



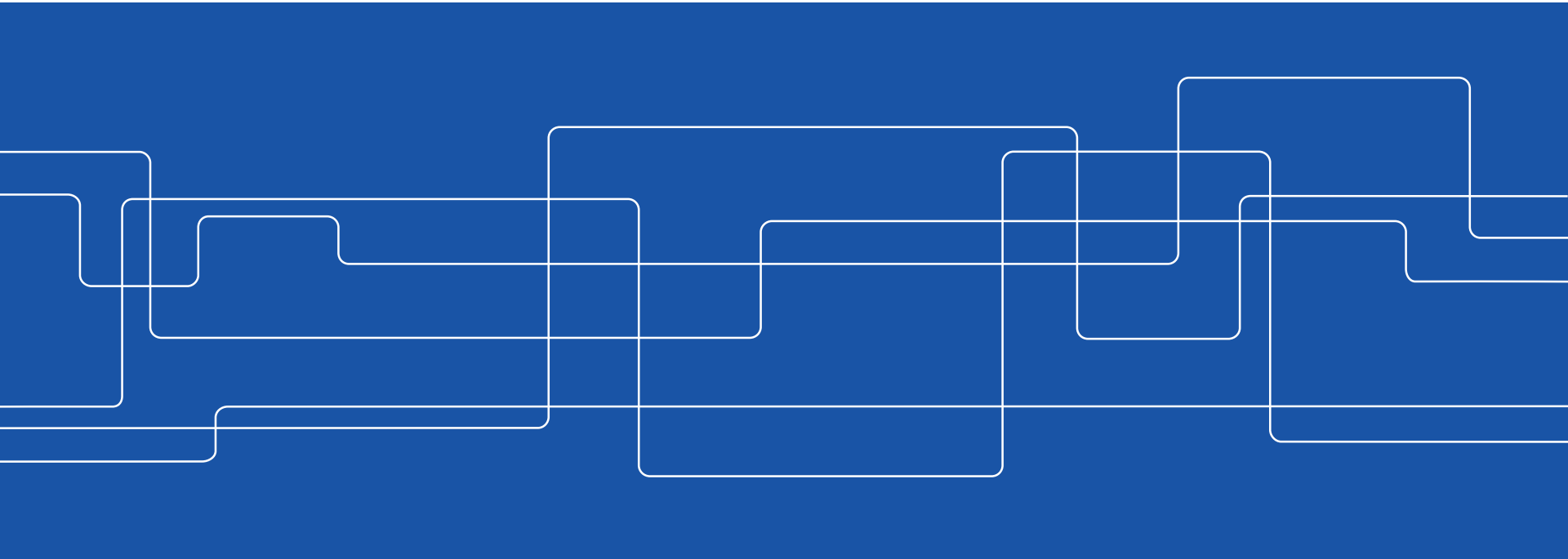
Seminarium vid Centrum för Byggeffektivitet

Långtidsuppföljning av energianvändning i lågenergihus

2018-11-27

Forskningsprojekt inom E2B2, Energimyndigheten, Svenska Bostäder

Tekn. Dr Berndt Lundgren, KTH, Tekn.Dr Agneszka Jonsson, KTH





Seminarium Centrum för Byggeffektivitet, KTH

Långtidsuppföljning av energianvändning i lågenergihus

Agenda

1. E2B2 Forskningsområden
2. Bakgrund till forskningsprojektet
3. Delprojekt 1-3 Frågeställning
4. Delprojekt 1-3 Teoretisk bakgrund och metod
5. Delprojekt 1-3 Resultat
6. Fortsatt forskning





Organisation och medverkande personer

Projektledare Tekn Dr Berndt Lundgren, KTH

Tekn Dr Agnieszka Zalejska Jonsson, KTH

Dr Shaobo Jin, Uppsala Universitet

Mårten Schultzberg doktorand, Uppsala Universitet

Allan Leveau, nybyggnadschef Svenska Bostäder

Karin Ståhl, projektledare Svenska Bostäder

Pia Hedenskog, Svenska Bostäder

Johanna Nordström, gruppchef gröna affärer, Skanska

Göran Frenidin, Fortum AB

Mårten Granfors, Ellevio AB,





Seminarium Centrum för Byggeffektivitet, KTH

Långtidsuppföljning av energianvändning i lågenergihus

E2B2 Forskningsområdet

Forsknings- och innovationsprogrammet ”Energieffektivt byggande och boende – E2B2” inriktar sig på energianvändning inom den byggda miljön över hela livscykeln. I området ingår såväl bostäder som lokaler, deras produktion, människors livsstilar, val och användning av energi relaterad till boende och brukande, renovering, och eventuell ombyggnad samt rivning.

