



Värmereglering med hjälp av väderprognostisering

Rasmus Peterzens

Rasmus Peterzens
Examensarbete
Energi- och miljöteknik
2018

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Energi- och miljöteknik
Identifikationsnummer:	6840
Författare:	Rasmus Peterzens
Arbetets namn:	
Handledare (Arcada):	Harri Anukka, Ing.
Experthandledare (Arcada)	Kim Skön, DI
Uppdragsgivare:	Arcada, Avdelningen för energi- och miljöteknik.
<p>Sammanfattning:</p> <p>Värmereglering med hjälp av väderprognostisering handlar om inställning av automation som styr värmedistributionen genom att ta vädret i beaktande och ställa värmebehovet enligt framtiden. Företagen som säljer denna teknologi lovar en besparing av värmekostnaderna på trettio procent. Undersökningarna av dessa produkter visade att det inte går att installera väderprognosstyrning utan att installera ytterligare energisparande automation. Simuleringsprogrammet IDA-ICE användes för att mäta solstrålningens värmeeffekt. Resultaten för en kall vinterdag som simulerades med 0% och 100% solstrålning var att solstrålningen höjde inomhustemperaturen med 0,3 grader Celsius. Största delen av energibesparingen kommer från automationen. Exempelvis ett hus i Finland installerades med värmestyrande automation. Ett år efter installeringen hade programmet sparat fyrtio procent av hushållets värmekostnader. Det visade sig att programmet följer elpriserna i realtid och värmer huset när priserna är som lägst. Andelen sparade kostnader är större än andelen sparad värmeenergi. Ett experiment gjordes i Tyskland för att undersöka hur mycket energi bra automation kan spara jämfört med vanlig radiatoruppvärmning. Två identiska rum installerades med diverse uppvärmningsteknologi. Rummet med energisparande automation använde hälften mindre energi. Hur mycket är det möjligt att spara endast genom väderprognosstyrning? Eftersom företagen som säljer denna teknik har hemliga parametrar kan man inte bestämma den exakta andelen. Slutsatsen blev att väderprognoserna sparar in endast en del av den lovade trettio procenten. Väderprognoserna hjälper att jämna ut temperaturen inomhus. Det leder till att inomhuskomforten ökar. Simuleringarna med IDA-ICE var givande men resultaten togs inte i beaktande i slutsatsen. Forskning om potentialen av väderprognosstyrning kunde göras genom att installera två hus med samma energisparande automation. Den ena av dem kunde lämnas utan väderprognoserna. Undersökningens resultat torde visa vad skillnaden i sparad energi är utan att ta vädret i beaktande på förhand. Undersökningarna borde göras på olika breddgrader för att undersöka i vilket klimat denna teknologi är mest lönsam.</p>	
Nyckelord:	Värmeenergi, väderprognos, automation, energibesparing.
Sidantal:	40
Språk:	Svenska
Datum för godkännande:	11.7.2019

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Energi- och miljöteknik
Identification number:	6840
Author:	Rasmus Peterzéns
Title:	
Supervisor (Arcada):	Harri Anukka, B. Sc.
Expert supervisor (Arcada)	Kim Skön, M. Sc.
Commissioned by:	Arcada, Avdelning för energi- och miljöteknik
<p>Abstract:</p> <p>Regulation of heating energy with weather prediction is a study of what is the potential in heating energy saving by using weather predictions to your aid. Most companies, which have this kind of technology, promise an annual saving of 30 % from your energy bill. In my study, I found out that if you want to use weather prediction it comes with a package deal. You have to install a product, which contains a number of energy saving automation. I also ran some simulations with IDA-ICE to see the difference of sun radiation on a cold winter day. The difference between no radiation and full radiation was 0.3 degrees. The biggest savings seems to come from the other automation that you install. In Finland, a house had saved 40 % in heating energy in one year. The program was installed to heat the house when the electricity is cheap. The money saved was substantial but not the amount of saved energy. So how much of the saved energy is from weather prediction? It is a part only a part of the promised 30 %. However, better indoor climate is guaranteed. In my experiment where indoor and outside temperatures where compared, the result was clear. There is no energy saving potential in weather predictions for one apartment. The radiators kept the indoor temperature very even during the measuring period and the outside temperature had shifts up to twenty degrees. The potential in energy saving is heals by the energy provider. The company whom delivers the energy can use weather predictions so they are better prepared for sudden peaks in heat demand.</p>	
Keywords:	Energy, weather prediction, automation, simulation.
Number of pages:	40
Language:	Swedish
Date of acceptance:	11.7.2019

FÖRORD

Jag vill tacka Kim Rancken och Harri Anukka för handledningen under skrivprocessen. Slutarbetet har varit motiverande och lärorikt. Det jag lärt mig under skrivandet av slutarbetet kommer jag att ha nytta av i framtiden i arbetslivet.

Helsingfors 08.07.2019

Rasmus Peterzens

INNEHÅLL

Sammanfattning	2
Abstract	3
Förord.....	4
INNEHÅLL.....	5
Figurer.....	6
Tabeller.....	6
1 INLEDNING.....	7
2 ENERGIEFFEKTIVISERING.....	8
2.1 Byggnadens energieffektivitet.....	8
3 VÄRMEFÖRLUSTER I EN BYGGNAD	10
3.1 Nettobehov för uppvärmning	10
3.2 Temperaturmätning.....	14
4 INOMHUSKLIMAT	19
5 SIMULERING MED IDA-ICE 4.8.....	21
5.1 Simuleringen av byggnaden	221
5.2 Simuleringen av ett dygn	25
6 AUTOMATION	28
6.1 KNX-system.....	28
6.2 Optiwatti	29
7 PROGNOSSTYRNING AV EN VÄRMECENTRAL.....	31
8	
SLUTSATSER.....	35
9 SAMMANDRAG.....	36
Källor	37
Bilagor	

FIGURER

Figur 1. Kopplingsschema.....	224
Figur 2. Inomhusmätaren på 1,5 m höjd.....	225
Figur 3. Utemätaren på balkongen.....	15
Figur 4. I grafen ser man inom- och utomhustemperaturen under mätningperioden	256
Figur 5. Inomhustemperaturen påverkas av E_{in} och E_{ut}	17
Figur 6. Huset som simulationerna gjordes med.....	22
Figur 7. Värmebehovet för de olika utrymmena.....	27
Figur 8. Årliga energiförbrukningen med 0% solstrålning.....	28
Figur 9. Årliga energiförbrukningen med 100% solstrålning.....	29
Figur 10. Illustrering av väderprognosstyrning.....	32
Figur 11. En veckas temperaturprognos.....	33

Tabeller

Tabell 1. Ett dygn med 0% solstrålning	26
Tabell 2. Ett dygn med 100% solstrålning	26

1 INLEDNING

Inspiration till ämnesvalet uppkom av att man talade om automationsteknologi som tar väderprognoser i beaktande. Eftersom klimatförändringen tvingar till nya energisparande lösningar var det en överraskning att man kan spara energi även med väderprognoser.

Intresset att hitta energisparande lösningar är hög på internationell nivå och i första kapitlet undersöktes Finlands mål för energieffektivitet.

Vissa företag säljer sin automationsteknologi och utlovar en inbesparing av uppvärmningskostnader upp till 30%. Detta gav motivation att forska vidare i ämnet. Varför används inte väderprognosstyrd värmereglering i större skala om inbesparingen är på den här nivån?

En stor del av informationen som behövdes för detta arbete hittades på Internet och i facklitteratur. Man har varit i kontakt med företag via e-post och fått bra information om hur deras väderprognossystem fungerar. Deras samarbetsvillighet var en positiv överraskning, eftersom deras hemsidor inte går in på detaljerna angående denna teknologi. Man har använt simuleringsprogrammet IDA-ICE 4.8 för att undersöka solens uppvärmningseffekt under en kall vinterdag. En mätning gjordes för att kunna analysera hur en traditionellt uppvärmd lägenhets termostattyrd radiatorer reagerar på utetemperaturväxlingar. Mätningens resultat användes för att analysera den väderprognosstyrd teknikens möjligheter att minska värmeenergibehovet.

