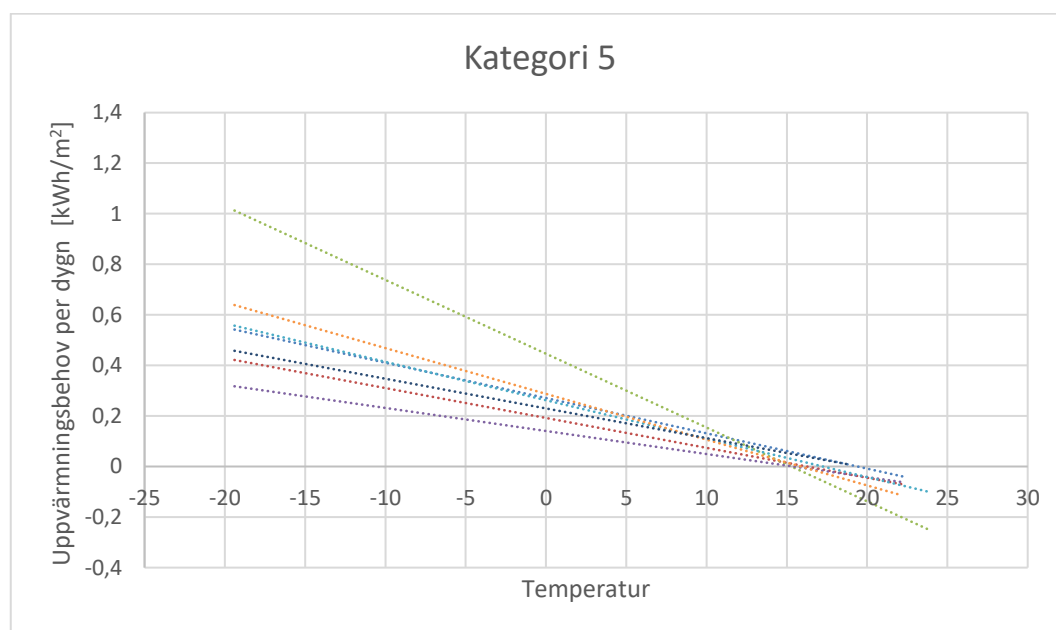
Figur 6 visar spridningen för byggnader som kategoriserats som verkstäder. Byggnaderna visar en stor spridning mellan byggnaderna. Skillnaden mellan byggnaden med det lägst behovet och det största behovet uppgår till ca 1,18 kWh/m² vid -20 grader. Vid -10 grader uppgår skillnaden till ca 0,8 kWh/m².



Figur 6: Samtliga signaturer för byggnader i kategori 4.

6.5 Kategori 5 (Kontors- och butiksfastigheter)

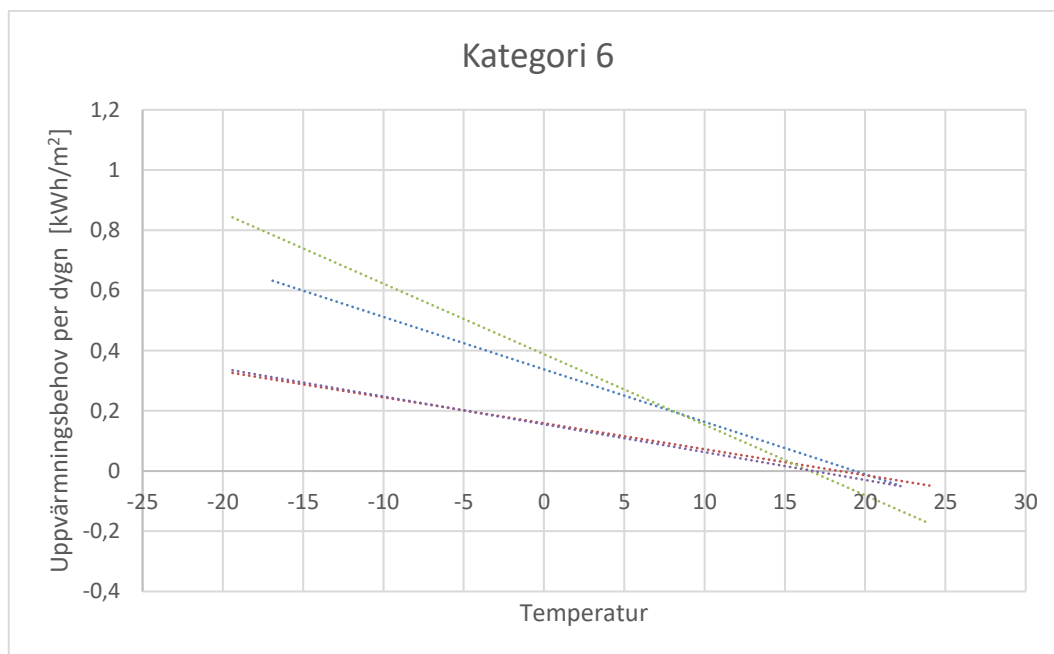
I figur 7 kan det tydligt ses att en av byggnaderna sticker ut och har en betydligt högre energianvändning än de resterande. Bara skillnaden mellan denna byggnad och byggnaden med näst högst behov uppgår till ca 0,4 kWh/m² vid -20 grader medans byggnaden med det högsta behovet och det lägsta behovet uppgår till en skillnad på ca 0,7 kWh/m² vid -20 grader. Vid -10 grader uppgår skillnaden mellan byggnaden med högsta och lägsta behovet till ca 0,56 kWh/m².



Figur 7: Samtliga signaturer för byggnader i kategori 5.