Syftet med programmet är att ta fram ny kunskap, teknik, tjänster och metoder som bidrar till en hållbar energi- och resursanvändning i bebyggelsen. Programmets vision är en resurs- och energieffektiv byggd miljö.

En effektivare energianvändning inom bebyggelsesektorn är en viktig del av utvecklingen av energisystemet. Området svarar för cirka en tredjedel av Sveriges totala energianvändning.





Seminarium Centrum för Byggeffektivitet, KTH

Långtidsuppföljning av energianvändning i lågenergihus

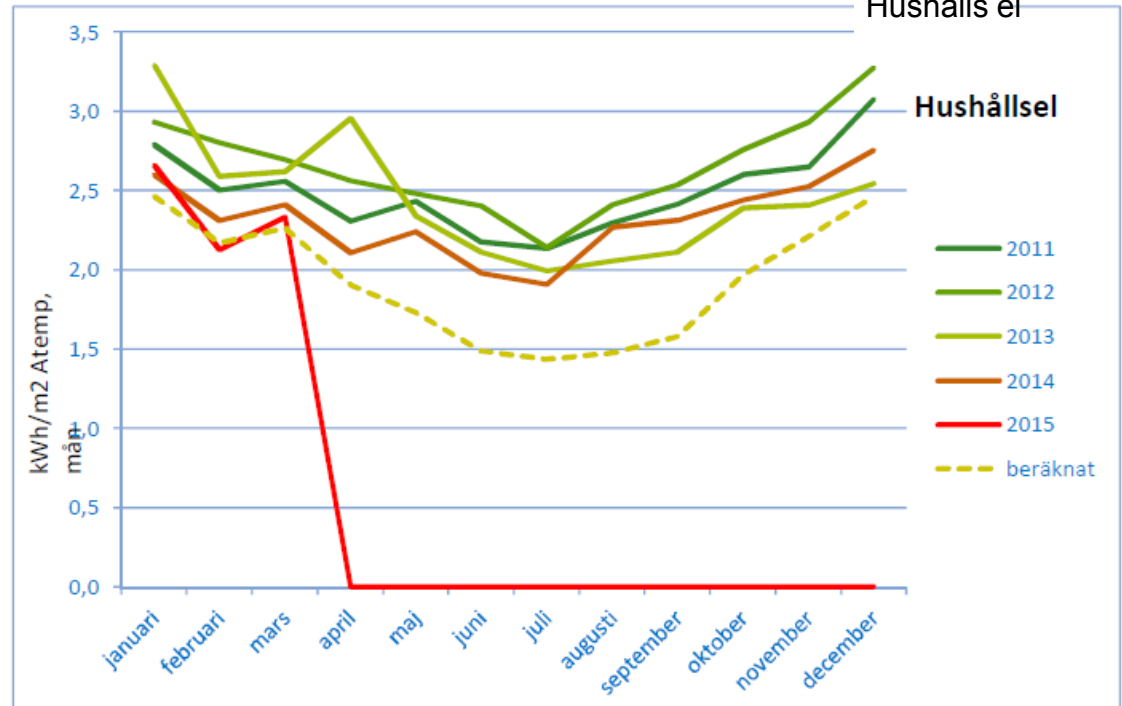
Bakgrund till forskningsprojektet

Syftet med projektet är att ta fram ny kunskap om hur smarta energimätare och den information som därmed tillhandahålls på fastighetsnivå och till hushåll kan leda till effektivare energianvändning.

Projektet avser att ta fram ny kunskap om hur energivisualisering och debiteringssystem kan stimulera energieffektiva beteenden. Med hjälp av statistiska metoder som strukturekvationsmodellering avses nya samband utvecklas om energianvändningsbeteenden och förbrukning av elektricitet.



2015-04-09



Delprojekt 1-3 Frågeställning

DP 1: Leder energivisualisering till lägre förbrukning av elektricitet?