2 ENERGIEFFEKTIVISERING

Europeiska unionens mål för energieffektivisering till året 2020 är att minska behovet av energi med 20 %. Målet är att det nationella energibehovet borde minska med 20 % från energibehovet då projektet startades. /1/

Planen är att förbättra energieffektiviseringen på alla delområden. Den största skillnaden kommer från att industrierna tvingas till åtgärder. Stora satsningar görs på förnybar energi som också har höga mål fram till år 2020. Arbets- och näringsministeriet har satt ambitiösa energibesparingsmål som är exempel för andra företag och institutioner. Ministeriet strävar till att energiförbrukningen minskas med 30 % jämfört med förbrukningen år 2008. Åtgärder som redan tagits i bruk har bland annat varit smartare användning av belysning och informationsteknik. Ministeriet har också tagit videokonferenser i bruk för att minska antalet arbetsresor. /2/

2.1 Byggnadens energieffektivitet

Byggbranschen ändrades när det år 2008 bestämdes att alla bostadshus skall ha ett energicertifikat. Energicertifikatet fungerar som ett vitsord på byggnadens energieffektivitet. Vitsordet är från A till G. Certifikatet fungerar som ett bevis på byggnadens energieffektivitet. Certifikatet är viktigt för köparen av en lägenhet eller ett hus. /3/

En byggnads energieffektivitet utgörs av hur mycket nettoenergi byggnaden använder per år per kvadratmeter. Ett bostadshus med mer än tre våningar har som gränsvärde 90 kWh/m² per år. Värdet är från byggnadsbestämmelsernas avsnitt om energieffektivisering publicerad 27.12.2018. Värdet kallas E-tal och det bestäms genom att räkna ihop det totala energibehovet och dela det med arean. Arean avser byggnadens innergolvyta. Till den totala energiförbrukningen hör värme, el och kylning ifall kylning finns. /3/

När man beräknar den totala förbrukningen av värmeenergi för en fastighet bör man addera ihop uppvärmning av utrymmen, ventilationsluften och värmeenergin som går åt

till uppvärmning av varmvattnet. Det innebär att alla förluster av värme som kommer av systemen, t.ex. värmeförlusten av varmvattenrören, bör beaktas. /3/

Ett sätt att förbättra energieffektiviseringen i ett hushåll är att använda energi för uppvärmning då någon är hemma. En standard är att personerna i hushållet är borta över åtta timmar. Om värmen kommer från vanliga radiatorer som strävar att hålla jämn temperatur dygnet runt värmer man mycket i onödan. Energieffektivisering för ett hushåll kunde uppnås med att installera automation i värmedistributionen. Genom att ställa in hushållets rutiner kan automatiken hålla temperaturen på t.ex. 18°C. För att upprätthålla inomhuskomforten värms hushållet tillbaka till 21°C -22°C när första personen kommer hem.

1 VÄRMEOFÖRLUSTER I EN BYGGNAD

För att bestämma byggnadens värmeförluster används byggnadsbestämmelser del D5./4/

Vid beräkning av en byggnads värmeförluster bör man ta i beaktande åtminstone följande faktorer:

- Byggnadens mantel, endast de byggnadsdelar som har en värmeförlust.
- Luftflödet, hurudan ventilation fastigheten har.
- Värmeenergin som tillförs av elapparater och människor i byggnaden.

1.1 Nettobehov för uppvärmning

Vid bestämning av nettobehovet för uppvärmning beräknas förlusterna minus effekten av värmeenergi tillförd av personer, belysning och elapparater. För beräkningen behöver man alla U-värden på manteln, fönster, dörrar, bottenbjälklag och tak. U-värdet är värmeledningskapaciteten hos byggnadsmaterial. /4/

U-värden för väggarna, bottenbjälklaget och taket beräknas enligt formeln i ekvation [1] i formeln nedan, där man har räknat ihop de olika materialens värmeledningsförmåga. U-värden för fönster och dörrar räknas också enligt värmeledningsförmågan. Man använder U-värden som fyller byggnadsbestämmelserna för att utreda värmeförlusterna i detta exempel.

$$U = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_v}\right) + \left(\frac{1}{\alpha_k}\right) + \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1}\right) + \left(\frac{\delta_2}{\lambda_2}\right) + \left(\frac{\delta_3}{\lambda_3}\right)} \quad [1]$$

U= Värmegenomgångskoefficienten [W/(m² K)]

α_v = Värmeövergångskoefficienten på den varma sidan [W/(m² K)]

α_k = Värmeövergångskoefficienten på den kalla sidan [W/(m² K)]

δ_n = Tjocklek på sikt n (i väggen) [m]

λ_n = Värmeledningsförmåga för sikt (i väggen) [W/(m² K)]

$$Q_{iv} = \frac{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} ((T_{sp} - \Delta T_{puhallin}) - T_{lto}) \Delta t}{1000} \quad [2]$$

Q_{iv} = nettoenergibehov för uppvärmning av ventilationsluft, kWh

t_d = genomsnittlig drifttid för ventilationssystemet per dygn, h/24h

t_v = tid som ventilationssystemet är i funktion per vecka, dygn/7 dygn

ρ_i = luftens densitet, 1,2 kg/m³

c_{pi} = luftens specifika värmekapacitet, 1 000 J/(kg K)

$q_{v, tulo}$ = tilluftsflöde, m³/s

T_{sp} = temperatur hos inblåst luft, °C

$\Delta T_{puhallin}$ = ökning av temperaturen i fläkten, °C

T_{lto} = temperatur efter värmeåtervinningsaggregatet, °C

Δt = tidsintervall, h

1000 = koefficient med hjälp av vilken resultatet omvandlas till kilowattimmar. /4/

Ifall byggnaden har självdragsventilation använder man sig av formel [3].

$$Q_{iv, tuloilma} = \frac{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_s - T_{sp}) \Delta t}{1000} \quad [3]$$

$Q_{iv, tuloilma}$ = energibehov för uppvärmning av tilluft inne i byggnaden, kWh

t_d = genomsnittlig drifttid för ventilationssystemet per dygn, h/24h

t_v = tid som ventilationssystemet är i funktion per vecka, dygn/7 dygn

ρ_i = luftens densitet, 1,2 kg/m³

c_{pi} = luftens specifika värmekapacitet, 1 000 J/(kg K)

$q_{v, tulo}$ = tilluftsflöde, m³/s

T_s = innetemperatur, °C

T_{sp} = temperatur hos inblåst luft, °C

Δt = tidsintervall, h

1000 = koefficient med hjälp av vilken resultatet omvandlas till kilowattimmar. /4/

Beräkning av värme som tillförs av personer, belysning och elapparater. Beräkningen för personer enligt formel [4].

$$Q_{henk} = \frac{k n \phi \Delta t_{oleskelu}}{1000} \quad [4]$$

$$Q_{henk} = k n \phi_{henk} \Delta t_{oleskelu} / 1000$$

Q_{henk} = värmeenergi från personer, kWh

k = användningsgrad för byggnaden under dess användningstid; genomsnittlig vistelse i byggnaden.

n = antal personer.

ϕ_{henk} = genomsnittlig värmeenergi som avges av en person (innehåller inte avdunstningsvärme), W/person

$\Delta t_{oleskelu}$ = vistelsetid, h

1000 koefficient med hjälp av vilken resultatet omvandlas till kilowattimmar. /4/

Resultatet blir att en person avger värmeenergi för 85 W.

Mängden värmeenergi som tillförs av solstrålning genom fönster beräknas enligt formeln i ekvation 5. Mängden solstrålningsenergi som byggnaden tar till vara bestäms av fönster-arean, fönsterkarmar, riktningen (väderstreck) samt olika faktorer som skuggar.

/4/

$$Q_{aur} =$$

$$\sum G_{säteily,vaakapinta} F_{suunta} F_{löpäisy} A_{ikk} g =$$

$$\sum G_{säteily,pystypinta} F_{löpäisy} A_{ikk} \quad [5]$$

Q_{aur} = solstrålningsenergi som tillförs byggnaden genom fönstren, kWh/mån.

$G_{säteily, vaakapinta}$ = total solstrålning mot horisontell yta per ytenhet, kWh/(m² mån.)

$G_{säteily, pystypinta}$ = total solstrålning mot vertikal yta per ytenhet, kWh/(m² mån.)

F_{suunta} = omvandlingskoefficient med hjälp av vilken den totala solstrålningsenergin mot horisontellt plan omvandlas till total strålningsenergi mot vertikal yta i olika väderstreck. $F_{läpäsyt}$ = total korrigeringskoefficient för genomträngning av solstrålning, -
 A_{ikk} = fönsteröppningens area (inklusive båg- och karmkonstruktion), m^2
 g genomträngningskoefficient för den totala solstrålningen genom fönstrets ljusöppning. /4/

Den totala värmeenergin som tillförs av personer, belysning, elapparater och solstrålning beräknas enligt formel [6]:

$$Q_{\text{effekt}} = W_{\text{belysning}} + W_{\text{hushållsapparater}} \quad [6]$$

Q_{effekt} = Totala värmelasten ur belysning och elapparater, kWh

$W_{\text{belysning}}$ = Elenergi som förbrukas av belysningssystemet, kWh

$W_{\text{hushållsapparater}}$ = Elenergi som förbrukas av hushållsapparater, kWh

Byggnadens värmelast är summan av värmeenergin från personer, värmelasten från belysningen och elapparaturen inomhus, solstrålningsenergin som tillförs genom fönstren, värmelasten som frigörs från varmvattenrören och värmeförlusten från varmvattenberedaren. /4/

Dessa är viktiga att beakta för att optimera värmeförseln till byggnaden. Det är viktigt att ta i beaktande solstrålningen under kalla vinterdagar för att undvika onödig uppvärmning.