6.6 Kategori 6 (Skolor)

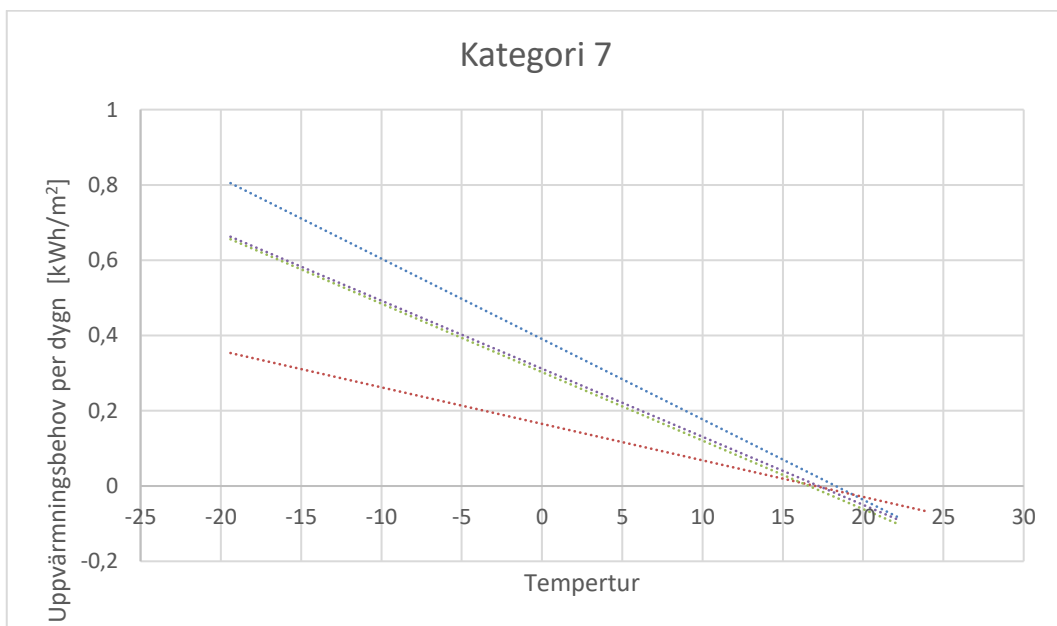
Kategori 6 har väldigt få byggnader i samma kategori med stor spridning mellan signaturerna förutom två byggnader som har nästan exakt samma signatur vilket kan ses i figur 8. Skillnaden i behovet mellan byggnaden med det lägsta och högsta behovet uppgår till ca 0,5 kWh/m² vid -20 grader medans skillnaden vid -10 är ca 0,39 kWh/m².



Figur 8: Samtliga signaturer för byggnader i kategori 6.

6.7 Kategori 7 (Förskolor/Fritids)

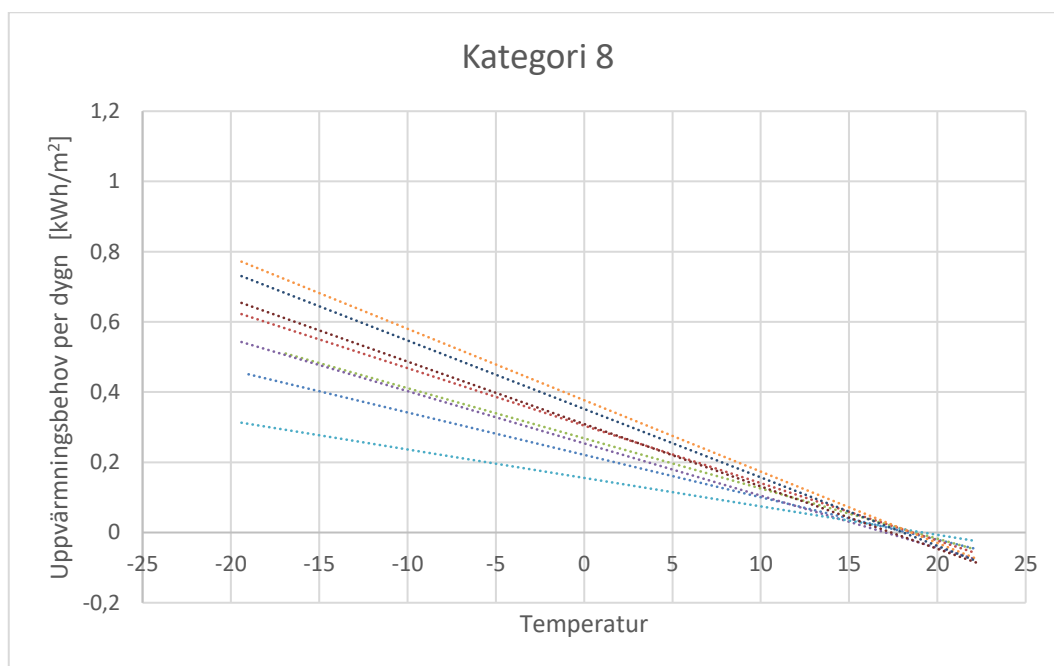
För kategori 7 finns det även här få byggnader att jämföra mellan. Två av byggnaderna kan ses i figur 9 ha ungefär samma signatur medans de andra två byggnaderna har högre behov samt lägre behov än dessa. Vid -20 grader så är skillnaden mellan byggnaden med det lägsta behovet och det högsta behovet ca 0,43 kWh/m². Vid -10 grader är skillnaden mellan dessa byggnader ca 0,34 kWh/m².



Figur 9: Samtliga signaturer för byggnader i kategori 7.