Vi har i forskningsprojektets första del valt att utgå från erfarenheter som gjorts i Svenska Bostäders passivhus projekt Blå Jungfrun och ställer oss frågan:
- Varför resulterade inte energivisualisering med SBOX i lägre energiförbrukning?

För att besvara frågan varför information inte leder till mera varaktig beteende förändring behöver vi bredda analysen till att också omfatta priset för elektricitet och hushållens inkomster. Vi kommer att undersöka hur stor påverkan inkomster, priset och ett självskattat energi-effektivt beteende har på förbrukningen av hushålls- elektricitet genom att använda en dynamisk strukturekvationsmodell (Asparouhov., Hamaker & Muthen, 2018).

Delprojekt 1-3 Teoretisk bakgrund och metod

DP 1: Leder energivisualisering till lägre förbrukning av elektricitet?

Table 1. Conceptual Framework

	WARMING AND LIGHTING OF THE HOUSE	ENTERTAINMENT AND INFORMATION	CLEANING AND WASHING	AWARENESS
Trimming	X			
X Upgrading	X	X	X	
X Cutting	X	X		
Shifting			X	
Switching			X	
X Monitoring				X

The Energy-Efficient Scale (Stragier, Hauttekeete, De Marez, 2012) kompletterat med dimension priskänslighet för att mäta graden av energi-effektivt beteende hos hushållen.

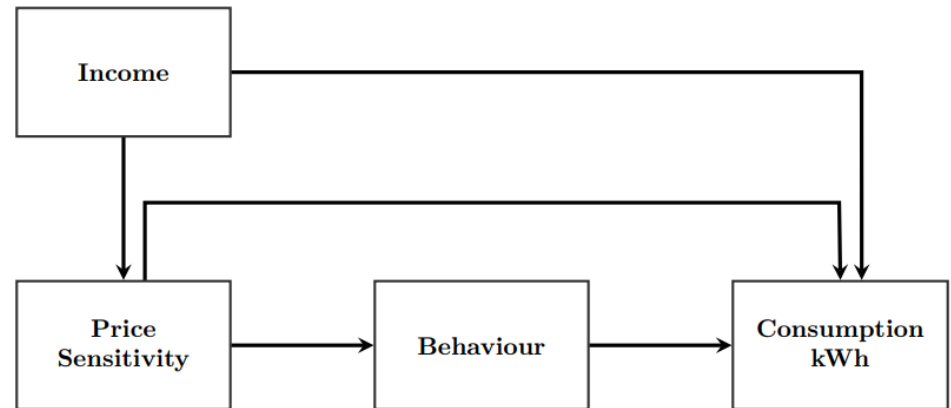


Figure 1: The planner-doer model within an energy framework.

Thaler, R.H & Shefrin, H.M. (1981). An Economic Theory of Self-Control, Journal of Political Economy, 89 (2).



Delprojekt 1-3 Teoretisk bakgrund och metod

Bilaga 1. Enkätfrågor

- V1 Priset på el påverkar er energianvändning?
- V2 El-priset är för lågt för att ha någon praktisk betydelse för er energianvändning?
- V3 El-priset får dig att tänka på er energiförbrukning?

- V4 Läser ni era elräkningar regelbundet?
- V5 Följer ni energiförbrukningen i er lägenhet?
- V6 Håller ni koll på hur mycket el som ni gör av med varje månad?

- V7 Stänger ni av er TV helt och hållet när den inte används?
- V8 Stänger ni av datorn helt och hållet när den inte används?
- V9 Lämnar ni lampor tända när rummet lämnas?