Nettobehovet av energi för uppvärmning av utrymmen och ventilationsluften kan beräknas med formel [7].

$$Q_{\text{lämmitys,tilat}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}}{\eta_{\text{lämmitys,tilat}} + Q_{\text{jakelu,ulos}} + Q_{\text{varastointi,ulos}}} \quad [7]$$

$Q_{\text{lämmitys, tilat}}$ = energibehov för uppvärming av utrymmen, vilket täcks med det beräk-
nade värmedistributionssystemet, kWh/a

$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}$ = nettoenergiebehov f r uppvärming av utrymmen, vilket täcks med
det ber kade värmedistributionssystemet, kWh/a

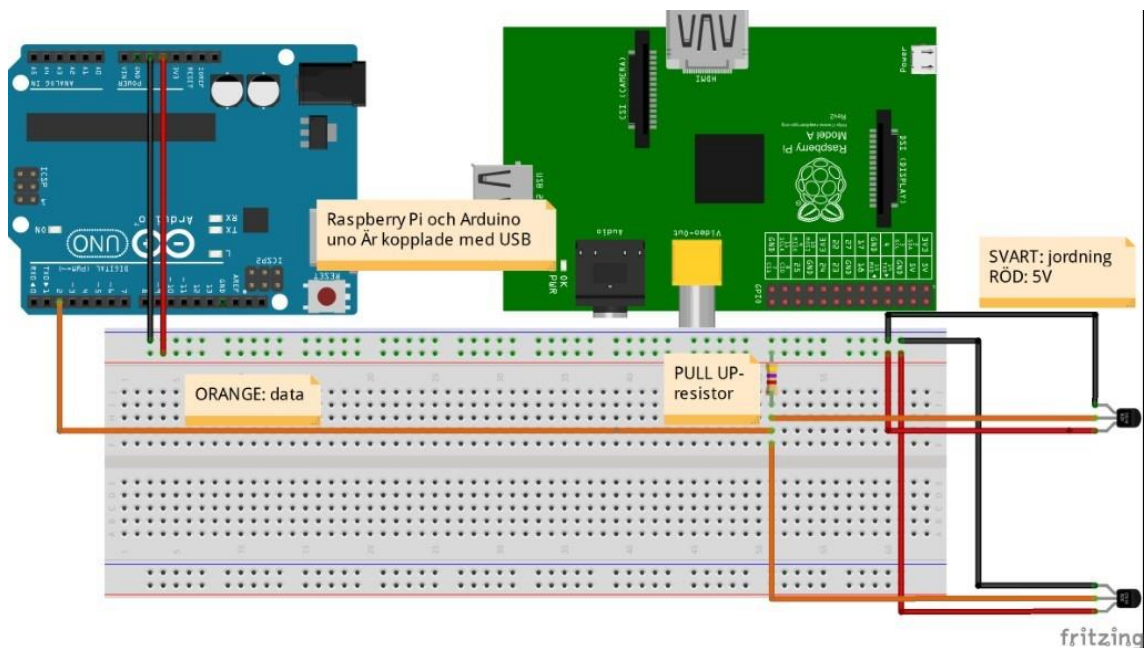
$Q_{\text{jakelu, ulos}}$ = värmeförlust från värmedistributionssystemet i icke-uppvärmt utrymme,
kWh/a

$Q_{\text{varastointi, ulos}}$ = värmeförlust från lagring i det ber kade värmedistributionssystemet,
kWh/a

$\eta_{\text{lämmitys, tilat}}$ = verkningsgrad för det ber kade värmedistributionssystemet. /4/

3.2 Temperaturmätning

Litteraturkällor och nätsidor undersöktes och man kunde konstatera att den sparade
energin berodde på alla de olika system man installerat. För att undersöka hur stor andel
av inbesparingen som kommer endast av att förutse väder gjordes ett praktiskt experi-
ment. Mätningen gjordes i samarbete med Kasper Peterzéns. Två temperaturmätare [bi-
laga 2] m tte inne- och utetemperaturen samtidigt.



Figur 1. Kopplingschema.

För att samla informationen från mätarna kopplades de till en Arduino uno-mikrokontroller enligt figur 1. Arduino uno kopplades till en Raspberry Pi dator, som loggade båda mätarnas värden med 30 sekunders mellanrum över mätperioden som var 42 dagar. Inne ställdes mätaren på ca 1,5 meters höjd från golvet (figur 2). Utemperaturmätaren sattes på balkonggolvet så långt från dörren som möjligt (figur 3).

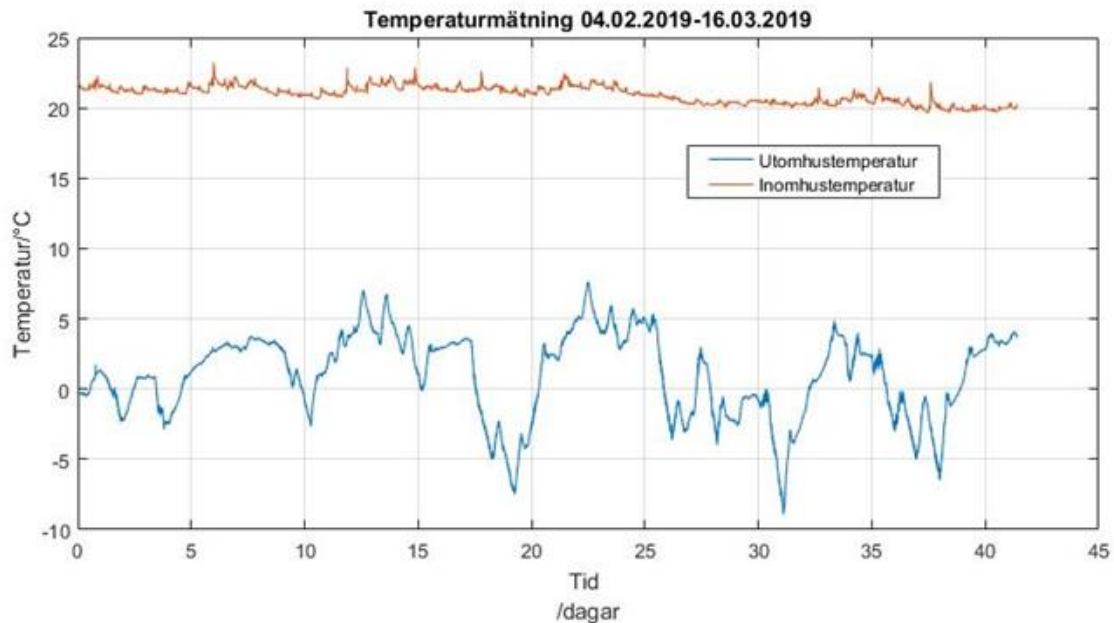


Figur 2. Inomhusmätaren på 1,5m höjd.



Figur 3. Utomhusmätaren på balkongen.

Resultaten kan ses i figur 4. Den röda linjen är innetemperaturen och den blåa är utetemperaturen. Det som kan avläsas ur detta är att trots stora förändringar i utetemperaturen består inne temperaturen rätt oförändrad.

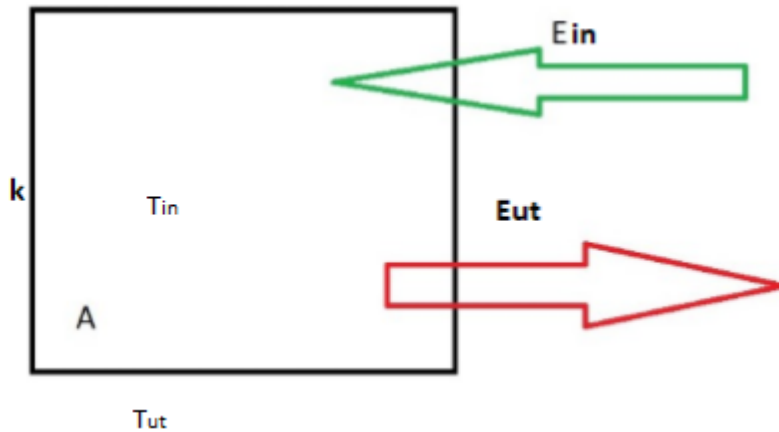


Figur 4. I grafen ser man inom- och utomhustemperaturen under mättningsperioden.

Bostaden där mätningen utfördes är en höghuslägenhet med fjärrvärmeanslutning. Värmen till bostaden kommer från termostatstyrda radiatorer som befinner sig under fönstren, endast badrummet har elburen golvvärme.

Från grafen (figur 4) kan avläsas att det varit stora förändringar i utetemperaturen, den högsta mätta temperaturen var 7°C och den lägsta var -9°C. I grafen (figur 4) kan också avläsas att den största temperaturväxlingen där temperaturen sjönk var från 0°C till -9°C på under ett dygn. Trots denna temperaturförändring kan vi avläsa att innetemperaturen hållits stabil. Totalt kan innetemperaturskurvan anses vara linjär genom hela mättningsperioden. Det kan ses att den brantaste temperaturupphöjning är från dag 32 med -9°C till 5°C grader på ca 1,5 dygn. Innetemperaturen under denna tid har en liten upphöjning på ca en grad.

Vilka saker påverkar innetemperaturen i lägenheten? Grafen (figur 4) visar vilka ute- och innetemperaturer det varit under mätningen. Figur 5 representerar en simplifierad bostad där A är arean på alla ytterväggar, fönster, bottenbjälklaget och taket. Värmege-
noms-
gångskoefficienten k står för byggnadsdelarnas värmege-
noms-
gångskapacitet.



Figur 5. Inomhustemperaturen påverkas av E_{in} och E_{ut} .

$$E_{ut} = k A (T_{in} - T_{ut})$$

[8]

E_{in} = värmeenergin som distribueras från radiatorerna.

A = Arean för ytterväggar, fönster, bottenbjälklag och tak.

E = värmeflödet ut

k = värmege-
noms-
gångskoefficient,

$T_{in} - T_{ut}$ = temperaturskillnaden mellan varma och kalla sidan.