6.8 Kategori 8 (Sjukhus/Sjukhem)

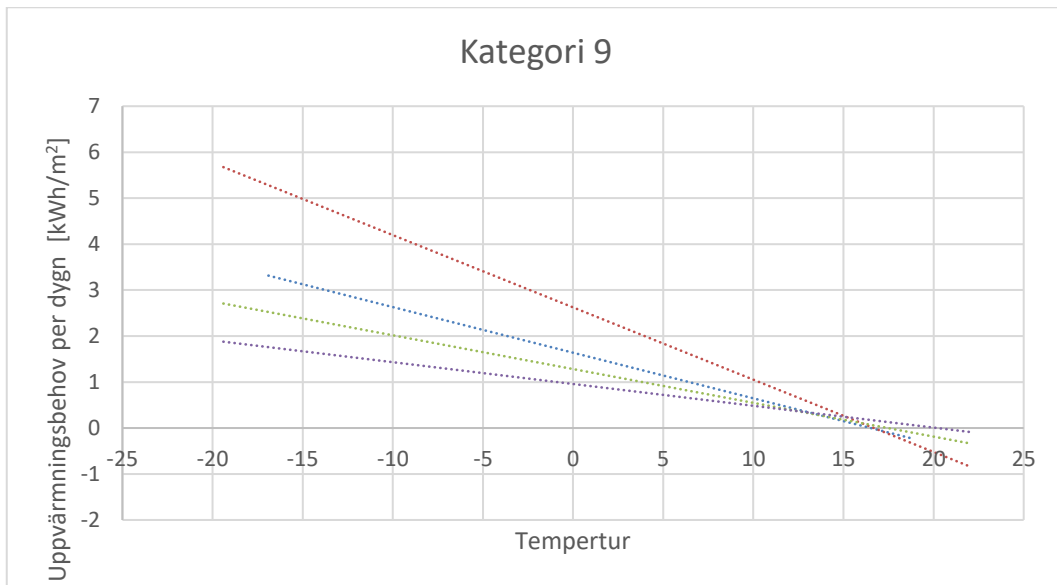
Kategori 8 har även stor spridning mellan de olika signaturerna vilket kan ses i figur 10. Skillnaden i behovet mellan byggnaden med det lägsta behovet och det högsta uppgår till ca 0,48 kWh/m² vid -20 grader medans skillnaden i behovet vid -10 grader uppgår till ca 0,38 kWh/m².



Figur 10: Samtliga signaturer för byggnader i kategori 8.

6.9 Kategori 9 (Övriga anläggningar)

Kategori 9 är den kategori som byggnaderna har den största skillnaden i behovet vid kallare temperaturer. För byggnaderna med det lägsta och högsta behovet uppgår skillnaden till ca 3,7 kWh/m² vid -20 grader och vid -10 är skillnaden i behovet ca 2,8 kWh/m².



Figur 11: Samtliga signaturer för byggnader i kategori 9.

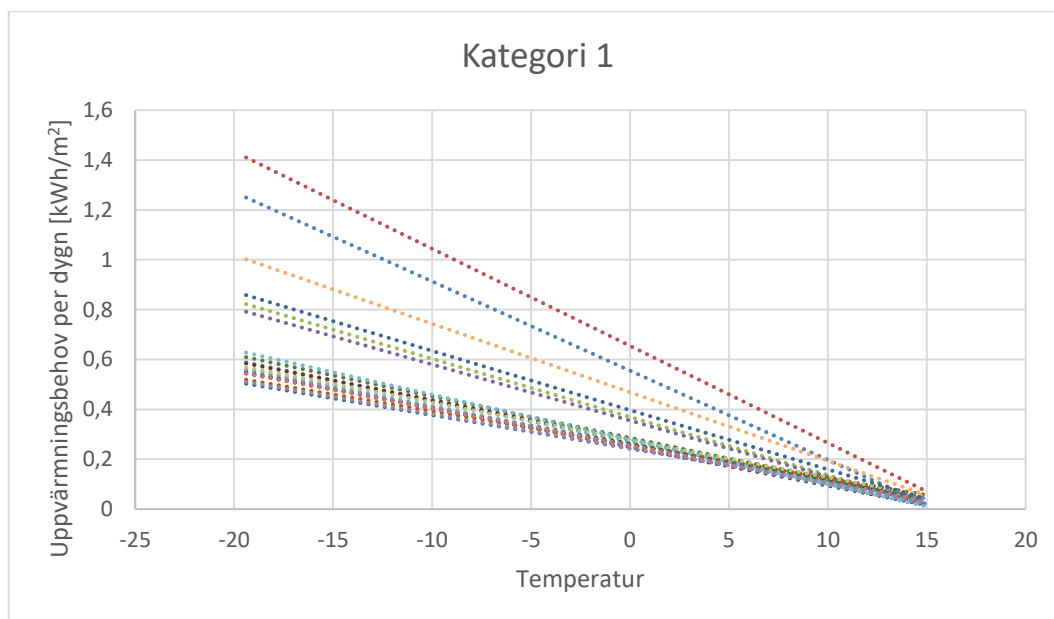
6.10 Resultat omslutande arean

Då de framtagna signaturerna hade för stor differens mellan varandra gjordes en annan analys på ett annat sätt att ta fram varje byggnads signatur.

Istället för att använda sig av boarean användes istället den omslutande arean för varje byggnad vid beräkning. Alla kategorier testades inte med detta sätt utan ett försök gjordes på tre olika, kategori 1, kategori 2 samt kategori 8. Dessa kategorier valdes på grund av att kategorierna hade ett större antal byggnader i dessa kategorier. Signaturerna framtagna med hjälp av den omslutande arean visas nedan.

