

Projektrapport Herrgårdsängen, Gäddeholm Västerås stad



Författare: Bo Göransson, Ulf Edvardsson, Eje Sandberg, Erik Olofsson Augustsson



VÄSTERÅS STAD

Innehållsförteckning

Sammanfattning	3
Uppdraget Lågenergihus Herrgårdsängen	4
Västerås koncept för småhusbyggande	4
Avtal om energikrav	5
Avtalets utformning	5
Uppföljningsprocess	5
Mätupplägg	6
Effektbehovmätning	6
Årsenergimätning	6
Beskrivning av genomsnittsbyggnad	7
Mätresultat	7
Årsenergi	7
Värmeeffektbehov	11
Byggnadernas täthet	12
Inneklimat	13
Varmvattenanvändning	14
Körschema för mätuppföljning	15
Småhusköparens respons	15
Parternas ansvarsfördelning	16
Kunskapsspridning	16
Varför eget beräkningsstöd	16
Erfarenhet och lärdomar	18
Övergripande slutsatser	18
Processupplägg	18
Mätuppföljning	18
Slutsatser från Västeråsmodellen - nationellt	18
Slutsatser om byggprocessen	19
Installation och projektering	19
Installationsarbetets brister	19
Vad kostar insatsen med en kvalitetssäkring	19
Information om driftinställningar	20
Värmepumpens prestanda	20
Sammanfattade slutsatser från uppföljning på plats	20
Generella	20
Metodik	20
Vanliga "fel"	20
Uppmaning till husleverantörer	20
Jämförande resultat relativt byggreglerna	21
Ordförklaringar	22
Bilaga 1 .Organisation och beskrivning av Herrgårdsängen	23
Bilaga 2. Beräkning av byggnadens värmeeffektbehov	24
Bilaga 3. Metod för energiuppföljning och korrigering enligt BEN1 och BEN2	25
Tappvarmvatten	25
Normalisering på grund av avvikande inomhustemperatur	26
Normalisering på grund av avvikande internlast	26
Bilaga 4. Övriga byggnadstekniska krav - småhus	27
Bilaga till besiktningsprotokoll	27

Sammanfattning



Herrgårdsängen är ett unikt bostadsområde för småhus med endast lågenergihus, byggda av ett stort antal olika byggherrar och husleverantörer. Inom ramen för Västerås stads arbete med en energi- och miljöplan (2007) utsågs Herrgårdsängen till ett pilotområde för lågenergihusbyggande. Staden utvecklade ett eget koncept med minimikrav, och med ytterligare incitament i form av ett bonussystem i två nivåer. En liten bonus om kraven uppfylls och en större bonus om husen byggs på passivhusnivå enligt FEBY 09.

En grundförutsättning i konceptet är att alla berörda känner sig bekväma med ställda krav och metoder. Vi förde därför en löpande dialog med husköpare, byggherrar och ett tiotal husleverantörer - från tidpunkten när tomterna släpptes till dess att resultatet av de kontinuerliga mätuppföljningarna lämnades in. Konceptet ställer krav på bland annat köpt energi och låga värmeförluster (värmeeffektbehov).

Pilotprojektet på Herrgårdsängen, som startade 2008, är nu utvärderat genom egna mätningar och intervjuer. Hittills har 92 småhus utvärderats genom mätningar för värmeeffektbehov vid dimensionerande utetemperatur. I genomsnitt hamnar resultaten på låga 20 W/m², vilket också var det ställda kravet. 15 av byggnaderna hamnar högre än 17 % över kravet (där hänsyn tas till de felmarginaler som mätningar ger) och för dessa kommer vi att göra en kompletterande uppföljning.

Vi har även mätt och energideklarerat års-

energianvändningen i de 92 byggnaderna. Resultatet visar att de i snitt använder 34 kWh/m²/år elenergi för sin uppvärmning och drift och därmed klarar minimikraven i byggreglerna. Detta kan jämföras med Boverkets energikrav som ligger på 55 kWh/m²/år och stadens på 40 kWh/m²/år. Att det med marginal hamnar lägre än energikravet beror främst på att kravet på värmeeffektbehov ger så små förluster.

När det gäller årsenergianvändningen blir variationerna mellan olika byggnader ganska stora eftersom de boende själva påverkar energianvändningen genom vädring, innetemperatur och användning av varmvatten och solskydd. Stadens strategi är därför att ha värmeeffektbehov som ett styrande krav, medan årsenergikravet snarare syftar till att styra värmeförsörjningen bort från direktverkande radiatorer i riktning mot en mer effektiv användning av elenergin genom värmepumpar.

Med våra goda erfarenheter från pilotprojektet i Herrgårdsängen breddade vi tillämpningen 2009 till att innefatta allt byggande på kommunens mark. Den breddade tillämpningen gällde fram till att stopplagen infördes i januari 2015.

För att skapa förankring och samsyn kring mål och medel för de olika aktörerna inom pilotprojektet höll vi i ett tidigt skede flera dialogmöten. Samsyn och en kunskap om hur aktörerna på marknaden ser på dessa frågor är en grundförutsättning för att kunna utforma projektet och att lägga krav och förväntningar på rätt nivå.

Energikraven är utformade för att tydliggöra möjligheterna att förbättra byggnadens energiegenskaper, såsom täthet, isolering och värmeåtervinning. Kommunen har också utvecklat rutiner för att följa upp byggnaders energiprestanda när högre krav ställs via markanvisningar. När rutinerna var inarbetade kunde vi hantera sådana ärenden med en relativt liten arbetsinsats i den befintliga organisationen, trots att kraven breddades till att gälla allt byggande och alla byggnadskategorier på stadens mark.

Som en del av vårt koncept för småhusbyggande har staden tagit fram ett beräkningsverktyg för effekt, energi och kalkylbehov, som vi erbjudit de olika aktörerna. Via verktyget lär sig husköpare och husleverantörer att tillämpa en metodik för att beräkna en byggnads energianvändning och värmeförlust i klimatskalet och att därmed få en återkoppling på vilka delar i byggnadens system som ger störst värmeförluster.

Projektet har på alla punkter uppfyllt internt ställda förväntningar.

Uppdraget lågenergihus Herrgårdsängen

UPPDRAGET LÅGENERGIHUS HERRGÅRDSÄNGEN

Med lågenergihus menar vi inte bara ett hus som köper få kilowattimmar, utan vi värderar också olika energislag så att den totala miljöpåverkan blir låg. Energikraven i Herrgårdsängen omfattar därför både byggnad, värmesystem/energislag, varmvatten och vissa hushållsapparater för att ge ett bra slutresultat.

Begreppet Lågenergihus är på Herrgårdsängen kopplat till energikraven.

När projekt Herrgårdsängen startade pågick arbetet med att utarbeta strategier och åtgärder i energiplanen för Västerås stad i syfte att uppnå stadens miljö- och energimål. Planen antogs i kommunfullmäktige 2007. Ett av frågetecknen var hur man enhetligt bedömer att en byggnad uppfyller definitionen för lågenergi. För en trovärdig och hållbar bedömning av lågenergibyggnader behövs en användbar definition och en handfast och tydlig metodik.

Våren 2008 beviljade Energimyndigheten medel för utveckling av metoder för att ställa krav och följa upp energieffektivt byggande för ett helt småhusområde i full skala.

Projektet är av strategisk betydelse och unikt så till vida att det inte omfattar ett

objekt utan ett helt område. Projektet avser inte tekniken i sig utan metodiken för hur en kommun kan bli pådrivande aktör genom att ställa krav och även att ta ansvar för att följa upp resultaten (Energimyndighetens motivering för bifall)

Herrgårdsängen var modell, samma beräkningsmetodik användes men omfattade småhus, flerbostadshus och lokalbyggnader. Efter stopplagen är byggandet av lågenergihus enligt Västerås kommuns definition och definition Herrgårdsängen frivillig. För Herrgårdsängen är det fortfarande möjligt med energibonus om man uppfyller kraven.

VÄSTERÅS KONCEPT FÖR SMÅHUSBYGGANDE

I konceptet ingår

- Rådgivning/vägledning
- Beräkningsmetodik och beräkningsprogram
- Uppföljning, mätning och verifiering av färdig byggnad samt energideklaration i Västerås stads regi
- Bonus som delas ut om byggnaden blir godkänd och uppfyller kraven

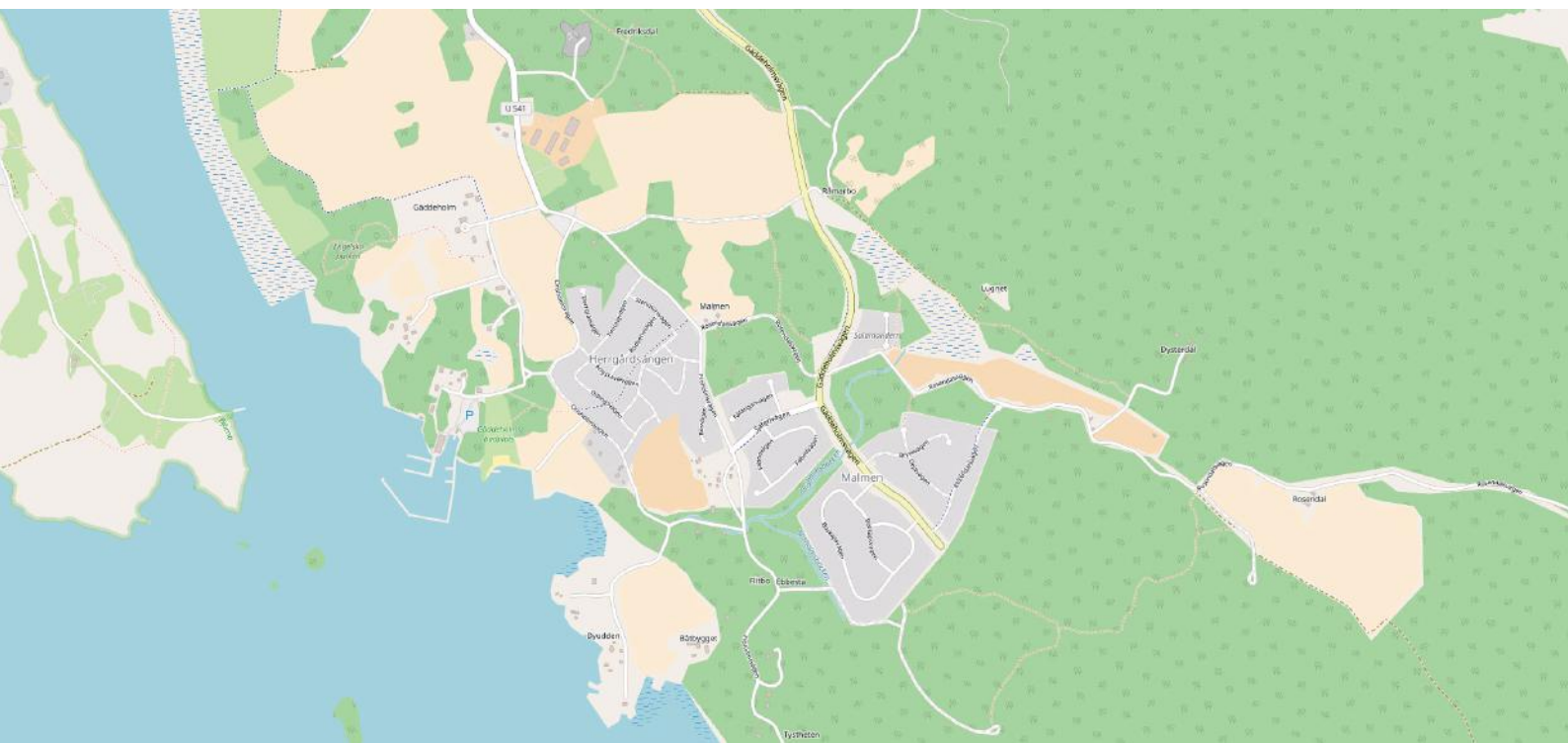
Att bygga lågenergihus är ingen självklarhet för varken byggherrar eller husleverantörer. Koncept för projekt Herrgårdsängen innehåller därför vägledning, rådgivning, dialog och beräkningsstöd. Men även projektledningen behöver kunskap om

hur aktörerna på marknaden ser på dessa frågor, om var "ribban" kan läggas och hur projektet bör utformas. Dialogmöten om detta hölls därför redan i tidigt skede i processen, vilket också gav en förankring och en rimlig samsyn om mål och medel.

Projektet har skapat en kunskapsprocess genom att energikraven är utformade för att viktiga förbättringar i byggnadens energiegenskaper ska tydliggöras och uppnås. Beräkningsverktyg har tagits fram och ställts till förfogande för de olika parterna vad gäller beräkning av effekt- och energibehov. I programmet synliggörs även hur stora förluster om uppstår från de olika systemdelarna (täthet, isolering, värmeåtervinning) så att verktyget också får en direkt pedagogisk återkoppling till husleverantören.

En mer ingående beskrivning av området Herrgårdsängen och de dialogprocesser som genomförts beskrivs i bilaga 1.

Som en del av vårt koncept för småhusbyggande har vi utvecklat en metod för kommunens uppföljning av byggnaders energiprestanda. Metoden bygger på att det innan byggstart ska finnas en kalkyl baserad på beräknade värden. Kalkylen ska sedan kompletteras med en efterföljande mätinsats av värmeförluster och årsenergi.



Avtal om energikrav

Västerås stads metod inkluderar följande funktionskrav:

- Energitkrav som säkrar låga värmeförluster (värmeeffektbehov)
- Årsenergitkrav som säkrar en effektiv omvandling av elenergi (dvs att värmepump väljs framför direktverkande elradiatorer)
- Andra kravdelar som är bra för köparen – upphandlingsstöd (täthet, ljudklass, etc enligt avtalsbilagorna)

Effektkravet syftar till att säkra att byggnaden har minimerade förluster oavsett vilket energislag som tillförs. Tekniskt sett ska husen ha mycket god isolering i väggar, tak och golv, ha energieffektiva fönster med bra och täta isolerrutor för att undvika luftläckage. Istället ska luften gå genom ett ventilationssystem som återvinner värmen i frånluften, vilket förutsätter ventilation med FTX-system. Byggnaden får ha ett maximalt värmeeffektbehov vid dimensionerande utetemperatur enligt:
 $P = < 20 \text{ W/m}^2$

Med ett definierat värmeeffektbehov kan inte ett "sämre" klimatskal ersättas av en "teknisk julgran", t.ex. att en viss värmepump ska vara "särdeles förträfflig". Med detta energikrav kommer byggnaden bli energieffektiv oavsett tillförselssystem och därmed ha bra förutsättningar för att klara värmebehovet med låga insatser av energi.