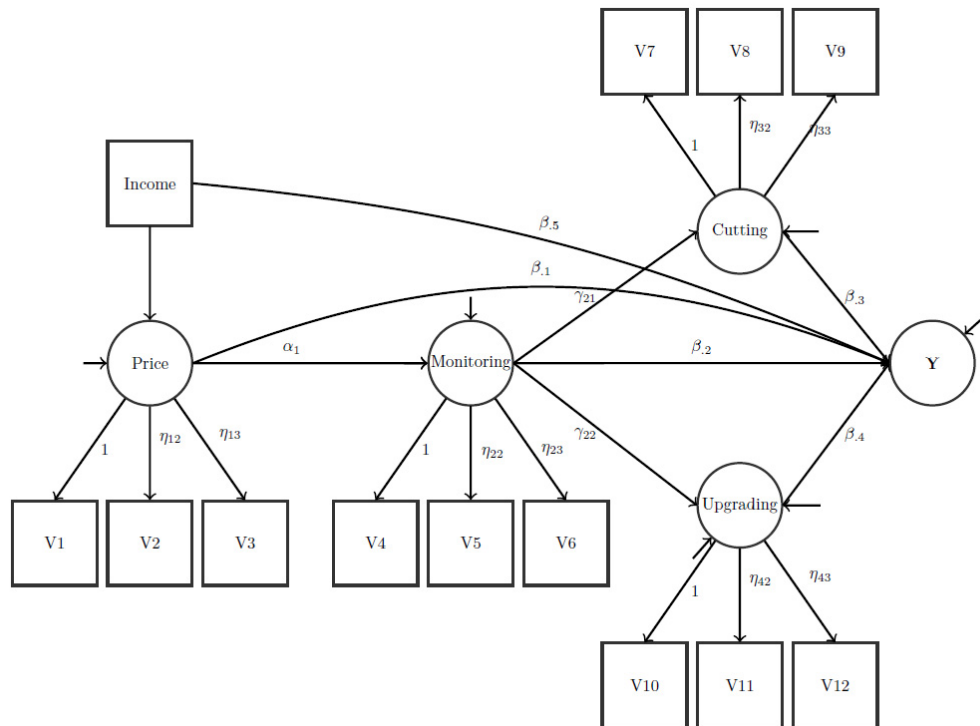
- V10 Kontrollerar ni energiförbrukningen när ni köper nya el-artiklar?
- V11 Byter ni ut era gamla lampor till nya lågenergilampor?
- V12 När ni köper nya el-artiklar väljer ni dem med lägst energiförbrukning?

The Energy-Efficient Scale(Stragier, Hauttekeete, De Marez, 2012) .
Egen utveckling av prismedvetenhet faktorn.

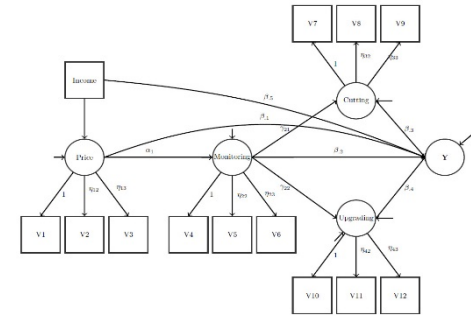


Delprojekt 1-3 Teoretisk bakgrund och metod

DP 1: Leder energivisualisering till lägre förbrukning av elektricitet?



Delprojekt 1-3 Resultat



DP 1: Leder energivisualisering till lägre förbrukning av elektricitet?

Inkomst – Förbrukning av elektricitet: Direkt effekt, **signifikant**, positivt tecken

Inkomst – Priskänslig: Direkt effekt, **signifikant**, negativt tecken

Priskänslig – Förbrukning av elektricitet: Direkt effekt, ej signifikant, positivt tecken

Priskänslig – Monitoring: Direkt effekt, **signifikant**, positivt tecken

Monitoring – Förbrukning av elektricitet: Direkt effekt, ej signifikant, positivt tecken

Monitoring – Upgradering, Direkt effekt, **signifikant**, positivt tecken

Monitoring – Cutting, Direkt effekt, ej signifikant, positivt tecken

Upgradering – Förbrukning av elektricitet: Direkt effekt, ej signifikant, positivt tecken

Cutting – Förbrukning av elektricitet: Direkt effekt, ej signifikant, positivt tecken



Delprojekt 1-3 Frågeställning

DP 2: Har hushåll boende i passivhus lägre energiförbrukning jämfört med boende i konventionella flerbostadshus?



Finns det skillnader i förbrukning av hushållselektricitet mellan hushållen boende i passivhusen Blå Jungfrun jämfört med hushåll boende i konventionella flerbostadshus, beroende på om hushållen anser sig vara energi-effektiva eller inte.



Delprojekt 1-3 Metod

DP 2: Har hushåll boende i passivhus lägre energiförbrukning jämfört med boende i konventionella flerbostadshus?



För att besvara frågan använder vi enkäten från delprojekt 1. Den statistiska analysen utförs här med principal-komponentanalys och ANOVA .

