



Kostnadseffektiva lågenergihus

- Studie av energisystem i flerbostadshus

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

ÅSA PALM, ANTON RATHSMAN, PETER TÖRNQUIST

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för byggnadsteknologi
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2010
Examensarbete 2010:81

Kostnadseffektiva lågenergihus - Studie av energisystem i flerbostadshus

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör

ÅSA PALM, ANTON RATHSMAN, PETER TÖRNQUIST

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för Byggnadsteknologi
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, 2010

Kostnadseffektiva lågenergihus - Studie av energisystem i flerbostadshus

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör*

ÅSA PALM, ANTON RATHSMAN, PETER TÖRNQUIST

© ÅSA PALM, ANTON RATHSMAN, PETER TÖRNQUIST, 2010:81

Examensarbete/ Institutionen för bygg- och miljöteknik,
Chalmers tekniska högskola

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för Byggnadsteknologi
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Omslag:

Förbos projekterade plusvärmehus i Lerum. Detta hus ligger till grund för beräkningarna som gjorts i rapporten och är ett unikt samarbete mellan bostadsbolaget Förbo och Lerums fjärrvärme. Illustration: Förbo. Hämtad ur artikel i Energi & Miljö. Tillgänglig 2010-06-02 på: <http://www.energi-miljo.se/aktuellt/senaste-nytt/nu-byggs-plusenergihus-pa-flera-orter/>

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Göteborg 2010

Kostnadseffektiva lågenergihus – Studie av energisystem i flerbostadshus

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör*

ÅSA PALM, ANTON RATHSMAN, PETER TÖRNQUIST

Institutionen för bygg- och miljöteknik

Avdelningen för Byggnadsteknologi

Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Utvecklingen i byggnadssektorn måste drivas mot en lägre energiförbrukning för att de uppsatta miljömålen till år 2020 och 2050 ska uppnås. Målen innebär sänkningar av energianvändning i bostäder och lokaler med 20 respektive 50 procent.

Det finns redan idag byggnadsteknik som får ner energiförbrukning för uppvärmning i bostäder. Passivhustekniken har de senaste åren börjat få fäste och ger en låg energiförbrukning till relativt liten merkostnad. Med passivhuset som föregångare har hus med kompletterande teknik börjat dyka upp i form av nollenergihus, nära-nollenergihus och plusenergihus. Energiförbrukningen i dessa hus ligger under, nära eller över noll på årsbasis. Genom egenproduktion av energi med hjälp av solceller, solfångare och värmepumpar är de i princip självförsörjande.

Rapporten undersöker om plusenergihus är vägen till en energieffektiv bostadssektor och om de är ekonomiskt lönsamma. Den teoretiska grunden för denna rapport har hämtats ur litteraturstudier, artiklar och forskningspublikationer. Vidare har deltagande vid seminarier och intervjuer av nyckelpersoner gett en god kunskap. Dialog med företag har gett inblick i branschen och en bild av vilka möjligheter samt nackdelar som finns med plusenergihus.

Som referensobjekt till beräkningarna används Förbos projekterade plusvärmehus där beställaren upprättat ett unikt samarbete med Lerums fjärrvärme. Samarbetet innebär att överkottsvärmen från husens solfångaranläggningar pumpas ut på fjärrvärmenätet och återfås vid behov. Genom överslagsberäkningar för hand och simuleringar i VIP+ har energibehov och installationskostnader tagits fram för kombinationer av hustyper och värmesystem. Resultaten från dessa beräkningar tillsammans med intervjuer och litteraturstudier har lett till vår slutsats.

Plusenergihus är i dagsläget inte ekonomiskt försvarbara och därmed inte rätt väg för att nå en energieffektiv bostadssektor. Solceller för småskalig produktion är både dyrt och ineffektivt med rådande lagar och prissättning. Om merkostnaden det innebär att gå från nollenergihus till plusenergihus istället läggs på att rusta upp befintlig byggnation tror vi att det har större inverkan på den totala energiförbrukningen inom bostadssektorn.

Eftersom det inte är lönsamt att gå med plus är det rimligare att sikta på en årsförbrukning som ligger nära noll. Det finns alltså ingen anledning att investera massa pengar när överskottet det genererar ändå skänks gratis till elbolagen.

Nyckelord: Plusenergihus, passivhus, nollenergihus, solceller, solfångare, värmepump, energianvändning, energibalans, värmeförluster, Förbo, miljömål, energilagring, VIP+.