Hur värmeeffektbehovet definieras beräknas och redovisas i bilaga 2.

Energitkravet syftar till att påverka valet av energislag mot mer hållbara alternativ som har mindre miljöpåverkan och kräver mindre energiresurser att framställa. Mängden energi som får användas påverkas av valet. Energitkraven utgör en viktig del av Västerås stads arbete för hållbar utveckling. Byggnadens behov av köpt viktad energi får inte överstiga summan av följande tal:
 $E_{\text{viktad}} = E_{\text{bränsle}} + E_{\text{el}} \times 2,5 < 100 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$

I energisumman ingår energi för varmvatten, värme och drift av pumpar och fläktar. Årsenergitkravet säkrar en effektiv omvandling av elenergi (dvs att värmepump och inte direktverkande elradiatorer väljs), även att kompletterande tillförselssystem kan användas så länge inte $100 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$

överskrides som resultat i formeln ovan.

För en eluppvärmd byggnad innebär energikravet maximalt $40 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$ i BBR termer.

Täthetskravet syftar till att skydda byggnadskonstruktionen från fuktskador via utläckande luft, men också till att säkra energikalkylen. Ventilationen skall gå via ventilationssystemet för att åstadkomma bra värmeåtervinning i FTX aggregatet, inte via otätheter i klimatskalet.
 $\text{Täthet} < 0,40 \text{ l/s m}^2 \text{ omslutande area vid } 50 \text{ Pa}$

ANDRA KRAV OCH REKOMMENDATIONER

Utöver rena energikrav ställs kompletterande krav som en normal köpare annars missar.

- Ljud från installationer, vitvaror, mm
- Utan ljudkrav riskerar många boende att störas av ljud från installationerna eftersom byggnaden blir så tysta med FTX-system och mer isolering. Här ställs ljudklass B för ljud från installationer.

EXTRA MÄTARE

Ska kraven kunna följas upp krävs också separata mätare för el till uppvärmning, el till andra ändamål (utebelysning, andra byggnader) och för att kunna räkna om till ett normalt brukande ska även mätare för varmvatten installeras (en vattenvolymmätare kan räcka).

ENERGIEFFEKTIVA VITVAROR

Krav på energiklass för kyl, frys, mm samt fast belysning ska vara av A-klassad. Det är enklare för småhusköparen om uppföljningskrav förs över på en professionell besiktningsman. Därför har också en mallbilaga tagits fram som köparen kan skicka vidare i sitt avtal med entreprenören.

AVTALETS UTFORMNING

Ska man ställa krav ska man också följa upp

- Innan byggandet påbörjas. Köpavtalet gäller först med en godkänd beräkning som visar att krav på täthet, effektförlust och energi beräkningsmässigt uppfylls.
- Ett enkelt beräkningsstöd kallat



Energihuskalkyl har tagits fram för projektet. Kalkylen gör det enkelt för både användaren och kommunen att se om energikraven är uppfyllda. Andra beräkningsstöd får användas, men redovisningen och kravet är kopplat till resultaten i Energihuskalkyl, se avsnitt 8.

- Andra krav som ställts stäms av i besiktningen, se exempel på villkorsbilaga till avtalen som tillämpats i bilaga 4.
- En uppföljande mätning görs både för effekt och energi på projektets bekostnad och ingår i avtalet. I samband med uppstarten av mätningen genomförs en installationskontroll för att få bort direkta installationsfel.

Incitament för att uppfylla kravet eller göra bättre finns i form av en bonus som utfaller efter genomförd mätning: godkänd byggnad 25 000,- passivhusnivå 50 000,-

Uppföljningsprocess

MÄTUPPLÄGG

Mätningar kommer att fortgå tills vi verifierat alla byggnader som byggs enligt kraven på Herrgårdsängen. I nuläget (juni 2018) har 92 byggnader effektverifierats och 92 byggnader energideklarerats, varav en byggnad är uppvärmd med ved och solenergi, resterande med värmepump (el).

Bilden nedan illustrerar de olika faserna i uppföljningsarbetet. I byggfasen genomförs verklig mätning av luftläckage (tryckprovsmätning) och jämförs med projekterade värden.

Energi- och effektberäkningen från Energihuskalkyl jämförs med verkligt resultat från driftfas. Täthetsprovning av byggnaden och injustering av ventilation ska vara avklarad när mätuppföljningen startar.

I samband med projektering och avtal sker en översiktlig genomgång av inlämnade energiberäkningar. Ansvar för att beräkningar och indata är korrekta har den som upprättat beräkningen. Synpunkter och förslag återkopplas till byggherren. Det förekommer att det finns oklarheter kring

de indata som valts, exempelvis COP-faktor för värmepumpar.

Bedömning av energiberäkningar utgår från en helhet. En byggnads olika konstruktionsdelar och de tekniska installationerna bildar tillsammans en helhet och det är denna helhet som är bedömningsgrunden för om villkoren för energikraven uppfylls, inte enskilda konstruktionsdelar.

EFFEKTBEHOVMÄTNING

Mätperioden för bestämning av byggnadens värmeeffektbehov omfattar 3 till 5 veckor per hus och genomförs under den kalla och mörka årstiden, när solinstrålningen är minimal och inte stör energibalansen. Mätstart börjar med ett platsbesök där kontroll sker att t.ex. vattenmätare för varmvatten är installerad och att Atemp yta överensstämmer med energiberäkningen. Även byggnadens geografiska orientering kontrolleras.

De tekniska installationernas funktion och driftläge kontrolleras (se även avsnitt 12.2 brister).

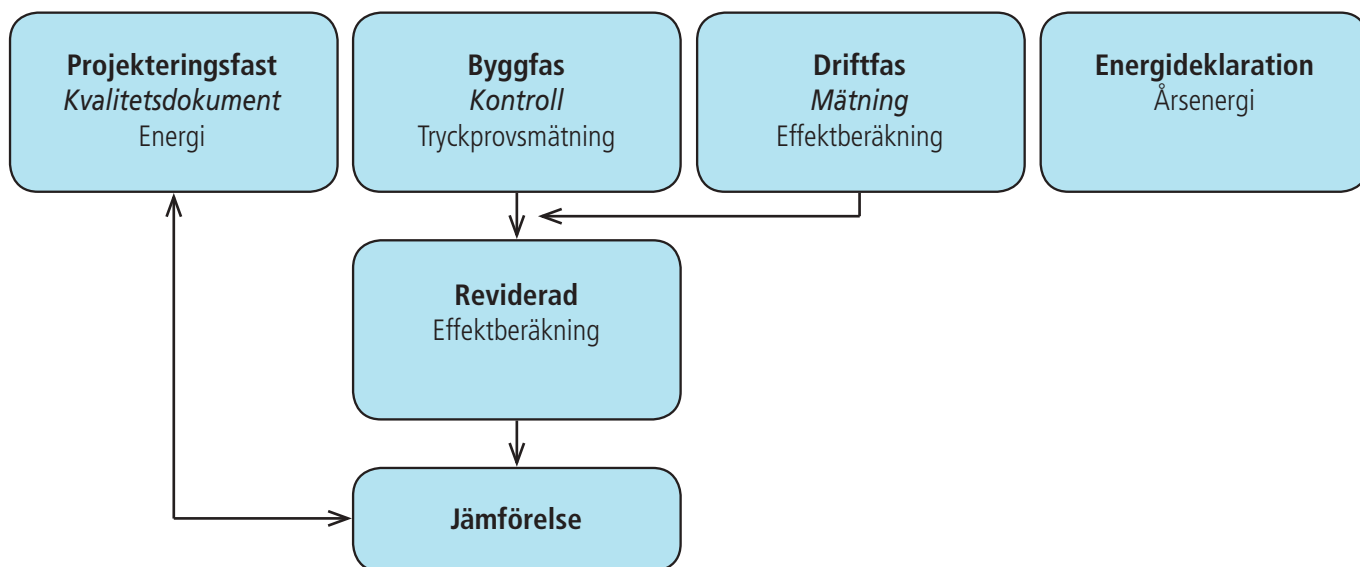
Energimätare läses av och temperatur-

mätare (loggers) placeras ut, två stycken inomhus i varje bostadsbyggnad och två utomhus inom området.

Efter mätperiodens slut för effektförlustmätning, samlas temperaturmätare in och energimätare läses av. Data från mätningen förs in i den modul för effektmätning som finns i Energihuskalkyl och bearbetas. Resultat för verkligt verifierad byggnad jämförs därefter med data för projekterad byggnad.

ÅRSENERGIMÄTNING

Mätdata på årsbasis överförs till den mätmodul för årsenergimätning som finns i Energihuskalkyl och som normaliserar värdena så att andra nivåer på spillvärme från apparater och varmvatten, innetemperatur etc kan normaliseras och bli jämförbara med de tidigare beräknade energiresultaten för projekterad byggnad.



Beskrivning av genomsnittsbyggnad

Husstorlek för de energideklarerade byggnaderna varierade mellan 129 – 261 m² (Atemp) med ett medelvärde på 165 m².

Formfaktor (Aom/Atemp) varierade mellan 2,0 - 3,5 med ett medelvärde på 2,49 för samtliga byggnader. Enplansbyggnaderna ligger i den högre delen i intervallet (över 2,5) och tvåplansbyggnaderna i det lägre. Det är alltid lättare att klara krav på lägre värmeförluster om man har en byggnad med mindre klimatskal, en låg formfaktor.

Klimatskalens U-värde (W/K, m²) i medel:

U-värde yttervägg	0,15
U-värde fönster	0,93
U-värde tak	0,09
U-värde golv	0,11

Fönsterandel av Atemp var i medel 17,5 %. I vissa projekt som inledningsvis hade stora fönstereor valde man att minska fönsterean något för att klara kraven utan att behöva extraisolera byggnaden till höga merkostnader. I andra fall valde man bättre isolering på bjälklagskanter eller fönster med lägre U-värden.

MÄTRESULTAT

ÅRSENERGI

Uppmätta resultat för el till hushållet, el till värmesystem (värmepump) och mätdata på producerat varmvatten läggs alla in i en separat datainmatningssida i beräkningsstödet Energihuskalkyl och ger då som utdata klimatkorrigerade och normaliserade resultat. Därmed erhålls energieresultat som kan jämföras med tidigare beräkningar. Har det bott fler i byggnaden och man har haft högre innetemperatur än normalt, så har resultatet korrigerats även för detta. Denna typ av normalisering kan utan beräkningsstöd bli mycket komplicerad eftersom man vid korrigeringen även måste ta hänsyn till produktionssystemens effektivitet.

91 byggnader som värms med värmepump (medelvärden)

EnergideklARATIONER 91 stycken			
	Före 2017 50 stycken kWh/m ² /år	2017 (BEN1) 19 stycken kWh/m ² /år	2018 (BEN2) 22 stycken kWh/m ² /år
Varmvatten	5,5	8,0	8,0
Fastighetsel	10,1	7,8	8,2
Värme	19,8	18,2	13,9
Energiprestanda	35,4	34,0	30,1
Hushållsel	21,4	30,0	29,9

Energianvändning (elenergi) är i genomsnitt något högre än beräknat 34 kWh/m²/år. Se figur.

50 byggnader uppfördes mellan år 2010-2015. 19 byggnader är Energideklarerade enligt Boverkets BEN 1. Efter årsskiftet 2016/2017 trädde Boverkets föreskrift BEN 1 i kraft som beskriver hur uppmätt energianvändning ska normaliseras. 19 byggnader som är Energideklarerade efter 2017-01-01 har enligt Boverkets BEN 1 därför normaliserade värden för:

- Tappvarmvatten (normaliserat behov 20 kWh/m²,år)
- Avvikande inomhustemperatur (om avvikelse från 21 °C har korrigerat av energi för uppvärmning gjorts med 5% per grad)
- Avvikande internlast (om hushållsel avviker från 30 kWh/m²,år och bedömts påverka byggnadens energianvändning med mer än 3 kWh/m²,år). Korrigerat med antagande om att 70 % av hushållsenergin kommer byggnaden tillgodo

Antagna värden vid korrigerat/normalisering har varit att varmvatten producerats med COP på 2,5 och värme med COP 4. Samtliga byggnader deklarerade enligt BEN 1 har bergvärme med golvvärme/radiatorer samt FTX som energisystem och mycket liknande värmekurvor.

22 byggnader är energideklarerade enligt BEN 2

BEN är Boverkets föreskrifter för att redovisa energiprestanda vid normalt brukande, både vid nybyggnad enligt BBR och i energideklarationer enligt BED. Den första versionen publicerades den 15 december 2016 och version 2 med endast smärre ändringar publicerades den 26 juni 2017. De ändringar som genomfördes i BEN 2 omfattar i huvudsak följande:

- Byggnadens energianvändning vid normalt brukande och ett normalår ska fastställas uppdelat på de energibärare som försörjer byggnaden
- Energi som alstras i byggnaden och på dess tomt från, förutom sol, även vind, mark, luft eller vatten, ska räknas bort från byggnadens energianvändning.
- Normal innetemperatur för flerbostadshus ändras från 22 °C till 21 °C, med undantag för äldreboenden.

Utöver dessa ändringar genomfördes andra justeringar som bland annat berör korrigering av energi till uppvärmning vid avvikande användning av hushållsenergi, fast solavskärmningsfaktor vid energiberäkning för bostäder och vädringspåslag.

För upprättande av energideklarationer för småhusen på Herrgårdsängen är det endast en mindre skillnad i normaliseringen mellan de som gjorts enligt BEN 1 och BEN 2 kopplat till avvikande användning av hushållsenergi. I BEN 2 görs en mindre korrigering med hänsyn till uppvärmningssäsongens längd enligt nedan (sista termen i ekvationen):

$$E_{\text{kor}} = \frac{E_{h,avv} \times I_h \times A_{\text{temp}}}{\eta_{\text{uppv}}} \times \frac{t_{\text{uppv}}}{8760}$$

där

E_{kor} : Korrigering av energi till uppvärmning (kWh/år).

$E_{h,avv}$: Positiv eller negativ skillnad mellan uppmätt värde och normal användning av hushållsenergi (kWh/m²år).

I_h : Andel av hushållsenergin som kommer byggnaden tillgodo som värme.