Delprojekt 1-3 Resultat

DP 2: Har hushåll boende i passivhus lägre energiförbrukning jämfört med boende i konventionella flerbostadshus?



Faktorer bildade vid principalkomponent analys		Antal	Medelvärde	Std. Avvikelse	T-värde	Signifikans nivå
Övervaka	1 Blå Jungfrun	33	3,0606	1,11010		
	2 Ellevio	102	2,8105	1,20003	1,059	,290
Stänga av	1 Blå Jungfrun	33	4,1439	1,04775		
	2 Ellevio	102	3,4739	1,13203	3,008	,003
Uppgradera	1 Blå Jungfrun	33	3,9697	,88727		
	2 Ellevio	102	3,4085	,99050	2,889	,004
Priskänslig	1 Blå Jungfrun	33	3,4242	,82611		
	2 Ellevio	102	2,8039	,98208	3,271	,001

Delprojekt 1-3 Resultat

DP 2: Har hushåll boende i passivhus lägre energi-förbrukning jämfört med boende i konventionella flerbostadshus?



ANOVA test av effekter mellan faktorer				
Dependent Variable:	Förbrukning per kvm			
Source	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	116	118,722	0,545	0,938
Intercept	1	15639,744	71,856	0,000
Övervaka	12	121,992	0,560	0,830
Stänga av	25	111,166	0,511	0,916
Uppgradera	11	136,908	0,629	0,771
Priskänslighet	13	152,318	0,700	0,731
Blå Jungfrun vs Ellevio	1	78,969	0,363	0,560

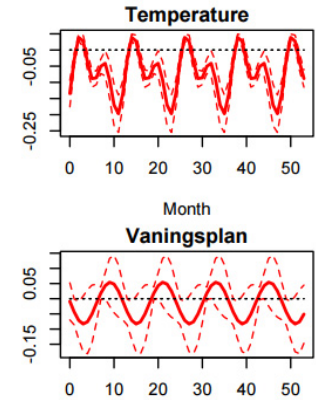
a. R Squared = ,864 (Adjusted R Squared = -,720)

Delprojekt 1-3 Frågeställning

DP 3: Hur kan vi göra prediktioner med trigonometriska funktioner som avspeglar förbrukning av energi beroende på utomhustemperaturens förändringar?

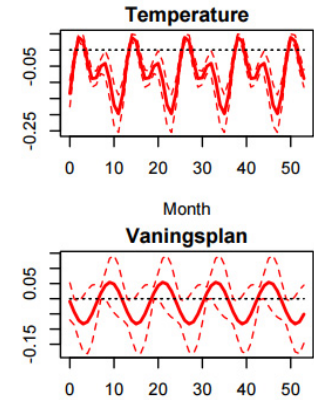
I del projekt 3 arbetar vi med att analysera och verifiera hushållens förbrukning av varmvatten och kompletteringsvärme genom att använda data från Blå Jungfrun där förbrukningen av kall- och varmvatten, hushållsel samt kompletteringsvärme registrerats varje timme mellan 2010-2015.

Vi har undersökt hur olika våningsplan, mikrolägen som orientering mot söder och om lägenheten är en hörnlägenhet påverkar förbrukningen av kompletteringsvärme och varmvatten över tiden. Prediktioner kan ske av enskilda hushåll eller på gruppnivå.



Delprojekt 1-3 Teoretisk bakgrund och metod

DP 3: Hur kan vi göra prediktioner med trigonometriska funktioner som avspeglar förbrukning av energi beroende på utomhustemperaturens förändringar?