6.10.1 Kategori 1 (Flerbostadshus i kvartersbebyggelse)

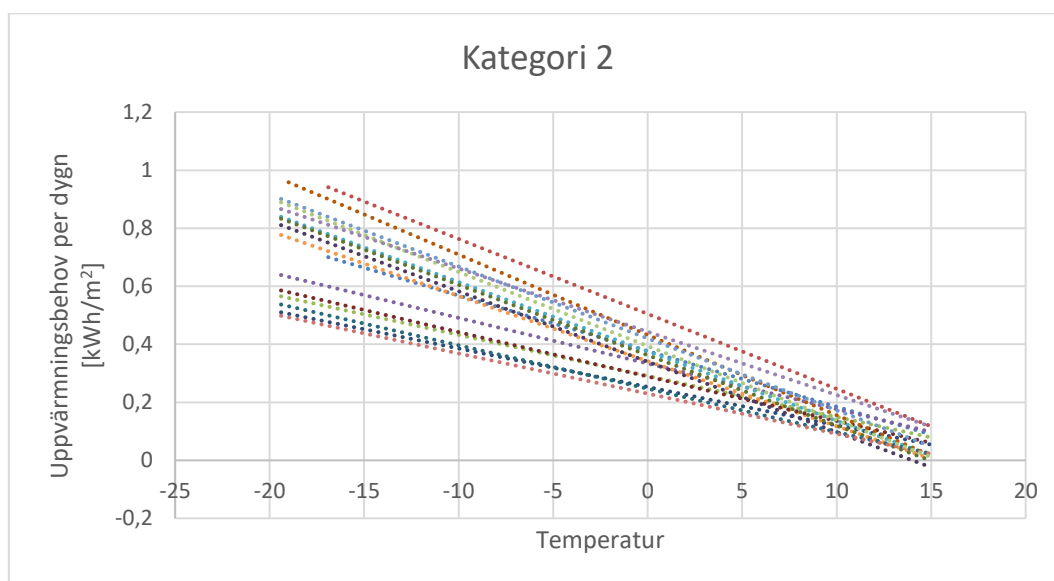
Figur 12 visar signaturerna för byggnader i kategori 1 vid beräkningar med den omslutande arean. För byggnaderna med det lägsta och högsta uppvärmningsbehovet uppgår en skillnad i behovet till ca 0,92 kWh/m² vid -20 grader medans behovet vid -10 grader uppgår till ca 0,75 kWh/m².



Figur 12: Visar signaturerna för kategori 1 med användandet av den omslutande arean för byggnaderna.

6.10.2 Kategori 2 (Flerbostadshus friliggande)

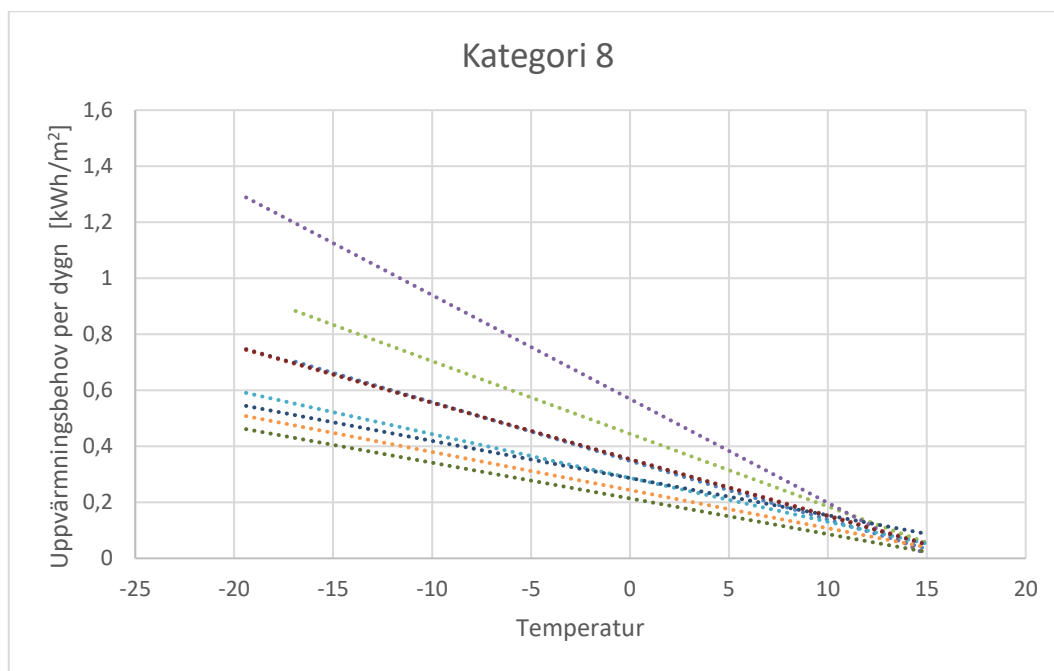
Figur 13 visar signaturerna för byggnader i kategori 2 vid beräkningar med den omslutande arean. För byggnaderna med det lägsta och högsta uppvärmningsbehovet uppgår en skillnad i behovet till ca 0,61 kWh/m² vid -20 grader medans behovet vid -10 grader uppgår till ca 0,4 kWh/m².



Figur 13: Visar signaturerna för kategori 2 med användandet av den omslutande arean för byggnaderna.

6.10.3 Kategori 8 (Sjukhus/Sjukhem)

Figur 14 visar signaturerna för byggnader i kategori 8 vid beräkningar med den omslutande arean. För byggnaderna med det lägsta och högsta uppvärmningsbehovet uppgår en skillnad i behovet till ca 0,82 kWh/m² vid -20 grader medans behovet vid -10 grader uppgår till ca 0,61 kWh/m².



Figur 14: Visar signaturerna för kategori 2 med användandet av den omslutande arean för byggnaderna.