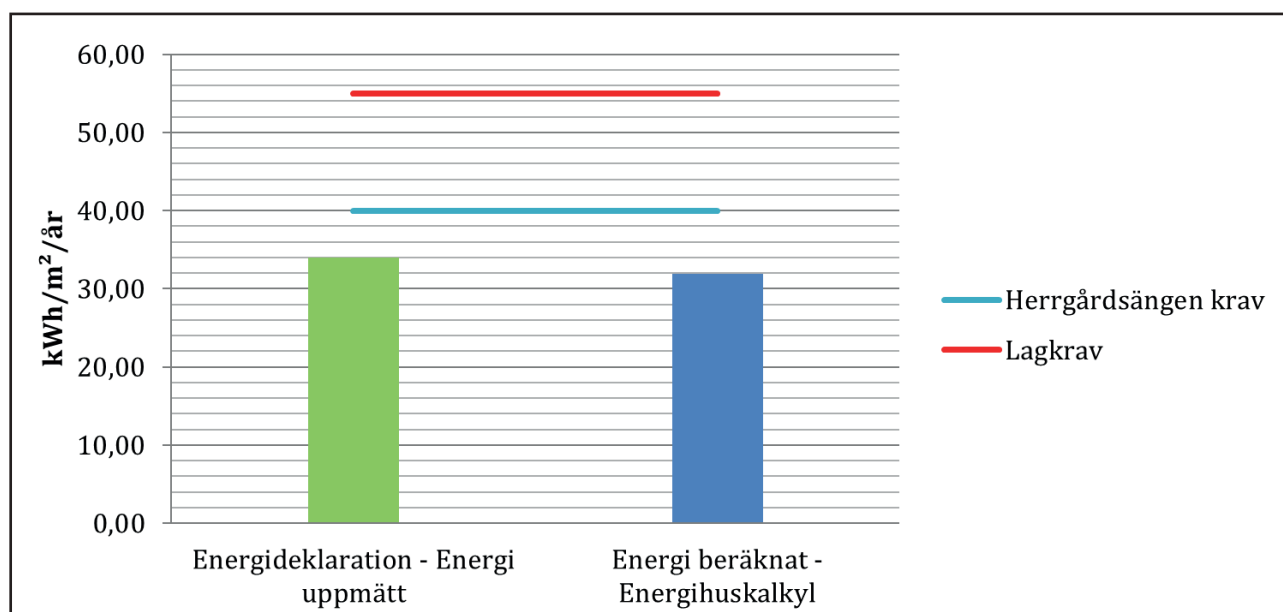
t_{uppv} : Uppvärmningssäsongens längd (h).

η_{uppv} : Årsverkningsgrad hos värmekällan för uppvärmning.

(BFS 2017:6).

Där t_{uppv} är satt till 4500-6000h per år och baseras på avläsning av bergvärmepumparnas drifttid per år där det varit möjligt (värmeproduktion).

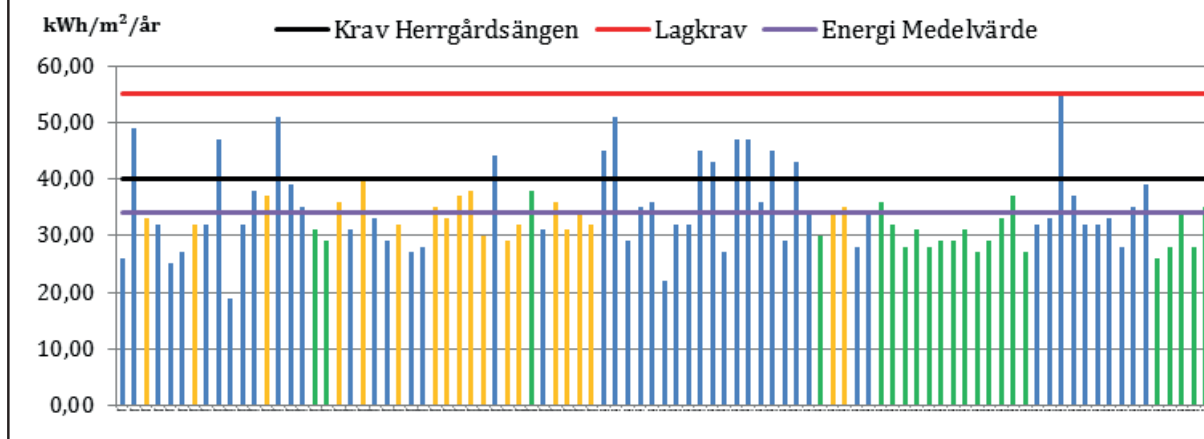
I bilaga 3 beskrivs metodiken för normalisering normalt brukande enligt BEN 1 och BEN 2.



Figur 6.1. Medelvärde för köpt energi till de 91 elvärmda småhusen.

En byggnad med uppvärmning med ved och solenergi hade en beräknad energianvändning på 71 kWh/m²/år och uppmätt årsenergi (energideklaration) på 68 kWh/m² varav varmvatten 14,4 kWh/m²/år, fastighetsel 5,6 kWh/m²/år. Hushållsel uppgick till 27 kWh/m²/år.

Energideklarerade småhus Herrgårdsängen, elvärmda



Figur 6,2. Resultat baserade på genomförda energimätningar, klimatkorrigerade och normaliserade
 Blå staplar Energideklarationer före 2017
 Gula staplar Energideklarationer 2017 enligt BEN 1
 Gröna staplar Energideklarationer 2018 enligt BEN 2

Husen är byggda för att användas och bo i. Önskar man vädra genom fönster även när det är kallt ute är det de boende själva som avgör, liksom val av innetemperatur. Därför får man naturligt stora variationer i mätutfallet. Ändå har ingen byggnad överskridit lagkravet. Byggnader som ligger något över 40 kWh/m²/år har en avvikelse som kan ha olika förklaringar såsom hög varmvattenanvändning, vädring – man sover med öppet fönster och därmed inte utnyttjar värmeåtervinningen fullt ut (by-pass FTX) eller att solinstrålningen skärmats av mer än vad som kalkylerats.

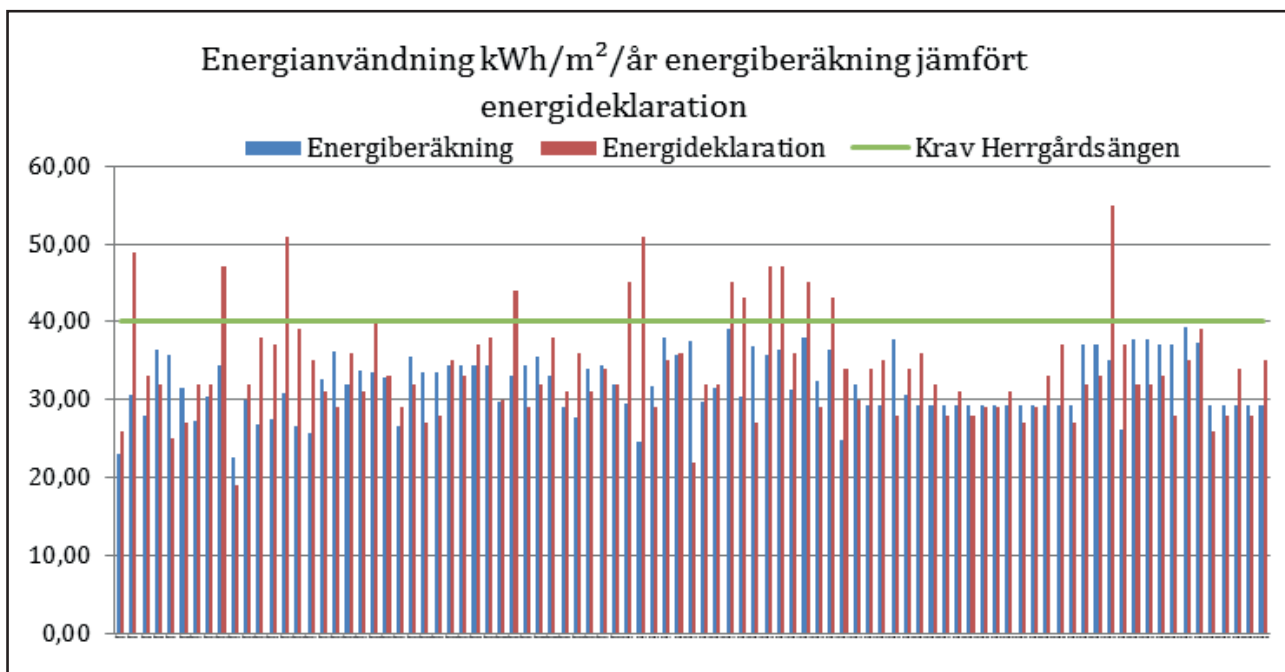
Variationen i figur 6,2 speglar byggnadernas olika förutsättningar och olika ambitionsnivåer från byggnaden, men det kan också finnas en avvikelse mellan beräknat och uppmätt, t.ex. för de byggnader som har högre uppmätt än kravnivån på 40 kWh/m²/år, men tydliggörs bättre i figur 6.3 nedan. Av figuren framgår att resultaten för beräknade och uppmätta värden följs åt ganska väl för flertalet byggnader (avvikelser kan bl.a. förklaras med t.ex. ett annat vädringsbeteende).

Medelvärden eluppvärmda byggnader, 91 stycken

Lagkrav	55,00 kWh/m²/år
Energikrav Herrgårdsängen	40,00 kWh/m²/år
Beräknad energianvändning enligt Energihuskalkyl	31,91 kWh/m²/år
Uppmätt energianvändning enligt genomförda energideklarationer	33,99 kWh/m²/år

Uppmätt energianvändning jämfört beräknad energianvändning	6,50 %
Uppmätt energianvändning jämfört energikravet Herrgårdsängen	-15,03 %
Uppmätt energianvändning jämfört med lagkravet	-38,20 %

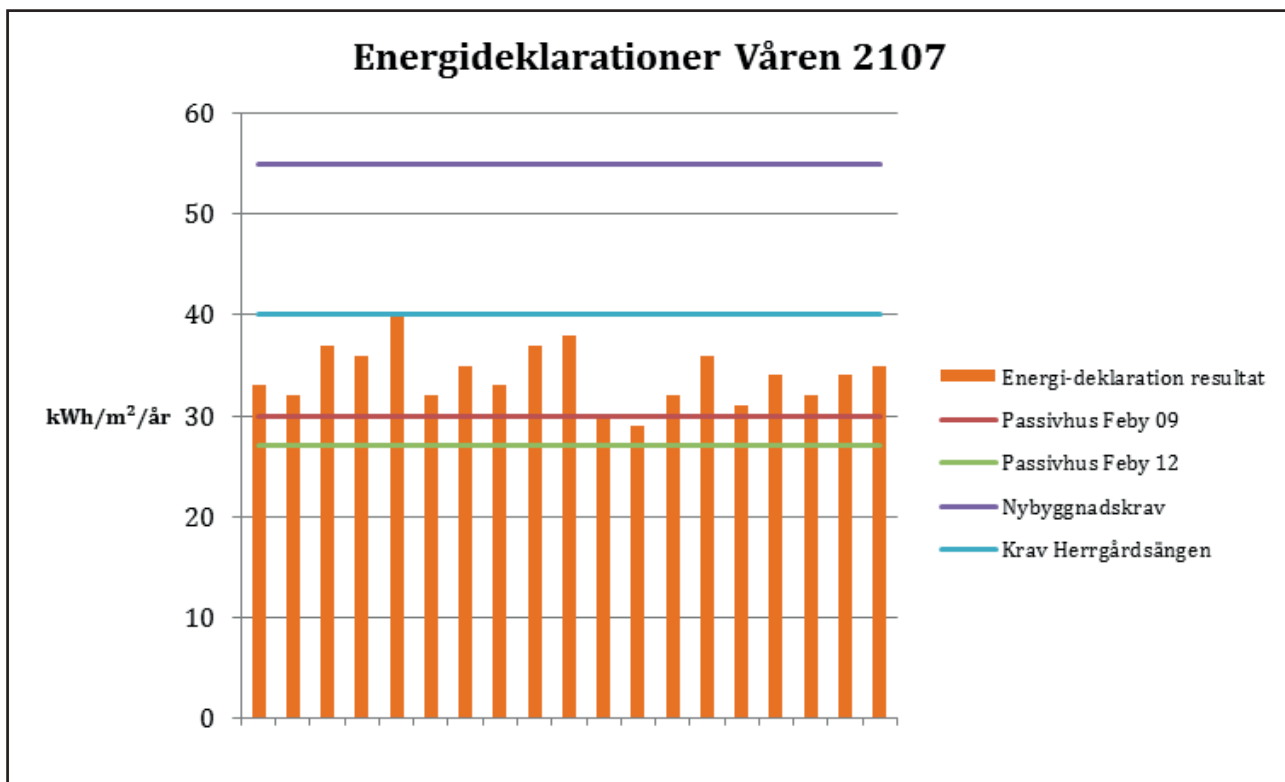
Av de 91 byggnaderna har 27 en energianvändning på 30 kWh/m²/år och nedåt.