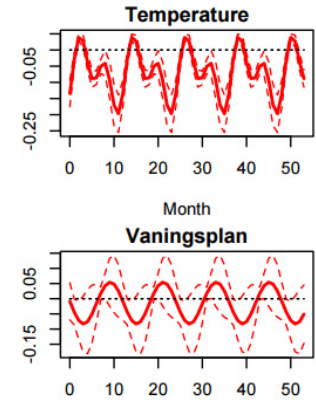
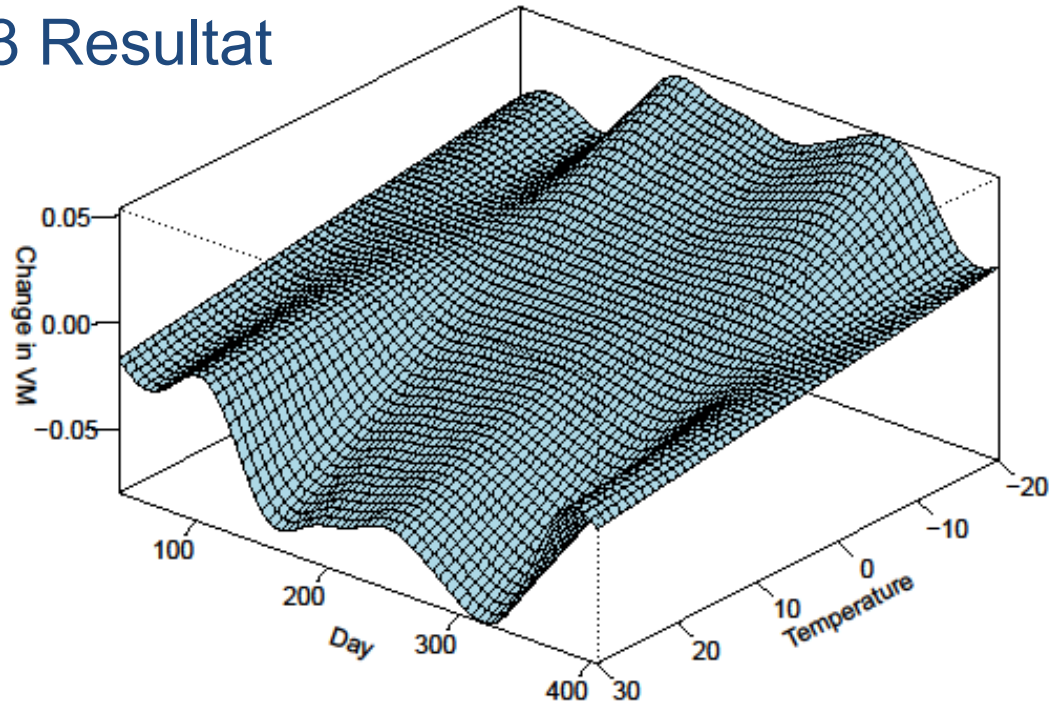


Här är vår ambition att visa hur stora mängder av energidata kan analyseras för att förstå vad som påverkar energiförbrukningen hos olika hushåll samt testa hur vi kan göra prediktioner av förbrukning av elektricitet med hjälp funktionell dataanalys och Fourier serier (Febrero-Bande, & Oviedo de la Fuente, 2012).

$$y_i(t) = \beta_0 + \beta_1 BOA_i + \beta_2 Plan_i + \beta_3 I(\text{Gavellägenhet}) + \beta_4 I(\text{Söderläget}) + \beta_5(t) \text{Temperature}(t) + e_i(t),$$

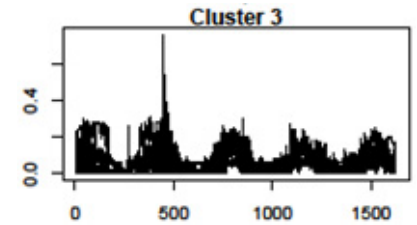
$$\beta(t) = c_0 + \sum_{j=1}^{2k} \left[c_{2j-1} \sin\left(\frac{2\pi j}{T}t\right) + c_{2j} \cos\left(\frac{2\pi j}{T}t\right) \right],$$

Delprojekt 1-3 Resultat



The 3-D plot is a plot for the “population”, which means that the 3-D plot shows the average increase/decrease in consumption for a given day and a given temperature. What we can tell from the 3-D plot is like this. On Day 300 and the temperature is 0 degree Celsius, the value on the vertical axis of the 3-D plot is the increase/decrease of consumption if the temperature increases to 1 degree Celsius. The increase/decrease of the consumption is the average of all households, not for any particular household.

Delprojekt 1-3 Frågeställning

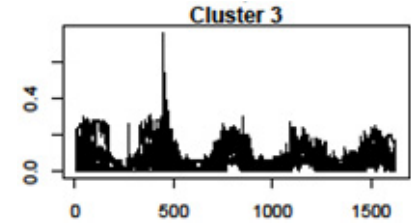


DP 3: Hur kan vi analysera olika förbrukningsmönster som är osynliga för ögat?

