**Energirenovering i flerbostadshus**

Zackarias Bolling, Högskoleingenjör

Linnéuniversitetet

zacke.bolling@gmail.com

Mohammed Hadrous, Högskoleingenjör

Linnéuniversitetet

hamodi.hadrous@live.se

 *Tre olika energisystem har undersökts för att jämföra olika åtgärder för att energieffektivisera flerbostadshus. Då det finns ett stort behov av energieffektivisering är det viktigt att välja rätt energisystem för att uppnå bästa resultat vid en renovering, både ur ett ekonomiskt perspektiv och för att följa de krav som ställs.*

 Globalt utgör byggnader mer än 40% av världens energianvändning. I EU är 35% av byggnaderna mer än 50 år gamla samtidigt som 75% av dessa är energiineffektiva och i behov av att renoveras. Byggnader från bland annat det svenska miljonprogrammet är i behov av att rustas upp och energieffektiviseras för att öka deras tekniska livslängd. Det finns även ett stort renoveringsbehov för att nå EU:s klimatmål.

 I projektet jämfördes tre energisystem på tre olika fastigheter i södra Sverige. Ett FX-system med fjärrvärmecentral i Lund, en spillvattenanläggning i Växjö och solhybrider med bergvärme i Ronneby. I studien har effektivitet, lönsamhet och energiprestanda för systemen utvärderats. Jämförelsen gjordes genom en ekonomisk analys utifrån enkel återbetalningstid och åtgärdernas förbättring av respektive fastighets primärenergianvändning. Genom energiteknisk analys fastställdes energibesparing samt potentiell energi att ta vara på i frånluft och spillvatten. Tillsammans med en certifierad oberoende energiexpert bestämdes fastigheternas energideklarationer före och efter installation av respektive energisystem utifrån BBR29 i Boverkets Gripen.

**Värme ur frånluft**

 På fastigheten Lärlingen i Lund har värmeåtervinning ur frånluft installerats och driftsatts januari 2020. Flerbostadshuset har en Atemp på 1 739 m2 och byggdes 1946. Anläggningen består av en frånluftsvärmepump, FX-system, samt en fjärrvärmecentral från HögforsGST, som tillsammans utgör en systemlösning. Investeringen för anläggningen var 850 000 kr exkl. moms. I projektet har ingen hänsyn tagits till fjärrvärmecentralens påverkan på energibesparingen trots att investeringen är medräknad. Fjärrvärmecentralen medför att returtemperaturen till fjärrvärmenätet ej höjs.

 På Lärlingen återvinner FX-systemet värmeenergi ur den 21℃ varma frånluften genom en batterivärmeväxlare som kyler ner den till 4℃ med hjälp av en brinekrets. Ledningarna för brinekretsen leds på utsidan av huset ner till källaren där den upptagna värmen växlas över till en värmepump. Det patenterade hybridvärmesystemet från HögforsGST som även utnyttjar fjärrvärme för uppvärmning omfattar en primärkrets, en uppvärmningskrets och en värmepump och medför att returtemperaturerna kan sänkas. Syftet med hybridvärmesystemet är att fungera som en komplett systemlösning till FX-systemet för att optimera samverkan med det lokala fjärrvärmeverket. Systemlösningen inkluderar en ackumulatortank på 0.5 m3.

Genom lokal samverkan med värmeverk stängs värmepumpen av under juli till augusti och delar av september, för att utnyttja billigare fjärrvärmepriser samt spara drifttimmar på värmepumpen. På så sätt kan ca 25% av värmepumpens drifttid sparas in på ett år.

**Värme ur spillvatten**

 Från ett flerbostadshus på fastigheten Alabastern i Växjö återvinns värme ur byggnadens spillvatten. Flerbostadshuset har en Atemp på 2 646 m2 och driftsattes i februari 2020. Värmeåtervinning ur spillvatten på Alabastern var en del av det EU-finansierade projektet READY [1]. Investeringen uppgick till ca 1.7 miljoner kronor exkl. moms, varav hälften finansierades av EU.

 Systemlösningen från Evertherm består av en pumpgrop, bufferttank, kollektortank, värmeväxlaranordning och en värmepump. Spillvattnet som lämnar flerbostadshuset har en medeltemperatur på 24℃ och består av svart- och gråvatten. Spillvattnet anländer först till pumpgropen där det finfördelas. Därefter pumpas spillvattnet vidare till en bufferttank som hjälper systemet hantera flödesvariationer under dagen. Från bufferttanken pumpas spillvattnet vidare till kollektortanken som innehåller värmeväxlaranordningen. Värmeväxlaren utgörs av flera patenterade värmeväxlarelement, s.k. ETX-paneler. Panelerna består av ett polymeriskt och korrosionsbeständigt material med en intern flödespassage som hämtar värme från spillvattnet med hjälp av värmepumpen. Den utvunna värmen lagras sedan i två ackumulatortankar. Systemet begränsas av den lägst tillåtna temperaturen på utgående spillvatten, som i Växjö kommun var 6℃. Medelvärdet för fastighetens uppmätta utloppstemperaturer var 6.3℃.