För att uppfylla kravet på konstant innetemperatur måste $E_{in} = E_{ut}$. Orsaken till under-
sökningen av den väderprognosstyrda tekniken var att ta reda på vilket sätt den kunde
spara värmeenergi. Som kan konstateras av kravet att ha konstant innetemperatur T_{in} när
 k och A också hålls konstanta är T_{ut} enda variabeln som påverkar energikonsumtionen
 E_{in} för uppvärmning av en bostad eller ett hus.

Det enda sättet att minimera uppvärmningsenergin är genom att påverka någon av variablerna k , A och $(T_{in}-T_{ut})$. Genom att minska på arean kan man minska på E_{ut} , arean kan inte påverkas utan att ändra på lägenheten. Värmeöverföringskoefficienten k kan minskas genom att öka väggarnas isoleringar. Det sista som kunde påverkas är innetemperaturen, men man har bestämt i byggbestämmelserna att inomhustemperaturen skall hållas som 21°C så den ändrar man inte.

För att undersökningen handlar om energibesparing genom att förutspå väder kan inte påverkning av lägenheten räknas till en energibesparingsmöjlighet. Utetemperaturen har man inte möjlighet att påverka. Även då man har möjlighet att förutspå vädret minskar inte uppvärmningsbehovet då man strävar att hålla en konstant innetemperatur i lägenheten. Från grafen (figur 4) kan det avläsas att termostatstyrda radiatorerna håller innetemperaturen stabil vid skarpa ändringar i utetemperaturen. Slutsatsen av mätningen är att det inte finns någon möjlighet för energibesparing i uppvärmningen av lägenheten under dessa omständigheter.

För kunna göra energibesparingar med hjälp av väderprognoser, borde man ha möjlighet att buffra upp en värmekälla. Värmeleverantören kunde t.ex. buffra sina källor på förhand för att kunna distribuera stabilt även då temperaturen sjunker.

4 INOMHUSKLIMAT

När man planerar energieffektiva bostäder fokuserar man mycket på inomhustemperaturen. För att kunna skapa ett bra inomhusklimat måste man också beakta luftens fuktighet för den har mycket att göra med hur man upplever värmen.

Begreppet ekvivalenttemperatur är måttet på luftmängdens totala värmeenergi. Den ekvivalenta temperaturen skiljer sig märkbart från luftens temperatur. På en solig dag då termometermätaren visar t.ex. 10°C är den ekvivalenta temperaturen högre på grund av energi från solstrålningen. På en blåsig och fuktig dag är den ekvivalenta temperaturen lägre än vad termometermätaren visar. /5/

Ekvivalenttemperaturen är en viktig del av den väderprognosstyrda tekniken. Istället för att endast styra inomhusvärmen genom att läsa inomhustemperaturen tar man i beaktande på vilket sätt utomhusvärmen inverkar på byggnaden. Om det är en kall vinterdag med utomhustemperaturen minus 10 grader Celsius, går radiatorerna på full effekt för att kompensera den kalla temperaturen. Ett prognosstyrt system tar i beaktande värmen från solstrålningen. Värmebehovet beräknas efter att effekten från solstrålningen har tagits i beaktande. Resultatet blir att den icke prognosstyrda byggnaden kommer att använda för mycket energi och inomhustemperaturen blir högre än önskvärt. Ett motsatt exempel är hur regn och vind påverkar en normalt uppvärmd byggnad där kommer inomhusluften att kännas kall. Den prognosstyrda tekniken räknar på förhand ut att vinden kombinerat med hög fuktighet kommer att kyla ner byggnaden betydligt mer än vad endast temperaturen avslöjar. Den normalt uppvärmda byggnaden kompenserar inte utetemperaturen med följden att det känns kyligt inomhus. /6/

Väderprognoserna utgörs av utomhustemperatur, vindriktning, vindstyrka och solstrålning. Med hjälp av dessa kan man beräkna den ekvivalenta temperaturen för byggnaden. Prognosens noggrannhet övervakas genom att jämföra utomhustemperaturen med den temperatur prognosen lovade. /7/

För att nå bättre inomhusklimat bör man ta i beaktande den ekvivalenta temperaturen. Inomhusklimatet kunde förbättras genom att ta vinden och fuktigheten i beaktande när man installerar värmesystem. Det finns orsak att installera automation som kan förutse

vinden, fuktigheten samt solstrålningen. Istället för att installera sensorer för att mäta alla faktorer som inverkar på klimatet kan man istället läsa väderprognoser för att få samma information. Byggnadernas läge i förhållande till varandra och till miljön, t.ex. landsbygd eller stad, påverkas olika av vädret. På marknaden finns versioner av väderprognosstyrd automatik med sensorer inomhus som följer hur husets värmeförluster uppkommer och strävar att ta dem i beaktande i framtiden.

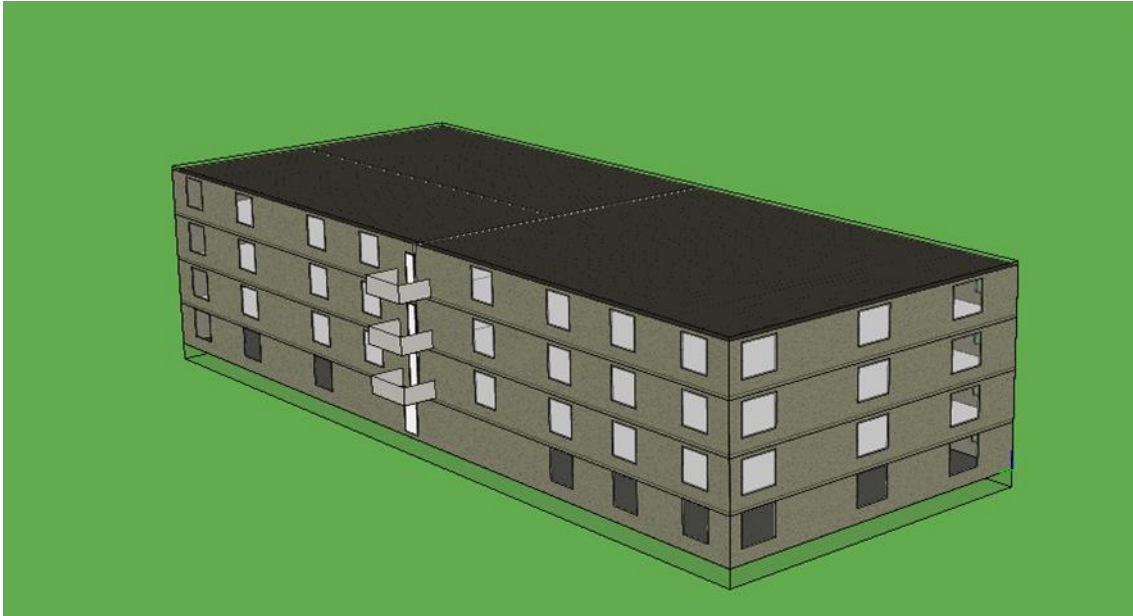
5 SIMULERING MED IDA-ICE 4.8

Vid forskning av vädrets inverkan på uppvärmning av byggnader används simuleringsprogrammet IDA-ICE 4.8. Med IDA-ICE är det möjligt att planera hus för forskning av dess egenskaper och bestämma olika material för alla väggar, golv, tak och fönster. Genom att konstruera ett hus och ange byggnadsdelarnas U-värden går det att simulera energiförlusterna under olika väderförhållanden och tidsperioder.

I intresset för simulationerna ligger i att utforska hur mycket energi man kunde spara genom att ta till vara effekten av solstrålningen. Man kommer att genomföra simulationerna med IDA-ICE 4.8 originalinställningar. Väder-filen som användes för simuleringarna är vädret från Kalmar, Sverige år 1968. Vädret är samma för alla simulationer och parametrarna som ändras är U-värden för stommen på huset, solstrålningens effekt samt värme- och ventilationssystemens inställningar.

5.1 Simuleringen av byggnaden

Första steget var att planera byggnaden, ett fyrvåningshus som användes för simulationerna (figur 6). I den första simulationen ställs ett mediokert U-värde på alla byggnadsdelar och uppvärmningsinställningarna ändras att motsvara byggnadsbestämmelserna och ställer luftmängden för ventilationen att motsvara självdragsventilation. Första simulationens väder-fil är från Kalmar, Sverige år 1968. Den första simulationen för värmeeffektbehovet för byggnaden ger följande information (figur 7) och från den undre tabellen kan man utläsa hur stora arealzonerna är och vilken temperatur de strävar att behålla. Den understa våningens innetemperatur ställdes till 15°C för att den skulle motsvara förråd och garage. De övriga våningarna strävar att hålla temperaturen vid 21°C.



Figur 6. Huset som simulationerna gjordes med.