Analyser av förbrukning av kompletteringsvärme och varmvattenförbrukning i Blå Jungfrun ger vid handen att det finns lika många förbrukningsmönster som det finns hushåll. Klusteranalysen visar hur det är möjligt att tolka förbrukningsmönster som inte är synliga för ögat.

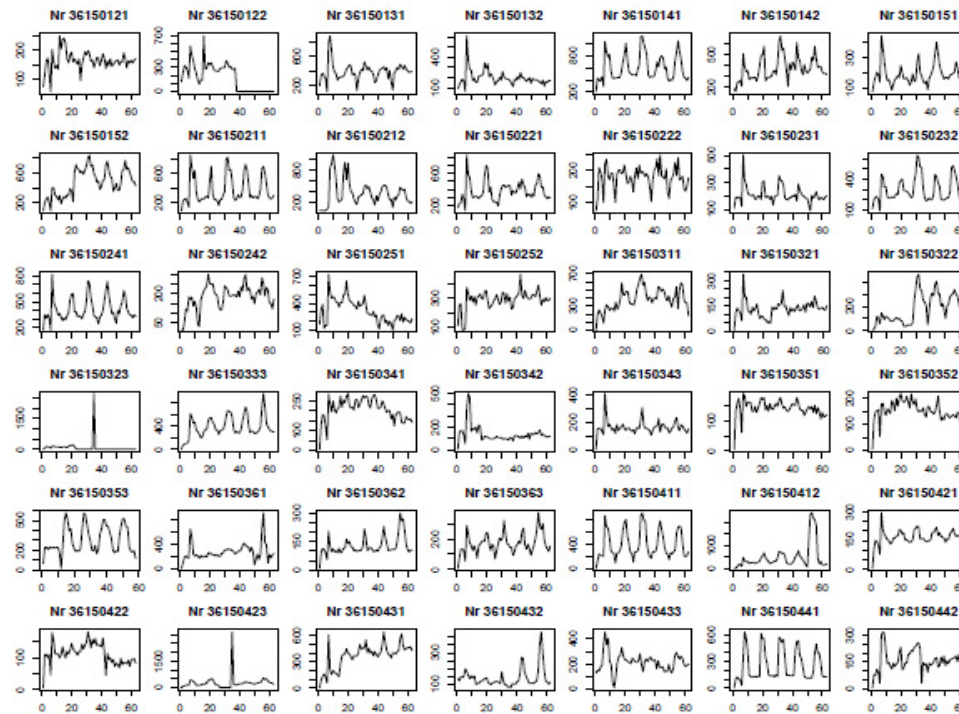
Vi tror att interventioner för att påverka hushållens beteende först behöver grundas i klusteranalys därför att vi får kunskaper om vilka förbrukningsprofiler som finns i en grupp av hushåll.