Figur 6,3

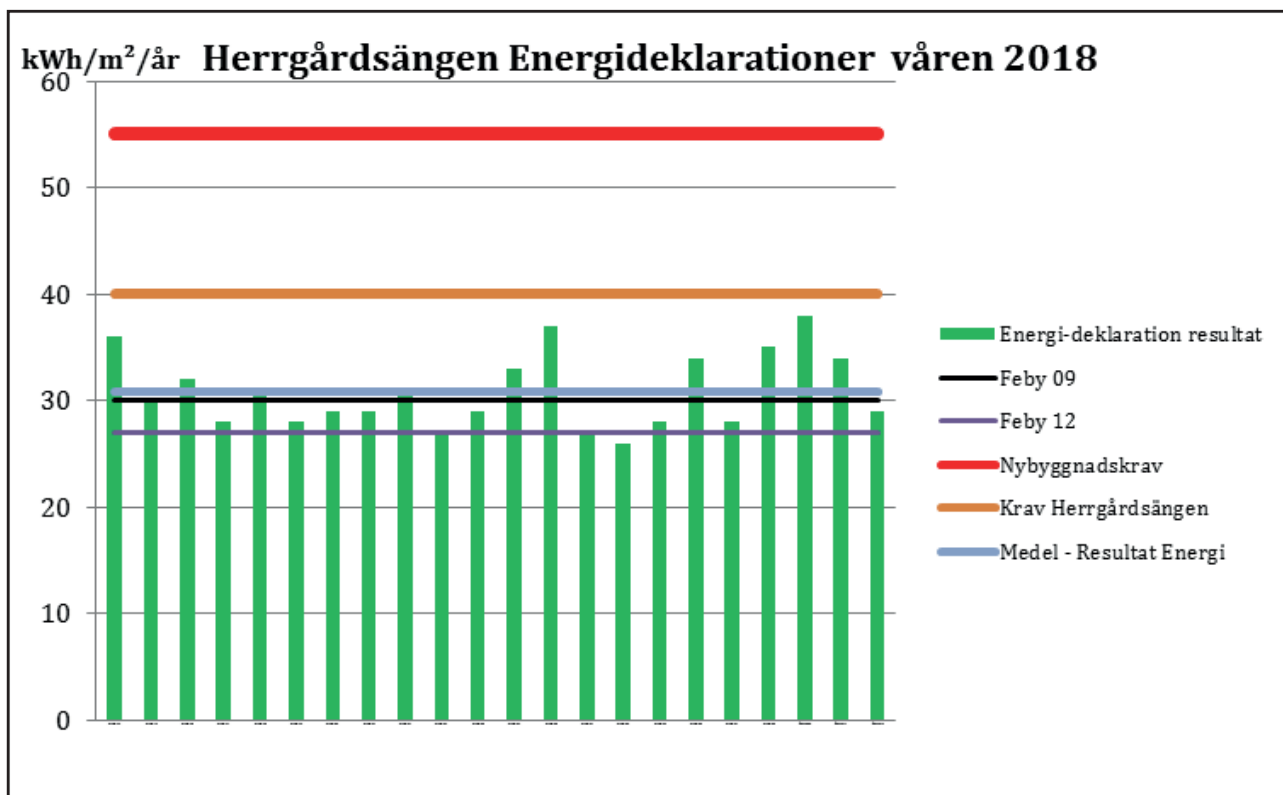
I diagrammet 6,4 nedan redovisas resultat från 19 energideklarationer, utförda våren 2017

Under våren 2017 energideklareras 19 byggnader(elvärmdda) då enligt BEN 1 med goda resultat. Ingen byggnad överskrider 40 kWh/m²/år



Figur 6,4

Energideklarationerna våren 2018 upprättade enligt BEN 2 (22 st)



Figur 6,5

Resultatet visar att konceptet är framgångsrikt, byggnader blir energieffektiva med rätt förutsättningar och vi får ett allt jämnare resultat vartefter leverantörerna lärt sig att bygga mer energieffektivt.

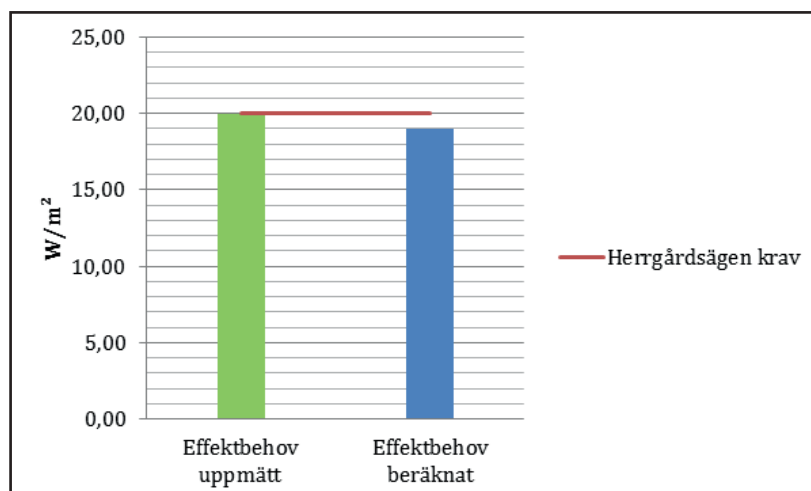
Fler förklaringar till att trenden för byggnadernas energiprestanda har sjunkit är :

- FTX-aggregaten har blivit effektivare och fläktmotorer med EC-teknik har minskat elenergibehovet (fastighetsel).
- Pumpar har blivit effektivare. Både värmepumpar och kylpumpar har blivit varvststyrda.
- Bergvärmepumparna har blivit effektivare och bättre anpassade till byggnader med låga effekt- och energibehov. Tidigare var det vanligt med på/av-reglering vilket innebär att kompressorn går på full effekt eller så är den avstängd. Det har nu blivit vanligare med inverterstyrda (varvststyrda) kompressorer. Varvststyrning innebär att effekten anpassas steglöst beroende på hur behovet av värme och varmvatten varierar.

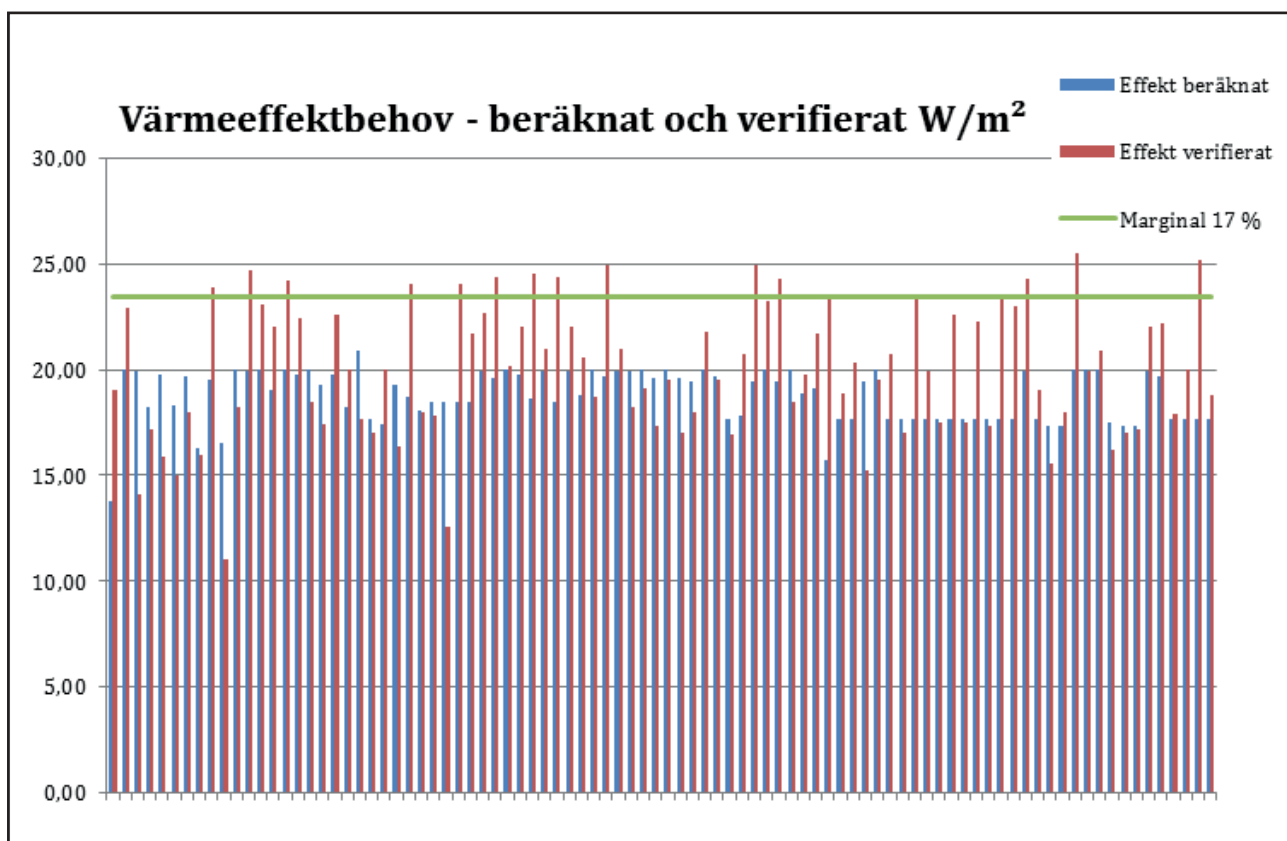
VÄRMEEFFEKTBEHOV

Med en verifiering av värmeeffektbehovet vid dimensionerande utetemperatur (DUT) följer man upp byggnadens prestanda, inte människors brukande av byggnaden. Enkelt beskrivet, "byggnaden sätts i provbänk".

Även för att stödja en mätverifiering av värmeeffektbehovet finns i Energihuskalkyl version 1.0 en separat indatablankett för beräkning av byggnadens värmeeffektbehov. 92 byggnader på Herrgårdsängen har genom mätningar utförda under den kalla mörka vinterperioden verifierats till och med våren 2018 och är Energideklarerade.



Figur 6,6

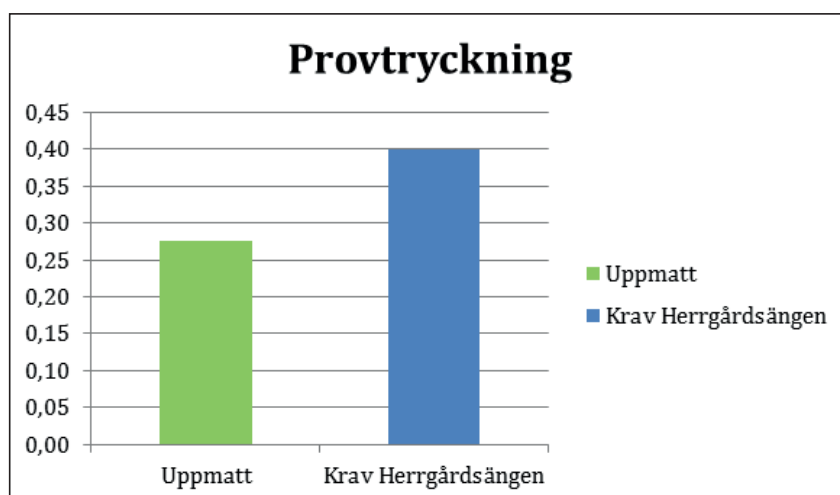


Figur 6.7. Värmeeffektbehov vid DUT för samtliga 92 byggnader, beräknat samt uppmätt värde.

Där uppmätt värmeeffektbehov överstiger mer än 17 % relativt tidigare beräknat, görs en extra bedömning av orsaker. Det kan vara orsaker som osäker mängd ved som man eldat i sin kamin som komplementvärme, värmepumpens COP faktor, el-patronens drifttid i värmepumpen. Den framtänkade felmarginalen baseras på ett flertal parametrar (en s.k. parameteranalys) som gäller för Herrgårdsängen och har använts för att bedöma om byggherren uppfyller kraven för att erhålla bonus på markköpet.

BYGGNADERNAS TÄTHET

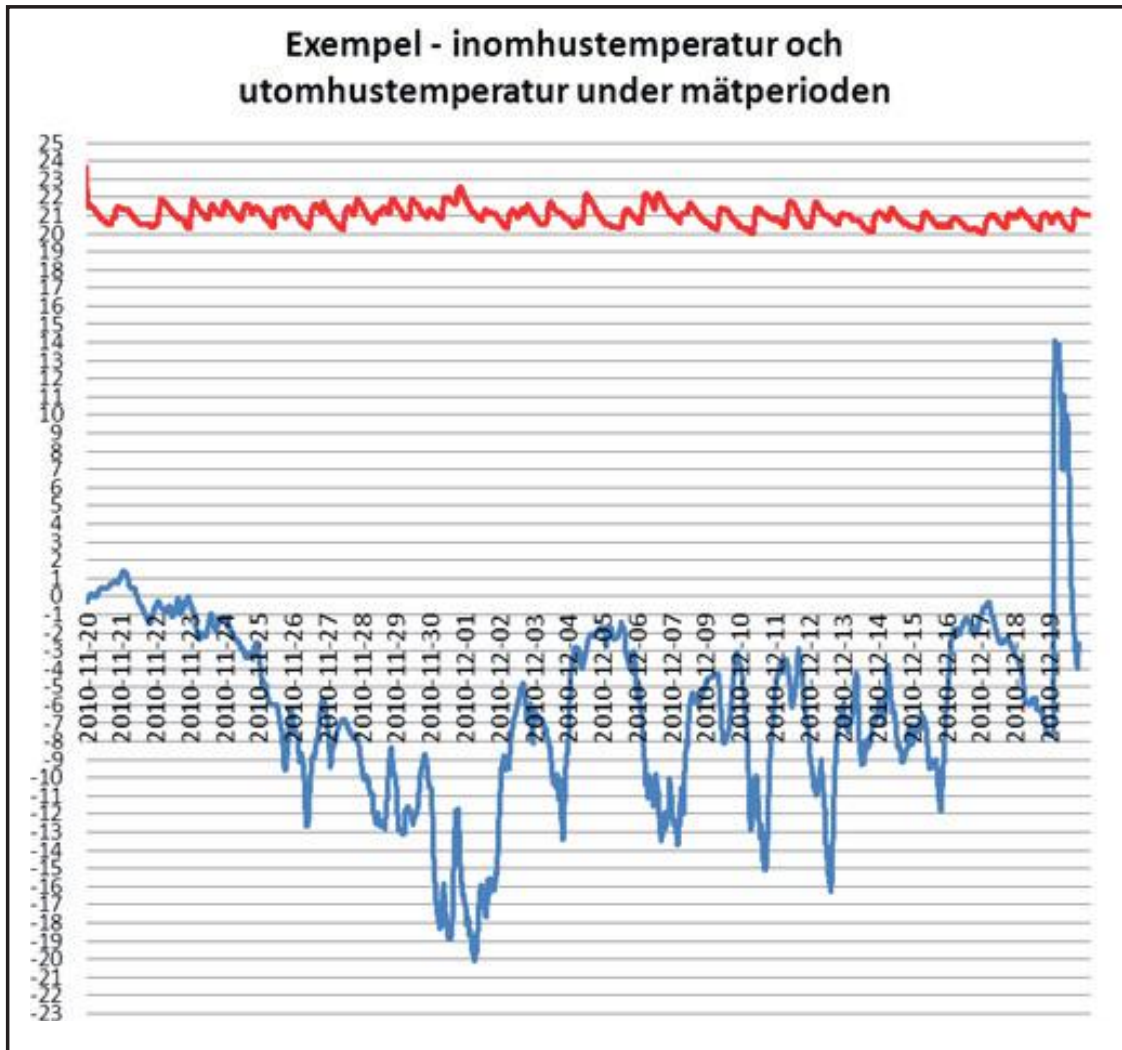
Uppmätt luftläckage vid 50 Pa varierade mellan 0,10 – 0,44 l/s m² (omslutande area) med ett medelvärde på medelvärde om 0,26 l/s, m², vilket ska jämföras med det ställda kravet på 0,4 l/s, m². För enplansbyggnaden med högre formfaktor kan värmeförlusterna bli ganska höga om man inte ligger i den lägre delen av intervallet.