Project		Building	
		Model floor area	3979.9 m ²
Customer		Model volume	10944.4 m ³
Created by	Rasmus Peterzéns	Model ground area	1000.0 m ²
Location	Kalmar	Model envelope area	3529.8 m ²
Climate file	Synthetic (winter)	Window/Envelope	8.7 %
Case	building1	Average U-value	0.7748 W/(m ² K)
Simulated	19.11.2018 15.13.23	Envelope area per Volume	0.3225 m ² /m ³

Zone Heating Loads

Zone	Group	Area, m ²	Heat supplied*, W	Time	Room unit heat, W	Vent. heat loss**, W	Temp., °C	Sup airflow, L/s
Zone		1000.0	789.0	15 Jan 13:10	1000.0	210.7	15.0	0.0
Zone3-s2	direct-import	489.7	6361.0	15 Jan 04:01	6509.0	148.4	21.0	0.0
Zone3-s1-s1	direct-import	267.0	3469.0	15 Jan 04:01	3497.0	28.4	21.0	0.0
Zone3-s1-s2	direct-import	236.6	3343.0	15 Jan 04:01	3396.0	53.1	21.0	0.0
Zone2-s2	direct-import	490.5	3622.0	15 Jan 04:01	3667.0	45.3	21.0	0.0
Zone2-s1-s1	direct-import	265.6	1921.0	15 Jan 04:01	1929.0	8.3	21.0	0.0
Zone2-s1-s2	direct-import	237.2	1937.0	15 Jan 04:01	1953.0	16.6	21.0	0.0
Zone1-s2	direct-import	490.5	5698.0	16 Jan 00:00	5742.0	44.1	21.0	0.0
Zone1-s1-s1	direct-import	265.6	3104.0	16 Jan 00:00	3112.0	8.1	21.0	0.0
Zone1-s1-s2	direct-import	237.2	3009.0	16 Jan 00:00	3025.0	16.2	21.0	0.0

* Maximum heat supplied by air and room units

** Heat lost through ventilation and infiltration at time of maximum heat supply

Figur 7. Värmebehovet för de olika utrymmena.

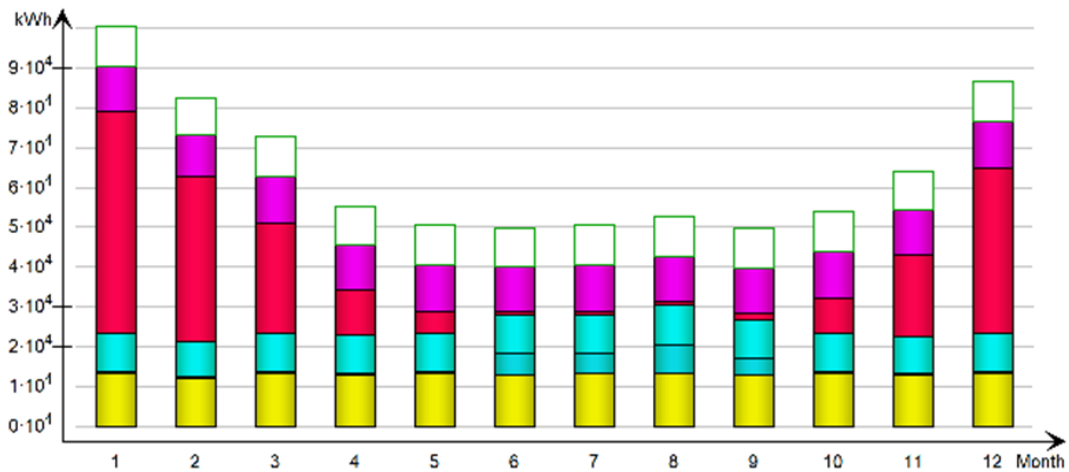
I följande simulation ändrades endast inställningen för hur mycket solstrålning som värmer byggnaden. En årlig simulering genomförs där solstrålningens uppvärmningseffekt är 0 %. Detta betyder att väder-filen är den samma men parametern som räknar hur mycket solen kunde avge uppvärmande effekt ställs till noll. Resultatet kommer att visa den årliga energimängden för hela byggnaden. Efter simuleringen fås följande data (figur 8). För den andra simuleringen ställdes solstrålningens uppvärmningseffekt till 100%. Simuleringen ger följande resultat (figur 9). Jämförelsen av dessa årliga energimängder visar att under sommarmånaderna används mer energi för kylning än i den andra simulationen. Värmeeffektbehovet i den första simuleringen blev $54,6 \text{ kWh/m}^2$ medan i den andra simulationen blev värmeeffektbehovet $51,1 \text{ kWh/m}^2$. Denna byggnads mantelyta som består till 8,7% av fönster kunde spara $3,5 \text{ kWh/m}^2$ per år på uppvärmningskostnader med solstrålning. Simulationerna var inte realistiska då man inte kan ta till vara varken 100% eller 0% av solstrålningen. Detta ger en inblick av hur mycket fönstren inverkar på uppvärmningsbehovet.

Delivered Energy Overview

	Purchased energy		Peak demand
	kWh	kWh/m ²	kW
Lighting, facility	156891	39.4	17.91
Electric cooling	26028	6.5	51.49
HVAC aux	113632	28.6	13.63
Total, Facility electric	296551	74.5	
Fuel heating	217157	54.6	204.3
Domestic hot water	137288	34.5	15.67
Total, Facility fuel*	354445	89.1	
Total	650996	163.6	
Equipment, tenant	118248	29.7	13.5
Total, Tenant electric	118248	29.7	
Grand total	769244	193.3	

*heating value

Monthly Purchased/Sold Energy



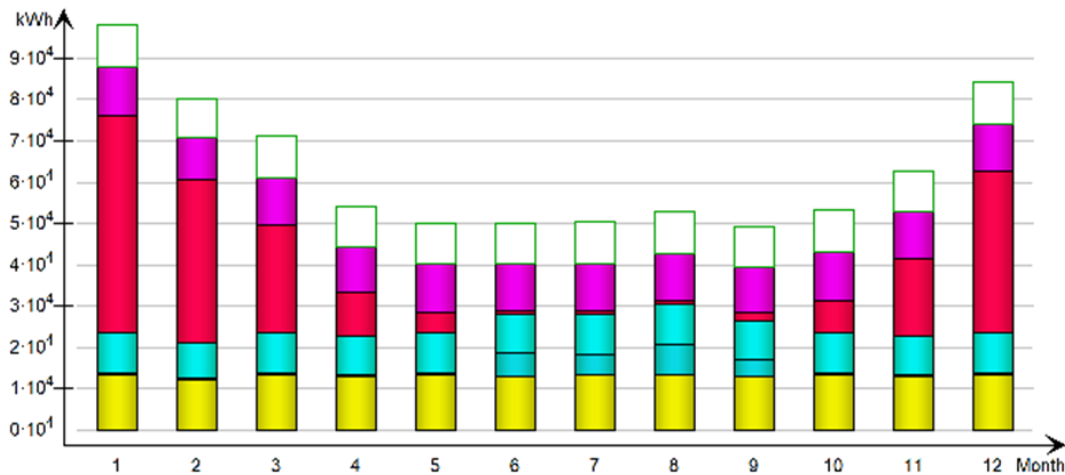
Figur 8. Årliga energiförbrukningen med 0% solstrålning.

Delivered Energy Overview

		Purchased energy		Peak demand
		kWh	kWh/m ²	kW
■	Lighting, facility	156891	39.4	17.91
■	Electric cooling	26120	6.6	50.68
■	HVAC aux	113611	28.6	13.61
	Total, Facility electric	296622	74.5	
■	Fuel heating	203423	51.1	200.0
■	Domestic hot water	137288	34.5	15.67
	Total, Facility fuel*	340711	85.6	
	Total	637333	160.1	
□	Equipment, tenant	118248	29.7	13.5
	Total, Tenant electric	118248	29.7	
	Grand total	755581	189.8	

*heating value

Monthly Purchased/Sold Energy



Figur 9. Årliga energiförbrukningen med 100% solstrålning.

5.2 Simuleringen av ett dygn

Följande simulationer som jämfördes gav mer praktisk information. Där undersöktes solstrålningens inverkan på ett dygn. Först simulerades det med 0% och sedan med 100% solstrålningseffekt.

I simuleringarna har årets första dag använts som jämförelse av strålningseffekten. En jämförelse mellan ett dygn med 0% solstrålning och ett dygn med 100% solstrålning

görs, (tabell 1 och tabell 2). Tabellerna innehåller information om medeltemperaturen, temperaturen i vistelsehöjd samt temperaturen hos den torra uteluften.

Tabell 1. Ett dygn med 0% solstrålning.

Hour	Mean air temperature, Deg-C	Operative temperature, Deg-C	Outside air dry-bulb temperature, Deg-C (Air Handling Unit.AHU temperatures)
1.1.2018 01:00	17.74	17.75	-7.195
1.1.2018 02:00	17.75	17.76	-6.987
1.1.2018 03:00	17.75	17.75	-6.822
1.1.2018 04:00	17.74	17.74	-7.109
1.1.2018 05:00	17.73	17.74	-7.189
1.1.2018 06:00	17.72	17.73	-7.276
1.1.2018 07:00	17.71	17.71	-7.935
1.1.2018 08:00	17.7	17.71	-7.708
1.1.2018 09:00	17.71	17.71	-6.761
1.1.2018 10:00	17.74	17.74	-5.46
1.1.2018 11:00	17.77	17.78	-4.235
1.1.2018 12:00	17.81	17.81	-2.883
1.1.2018 13:00	17.83	17.84	-1.358
1.1.2018 14:00	17.84	17.84	-0.2837
1.1.2018 15:00	17.83	17.82	-1.7E-5
1.1.2018 16:00	17.82	17.81	-0.1474
1.1.2018 17:00	17.82	17.81	-0.2919
1.1.2018 18:00	17.82	17.8	-0.2459
1.1.2018 19:00	17.81	17.8	-0.3654
1.1.2018 20:00	17.81	17.8	-0.737
1.1.2018 21:00	17.8	17.79	-1.169
1.1.2018 22:00	17.79	17.78	-1.568
1.1.2018 23:00	17.79	17.78	-1.886

Tabell 2. Ett dygn med 100% solstrålning.