7 Diskussion och analys

Då det resultatet utifrån de tidigare anslutna kundernas signaturer varierade alldeles för mycket skapar det problematik vid skapandet av en standardsignatur för varje enskild kategori. Eftersom skillnaderna var så stora mellan byggnader i samma kategori gör det att en standarssignatur inte kan skapas utifrån dessa resultat. Om en standardsignatur skapades utifrån detta skulle det skapa ett felaktigt kapacitetsbehov för vissa kunders byggnader då standardsignaturen hade varit ett medelvärde utifrån alla byggnader i samma kategori. Detta hade resulterat i att byggnader med lägre energibehov hade behövt betala mer medan byggnader med högre energibehov hade behövt betala mindre för det första året. För resterande år kommer kapacitetsvärdet att justeras så att den efter det första året baseras på uppmätta värden och är således korrekt efter ett år med mätvärden.

Anledningen till användandet av den omslutande arean är på grund av att vissa av byggnaderna skulle kunna endast ha ett plan men ha hög takhöjd istället, exempelvis vissa lagerlokaler. Detta sätt skulle därför göra det mer rättvist av använda sig av den omslutande arean då den tar hänsyn till hela byggnaden. Beräkningen med hjälp av den omslutande arena användes även då den representerar transmissionsförluster bättre för byggnaden vilket troligen är en av faktorerna som har de största förlusterna.

I figur 12 - 14 kan man tydligt se att signaturerna har förändrat sig utifrån de tidigare signaturerna med boarean. I figur 12 kan det ses att många av byggnaderna har liknande signaturer och spridningen inte är så stor mellan dem. Dock är dessa signaturer på byggnader som liknar varandra. Dessa byggnaderna är placerade i Alderholmen i Gävle där många av dessa byggnader har en liknande uppbyggnad och utseende vilket kan vara anledningen till att dessa signaturer uppför sig på ett liknande vis. Ett sätt som skulle kunna utföras är att istället göra en signatur för liknande byggnader med att använda ett medelvärde för byggnaderna och sedan ha en gemensam signatur för dessa.

Vid beräkningar vid användandet av den omslutande arean har även mätvärden för temperaturer över 15 grader uteslutits. Detta är på grund av att vid 15 grader har varje byggnad ett standardbehov som alltid är lika stort under hela året. Detta behov är troligen varmvattenförbrukningen och behöver därför inte vara med i uppritningen av signaturerna då detta påverkar lutningen för varje byggnads signatur.

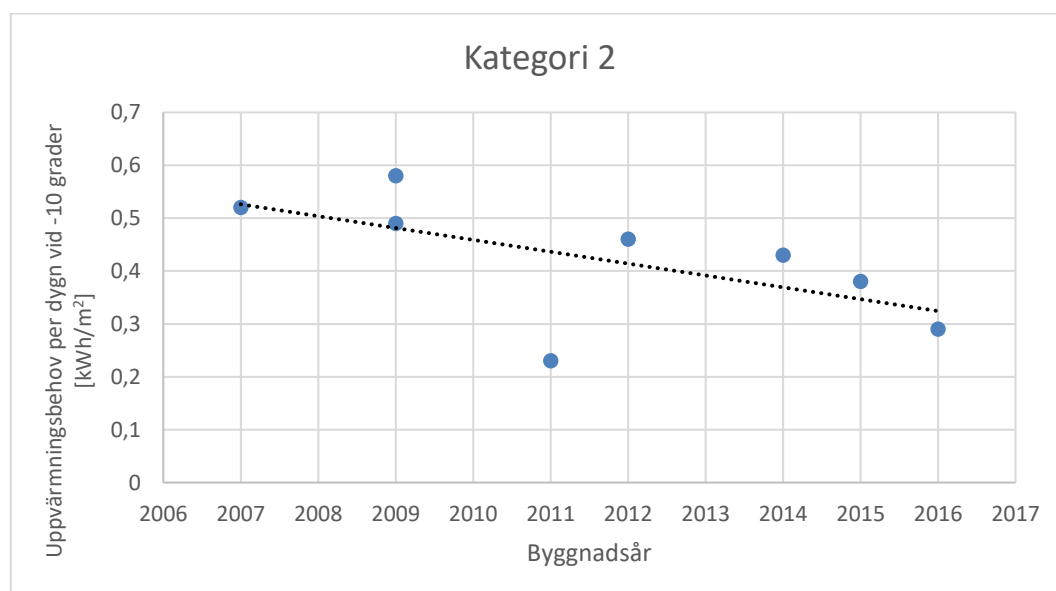
Om en gemensam signatur hade skapats för liknande byggnader vid användandet av omslutande arean så skulle det ändå vara problem att skapa en standardsignatur för varje kategori. Spridningen är fortfarande för stor i varje kategori för att kunna använda medelvärdet av samtliga byggnader i kategorin för att skapa en standardsignatur.

I figur 12 kan det visas att vid beräkningar med den omslutande arean har kategori 1 ett uppvärmningsbehov på ca 0,92 kWh/m² vid -20 grader medans uppvärmningsbehovet är ca 0,75 kWh/m² vid -10 grader mellan byggnaderna med det högsta och lägsta uppvärmningsbehovet. Detta är en större skillnad än vid beräkningar med boarean då skillnaden endas var 0,54 kWh/m² vid -20 grader samt 0,4 kWh/m² vid -10 grader. Detta visar att den omslutande arean visar ett sämre resultat för studien men kanske ett mer korrekt resultat då den omslutande arean representerar byggnadens kapacitet bättre.