Figur 6.8 Krav på täthet och uppmätt resultat (l/s, m² omslutande area).

INNEKLIMAT

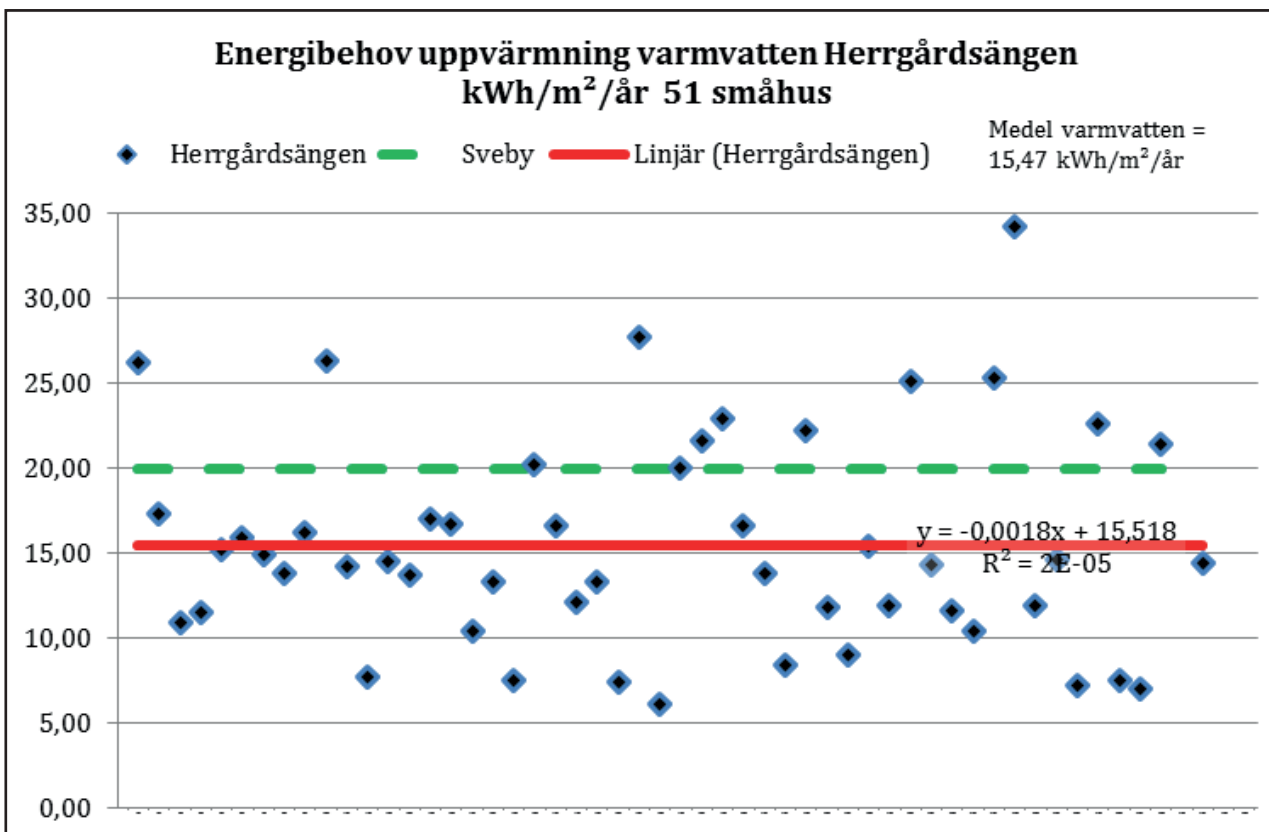
Energieffektiva byggnader ska också ha ett bra inneklimat. Bilden nedan visar ett exempel på loggad inom- och utomhustemperatur från en byggnad. Loggningen visar att det inte varit några problem med att hålla en behaglig komfort även vid mycket låga utomhustemperaturer, ned mot minus 20 grader.



Figur 6.9 Loggade ute och innetemperaturer i ett av småhusen.
Röd kurva visar inomhustemperatur och blå visar utomhustemperatur.

VARMVATTENANVÄNDNING

51 byggnader har analyserats närmare vad det gäller varmvattenanvändningen.



Figur 6.10
Sveby = Brukarindata för bostäder småhus årsschablon Svebyprogrammet version 1.0 2012-10-10

Av 51 småhus har 32 installerade mätare för inkommande kallvatten till varmvattenproduktionen. För resterande hus har antagits att varmvattnet utgör 40 % av kallvattenanvändningen. Samtliga småhus som har låg varmvattenanvändning under 10 kWh/m²/år mäter hushållets varmvattenförbrukning. Varmvattenanvändningen på Herrgårdsängen är 15,5 kWh/m²/år, ca 24 % lägre än beräknat.

För de hus som inte har en installerad mätare för varmvatten görs en uppskattning utifrån kallvattenmätaren. Bedömning sker under effektmätningen (då har man garanterat inte vattnat gräsmattor eller fyllt någon trädgårdspool). Därefter multipliceras kallvattenanvändningen till en 12-månaders period. Det blir mer rätt än att titta på årsavläsningar på kallvattenmätaren då sommarmånaderna kan vara luriga om man t.ex. anlägger trädgårdar och därmed vattnar mycket

$$Q = \frac{(V * \rho) * Cp * \Delta T}{3600}$$

Där:

Q = energi för att värma vatten (kWh)

V = volym vatten (m³)

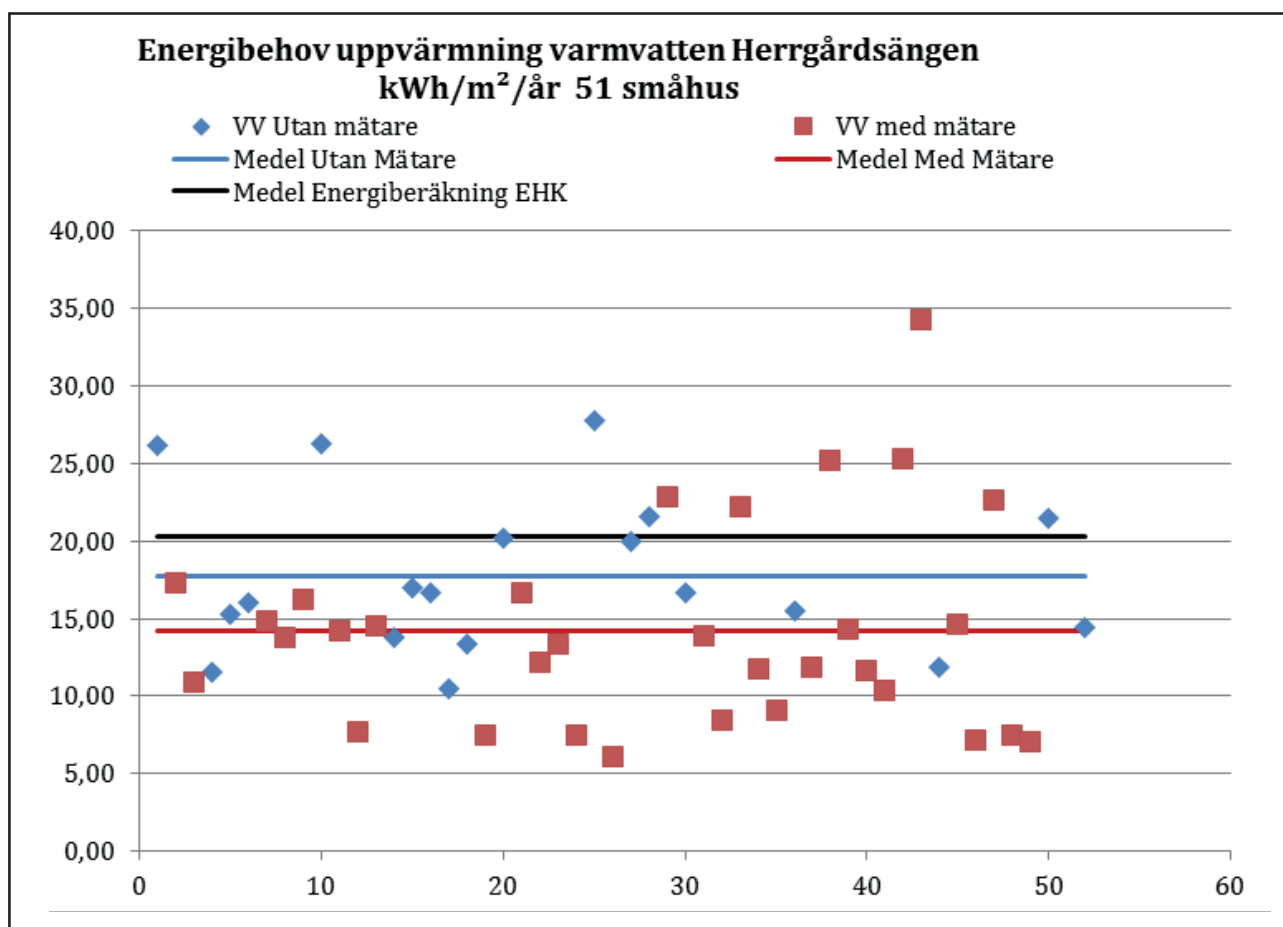
P = vattnets densitet (1000 kg/m³)

Cp = vattnets specifika värmekapacitet (4,18 kJ/kg,K)

ΔT = Temperaturskillnad mellan inkommande kallvatten och utgående varmvatten (varmvatten uppvärmt till °K – Kallvatten in °K)

Ex. 1 m³ uppvärmt till 55 grader med en inkommande kallvattentemperatur 7 grader ger 56 kWh

EHK = Energihuskalkyl



Figur 6.11

Av de 51 småhusen använder 50 småhus värmepump som uppvärmningsform .
Köpt elenergi för att producera detta varmvatten är i genomsnitt 5,5 kWh/m²/år

KÖRSHEMA FÖR MÄTUPPFÖLJNINGEN

Hembesök – två tillfällen

Bokning av besök enligt ett "tvättstugeschema".

- Kontroll att lämplig mätutrustning finns på plats enligt köpeavtal.
- Kontroll att Åtemp-yta överensstämmer med energikalkylen från projekteringen.
- Kontroll att eventuell värmepump är i drift och bedöms vara i funktionsdugligt skick (här sker ingen mätning utan bara en bedömning). Större avvikelser fångas upp av mätresultatet
- Placering av inne- och utetemperaturmätare (loggers), två inomhus och två utomhus i området.

SMÅHUSKÖPARENS RESPONS

Det har varit mycket uppskattat av byggherrar att vår teknikonsult kommer ut och går igenom systemen. Även de som tror sig ha "stenkoll" brukar bli överraskade över att något upptäcks som de inte har tänkt på. Omotiverad drift av elbatteri i FTX-aggregatets eftervärmare har varit mer regel än undantag och även de mest insatta har missat att de är aktiverade. Därmed ersätts effektivt producerad värme från värmepumpen av direktverkande el i elbatteriet vilket inte varit tänkt utom när värmepumpen havererat eller inte räcker till.

PARTERNAS ANSVARSFÖRDELNING

Rollfördelningen mellan Staden och byggherren ses på följande sätt: Stadens krav ställs på byggherren i samband med markavtalet och projekterad byggnad ska uppfylla kraven innan byggstart.

Staden ansvarar för mätningar. Byggherre/styckebyggare ansvarar för att kraven följs och ger tillstånd och ansvarar för att uppföljningsmätningar kan genomföras.

Byggnaden verifieras med mätdata för månader (mitten av november till vecka 6 med uppehåll under helgerna vid jul och nyår) där variationer i solenergipåverkan är försumbar och vädringsbeteendet kan försummas. Till uppföljningen har en certifierad energiexpert kopplats för mätinsatser och energideklarationer.

Om en byggnad vid uppföljning överskrider den i avtalet utlovade effekt- eller energianvändningen (efter en normalisering till normalt brukande) blir detta en fråga mellan köpare och leverantör att hantera.

Eventuella tvister är en fråga mellan byggherre och husleverantör, alternativt byggentreprenör att klara ut (rekommendationen är att byggherren i sitt avtal med husleverantör för in energikraven). Därutöver utgör köpekontraktet, avseende tomten, ett civilrättsligt åtagande mellan

köpare och Västerås Stad som kan åberopas vid uppenbara försumligheter.

Husägarna har upplåtit sina hem för att genomföra eftermätningar och verifiering av husen, vilket säkrats redan i avtalstexten till köpeavtalet.

KUNSKAPSSPRIDNING

I projektet har det lagts stor vikt på informationsinsatser i första hand till de som bygger och äger husen (byggherrar) så inte tomtkunden kände sig utlämnad, men även till de småhustillverkare som har levererat hus för att skapa förståelse och acceptans. Men lika mycket för att ta in deras frågeställningar och synpunkter.

En egen hemsida hjälpte oss att sprida information om lågenergikraven. Bosse Energidoktorn, som en E-postfunktion blev ett stöd för husköpare och husleverantörer. Vi har informerat om resultat från mätningarna både i samlade grupper och enskilt med husägare och husleverantörer.

VARFÖR EGET BERÄKNINGSSTÖD

Projektets verktyg Energihuskalkyl har utformats med tanke på att vara så enkel och pedagogiskt utformad att den ska kunna användas av byggentreprenörer, småhusleverantörer och energiintresserade husköpare. Programmet är molnbaserat, dvs

användaren eller dess anlitade leverantör bjuds in till verktyget och kan då räkna på sin byggnad. Resultatet blir då också direkt åtkomligt för granskning av projektledaren, vilket underlättade dialogen, där man med några gemensamma knapptryckningar kan studera skillnad i resultat om alternativa utformningar av byggkonstruktionen väljs.

Bara inom Herrgårdsängen har 98 byggnader kalkylerats med Energihuskalkyl, men i regel görs flera parallella kalkyler om olika husleverantörer övervägs. Därutöver har ytterligare ca 180 byggnader i Västerås kalkylerats med detta verktyg (tom nov 2016) för lokaler, flerbostadshus och i andra småhusområden.