Cost efficient low energy houses – A study of energy systems in apartment buildings
Diploma Thesis in the Engineering Programme
Building and Civil Engineering
ÅSA PALM, ANTON RATHSMAN, PETER TÖRNQUIST
Department of Civil and Environmental Engineering
Division of Building Technology

Chalmers University of Technology

ABSTRACT

The development in the construction industry has to be driven towards lower energy consumption in order to reach the environmental goals set for year 2020 and year 2050. The goals mean reductions of energy consumption in housing as well as in premises with 20 percent and 50 percent.

It already exist efficient building techniques that decrease the energy use for warming houses. It's the Passive House technique that during the recent years gained a foothold. Passive Houses have low energy need and requires only a relatively small additional cost compared to the conventional house. Other types of houses which have their origin in the passive type have begun to emerge. They are basically Passive Houses only equipped with technical devices such as solar panels and heat pumps. Through their own production these innovations have little or no need for energy and the Energy Plus House even produces a surplus over the course of a year.

The report investigates whether Energy Plus Houses are the solution for a more energy efficient Housing Sector and if they are economically profitable. The theoretical basis to this report has been gathered through literature studies, articles and research reports. Furthermore, attending seminars and doing interviews have given knowledge about the subject. Dialogues with representatives from different companies have given us an insight in possibilities and disadvantages for the Energy Plus principal.

As a reference object to the calculations we used Forbo's projected Energy Plus House where Forbo established a unique partnership with Lerum Fjärrvärme. The partnership means that the warmth produced from the solar collectors on Forbo's houses is delivered to the central heat distribution in summer and refunded in winter. Through calculations by hand and simulations in VIP+ we gathered results from comparing different house types and heating systems. These results combined with information from interviews and literature has led to our conclusion.

Energy Plus Houses are in the current situation not economically profitable and therefore not the right way to reach a more efficient Housing Sector. Solar panels are both too expensive and too inefficient with the current legislation and prices. We believe there's a lot more to gain if you use the money it takes to go from zero to plus for renovating existing buildings.

Since it's not economically profitable to go plus it's more reasonable to aim towards an annual consumption that lies near zero. So there is no need to invest lots of money when the surplus it generates is given away for free.

Key words: Energy Plus Houses, Passive House, Zero Energy Building, solar panel, solar collector, heat pump, energy consumption, energy balance, heat losses, Forbo, environmental goals, energy storage, VIP+.

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	III
FÖRORD	VIII
BETECKNINGAR OCH DEFINITIONER	IX
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Avgränsningar	2
1.4 Metod	2
1.5 Rapportens disposition och läsanvisning	3
2 TEORI	4
2.1 BBR:s krav vid nybyggnation	4
2.2 Lågenergihus	5
2.2.1 Passivhus	5
2.2.2 Minienergihus	6
2.2.3 Nollenergihus	6
2.2.4 ”Nära nollenergihus”	7
2.2.5 Plusenergihus	7
2.3 Värmepumpar	7
2.4 Bergvärme	8
2.5 Fjärrvärme	9
2.6 FTX-system	10
2.7 Solvärme/solfångare	11
2.8 Solceller	12
2.8.1 Ekonomi	12
2.8.2 Investeringsstöd	12
2.8.3 Framtid	12
2.8.4 Jämförelse med Tyskland	13
2.9 Lagring av energi	13
2.9.1 Lagring av el	13
2.9.2 Solceller och bränsleceller	13
2.9.3 Lagring av solvärme	13
2.10 Princip för energieffektivt byggande	14

2.11	Livsstilens påverkan	16
2.12	Energianvändning i befintliga beståndet	16
2.13	Elbolagens syn på småskalig elproduktion	17
2.14	Förbos ”Plusvärmehus”	18
3	BERÄKNINGAR	20
3.1	Beräkning med VIP+	20
3.2	Kombinationer av husmodell och energikällor, VIP+	21
3.2.1	Alternativ 1 Passivhus med fjärrvärme	22
3.2.2	Alternativ 2 Passivhus med värmepump	22
3.2.3	Alternativ 3 Passivhus med solfångare	22
3.2.4	Alternativ 4 Konventionellt hus med fjärrvärme	22
3.2.5	Alternativ 5 Konventionellt hus med värmepump	23
3.2.6	Alternativ 6 Konventionellt hus med solfångare	23
3.3	Felkällor, VIP+	23
3.4	Överslagsberäkningar	24
3.4.1	Transmissionsförluster, Q_{trans}	24
3.4.2	Ventilationsförluster, Q_v	25
3.4.3	Luftläckage, Q_{ov}	25
3.4.4	Tappvarmvatten, Q_{tvv}	25
3.4.5	Fastighetsel, $W_{f.el}$	26
3.4.6	Hushållsel, $W_{h.el}$	26
3.4.7	Solinstrålning, Q_{sol}	26
3.4.8	Personvärme, Q_{pers}	27
3.4.9	Värmeåtervinning, $Q_{\bar{a}v}$	27
3.4.10	Spillvärme, $Q_{tillsk.}$	27
3.5	Energikällor	27
3.5.1	Solfångare	27
3.5.2	Solceller	28
3.6	Kombinationer av energikällor	29
3.6.1	Alternativ 1. Solfångare på sommarhalvåret, ingen lagring	29
3.6.2	Alternativ 2. Solfångare och solceller på sommarhalvåret	30
3.6.3	Alternativ 3. Förbo	30
3.6.4	Alternativ 4. Nollenergihus	31
3.6.5	Alternativ 5. Plusenergihus	32
3.6.6	Alternativ 6. Värmepump	33
3.6.7	Alternativ 7. Solfångare och värmepump	34
4	RESULTAT	36
4.1	Sammanställning av energibehov	36
4.2	Resultat från VIP+	38
4.3	Resultat från överslagsberäkningen	38
4.4	Kommentar till resultaten	39