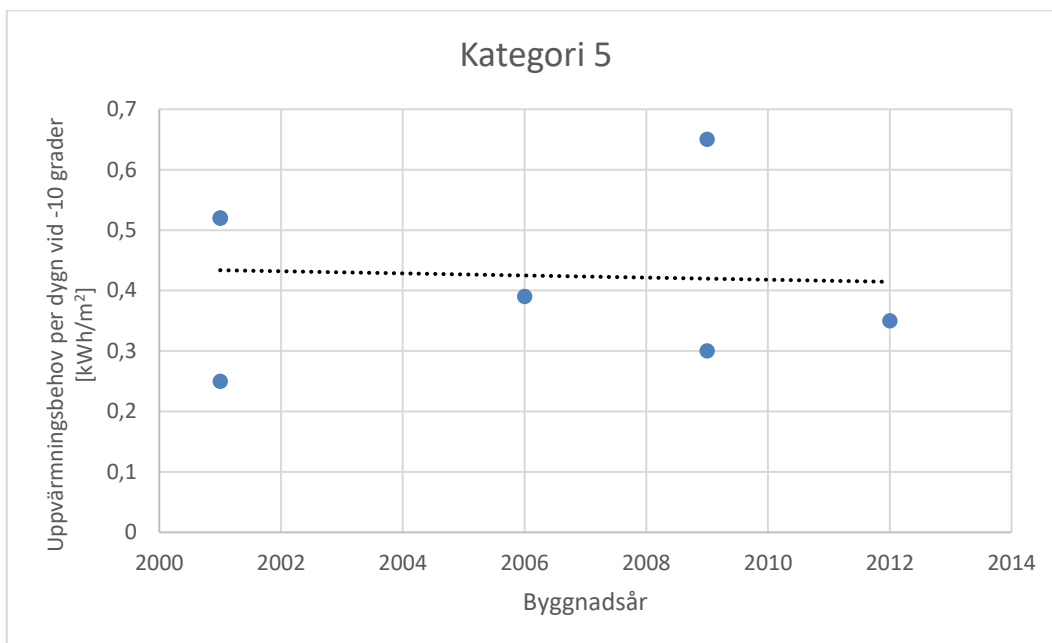
För kategorierna 2 samt 8 vid beräkningar med användandet av den omslutande arean visar även dem en större skillnad än vid beräkningar med hjälp av boarean. De andra kategorierna agerar troligen på samma vis som de testade kategorierna men en större spridning mellan byggnaderna vid användning av den omslutande arean.

Tidigare i rapporten så beskrevs olika energieffektiviseringar av en flerfamiljsbostad där det visade att en tilläggsisolering är en av olika sätt för att minska energibehovet med ca 23% [10], vilket skulle minska transmissionsförlusterna. Dock var detta arbete på en äldre byggnad än från 2000 men skulle troligen fortfarande ha en minskning i energibehov på nyare byggnader.

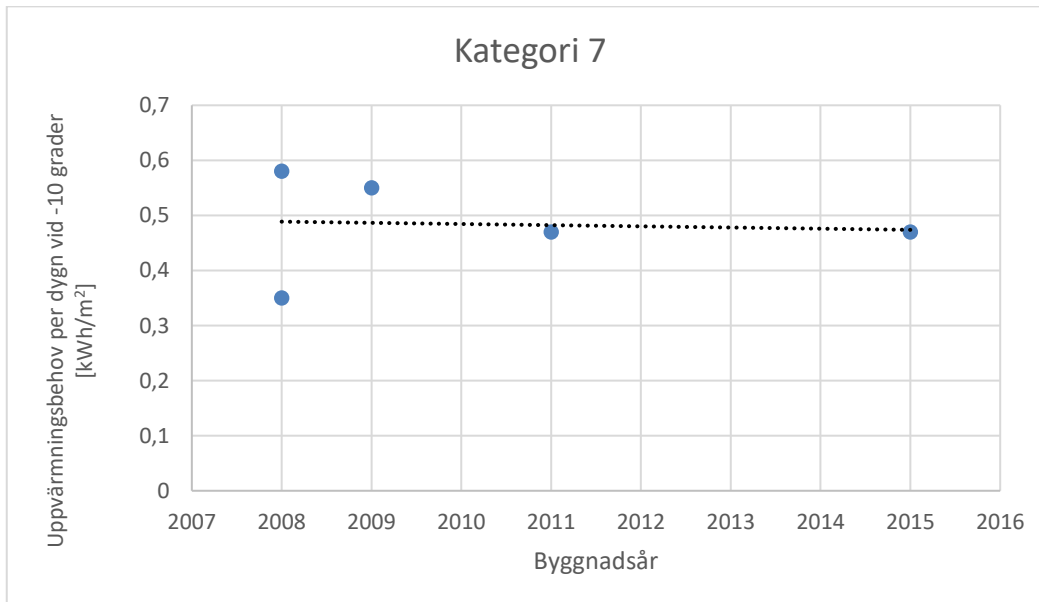
Utifrån detta gjordes även en sammanställning för att se hur byggnadernas ålder påverkade energibehovet. Detta gjordes för att se om t.ex. utvecklingen av byggnadsmaterial samt byggnadskrav tenderar att medföra en minskning i byggnadernas energianvändning. Diagram för olika kategorier visas nedan.