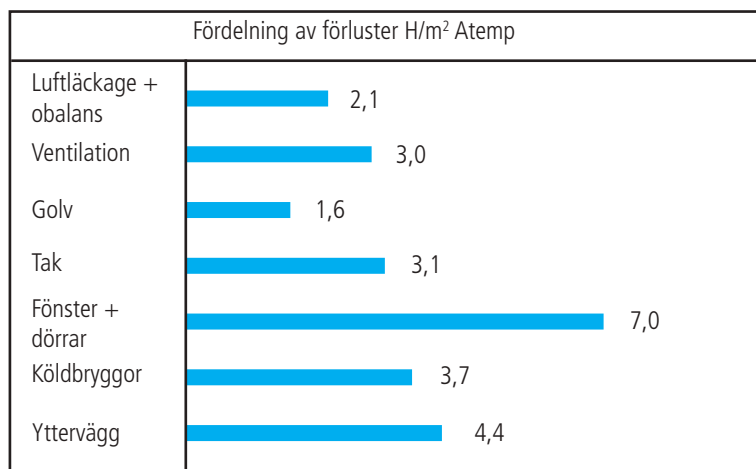
Såväl husköpare som husleverantörer lär sig via Energihuskalkyl att tillämpa en metodik för att beräkna en byggnads energianvändning och värmeförlust i klimatskalet. Här kan man direkt se vilken betydelse några kvadratmeter fönster mer eller mindre gör på helheten. Detta ser man i tabellsammanställningen för klimatskalet.

Men ännu tydligare syns det i figuren som visar vilka värmeförluster de olika systemdelarna ger och visar t.ex. betydelsen av att välja en ventilationsvärmeväxlare med bättre återvinningsgrad. Detta ger vägledning för projektören om vilka delar som "sticker ut" och bör åtgärdas.

Klimatskal		Area	U-värde	Temp. diff.	PT
Byggnadsdel	m2	W/(m2K)	K	=	Watt
Yttervägg	92,2	0,19	35	=	613
Ytterdörr	5	1	35	=	175
Tak mot uteluft	138	0,09	35	=	435
Terasstak	0	0	35	=	0
Golv mot platta på mark + kryppgrund	138	0,08	19,6	=	216
Vägg mot mark	0	0	19,6	=	0
Köldbryggor mot mark	1	0	19,6	=	0
Köldbryggor mot uteluft	1	14,705	35	=	515
Fönster	21	0,9	35	=	662
Glasade altandörrar	4,2	0,9	35	=	132
Aom	399	m2	Summa		2748

Att minimera byggnadens värmeförluster är en grundförutsättning, även i den s.k. Kyotopyramiden kommer detta först. Därefter kommer installationer och val av energislag.

Alla väsentliga energiegenskaper i byggnaden ska ingå (köldbryggor, förluster i ventilationskanaler, etc) genom att anges på en energiteknisk nivå som t.ex. längd och förlustvärde för varje typ av köldbrygga. Därmed synliggörs vilka av dessa som dominerar och bör åtgärdas.



Köldbryggor	Längd L	Y	L*Y
	m	W/(mK)	W/K
Bottenbjälkslag	51	0,165	8,415
Fönster och dörrar	73	0,035	2,555
Mellanbjälkslag	0	0	0
Balkonginfästningar	0	0	0
Takfot	51	0,045	2,295
Ytter- och innerhörn	28,8	0,05	1,44
Summa mot luft			15

Dokumenteringen i en pdf-utskrift av alla in- och utdata gör det möjligt att låsa dokumentet och underlättar extern granskning.

Alla referensvärden för normalt brukande i bostäder har arbetats in i programmet så att utrymmet för egna "hitte på – lösningar" försvinner och därmed gör kalkylerna jämförbara och rättvisa.

Erfarenheter och lärdomar

ÖVERGRIPANDE SLUTSATSER

Energi:

- Konceptet resulterade i täta och välbyggda hus
- Energieresultat över förväntan
- Mycket bra kontakt med tomköpare och husleverantörer

Västerås koncept för Lågenergihus, med uppföljningsresultat som stöd, håller både i sin helhet och till sina ingående delar. Genom kontakter med husägare och genom möten på Herrgårdsängen är vår bedömning att det även ger nöjda tomköpare. Viktiga delar har varit att genomföra mätuppföljning, ha teknisk genomgång av utrustning och att förklara hur samspelet mellan teknik, byggnad och människa fungerar.

Resultatet av mätuppföljningen blev så mycket mer än mätdata. Det blev en kvalitetssäkring av de genomförda installationerna, där vi också ofta fann stora brister som kunde åtgärdas. Erfarenheterna från detta väcker många frågor om hur småhusbyggarbranschen själva skulle kunna ta ansvar för detta.

PROCESSUPPLÄGG

I projekt Herrgårdsängen har stor vikt lagts vid informationsmöten med husköpare och husleverantörer - en mycket viktig faktor för ett lyckat projekt. Utan informationsinsatserna till såväl tomköparna som husleverantörer och lokala byggföretag hade projektet sannolikt bemötts med stor skepsis och motstånd och kanske inte ens kunnat genomföras i sin helhet.

Dessa arbetsinsatser ligger tidigt i processen och när väl marknadsaktörerna förstått och lärt sig processen så hamnar arbetsinsatsen för informationsarbetet, att kunna svara på frågor, granska energikalkyler och guida om problem uppstår, på en ganska blygsam del av projektledarens arbetstid. Att projektledaren haft egna kunskaper inom energiområdet i stort har varit värdefullt. När dessa inte räckt till har extern kompetens anlitats som bollplank.

Det externa stödet har främst behövts i de inledande informationsinsatserna, konceptutveckling, framtagning av stöddokument

och beräkningsstöd. När projektet gått in i genomförandefas har behovet av externt stöd varit väldigt litet.

En viktig del i processtödet har beräkningsstödet Energihuskalkyl varit, både för husköpare/husleverantör vid granskning av projekten innan byggstart och för att kunna ge stöd om att uppstår problem med att klara kraven.

För att säkerställa att alla aktörer räknar på samma sätt, att all väsentlig indata finns med och att alla inkluderar samma referensvärden för brukande, har vårt krav varit att använda Energihuskalkyl som ett redovisningsdokument. Vår strategi har varit att redan från start säkra byggprocessen, istället för att i efterhand konstatera att byggnaden har för höga energiförluster. Ett stort antal projekt har korrigerats och anpassats för att klara energikraven innan tomträttsavtalet trätt ikraft och slutresultaten av uppmätta energidata bekräftar detta.

En slutsats av projektet är att samtliga delar i konceptet har fungerat bra och varit väsentliga för att åstadkomma det lyckade resultatet. I efterhand har ingen del uppfattats som onödig och heller inte behövt revideras eller kompletteras.

MÄTUPPFÖLJNING

För att få svar på om konceptet fungerat bra ansvarade staden för att genom mätning följa upp energiutfallet. Men även tomköparna blev nöjda. Energiuppföljningen upplevdes mycket positivt eftersom de gav en energi- och kvalitetskontroll av byggnaden och ett bevis på att huset uppfyller kraven enligt entreprenadavtalet.

SLUTSATSER FRÅN

VÄSTERÅSMODELLEN – NATIONELLT

Energipolitiska slutsatser från projektet:

- Nuvarande BBR utgör ett mått både på byggnadens energianvändning och värmepumpens effektivitet, samt indirekt även de boendes brukande av byggnaden. Ett effekt- eller värmeförlusttal införs så att man i kravställande och uppföljning kan särskilja byggnadens prestanda från värmepumpens och brukarens påverkan.

- För att uppnå energieffektiva byggnader krävs mätsystem för uppföljning.
- Enhetligt beräkningsprogram – småhus Energihuskalkyl. Budskapet i Västerås har varit: "använd det beräkningsprogram du är bekväm med, men redovisa i Energihuskalkyl". Det har underlättat kommunikationen mellan husköpare-bygglov-husleverantör, samt underlag för uppföljning.
- Täthetskrav likt Västerås 0,4 l/s m², men kan ges ett lägre värde.
- Energimyndigheten skulle kunna ha en central supportfunktion som erbjuder samma tjänster som Västerås stad har bistått byggherrar och husbyggare med och därmed främja energieffektivt byggande av småhus.
- Arbeta för att Västerås stads kravmodell införs i landet
- Västerås stad har stor erfarenhet som kan delges till andra aktörer (kommuner, småhusbyggare)

Ett argument som framförts av småhusleverantörerna under åren har varit att bergvärme i kombination med FTX är en för dyr investering jämfört med frånluftvärmepump. Problemet ökade efter det att Boverket ändrade i föreskrifterna så att det inte längre var möjligt att välja uteluftvärmepumpar som annars valdes. Eftersom en uteluftvärmepump vid den tiden stängdes av om utetemperaturen understeg – 10 eller – 15 grader, ersattes den med ren elpatron till 100 %. Lågenergihusen skulle kanske klarat kravet på max eleffekt, men när kravet ställs på installerad effekt så räknades både elpatronens och kompressorns effekt ihop även om de inte var i drift samtidigt.

Att installera en bergvärmepump dimensionerad för 6-7 kW för ett maximalt värmebehov på drygt 3 kW är lite överdimensionerat och onödigt dyrt. Dagens uteluftvärmepumpar ger en hög COP-faktor även vid lägre effektbehov, klarar drift ner till – 25 grader och uppfyller BBRs formella krav. Detta till en lägre investeringskostnad än bergvärmepumpar, vilket innebär att investeringskostnaden för att uppfylla Västerås krav nu minskat påtagligt.

Det är först när det finns ett bra utbud på värmepumpssystem anpassade till lågenergihus med låga värmeeffektbehov som kostnaden för dessa kan komma ner. Ett större utbud kommer först om det finns en efterfrågan, dvs om det byggs lågenergihus.

Finns det ändå skäl att ändra konceptet, med tanke på den senaste generationens frånluftsvärmepumpar som kan försörja byggnaden med mycket högre effekter (ca 3kW) än tidigare? Någon sådan ekonomisk konsekvensstudie har inte genomförts i detta projekt. Men en frånluftsvärmepump förutsätter ett rent frånluftssystem utan värmeväxling mot tilluft och därmed ökar värmeeffektbehovet med 2 – 3 kW, som inte täcks av frånluftsvärmepumpen. Om en byggnad som uppfyller stadens energikrav får ventilationssystemet ersatt med en frånluftsvärmepump ökar köpt elenergi med ca 15 kWh/m², men därtill kommer en spetseffekt på 2 – 3 kW/småhus som belastar det nationella elnätet när det är som mest belastat.

För småhusägaren ger ett tilluftssystem tystare byggnader och en tempererad luft med bättre innekörförhållanden än när friskluften tas in uppvärmd direkt genom friskluftsventilerna. Dessutom säkras friskt tilluft till alla sovrum, vilket inte är fallet för friskluft, där barnens sovrum kan få sämre tilluftsflöde i ett hus med frånluftssystem när föräldrarna öppnar sitt fönster för att få det svalare.

SLUTSATSER OM BYGGPROCESSEN

Instrument och metod för uppföljning av en byggnads energiprestanda jämfört med projekterad byggnad måste vara genomtänkt och klart redan i projekteringsskedet (i konceptet ingick att specificera vilka mätare som skulle installeras och att detta ingår i besiktningsprotokollet).

Kontakterna mellan Västerås stad, byggherrar, husleverantörer och den energikon-sult som genomförde mätningarna fysiskt på plats har varit mycket goda.

Behov finns av riktad utbildning till byggherre om hur tekniken i en byggnad fungerar och samverkar i deras eget hus,

en utbildning på plats med utbildad energiexpert.

I de fall ett hus ligger över förväntat resultat har det funnits förklaringar i hantering och intrimning av de tekniska systemen. I vissa fall har byggnader mätts om för att säkerställa att inga oklarheter föreligger, i något fall har husägare fått föra en enkel dagbok över hur mycket de vädrar (öppet fönster) för att möjliggöra en bedömning av resultatpåverkan.

Att genomföra uppföljning av en byggnad under en begränsad mätperiod är ett mycket värdefullt instrument och metod för att bedöma byggnadens energiprestanda.

Att endast göra en uppföljning med förbrukad årsenergi för el till fläktar och pumpar, varmvatten och uppvärmningsenergi, innebär en värdering av hur människor i sitt dagliga liv använder energi och inte enbart byggnadens energiprestanda. Det är många faktorer som påverkar en byggnads energiegenskaper som inte alltid styrs av byggnadens konstruktion.

INSTALLATION OCH PROJEKTERING

I installations- och projekteringsfas så är det viktigt att man betraktar de olika delsystemen som en enhet. Erfarenheten från mätuppföljningarna är att rumsgivare till golvvärmecentraler inte kommunicerar med värmeproduktionssystem eller FTX-aggregat. Det innebär att det är svårt för husägare/byggherrar att förstå hur systemen fungerar och faktiskt samverkar.

INSTALLATIONSARBETET BRISTER

Det finns mycket som är bra i området och som bör nämnas: Generellt välbyggda hus. Bra resultat på täthetsprovningar, där flera hus har bättre resultat än 0.20 l/s, m² per omslutande area vid 50 Pa. Problemet hos de som klagat i Herrgårdsängen är att VVS-projekteringen varit bristfällig. Tex finns flera exempel där man placerat FTX-aggregaten på andra sidan en sovrumsvägg vilket såklart har genererat både stomljud och ett susande ljud från aggregatet.

Då hus har bytt ägare har i vissa fall den nya ägaren fått problem med att få värme-

systemet att fungera. När vintern kom var flera golvvärmslingor avstängda på rumstermostat (rumsgivarna ställda i botten då man trodde att det skulle ha hjälpt på sommaren) och det blev kallt i huset. Även tilluftstemperaturen i FTX:n var ställd i bottenläge (by-passläge från sommaren). Det saknades alltså en enkel driftinstruktion. Generellt är det vanligt med många felinställda FTX-aggregat med övertempererad tilluft och inkopplade el-batterier trots system där värmen ska komma från en värmepump. Några aggregat har även obalans i luftflödena vilket ger sämre värmeåtervinning.

Ganska vanligt med ljudproblem från FTX på grund av slarvig projektering där man sätter aggregatet på andra sidan en sovrumsvägg. I Feby-kriterierna ställs krav på en ljudprojektering enligt ljudklass B.

Onödigt höga värmekurvor som inte är avstämda för lågenergihus. Sannolikt har ingen injustering genomförts.

Hus med golvvärme på bottenplan och små radiatorer på ovanvåningen gör att radiatorerna blir dimensionerande för valet av en hög värmekurva. Dessa borde istället valt lågtemperatur-radiatorer (större). Det finns stora brister i överlämnande och information till slutkunderna.