 Genom att spillvattnet lagras under de tider på dygnet när tillflöde av varmvatten är som störst ges effektivare energiåtervinning jämfört med dygnsvarierande spillvattenflöden. När värmebehovet är som störst används den lagrade energin.

**Solhybrider med bergvärme**

 Under 2018 installerades och driftsattes solhybrider med bergvärme på fastigheten Johannishus i Ronneby. Fastigheten består av sex byggnader med en total Atemp på 5 099 m2 fördelat på 93 lägenheter för äldreboende samt förskola.

 Solhybriderna har en installerad effekt på 27 kW och är utrustade med en underliggande kylkrets som kyler panelerna. Värmen som tas upp av kylkretsen används för att värma 17 borrhål på fastigheten. Fastigheten är helt frånkopplad fjärrvärmenätet och som reserv till värmepumparna används elpatroner vid hög värmeförbrukning.

 Anläggningen består av tre värmepumpar; en primär och två sekundära som avlastar varandra för att spara på drifttid. Investeringen för anläggningen uppgick till 2 950 000 kr exkl. moms.

 På fastighetens norra sida sitter en temperaturmätare som styr pumpen som laddar borrhålen. Förenklat används två kretsar. En kylkrets, som hämtar värme från solpanelerna med hjälp av en glykollösning, samt en borrhålskrets som hämtar och lämnar värme från borrhålen via en etanollösning. När utomhustemperaturen är 4℃ varmare än i borrhålen växlas värmen från kylkretsen över till borrhålskretsen. Temperaturkravet finns för att undvika att borrhålen fryser. Under varmare månader, när borrhålskretsen värms upp till en högre temperatur än den i borrhålen, avges värme till borrhålen. På så sätt laddas borrhålen med värmeenergi som sedan kan användas under kallare månader när värmebehovet är större. På så sätt säkerställs det även att borrhålen inte utarmas på värme.

**Energiberäkningar**

 För att bestämma fastigheternas energianvändning före och efter åtgärd användes energideklarationer. Underlag till energideklarationerna togs fram tillsammans med en certifierad oberoende energiexpert. Underlaget användes sedan i Boverkets Gripen för att ta fram energideklarationerna.

 I figur 1 anges fördelningen av fjärrvärme- och elanvändning före och efter åtgärd. Av de tre energisystemen minskade solhybridanläggningen fastighetens energianvändning mest, både procentuellt och per kWh/Atemp.

 I figur 2 redovisas skillnaden före och efter renoveringsåtgärd baserat på energideklarationerna. En observation av resultatet var att det var fördelaktigt att övergå från fjärrvärme till el för värmeförsörjning, trots skillnaden i primärenergifaktorerna mellan el (0.7) och fjärrvärme (1.8). Resultatet av energideklarationerna visade att ju mer el som använts för värmepump, desto större förbättring av fastighetens energiprestanda. Detta gäller så länge värmepumpens COP är större än kvoten mellan primärenergifaktorerna för el och fjärrvärme, det vill säga 1.8/0.7=2.6.

 Resultatet som noterades var att solhybridanläggningen generade störst energibesparing enligt energideklarationen. Minst förbättring erhölls av spillvattenanläggningen.

**Kostnader & återbetalningstid**

 De tre energisystemens återbetalningstider beräknades utan hänsyn till kalkylränta. Återbetalningstiden för spillvattenanläggningen var 95 år utan hänsyn till bidraget som motsvarade halva investeringskostnaden och således halverar återbetalningstiden. Lärlingens återbetalningstid var 22 år och inkluderar investeringskostnaden för fjärrvärmecentralen. Återbetalningstiden utan fjärrvärmecentralen, endast FX-systemet, var 11 år. Solhybridanläggningen hade kortast återbetalningstid av de tre energisystemen på ca 9 år. Detta beror troligtvis på att anläggningen inte är begränsad av tillgänglig energi i borrhålen och därmed kan värmepumparna producera hela fastighetens värmebehov, vilket ökar besparingen. Sammanställning kan ses i tabell 1.