Hour	Mean air temperature, Deg-C	Operative temperature, Deg-C	Outside air dry-bulb temperature, Deg-C (Air Handling Unit.AHU temperatures)	Outside air dry-bulb temperature, Deg-C (Air Handling Unit.AHU temperatures)
1.1.2018 01:00	18.06	18.13	-7.195	-7.195
1.1.2018 02:00	18.07	18.13	-6.987	-6.987
1.1.2018 03:00	18.06	18.13	-6.822	-6.822
1.1.2018 04:00	18.05	18.12	-7.109	-7.109
1.1.2018 05:00	18.04	18.11	-7.189	-7.189
1.1.2018 06:00	18.03	18.09	-7.276	-7.276
1.1.2018 07:00	18.01	18.08	-7.935	-7.935
1.1.2018 08:00	18.01	18.07	-7.708	-7.708
1.1.2018 09:00	18.01	18.08	-6.815	-6.815
1.1.2018 10:00	18.04	18.11	-5.592	-5.592
1.1.2018 11:00	18.09	18.16	-4.243	-4.243
1.1.2018 12:00	18.13	18.22	-2.809	-2.809
1.1.2018 13:00	18.17	18.25	-1.302	-1.302
1.1.2018 14:00	18.17	18.26	-0.2821	-0.2821
1.1.2018 15:00	18.16	18.23	-0.05046	-0.05046
1.1.2018 16:00	18.15	18.21	-0.1493	-0.1493
1.1.2018 17:00	18.14	18.2	-0.189	-0.189
1.1.2018 18:00	18.14	18.2	-0.2332	-0.2332
1.1.2018 19:00	18.14	18.19	-0.3475	-0.3475
1.1.2018 20:00	18.13	18.19	-0.7613	-0.7613
1.1.2018 21:00	18.12	18.18	-1.2	-1.2
1.1.2018 22:00	18.11	18.17	-1.586	-1.586
1.1.2018 23:00	18.1	18.16	-1.872	-1.872

Från simuleringen med 100% strålning kan det utläsas att temperaturen är ungefär 0,3°C högre. Det simulerade höghuset hade relativt små fönster, men man kan anta att hus med större fönster uppvärms mer än 0,3°C. Vid planering av ett hus och husets lokalisering kan denna information utnyttjas. Vid planering av hus är det energieffektivt att ha stora fönstren mot söder.

6 AUTOMATION

Tekniken att styra och reglera fastigheter blir allt mer aktuell. Fastighetsautomation ger olika möjligheter för inbesparing av energi. Vid reglering av värmen, ventilationen eller belysningen är de enskilda besparingarna relativt små. Därför har det utvecklats olika system som kan styra alla dessa parametrar. Till följande presenteras KNX och Optiwatti.

6.1 KNX-system

Med KNX-system kan man samtidigt styra belysningen, värmen, luftkonditioneringen, kylningen och säkerhetssystemen. KNX kan styras med kabel, radiovågor och med internetanslutning. /8/

För att undersöka potentialen av energibesparingen av KNX gjordes experiment av ett universitet i Italien samt en högskola i Tyskland. Högskolan hade två identiska utrymmen. I det ena utrymmet styrdes värmen med radiatorernas termostat och i det andra utrymmet styrde KNX-systemet både värmen och belysningen. Resultatet av detta experiment blev att det KNX-styrda utrymmet använde hälften mindre energi jämfört med det termostatstyrda utrymmet. I experimentet togs även inomhuskomforten i beaktande. Temperaturen i KNX-rummet var 0,3°C högre. Skillnad i temperaturen är inte stor men är ett bevis på bättre energieffektivitet. /8/

Ett mindre projekt utfördes i Stockholm. Där installerades flera energisparande KNX-system i en 67 kvadratmeter stor bostad. Bostaden befinner sig i ett höghus på över tio våningar men endast denna bostad installerades med KNX-fastighetsstyrning. Kostnaden att installera styrning av belysning, värme och ventilation samt automatiserade draperier, högklassigt alarmsystem och kontrollsystem som också hade talstyrning var ungefär 20 000 euro. Med denna satsning förbättrades byggnadens energieffektivitet med 33 procent. /8/

I staden Hamilton, Nya Zeeland, byggdes ett varuhus som var ca 5000 m² stort. I byggnaden installerades över 400 KNX-maskiner. Varuhuset blev klart år 2017. Belysningen installerades med dimmers, tidscheman, sensorer som reagerar om rummen är ockuperade. Värmen och ventilationen hade sensorer som styrde luft-behovet efter hur många människor som befann sig i rummen. Fönsterdraperier installerades med automatiserade sensorer som styrde dem för att optimera belysningsnivån i rummen samt för att spara på nedkylningskostnader. Byggnadens säkerhet maximerades genom sensorer för rök, sensorer som märker om fönstren söndras samt rörelsedetektorer. Det fanns övervakning via internet som kan styras på distans via telefoner och datorer. Inne i byggnaden installerades styrskärmar och vanliga strömbrytare. Orsaken till att huset installerades med flera KNX-system, var att man ville nå den högsta energiklassificeringen i Nya Zeeland. /8/

I Finland renoverades musikhuset i Helsingfors år 2011. Huset försågs med KNX-automatik som ett kommersiellt projekt. Utrustningen bestod av övervakning av belysning, automatiserad golvvärme, automatiserade draperier samt övervakning av energieffektiviteten. Huset har en golvareal på ca 5000 m². Kostnaden för installationerna blev ca 80 000 euro. /8/

6.2 Optiwatti

Finska Optiwatti erbjuder automatiserad värmestyrning med en inbesparing upp till 40%. Optiwatti-systemet kan bland annat styra radiatorer, elburen golvvärme och varmvattenberedare. De erbjuder distansstyrning för olika utrymmen och deras teknik tillåter att styra temperaturer i olika utrymmen med en timmes noggrannhet. Om man vill sova i ett rum med 19°C kan man ställa temperaturen att stiga till 21°C då man vaknar. Det går att ställa in hushållets duschrutiner som systemet tar i beaktande och reserverar tillräckligt med varmvatten då det behövs. /9/ Optiwatti har en algoritm som tar i beaktande diverse parametrar som utetemperatur, rumstemperatur och utrymmets tidigare uppvärmningsbehov, elpris och väderprognos. Ett exempel är hur Optiwatti kan förbättra inomhusklimat i en stuga som endast besöks på helgar. Med Optiwatti-systemet

kan man på förhand ställa inomhusvärmen i stugan till 21 grader Celsius. Eller om man vill spara på komforten kan man ställa den att börja värma då man anländer. /9/

En artikel på Helsingfors energis hemsida /10/ handlar om en familj som installerat Optiwatti i sitt egnahemshus för ett år sedan. Huset är byggt år 2008, 190 m² stort och har en yttrefodring av tegel. De nio första åren hade de nattuppvärmning som ledde till att det var onödigt varmt på morgonen men för svalt på eftermiddagen. På hösten 2017 installerades Optiwatti i deras hus. Värmesystemet och varmvattenberedaren utrustades med automatisering. Ägaren ställde in systemet att hålla en rumstemperatur på 21°C då de var hemma och 19 grader Celsius då de var borta. Ägaren beskrev att programmet lärde sig hur husets värmeförluster uppkommer och lärde sig optimera värmen på rätt sätt. Med Optiwatti-systemet har man uppnått ett bättre inomhusklimat i huset. Eftersom husägaren jobbat i energibranschen hade han tidigare optimerat energianvändningen i deras hushåll från 26 000 kWh till 22 000 kWh. Därför var det en överraskning att programmet sänkte förbrukningen av energi med ytterligare 30%. Orsaken till besparingen är den sänkta inomhustemperaturen. Dessutom har man sänkt el-kostnaderna genom att följa med elpriset i realtid. Optiwatti har värmt upp både huset och varmvattnet, då elpriset varit som lägst. /10/

Med liknande automation kan man enligt exemplet ovan åstadkomma bättre trivsel och spara in till och med 30% av kostnaderna. Största delen av företagen i branschen marknadsför att de uppnår en kostnadsbesparing på ca 30%.