Delprojekt 1-3 Teoretisk bakgrund och metod



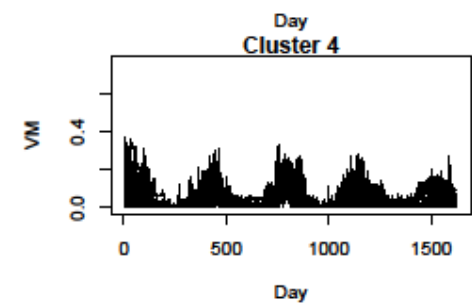
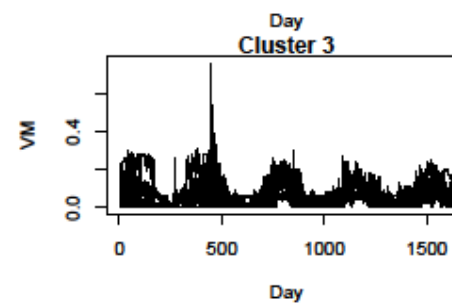
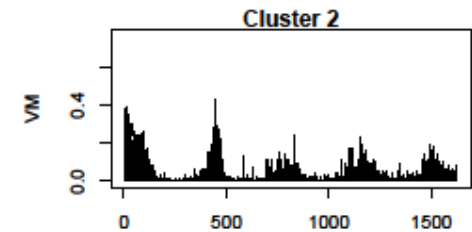
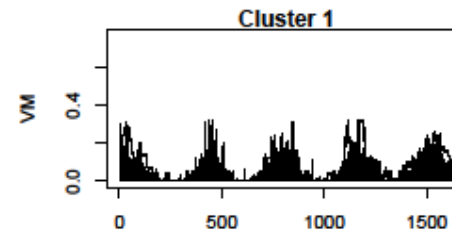
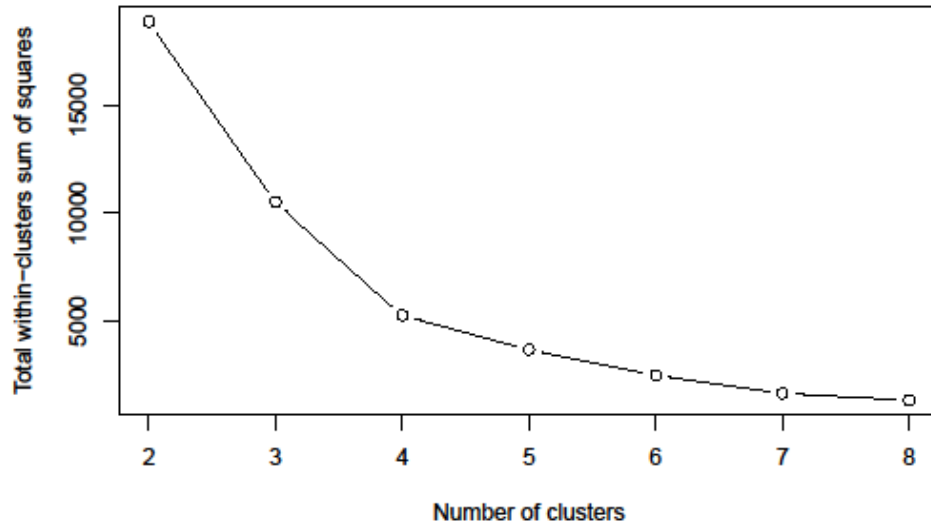
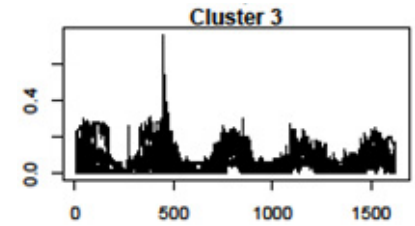
DP 3: Hur kan vi analysera olika förbrukningsmönster som är osynliga för ögat?

K-means kluster för 94 hushåll givet deras förbrukning av kompletteringsvärme i Blå Jungfrun. Grafen är ett underlag för att välja ett antal kluster för vidare analys.



Delprojekt 1-3 Teoretisk bakgrund och metod

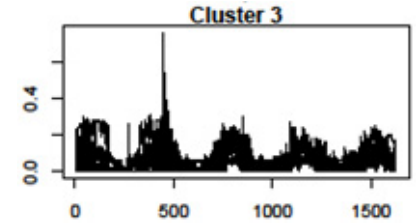
DP 3: Hur kan vi analysera olika förbrukningsmönster som är osynliga för ögat?



K-means kluster för 94 hushåll givet deras förbrukning av kompletteringsvärme i Blå Jungfrun. Grafen är ett underlag för att välja ett antal kluster för vidare analys.

Fyra K-means kluster som bildats i figur 7. Kluster 1 har 19 lägenheter, kluster 2 har 52 lägenheter, kluster 3 har 10 lägenheter och kluster 4 har 13 lägenheter

Delprojekt 1-3 Resultat



DP 3: Hur kan vi analysera olika förbrukningsmönster som är osynliga för ögat?

Vi finner 4 olika kluster av hushåll med olika profiler. Det öppnar upp för både spännande och avancerade analyser av förbrukningsmönster som vi inte tidigare har använt oss av för att förstå vad som påverkar hushållens beteende.



Förslag på fortsatt forskning

- Finansiera en förstudie av hur hushållen och elnätsföretag ser på förbetald elektricitet för att bedöma storleken på efterfrågan och utbud. Inkludera juridiska, tekniska samt ekonomiska aspekter på förbetald elektricitet.
- Finansiera en studie för att med hjälp av klusteranalys undersöka varför det uppstår olika förbrukningsprofiler och hur man bör kommunicera med dessa i olika delar av landet för att öka sannolikheten att lyckas med interventioner.





Frågor?

Tekn. Dr Berndt Lundgren, KTH, berndt.lundgren@abe.kth.se