Generellt är kunderna mycket nöjda med inneklimatet under vintern och med de låga driftkostnaderna. Sommartid klagar många på övertemperaturer (dålig solavskärmning). En enklare analys under projekteringen av inomhusklimatet sommartid skulle ge mycket för att förbättra komforten och få kunderna att tänka till vid val av stora glaspartier utan avskärmning. Några hus har frikyla via borrhålet vilket är en bra lösning.

VAD KOSTAR INSATSEN MED EN KVALITETSSÄKRING AV INSTALLATIONERNA.

En genomgång av de tekniska systemen rekommenderas i samband med start av insamling av mätvärden till Energideklarationen med en kontroll av värmekurvor, inställning FTX – inte för höga inblåsningstemperaturer, avläsning av energimätare mm). Ytterligare en genomgång när Energideklarationen utförs efter ett år men inom 24 månader. Detta för att husägare ska få en kunskap och känsla för hur de olika systemen samverkar mellan byggnad och människa. Denna genomgång tar ca två timmar. Den har varit mycket uppskattad på Herrgårdsängen och viktig för den totala energianvändningen i huset över tid. Den kräver dock kunsig person som har förmågan att lyssna och förmedla kunskap.

INFORMATION OM DRIFTINSTÄLLNINGAR

Det är mycket som ska fungera i samband med nybyggnation och husägaren har fullt bestyr med inflyttning. Det innebär att det ibland är svårt att hinna ta till sig information som finns i instruktionsböcker. Det är även svårt att läsa sig till hur de tekniska systemen fungerar och samverkar.

De byggherrar som har deltagit i uppföljningen har uppskattat att vår energikon-sult visar hur man läser av menyer, ändrar inställningar, loggar in i undermenyer mm.

En viktig lärdom från projektet är att tid ges till utbildning om hur ett hus tekniska system fungerar, vilket är mycket viktigt för en god driftekonomi och god inomhus-komfort.

Det finns behov av enkla och tydliga instruktioner hur de tekniska installationerna fungerar och samverkar mellan byggnad, värmepump/fjärrvärme, FTX och cirkulationskrets för värmedistribution och driftinställningar för dessa system.

VÄRMEPUMPENS PRESTANDA.

I projekterings- och beräkningskedet anges ofta ett för optimistiskt COP värde för värmepumpen speciellt när systemen inte justeras in.

Vi har kunnat se skillnader mellan teoretiskt beräknat behov av köpt energi och faktiskt utfall, vilket förmodligen beror på att olika aktörer använder sig av olika antaganden för samma system. COP-faktorer för produktion av tappvarmvatten respektive värme skulle mycket väl kunna ges i gemensamma beräkningsförutsättningar precis som klimatfilen. Ett alternativ till att fokusera på köpt energi är att i beräkningskedet istället se till byggnadens värmeförlusttal så dessa brister med allt för optimistiska COP-antaganden inte kan påverka kravuppfyllelsen.

SAMMANFATTANDE SLUTSATSER FRÅN UPPFÖLJNING PÅ PLATS

Utifrån hembesök, mätningar, kontakter med husägare och husleverantörer kan följande slutsatser dras;

Generella

Hur mycket de boende påverkar energianvändningen blir tydligt. Därför blir det viktigt att ha en kravställningsmetod som inte påverkas av de boendes agerande när det gäller bland annat hur mycket man är hemma, styr innetemperaturen, avskärmar solinstrålning, vädrar, etc. Västerås-konceptet visar att krav på värmeeffektbehov och täthet är viktigt genom:

- Resultat över förväntan
- Lufttäta och välbyggda hus
- Bra komfort
- Låga driftkostnader
- Nöjda boende

Metodik

- Visar byggnadens prestanda, inte hur de boende använder energi
- Värdefullt att gå igenom systemen, driftinställningar och intrimning
- Mycket uppskattat av boende och byggentreprenörer

Vanliga "fel"

- FTX med elbatterier som inte ska finnas där och med hög tilluftstemperatur
- FTX med sommarläge påslaget även under uppvärmningsperiod. Det finns ingen inbyggd logik i systemen som

varnar för olämplig drift

- Värmekurva, driftinställningar i default-läge anpassat för stora värmelaster
- Kombination av golvvärme och radiatorer som inte anpassats för varandra
- Radiatorer blir då dimensionerande och en högre värmekurva krävs jämfört med golvvärme. En högre värmekurva försämrar COP-värdet. En bättre lösning är då att välja så kallade lågtemperatur-radiatorer.

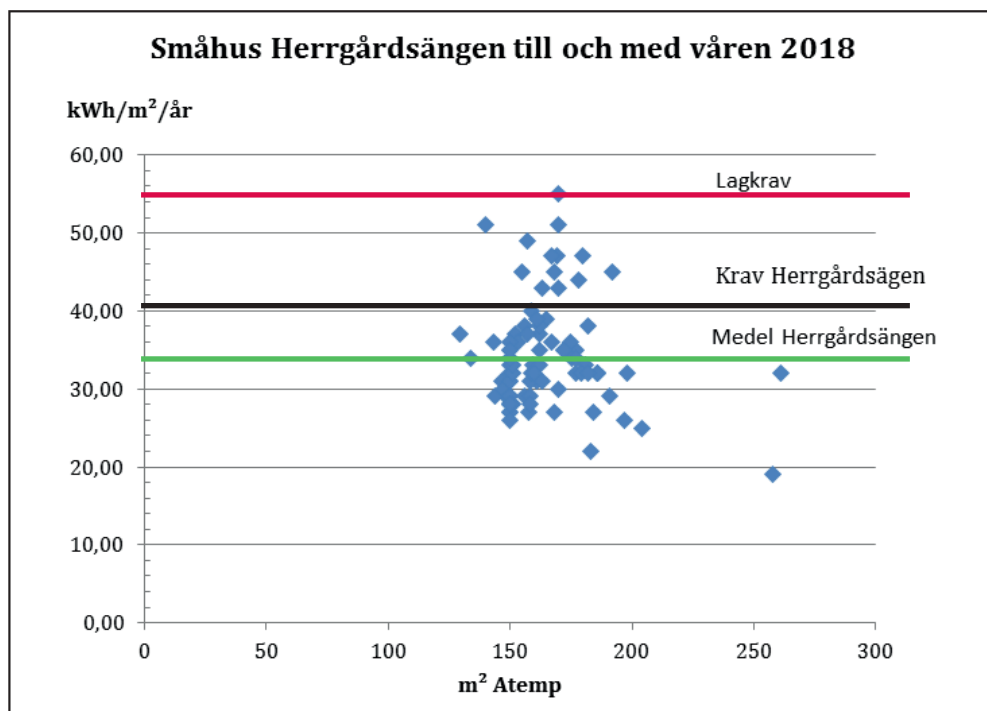
UPPMANING TILL HUSLEVERANTÖRER

- Bli bättre på att samordna installationer och energisystem. Samverkan mellan system och byggnad brister.
- Överlämning till kunden bör innehålla en genomgång om hur huset fungerar.
- Genomgången av de tekniska systemen har i detta projekt varit mycket uppskattat av boende

Jämförande resultat relativt byggreglerna

Resultat för samtliga energideklarerade småhus på Herrgårdsängen till och med våren 2018 redovisat i figur 14.1

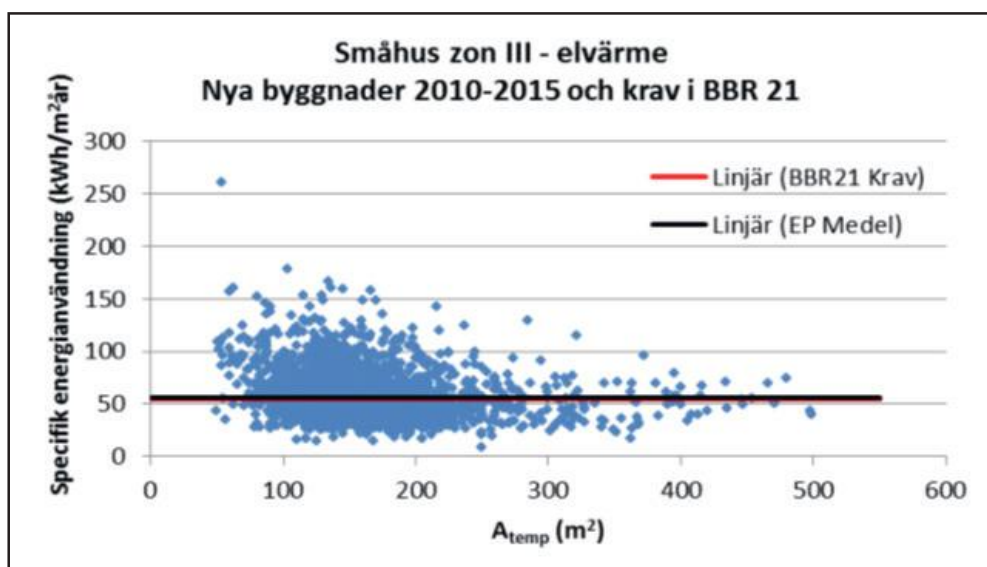
Antal småhus 91 st. Genomsnittlig specifik energianvändning: 34 kWh/m² och år varav 19 är energideklarerade enligt BEN 1 och 22 enligt BEN 2 bilaga 3.



Figur 14.1 Energideklarerade elvärmade småhus, Herrgårdsängen

Resultaten jämföres med statistik för elvärmade småhus hämtat från Boverkets konsekvensutredning BBR 25, Juli 2017se figur 14.2

Statistiken avser specifik energianvändning för elvärmade småhus uppförda 2010–2015 i klimatzon III, och kravet enligt BBR 21 (55 kWh/m² och år). Antal småhus i klimatzon III: 3354 st. Genomsnittlig specifik energianvändning: 56 kWh/m² och år



Figur 14,2

Boverkets uppföljning avser byggnader från hela klimatzon III och alltså i genomsnitt har ett mildare klimat än Västerås. Anmärkningsvärt är den stora spridningen och att ett stort antal byggnader använder mer än 100 kWh/m²/år.

Samtliga byggnader i Herrgårdsängen ligger under lagkravet. Detta illustrerar värdet av ett bättre styr- och uppföljningssystem för småhus som inte bara leder till en genomsnittlig lägre nivå utan också ett väsentligt mer kvalitetsstyr resultat.

Ordförklaringar

BBR	Boverkets byggregler
COP	Coefficient of Performance, förhållandet mellan tillförd drivenergi(el) och utvunnen värmeenergi.
Atemp	Är ett mått på golvarean, mätt i kvadratmeter, i temperaturreglerade utrymmen som är avsedda att värmas upp till mer än 10 grader, och som begränsas av klimatskärmens insida
FTX	Från- och frånluftventilation med värmeväxling. F står för frånluft, T för tilluft och X för värmeväxling
Byggherre	Kallas enligt lagen den som för egen räkning utför eller låter utföra byggnads- rivnings- eller markarbeten.

Bilaga 1. Organisation och beskrivning av Herrgårdsängen

Internt

Ulf Edvardsson, Projektledare Mark o Exploatering och ansvarig för exploateringen av Herrgårdsängen.

Bo Göranson, Projektledare, Utveckling och affärsstöd inom Västerås Stads fastighetskontor, energifrågor. Har tagit hand om energitekniska frågor från konsulter, byggherrar och husleverantörer. Även informerat andra kommuner och varit stöd åt Mark o Exploatering i energifrågor.

Externt

Eje Sandberg, Aton-teknikkonsult, rådgivning, beräkningsmetodik, besiktningsmall (bilaga 4)

Erik Olofsson-Augustsson, E+ Energi och Byggfysik AB, energiexpert, energiuppföljning och verifiering av byggnader. Mannen på fältet

Herrgårdsängens placering i Västerås

Området som är placerat på ca 15 km avstånd från Västerås innerstad är i etapp 1 avsett för uppförande av småhus och omfattar x byggrätter. Det är ett naturskönt område i anslutning till Mälaren. Se även figur 1 – 3.



Figur 1



Figur 2



Figur 3

Bilaga 2. Beräkning av byggnadens värmeeffektbehov

Värmeeffektbehov definieras:

Effektbehovet beräknas enligt FEBY09 som summan av byggnadens värmeförluster via transmission och ventilation vid dimensionerande utetemperatur (DUT), efter avdrag för givet schablonvärde för intern spillvärme. Vädringsbeteendet antas ge försumbara förluster vid DUT20 liksom solinstrålning antas ge ett försumbart bidrag.

Effektberäkningen ska ske vid:

en dimensionerande innetemperatur på 20°C.

en dimensionerande vinterutetemperatur bestämd enligt svensk standard SS024310

För byggnaderna i Herrgårdsängen beräknas och redovisas byggnadens värmeeffektbehov med ett gemensamt beräkningsprogram, www.energihuskalkyl.se, version 1.0 (version 2.0 är anpassad till FEBY12).

Bilaga 3 Metod för energiuppföljning och korrigering enligt BEN1 och BEN 2

För att göra en årsenergiuppföljning samlas driftstatistik för en 12-månadersperiod in. För varje byggnad har mätdata erhållits från fastighetsägaren.

Mätdata analyseras och korrigeras (normaliseras) innan överföring görs till Boverkets system GRIPEN. Vid uppföljning av en byggnads energianvändning gäller sedan årsskiftet 2016/2017 BFS 2016:12 BEN 1- "Om fastställande av byggnadens energianvändning vid normalt brukande och ett normalår". Efter den 26 juni 2017 gäller BEN 2. För upprättande av energideklarationer för småhusen på Herrgårdsängen är det endast en mindre skillnad i normaliseringen mellan de som gjorts enligt BEN 1 och BEN 2 kopplat till avvikande användning av hus-hållsenergi.

Den uppmätta energin har normaliserats stegvis enligt 3-6 §§.

TAPPVÄRMEVATTEN

Utifrån varmvattenmätarna (flödesmätare) har energi till tappvarmvatten beräknats som:

$$Q_w = \frac{(V * \rho) * Cp * \Delta T}{3600}$$

Där:

Q = energi för att värma vatten (kWh)

V = volym vatten (m³)

P = vattnets densitet (1000 kg/m³)

Cp = vattnets specifika värmekapacitet (4,18 kJ/kg,K)

ΔT = Temperaturskillnad mellan inkommande kallvatten och utgående varmvatten (varmvatten uppvärmt till °K – Kallvatten in °K)

Ex. 1 m³ uppvärmt till 55 grader med en inkommande kallvattentemperatur på 7 grader ger 56 kWh.