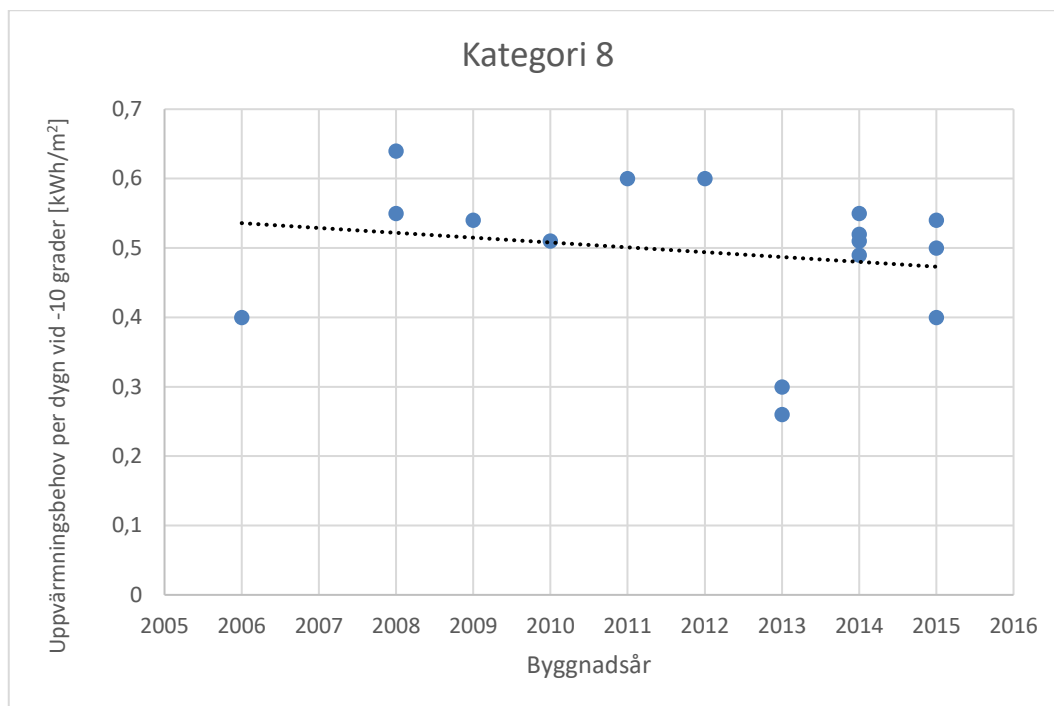
Figur 15: Visar energibehovet för byggnader i kategori 2 vid -10 grader med hänsyn till byggnadernas ålder.



Figur 16: Visar energibehovet för byggnader i kategori 6 vid -10 grader med hänsyn till byggnadernas ålder.



Figur 17: Visar energibehovet för byggnader i kategori 8.2 vid -10 grader med hänsyn till byggnadernas ålder.



Figur 18: Visar energibehovet för byggnader i kategori 8.3 vid -10 grader med hänsyn till byggnadernas ålder.

I figur 15 - 18 kan man se att åren då byggnaderna var byggda spelare en roll i energibehovet för byggnaden. Kategorierna som testades med ett diagram för kategorier som hade en stor variation i byggnadsårtalet för att få en större skala. Detta resultat visar även på att det valda urvalen som gjordes med byggnadsåren inte går att göra då byggnaderna skiljer sig åt i energibehovet mer än förväntat. Dock kan det ses i figurerna att nyare byggnader även kan ha ett högre energibehov vilket troligen kan vara med exempelvis byggnadens stomme och tekniska system. I figurerna för diagrammen kan det även ses att året för byggnaden har olika stor påverkan i de olika kategorierna. För figur 15 som visar kategori 2 kan man se att denna kategori har betydligt mer lutning i grafen i jämförelse med exempelvis figur 16 som visar kategori 6 som nästintill inte har någon lutning. Detta gör att ett skapande av standardsignaturerna blir ännu svårare enligt metoden som används då byggnadsårtalet för olika kategorier har en påverkan. Samtliga diagram visar tydligt att man bygger mer energieffektiva hus nu än vad man gjorde i början av 00-talet vilket visar att teknikerna och byggnadskraven går framåt.

Detta visar att året har en större betydelse för energibehovet för varje byggnad än vad som hade tänkts innan då detta inte tog i åtanke vid framtagandet av signaturerna. Med detta kan vissa antaganden även göras så som att fler parametrar behövs vid framtagandet av standardsignaturer för olika kategorier.

Variationen i energibehov med byggnadsår under så pass kort tidsperiod var något oväntat. För att om möjligt få fram denna standardsignatur behöver varje byggnad ses över på djupet. Andra parametrar så som U-värde för väggar och tak bör tas i åtanke och även andra delar av byggnaden så som ventilation mm. Men på grund av den korta perioden på 10 veckor fanns det inte tid att göra detta.

Från resultaten i kapitel 6 kan det ses i varje diagram att signaturlinjerna skär x-axeln vid temperaturen 17 grader. Ett annat sätt att jobba med dessa signaturer vore att för varje byggnad beräkna uppvärmningsbehovet per gradtemperaturskillnad, $\Delta T = 17 - \text{Utetemperatur}$. Signaturen utifrån detta skulle ge varje byggnad ett uppvärmningsvärde, och ett medelvärde av detta för alla byggnader inom en kategori skulle sedan kunna användas som ett karaktäristiskt uppvärmningsmått, för att sedan koppla uppvärmningskostnaden till. Men då skärningen av signaturerna vid x-axeln inte alltid är vid 17 grader utan skiljer sig några grader mellan byggnader skulle denna metod innebära ett uppskattningsfel vilket gör att denna metod inte provats i denna studie. Dock skulle det vara en intressant metod att emellertid studera närmare vid en djupare studie där mer tid finns tillgodo.

Då den nya prismodellen avspeglar produktionen av fjärrvärme samt framhäver energieffektiviseringar för kunden så ses denna prismodell bättre än den tidigare. Om samtliga kunder som har högt energibehov skulle energieffektivisera sina byggnader för att minska sin energianvändning och kapacitetsbehov så kommer istället mindre värme behövas till dessa kunder vilket även hjälper att uppfylla målen till 2020 men minskning av energikonsumtionen samt öka energieffektiviteten.