 Lönsamheten för energisystemen begränsas inte av värmepumparnas kapacitet utan av tillgänglig energi att ta vara på från de olika energikällorna. Återbetalningstiderna är beroende av el- och fjärrvärmepriser som kan vara upphandlingsbara och varierar över landet samt mellan år. Priserna som användes var snittpriser för Sverige 2021 enligt Nils Holgersson rapporten och var 2 kr/kWhel och 0.89 kr/kWhfjärrvärme [2].

**Tillgänglig energi**

 I projektet undersöktes även den teoretiskt möjliga energi som går att ta vara på ur frånluft och spillvatten baserat på standardiserade flöden per Atemp. Eftersom jämförelsen förutsatte standardiserade flöden så behövde ett spillvattenflöde fastställas då krav på minsta ventilationsflöde redan finns. De togs fram för att sedan kunna använda ekvationen för värmeenergi: $Q = \dot{V} ρ c\_{p }T ∆t$

 Från BEN2 erhölls normalt brukande för uppvärmning av tappvarmvatten; 25 kWh per Atemp och år. Utifrån det härleddes spillvattenflödet till 1.26 m3 per Atemp och år vilket sedan jämfördes med det minsta tillåtna ventilationsflödet om 0.35 liter per sekund och Atemp. Resultatet från det beräknade spillvatten- och frånluftsflöde visade på att frånluften innehöll 2.4 gånger mer energi att ta vara på än spillvatten. Spillvattnet hade 26.4 kWh per Atemp och år medan frånluften hade 64.4 kWh per Atemp och år. Resultatet kan ses i figur 3.

 **Projektets slutsatser**

 Energideklarationerna för samtliga fastigheter efter energirenoveringsåtgärderna visar att det var fördelaktigt att övergå till el för värmeförsörjning jämfört med fjärrvärme. Detta trots skillnaden i primärenergifaktorerna mellan el och fjärrvärme. Förutsättningen är att värmepumpens årliga COP överstiger 2.6.

 Slutsatsen av FX-systemet var att den hade en förhållandevis låg investering och kunde täcka drygt hälften av fastighetens värmebehov. Det är en relativt enkel installation som endast förutsätter frånluftskanaler och kan installeras som komplement på befintligt F-system. Lösningen medförde en effektiv energiåtervinning sett till besparing samt gav möjlighet till samverkan mellan fastighet och det lokala fjärrvärmebolaget. Dock finns risk för kallras vilket kan undvikas med rätt placering av tilluftsdon, bakom radiatorerna.

 Återvinningen av värme ur spillvattnet fann vi hade lägst besparing utifrån energi och kostnad av de tre energisystemen. Den återvunna energin kunde täcka ca en tredjedel av fastighetens värmebehov. Spillvattenvärmeåtervinning kan vara lämpligt i redan energieffektiviserade byggnader som en sista åtgärd för att maximera energibesparingen, eftersom spillvattnet hade mindre tillgänglig energi än frånluft. Besparingen och effektiviteten för spillvattenanläggningen påverkas bland annat av beteendet hos de boende i flerbostadshuset. Vid sparsamt beteende blir den tillgängliga energin och besparingen mindre och vid ett slösaktigt beteende blir det högre. Snålspolande armaturer medför därmed en ökad återbetalningstid för denna typ av anläggning.

 Solhybrider med bergvärme kunde täcka hela fastighetens värmebehov samt producerar el och laddar även borrhålen. Energisystemet förutsätter tillgång på mark och är utrymmeskrävande.

**Referenser:**[1] R. M. Hummelshøj, ”READY - Resource Efficient Cities Implementing Advanced Smart City Solutions (ver. 2),” COWI A/S, 2020. [Online]. Tillgänglig: http://www.smartcity-ready.eu/wp-content/uploads/2021/02/Final-Publishable-Summary-Report-READY\_v2.pdf.

[2] Nils Holgersson rapporten, ”Rapport 2021,” [Online]. Tillgänglig: https://nilsholgersson.nu/rapporter/rapport-2021/.

**Figurer bilder och tabeller.**

*Figur 1. Sammanställning av specifik energianvändning före och efter åtgärder för de tre undersökta fastigheter. Specifik energianvändning är byggnadens oviktade energianvändning.*

*Figur 2. Fastigheternas primärenergital före och efter åtgärd. Värdena är normalårskorrigerade och viktade med primärenergifaktorer, enligt energideklarationerna.*

*Figur 3. Tillgänglig energi att ta vara på i spillvatten och frånluft baserat på härledda standardiserade flöden.*

*Tabell 1. Besparing & återbetalningstid utan hänsyn till kalkylränta.*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Anläggning | Lärlingen | Alabastern | Johannishus |
| Besparing [kr] | 48 000 | 22 500 | 396 000 |
| Återbetalningstid [år] | 22 | 95 | 9 |