Därefter har levererad energi till enbart uppvärmning av byggnaden beräknats som differensen mellan total fjärrvärmeanvändning och beräknad energi till tappvarmvatten. Årsverkningsgraden för beredning av tappvarmvatten (COP) via värmepumparna har antagits till 2,5. Någon VVC finns inte i byggnaderna så den problematiken behöver inte hanteras.

Enligt BEN1 ska därefter levererad energi till tappvarmvatten ersättas med ett bestämt värde enligt nedan:

3 § Levererad energi till tappvarmvatten exklusive förluster för varmvatten-cirkulation ska ersättas med värde bestämt enligt tabell 3:1.

Tabell 3:1 Normaliserat värde för energi till tappvarmvatten i bostäder där η_{tvv} är årsverkningsgraden för produktion av tappvarmvatten i byggnaden

Småhus (kWh/år)	Flerbostadshus (kWh/år)
$\frac{20 \times A_{temp}}{\eta_{tvv}}$	$\frac{25 \times A_{temp}}{\eta_{tvv}}$

I energideklarationen ersätts alltså det uppmätta värdet för energi till tappvarmvatten med det bestämda värdet 20 kWh/m²,år för småhus.

NORMALISERING PGA. AVVIKANDE INOMHUSTEMPERATUR

Eftersom inomhustemperaturen har loggats i varje byggnad under effektoppföljningen finns underlag för att göra korrigeringar för avvikan- de inomhustemperatur. Enligt BEN 1 ska normal inomhustemperatur antas till 21 C i småhus och 22 C i flerbostadshus. I BEN 2 är detta ändrat till 21 C även för flerbostadshus (undantaget äldreboenden).Energien för uppvärmning ska därefter korrigeras med 5% per grad.

NORMALISERING PGA. AVVIKANDE INTERNLASTER

Energi för uppvärmning har korrigerats för internlasten som har avvikit från det normala.

Normal användning av hushållsenergi är enligt BEN1 och BEN2 30 kWh/m²,år i bostäder, både småhus och flerbostadshus.

Korrigeringsformeln enligt BEN1:

$$E_{\text{korr}} = \frac{E_{h,\text{avv}} \times I_h \times A_{\text{temp}}}{\eta_{\text{uppv}}}$$

där

E_{korr} Korrigering av energi till uppvärmning (kWh/år).

$E_{h,\text{avv}}$ Positiv eller negativ skillnad mellan uppmätt värde och normal användning av hushållsenergi (kWh/m²år).

I_h Andel av hushållsenergin som kommer byggnaden tillgodo som värme.

η_{uppv} Årsverkningsgrad för byggnadens uppvärmningssystem.

För upprättande av energideklarationer för småhusen på Herrgårdsängen finns det endast en mindre skillnad i normaliseringen mellan de som gjorts enligt BEN 1 och BEN 2 kopplat till avvikande användning av hushållsenergi. I BEN 2 görs en mindre korrigering med hänsyn till uppvärmningssäsongens längd enligt nedan (sista termen i ekvationen):

$$E_{\text{korr}} = \frac{E_{h,\text{avv}} \times I_h \times A_{\text{temp}}}{\eta_{\text{uppv}}} \times \frac{t_{\text{uppv}}}{8760}$$

där

E_{korr} : Korrigering av energi till uppvärmning (kWh/år).

$E_{h,\text{avv}}$: Positiv eller negativ skillnad mellan uppmätt värde och normal användning av hushållsenergi (kWh/m²år).

I_h : Andel av hushållsenergin som kommer byggnaden tillgodo som värme.

t_{uppv} : Uppvärmningssäsongens längd (h).

η_{uppv} : Årsverkningsgrad hos värmekällan för uppvärmning.

(BFS 2017:6).

Där t_{uppv} är satt till 6000h per år och baseras på avläsning av bergvärmepumparnas drifttid per år (värmeproduktion).

Där I_h har satts till 70% och η_{uppv} till 4,0 vilket är ett antaget COP-värde då bergvärmepumparna producerar lågtempererad värme till värmesystemen

Energi till uppvärmning (den energi som är klimatberoende) har slutligen korrigerats med hänsyn till normalår med SMHI Energiindex (1981-2010).

Bilaga 4 Övriga byggnadstekniska krav – småhus.

BILAGA TILL BESIKTNINGSPROTOKOLL.

Kontrollbesiktning – mall för energirelaterade frågor.

De energikrav som här listats ska ingå som punkter i kontrollplanen. Denna mall ska stämmas av vid byggbesiktningen och ifyllas av besiktningsman. Mallen omfattar delarna:

Funktionskrav, mätbestyckning, systembeskrivningen och dokumentationer.

Besiktningsman (namn + företag):

Telefon:

Datum för lämnade uppgifter:

Ringa in de svar som har kontrollerats. Ange värde/resultat.

För in värde och avvikelser i det web-baserade stödet: "Energikalkylen".

Funktionskrav

Täthet (provas om FT, eller FTX ventilation)

Klarar kraven: Ja Nej

Värde vid övertryck: l/s,m2, vid 50 Pa

Värde vid undertryck: l/s,m2, vid 50 Pa

Krav: < 0,4 l/s,m2. Provtryckning (enligt SS 02 15 51).

Erhållet mätvärde för undertryck, ska ha redovisats på reviderad indatamall för effektkalkylen. Täthetsprovningen genomföres först efter det att eventuella installationsdragningar i ytterväggarna är klara..

Kommentarer:

Ljud från ventilationssystem eller andra värmeinstallationer.

Klarar kraven: Ja Nej

Krav: skall klara minst ljudklass B i sovrum (enligt SS 02 52 67). Entreprenörens ansvar.

Kommentarer:

Varmvattenblandare

Klarar kraven: Ja Nej

Krav: Varmvattenblandare ska vara energieffektiva. Med energieffektiva menas blandare av engreppstyp med

a) en inbyggd flödesbegränsande funktion, där användaren genom en spärr- eller en motfjädrande funktion kan påverka önskat flöde utöver normalflöde.

b) en inbyggd temperaturbegränsande funktion, där användaren genom en spärr- eller en motfjädrande funktion kan påverka önskad temperatur utöver komforttemperatur, alternativt att armatyren har ett kallt mittläge.

c) därutöver ska duschblandare ha en termostadfunktion

Kommentarer:

Fast installerad belysning

Klarar kraven: Ja Nej

Krav: Fast installerad belysning ska vara A-klassad (dvs ej glödlampor eller halogen). Gäller fasta installationer i tak (halogenspots i badrumstak mm) det gäller även "punktbelysning" som är i form av fasta installationer

Rekommendation: Inbyggda halogen-spots i spiskåpa och badrumsskåp där rekommenderar vi att undvika produkter som inte uppfyller energiklass A

Kommentarer:

Extern belysning

Klarar kraven: Ja Nej

Krav: Belysning till andra externa anläggningar skilt från byggnaden skall kunna separatmätas eller vara franslagna under mätperioden som inträffar under några vinterveckor

Rekommendation: Fast installerad belysning på huvudbyggnad ska vara max 25 W/bostad.

Kommentarer:

Kyl och frys, kyl/frys

Klarar kraven: Ja Nej

Krav: Vitvaror för matförvaring ska vara minst klass A+

Kommentarer:

Tvättmaskiner och torksystem

Klarar kraven: Ja Nej

Krav: Tvättmaskiner ska vara A-klassade och torksystem med torktumlare ska minst ha klass B, men rum försedd med avfuktare är ett alternativ.

Kommentarer:

Handukstork

Klarar kraven: Ja Nej

Krav Eventuell handdukstorkare ska ha timer- eller tidsstyrning.

Kommentarer:

Komfortvärmesystem

Klarar kraven: Ja Nej

Tidskonstant: Timmar

Krav Eventuellt komfortvärmesystem i golv ska ha en låg tidskonstant, dvs övertemperaturen i golvet (golvytan) ska sjunka med mer än 63% jämfört med omgivande temperatur (rumsluft) inom 1,5 timmar. Tidskonstant bestäms av kontrollant, genom att en tidigare genomförd mätning har dokumenterats, eller via en referens som visar att valt utförande ger angiven tidskonstant.

Värmesystemet skall vara tidsstyrt med valfri inställning av på- och avstängningstider. Default värde ska vara inställd på start 06.00 och stopp 08.00, samt start 18.00 med stopp 21.00.

Kommentarer:

Golvvärme

Golvvärme: Ja, ingjutet i platta Ja, ej ingjutet i platta Nej.

Golvvärme i platta är tillåten, upplevelsen av ett golvvärmesystem är liten mot ett vanligt radiatorsystem, golvtemperaturen normalt under vintern ligger ca en grad högre än rummet p.g.a. det välisolerade huset.

Kommentarer:

Biobränslelager (om biobränsleeldning)

Klarar kraven: Ja, Nej

Krav Om huvudsaklig uppvärmning baseras på biobränsle, skall lämplig och skyddad plats finnas för bränslelager för minst 2 årsbehov och tillgängligt för extern leverantör.

För pelletskamin, ska skyddad plats finnas, åtkomlig från leverantörsbil för uppställning av antingen en lastpall eller en storsäck.

Kommentarer:

Anvisningar för kontrollanten

Samtliga funktionskrav utgör minimikrav som förväntas vara uppfyllda och alltså åtgärdas om kravet inte klaras, med några få undantag.

Annan likvärdig eller bättre styrning till timer styrning av eventuell handdukstork kan accepteras, t.ex. fuktstyrning.

Om eventuell installation av komfortvärmesystemet för golv inte klarar kraven får kompensation för avvikelse diskuteras mellan köpare och säljare.

Mätning av tidskonstant

Sätt på komfortvärmegolvet på högsta inställning minst det antal timmar innan som motsvarar dubbla förväntad tidskonstant. När golvet antagit sin värme, läs av rummets temperatur Tr_0 , samt ytemperatur Tg_0 och stäng av värmen. Fönster och dörrar hålls stängda.

Läs sedan åter av temperaturerna efter 1,5 timmar Först rummets temperatur $Tr_{1,5}$, sedan golvets ytemperatur $Tg_{1,5}$.

Tidskonstanten för komfortvärmegolvet är lägre än 1,5 timmar om:

$$(Tg_0 - Tg_{1,5}) > 0,63 \times (Tg_0 - (Tr_{1,5} + Tr_0)/2)$$

Mätbestyckning

Mätare för varmvatten

Klarar kraven: Ja Nej

Krav: Mätare för varmvattenanvändning ska vara installerad som möjliggör manuell volymavläsning.

Mätare för el till värmeapparater

Klarar kraven: Ja Nej

Krav: Separat elmätare för manuell avläsning (undermätare) för elbaserad värmeproduktionsutrustning, då el till värme och varmvatten ska kunna separeras från el till hushållsapparater (hushållsel).

Mätning av luftflöden

Klarar kraven: Ja Nej

Krav: Mätning av luftflöden med god noggrannhet ska vara tekniskt möjligt, helst via fasta mätuttag vid aggregat, eller genom praktiskt åtkomliga till- och frånluftsdon.

Erhållet mätvärde för luftflöde enligt injusteringsprotokoll, ska ha redovisats på reviderad indatamall för effektkalkylen om avvikelse är större än 10% jfr med projekterade indata.

Mätning av temperatur i luftflöden (om FTX-system)

Klarar kraven: Ja Nej

Krav: Leverantören av FTX-aggregat bör anordna eller anvisa mätpunkt för mätning av temperatur i tilluftflöde som inte påverkas av eftervärmare.

Mätning av el till fläktar och pumpar

Klarar kraven: Ja Nej

Krav: För ventilationsfläktar och pumpar ska eleffekter för fläkt respektive pump i aktuell driftpunkt ha dokumenterats på reviderad indatamall för effektkalkylen.

Ventilationsutrustning i enfasutförande ska vara stickkontaktsansluten för att underlätta uppföljning och senare utbyten. Detta gäller även separat anslutna pumpar.

Anvisningar för kontrollanten

Samtliga krav på mätbestyckning utgör minimikrav som förväntas vara uppfyllda och alltså åtgärdas om kravet inte klaras, med undantag av mätuttag på FTX-aggregat, där marknaden möjligen ännu inte kan uppfylla detta krav. Utan mätuttag kompliceras dock uppföljande mätning, varför detta krav mer är att betrakta som ett starkt önskemål.

Vad gäller eleffekt till fläkt och pump ska installatören ha mätt upp den momentana aktuella effekten med en effektmätare. Detta kan vara en enkel stickkontaktsanslutning och det ska vara möjligt för kontrollant att kontrollmäta. Mätningen får inte inkludera el till eventuell värmepump eller brännare vid den aktuella mätningen, utan enbart respektive värde för fläkt och pump. Om detta är en del av värmeutrustningen mäts effekten när värmeapparaten inte är i uppvärmningsläge. Elenergi till värmeutrustning mäts med en kontinuerlig elmätare separat från hushållsel/fastighetsel.

Systembeskrivning

Förekomst av följande delsystem ska noteras, samt eventuella värden anges.

Solvärme för varmvatten. Antal kvadratmeter: m2.

Värmepump för enbart värme

Värmekälla:

Årsmedelverkningsgrad enligt dokumentation: COP

Referens:

Värmepump för värme och varmvatten

Värmekälla:

Årsmedelverkningsgrad enligt dokumentation: COP

Referens :

Elvärme i kombination medange system

Elvärme systemuppbyggnadange system (tex uppvärmd tillluft)

Biobränslepanna för värme och varmvatten.
(även vattenmantlad kamin)

Eldningskamin för pellets.

Eldningskamin för ved.

Köksspisventilation (kåpan) separat ut genom klimatskal

Köksspisventilation kolfiltertyp utan imkanal

Köksspisventilation ansluten till ventilationssystemet

Kommentarer: (Finns t.ex. tilluftsanslutning vilket är nödvändigt om eldstaden ska fungera i ett tätt hus.)

Dokumentationer.

Erforderliga instruktioner och bruksanvisningar för energirelaterade produkter finns samlade i brukarpärm.

Eventuella inställningsvärden ska vara dokumenterade.

Kommentarer:

Anvisningar för kontrollanten

Dessa krav utgör minimikrav som förväntas vara uppfyllda.



VÄSTERÅS STAD

Västerås stad

Stadshuset

721 87 Västerås

Kontaktcenter: 021-39 00 00

E-post: kommunstyrelsen@vasteras.se

www.vasteras.se