7 PROGNOSSTYRNING FÖR EN VÄRMECENTRAL

Tidigare konstaterades det att ett enskilt hushåll inte har möjligheter att spara värmeenergi då inomhustemperaturen hålls konstant. I en fjärrvärmecentral finns det däremot möjlighet att höja energireserven, alltså höja temperaturen på fjärrvärmevattnet, inför kallare väder. Fastän man buffrar energi i fjärrvärmevattnet påverkar det inte bostäders inomhuskomfort negativt.

$$T_{meno} = 115^{\circ}C + (t_u + t_x) \times \frac{45^{\circ}C}{8^{\circ}C - t_u} \quad [9]$$

T_{meno} = Utgående vattnets temperatur

t_u = Dimensionerade utetemperaturen ($-26^{\circ}C$ för södra Finland)

t_x = Ortens utomhustemperatur

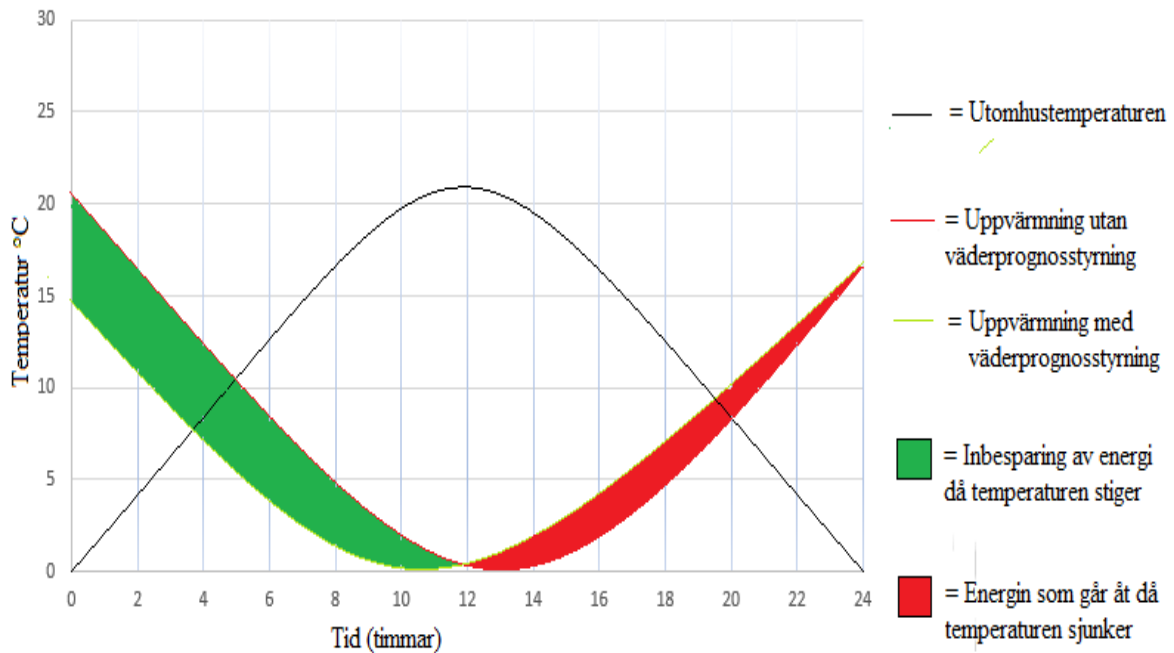
$115^{\circ}C$ = Maximala T_{meno}

Om t_u är $8^{\circ}C$ eller högre kommer T_{meno} att vara $70^{\circ}C$. /20/

I ekvation [9] ser man att temperaturen på fjärrvärmevattnet beror på utomhustemperaturen t_x . När utomhustemperaturen stiger så sänker man temperaturen på den på det utgående fjärrvärmevattnet. Eftersom den totala vattenmängden som cirkulerar i fjärrvärmerören är mycket stor och vatten har hög värmelagrande förmåga, så tar det lång tid för vattnet att svalna. Under den tiden avger systemet mycket värme i onödan. Ifall man kunde börja sänka fjärrvärmecentralens temperatur på förhand finns det stora möjligheter att spara energi. För att detta ska vara möjligt måste man ta hjälp av väderprognoser.

Sparpotentialen kan ses nedan i figur 10 där det finns en kurva för värmestyrning utan prognos och en med prognosstyrning. De färglagda områdena ger en inblick av besparingspotentialen då man använder väderprognos för att styra distributionen av fjärrvärme. Utomhustemperaturen går från $0^{\circ}C$ till ca $21^{\circ}C$ till klockan 12 på dagen. Den röda kurvan visar den relativa uppvärmningseffekten om man inte hade väderprognosstyrning. På grund av systemets långa reaktionstid sänks uppvärmningseffekten till noll först efter att utomhustemperaturen uppnått $21^{\circ}C$. Den ljusgröna kurvan visar uppvärmningen med väderprognosstyrning. Kurvan visar hur man kunde sänka uppvärmningseff-

fekten tidigare för att spara energi och höja den innan temperaturen sjunker för att kunna hålla jämn inomhustemperatur. Området som målats mörkgrönt står för inbesparade energin. Området som målats rött står för energin man måste kompensera på grund av besparingen i uppvärmningsfasen. Differensen mellan det mörkgröna och röda området är totala besparingen av energi.

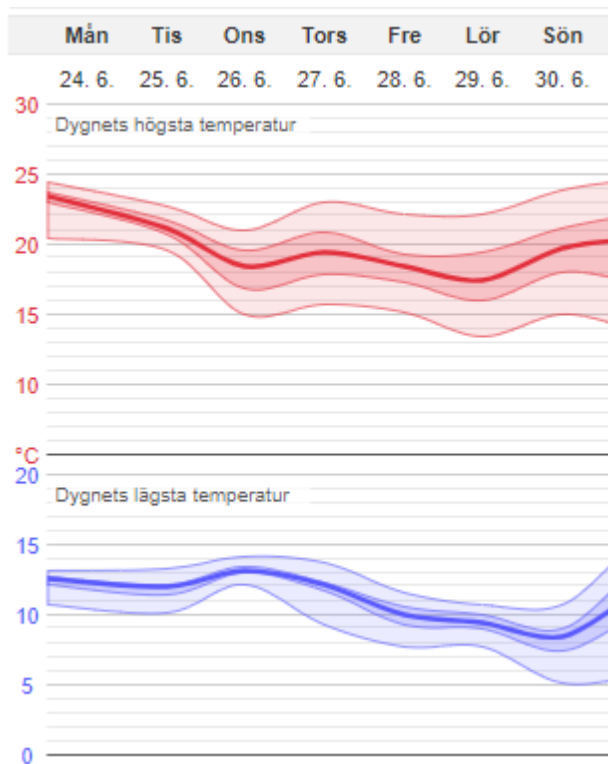


Figur 10 Illustrering av väderprognosstyrning.

Det kan konstateras att det finns besparingspotential i den väderprognosstyrda tekniken. Värmecentralen försöker ställa värmedistribueringen så att som figur 10 visar de maximerar det mörkgröna området och minimerar det röda. Om de lyckas ger växlingar i temperaturen bra möjligheter för besparing.

Värmecentralen förbereder uppvärmningsbehovet enligt det prognostiserade vädret. Foreca gör sina femtondygnsprognoser genom ensembleprognoser, där de kör vädermodellen 51 gånger med olika utgångslägen. Av prognosen kan det avläsas följande 15 dygns högsta och lägsta temperaturer. Osäkerheten i temperaturen blir större längre fram i tiden. /22/

I figur 11 ses en beskuren bild på en femtondygnsprognos.



Figur 11. En veckas temperaturprognos.

I väderprognosen (figur 11) kan det avläsas att den sannolika temperaturen kommer att variera mellan 20°C och 10°C. Värmecentralen förbereder sin värmedistribution enligt liknande prognos. För att temperaturen har ca 10°C skillnad i medeltal under den prognostiserade veckan konstateras att det finns besparingspotential i prognosen. Hur kommer inomhustemperaturen att reagera?

Värmecentralen litar på att temperaturen inte sjunker under 5°C under den kallaste natten. Ifall natten visar sig vara 15°C hamnar husets termostat strypa överskottet för att undvika att värma i onödan. Situationen är att värmebehovet styrs samtidigt på två sätt. Första är det prognostiserade värmebehovet som värmecentralen använder sig av. Det andra sättet är termostatventiler som ligger inne i lägenheten. /23/

På grund av att värmecentralen måste förbereda sig på kallaste möjliga temperatur blir det alltid överskott i distributionen. Överskottet känns inte i lägenheter med fungerande termostatventiler men överskotten orsakar förluster i energi då man värmer upp framledningstvattnet för att sedan strypa dess tillgång till radiatorerna.

Ifall man hoppas spara värmeenergi bör man sträva till att medeltemperaturen i lägenheten är så låg som byggbestämmelserna tillåter. För bästa resultat bör bostadens värmesystem vara i balans och att framledningstemperaturen är optimerad enligt behovet.

/23/

8 SLUTSATSER

Man undersökte om det är möjligt att spara 30% av värmekostnaderna med väderprognoser. I Sverige har man kunnat bevisa att en automatiserad byggnad som tar vädret i beaktande hade sparat ca 30% under en 5 års period. Två av de finska företagen lovar ungefär samma inbesparing av energi. Det andra företaget hade lyckats sparat in 40% av elkostnaderna under ett år jämfört med tidigare år. Simulationerna med IDA-ICE visade vilka möjligheter solstrålning ger på inbesparing av energi. Simulationerna med 0% och 100% solstrålning gav inomhustemperaturer som skiljde sig 0,3 grader Celsius från varandra.

Mätningen som utfördes i februari visade klart att besparing av uppvärmningsenergi genom väderprognosstyrning inte är möjlig utan att sänka inomhustemperaturen. Resultaten är klara eftersom det fanns stora temperaturförändringar under mätningsperioden. Vidare forskning kunde utföras då temperaturen stiger över tio grader Celsius. Där kunde man få reda på hur ett hus lagrar värmen samt hur det kunde utnyttjas.