Fjärrvärme som ses som en bra energibärare bidrar till ett hållbart samhälle och den hållbara utvecklingen då denna energibärare kan ersätta andra energibärare som använder sig av fossila bränslen vilket i sin tur bidrar till ett hållbart samhälle.

8 Slutsatser

Denna studie uppnår inte det önskade och förväntade resultatet som planerat från studiens start. Resultaten varierade mer än förväntningarna genom både användandet av boarean och den omslutande arean. Då signaturerna varierade mer med den omslutande arean så är resultatet utifrån dem ändå ett mer korrekt resultat då dessa resultat representerar byggnaden bättre.

Genom analyser så har det tydligt visats att byggnaderna idag är mer energieffektiva än byggnader från 00-talet vilket visar att nya skarpare byggkrav har påverkat byggnadernas energibehov vilket i sin tur gör att metoden som använts fungerar sämre då byggnadsårtalet inte har tagits med i framtagandet av signaturerna. Det har dock skapats kunskap inom området och förslag till möjliga förbättringar för att komma närmare en lösning.

För att om möjligt skapa en standardsignatur för varje byggnadskategori behöver en djupare analys för varje byggnad göras. I den djupare analysen skulle information för varje byggnad tagits hänsyn till då för många faktorer har en påverkan på en byggnads energibehov. Parametrar så som U-värde för väggar, tak och fönster, ventilation med mera måste ingå i beräkningen för att ta fram en standardsignatur för varje kategori. Utan detta kan det önskade målet med denna studie inte kan uppnås.

För att istället göra denna studie och för att få fram det önskade resultatet som ville nås så behövs det en längre period än dessa 10 veckor för att ha mer tid att kolla på varje enskild byggnad. Byggnaderna kan då kategoriseras utifrån flera parametrar så som verksamhet, u-värde mm. Då försök på detta inte har gjort i stora mängder tidigare med att uppskatta en standardsignatur för en byggnadskategori skapar det dock mer kunskap om området även om inte det önskade resultatet uppnåddes i denna studie.

Utifrån denna studie och analyser finns det troligen andra metoder för att uppskatta kapacitetsbehovet och skapa en standardsignatur genom djupare inblickar i detta ämne. Det vore intressant att fördjupa sig mer för att försöka se om detta är möjligt.

9 Referenser

- [1] M. Gustafsson, M. Rönnelid, L. Trygg, and B. Karlsson, "CO₂ emission evaluation of energy conserving measures in buildings connected to a district heating system – Case study of a multi-dwelling building in Sweden," *Energy*, vol. 111, pp. 341–350, Sep. 2016.
- [2] Energimyndigheten. "Energiläget." 2018 [Online]. Available: <http://www.energimyndigheten.se/statistik/energilaget/?currentTab=1>. [Accessed: 05-May-2018].
- [3] Lucas Enstöm. Gävle Energi. "Miljörapport för Johannes Biokraftvärmeanläggning år 2015." 2016. [Accessed: 25-May-2018].
- [4] Bomhusenergi. "Bomhus Energi – Teknisk data." 2018 [Online]. Available: <http://www.bomhusenergi.se/tekniskdata>. [Accessed: 25-May-2018].
- [5] Gävle Energi. "Om vår fjärrvärme - Gävle Energi." 2018[Online]. Available: <https://www.gavleenergi.se/fjarrvarme/om-var-fjarrvarme/om-var-fjarrvarme/>. [Accessed: 24-May-2018].
- [6] Lucas Enstöm. Gävle Energi. "Miljörapport för Ersbo hetvattencentral år 2016." 2017. [Accessed: 26-May-2018].
- [7] Lucas Hammarbäck. Gävle Energi. "Miljörapport för Carlsborg hetvattencentral år 2017." 2018. [Accessed: 26-May-2018].
- [8] Niklas Lindmark. Gävle Energi. "Prisändringsmodell & Prisåtagande 2015-2018." 2014 [Accessed: 27-May-2018].
- [9] J. Song, F. Wallin, H. Li, and B. Karlsson, "ScienceDirect Price models of district heating in Sweden," *Energy Procedia*, vol. 88, pp. 100–105, 2016.
- [10] L. Lundström and F. Wallin, "Heat demand profiles of energy conservation measures in buildings and their impact on a district heating system," *Appl. Energy*, vol. 161, pp. 290–299, 2016.
- [11] A. J. Heller, "Heat-load modelling for large systems."
- [12] K. Sernhed, H. Gåverud, and A. Sandgren, "Costumer perspectives on district heating price models," *Int. J. Sustain. Energy Plan. Manag.*, vol. 13, pp. 47–60, 2017.
- [13] G. Nordström, "Use of energy-signature method to estimate energy performance in single-family buildings."
- [14] U. Janson, B. Berggren and H.Sundqvist, "Energieffektivisering vid renovering av rekordårens flerbostadshus" 2008.
- [15] K. Difs, M. Bennstam, L. Trygg, and L. Nordenstam, "Energy conservation measures in buildings heated by district heating – A local energy system perspective," *Energy*, vol. 35, no. 8, pp. 3194–3203, Aug. 2010.
- [16] N. Le Truong, A. Dodoo, and L. Gustavsson, "Effects of heat and electricity saving measures in district-heated multistory residential buildings," *Appl. Energy*, vol. 118, pp. 57–67, Apr. 2014.
- [17] Boverket. "Rumshöjd i bostäder, publika lokaler och arbetslokaler - Boverket." [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/byggande/tillganglighet--bostadsutformning/rumshojd/>. [Accessed: 19-May-2018].