Det är möjligt att få en inbesparing av energi med väderprognosautomation, då man reglerar inomhustemperaturen. Största delen av inbesparingen kommer från andra energisparande åtgärder som automationen för med sig. Endast en del av den lovade 30% inbesparingen kommer från väderprognosautomatiken. Fastän man inte kan ändra energimängden som behövs för att upprätthålla en viss inomhustemperatur så kan samma temperatur upplevas olika beroende på luftfuktigheten. Väderprognoser kan hjälpa till att höja temperaturen då det blir fuktigare väder och sänka den då det är torrare luft. Då blir den upplevda temperaturen bli jämnare och inomhuskomforten högre.

De egentliga sparmöjligheterna finns i fjärrvärmedistributionen. Värmetillförseln kan optimeras genom att utnyttja väderprognoser. Energin sparas när man utnyttjar prognosen för att styra fjärrvärmevattnets temperatur då temperaturen växlar.

9 SAMMANDRAG

Värmereglering med hjälp av väderprognostisering handlar om energisparande åtgärder med hjälp av väderprognoser. Arbetet går igenom vilka är förutsättningarna för att energibesparing kan uppnås med villkoren att byggbestämmelser följs. Inomhusklimat tas i beaktande för att bestämma skillnaden mellan uppmätt temperatur och upplevd temperatur. En mätning utförs var två temperaturmätare mäter inom- och utomhustemperaturen samtidigt. Mätningen visade att moderna termostatventiler håller jämn inomhustemperatur trots stora ändringar i utomhustemperaturen. Simuleringar med IDA-ICE 4.6 utförs för undersökning av solstrålningens effekt. Uppvärmningseffekten under en solig vinterdag var $0,3^{\circ}\text{C}$ i rummet med 100% solstrålning. Arbetet tar upp några företag som säljer energibesparings lösningar med hjälp av väderprognoser. Vidare undersökning av sparade energins uppkomst visar att företagen har andra lösningar som ökar sparandet och därmed är väderprognoserna endast en del av en fungerande helhet. Värmecentralers funktionsprincip undersöks för att konstatera vilka faktorer som påverkar uppvärmningen. Det konstateras att på grund av värmedistributionens tröghet är väderprognoser viktiga för distributionens optimering. Väderprognoserna tillåter centralen att förbereda sig på stora behov av uppvärmning på grund av sänkning i temperaturen. Slutsatsen av väderprognosreglering är att besparingspotentialen ligger i temperaturväxlingar som värmecentraler strävar att utnyttja.

KÄLLOR

1. <http://www.europarl.europa.eu/factsheets/sv/sheet/69/energieffektivitet>
hämtad 1.11.18
2. <https://tem.fi/sv/arbets-och-naringsministeriets-energieffektivitetsplan>
hämtad 1.11.18
3. https://www.motiva.fi/sv/hem_och_boende/husbolag/energicertifikat
hämtad 1.11.18
4. https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/D5r_2012.pdf
hämtad 2.11.18
5. <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/ekvivalenttemperatur>
hämtad 30.10.18
6. <https://www.smhi.se/professionella-tjanster/professionella-tjanster/fastighet/optimera-energiforbrukningen-med-prognosstyrning-1.20338>
hämtad 26.10.18
7. http://xn--vderprognosstyrning-gwb.se/produkter_klimat.php?page_2=prognosstyrning/page3.php&title2=Ekvivalent%20Temperatur
hämtad 30.10.18
8. <http://knx.fi/index.php?k=224595>
hämtad 7.11.18
9. <https://www.optiwatti.fi/mika-on-optiwatti/toimintaperiaate/>
hämtad 27.11.18
10. <https://www.helen.fi/asiakaspalvelu/ajankohtaista/arjessa/sahko/sahkolammityksen-kulut-kuriin-automaatiolla/>
hämtad 27.11.18
11. <https://www.smhi.se/professionella-tjanster/professionella-tjanster/fastighet/smhi-prognosstyrning-1.1637>
hämtad 26.10.18
12. https://energiradgivningen.se/system/tdf/energieffektivisering_i_stora_varmesystem.pdf?file=1
hämtad 26.10.18
13. <http://www.ventipart.dk/media/files/EXOmatic%20weatherlink.pdf>
hämtad 30.10.18
14. <http://www.ecopilot.com/sv/om-ecopilot/sa-fungerar-det/>
hämtad 30.10.18
15. <http://www.teknikhandboken.se/handboken/rorelser-och-rorelsefogar/temperaturrorelser/faktorer-som-paverkar-temperaturen/>
hämtad 30.10.18
16. <https://www.hel.fi/helsinki/sv/boende-och-miljo/byggande/reparations/energieffektivitet/energiutredning>
hämtad 1.11.18
17. <http://www.energihandbok.se/varmeoverforing/>
hämtad 2.11.18
18. https://www.finlex.fi/data/normit/37188/D3-2012_Svenska.pdf
hämtad 5.11.18
19. <http://energiatodistus.motiva.fi/midcom>
hämtad 7.11.18

20. https://energia.fi/files/502/JulkaisuK1_2013_20140509.pdf hämtad 26.05
21. <https://www.armatec.com/sv/erab/koncept/fastighetsautomation/styr-efter-prognos/> hämtad 26.05
22. <http://blogg.foreca.se/2013/10/ny-15-dygnsprognos-pa-foreca-se/>
hämtad 24.06.2019
23. <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/209907/209907.pdf>
hämtad 26.06.2019

BILAGA 1

Ennakoiva lämmitys



Esa Vepsäläinen <esa.vepsalainen@optiwatti.>



Vastaa kaikille | v

ke 14.11, 17.28

Rasmus Peterzéns v

Tervehdys,

Kun asiakas määrittelee että klo1500 lämpötila toive on 22C niin OptiWatin järjestelmässä on mahdollista valita

- aloitetaanko lämmitys vasta klo1500 ja tavoitellaan lämpötilaa 22C
- vai aloitetaanko lämmitys aiemmin jolloin klo1500 lämpötila on haluttu 22C

Jälkimmäistä näistä tarkoitetaan ennakoinnilla. Tällä valinnalla on ennenkaikkea merkitys mukavuuden kannalta esim. saavuttaessa kylmillään olleeseen mökkiin.

Ennakoinnin logiikka perustuu OptiWatin IPRn alaiseen algoritmiin joka ottaa huomioon erilaisia parametrejä kuten ulkolämpötila, nyky lämpötila, sääennuste, huoneen käyttäytymishistoria, sähkön tuntihinta jne. Näiden parametrien perusteella OptiWatin järjestelmä laskee milloin lämmitys täytyy käynnistää että saavutetaan haluttu tavoitetila. Tätä logiikkaa ei voi valitettavasti avata tämän enempää.

Esa

Esa Vepsäläinen

+358 40 588 3190

BILAGA 2



www.maxim-ic.com

DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer

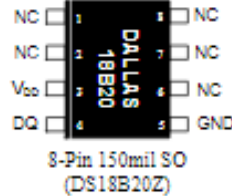
FEATURES

- Unique 1-Wire[®] interface requires only one port pin for communication
- Each device has a unique 64-bit serial code stored in an onboard ROM
- Multidrop capability simplifies distributed temperature sensing applications
- Requires no external components
- Can be powered from data line. Power supply range is 3.0V to 5.5V
- Measures temperatures from -55°C to $+125^{\circ}\text{C}$ (-67°F to $+257^{\circ}\text{F}$)
- $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ accuracy from -10°C to $+85^{\circ}\text{C}$
- Thermometer resolution is user-selectable from 9 to 12 bits
- Converts temperature to 12-bit digital word in 750ms (max.)
- User-definable nonvolatile (NV) alarm settings
- Alarm search command identifies and addresses devices whose temperature is outside of programmed limits (temperature alarm condition)
- Available in 8-pin SO (150mil), 8-pin μSOP , and 3-pin TO-92 packages
- Software compatible with the DS18B22
- Applications include thermostatic controls, industrial systems, consumer products, thermometers, or any thermally sensitive system

PIN ASSIGNMENT



(BOTTOM VIEW)
TO-92
(DS18B20)



8-Pin 150mil SO
(DS18B20Z)



8-Pin μSOP
(DS18B20U)

PIN DESCRIPTION

- GND - Ground
DQ - Data In/Out
V_{cc} - Power Supply Voltage
NC - No Connect

DESCRIPTION

The DS18B20 Digital Thermometer provides 9 to 12-bit centigrade temperature measurements and has an alarm function with nonvolatile user-programmable upper and lower trigger points. The DS18B20 communicates over a 1-Wire bus that by definition requires only one data line (and ground) for communication with a central microprocessor. It has an operating temperature range of -55°C to $+125^{\circ}\text{C}$ and is accurate to $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ over the range of -10°C to $+85^{\circ}\text{C}$. In addition, the DS18B20 can derive power directly from the data line ("parasite power"), eliminating the need for an external power supply.

Each DS18B20 has a unique 64-bit serial code, which allows multiple DS18B20s to function on the same 1-wire bus; thus, it is simple to use one microprocessor to control many DS18B20s distributed over a large area. Applications that can benefit from this feature include HVAC environmental controls, temperature monitoring systems inside buildings, equipment or machinery, and process monitoring and control systems.