5	ANALYS	40
5.1	Kombinationen av värmesystem och solceller	40
5.2	Solceller och el	41
5.3	Solfångare och fjärrvärme	41
5.4	”Nära nollenergihus”	41
6	SLUTSATSER	42
7	KÄLLFÖRTECKNING	44

BILAGOR

Bilaga 1: Frågor till elbolag

Bilaga 2: Överslagsberäkningar

Bilaga 3: VIP+ resultat

FÖRORD

Denna rapport redovisar vårt examensarbete vid Chalmers Tekniska Högskola, institutionen för Bygg- och Miljöteknik. Vi har fått äran och möjligheten att skriva vår rapport i samarbete med Ramböll Sverige i Göteborg. I denna rapport undersöks om plusenergihus är vägen till en energieffektiv bostadssektor och om det är ekonomiskt försvarbart. Vad finns det för övriga alternativ? Det är intressant och stimulerande att engagera sig i den aktuella debatten kring energifrågor. I framtiden kan vi vara med att påverka och tillsammans sträva efter att nå ett hållbart samhälle.

Vi vill tacka våra handledare som gett oss värdefull hjälp och stöd under arbetets gång. Vår handledare på Chalmers, Carl-Eric Hagentoft, har varit till stor hjälp med frågor kring byggnadsfysik och teoretiska beräkningar samt hans kunskap inom området. Vår handledare på Ramböll, Göran Frenning, har varit en fantastisk partner gällande diskussion och sitt brinnande intresse för ämnet och vårt projekt. Göran har vid ett flertal tillfällen bidragit med material, kontakter och vägledning under arbetets gång. Vi vill även tacka Mariette Sylvan på Ramböll i Göteborg för sin tid och hjälp med simuleringsprogrammet VIP+. Sist men inte minst vill vi tacka Krister Lundgren på bostadsbolaget Förbo för hjälp med underlag för våra beräkningar samt ett öppet och generöst mottagande.

Tack!

Göteborg, maj 2010

Åsa Palm, Anton Rathsmann, Peter Törnquist

BETECKNINGAR OCH DEFINITIONER

Nedan förklaras de beteckningar och definitioner som används i rapporten enligt BBR16

A_{om}	Sammanlagd area för omslutande byggnadsdelars ytor mot uppvärmd inneluft (m^2). Med omslutande byggnadsdelar avses sådana byggnadsdelar som begränsar uppvärmda delar av bostäder eller lokaler mot det fria, mot mark eller mot delvis uppvärmda utrymmen.
A_{temp} :	Arean av samtliga våningsplan för temperaturreglerade utrymmen, avsedda att värmas till mer än 10 °C, som begränsas av klimatskärmens insida. Area som upptas av innerväggar, öppningar för trappa, schakt och dylikt, inräknas. Area för garage, inom byggnaden i bostadshus eller annan lokalbyggnad än garage, inräknas inte.
<i>Byggnadens energianvändning:</i>	Den energi som, vid normalt brukande, under ett normalår behöver levereras till en byggnad (oftast benämnd köpt energi) för uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och byggnadens fastighetsenergi. Om golvvärme, handdukstork eller annan apparat för uppvärmning installeras, inräknas även dess energianvändning.
<i>Byggnadens fastighetsenergi:</i>	Den del av fastighetselen som är relaterad till byggnadens behov där den elanvändande apparaten finns inom, under eller anbringad på utsidan av byggnaden. I denna ingår fast belysning i allmänna utrymmen och driftsutrymmen. Dessutom ingår energi som används i värmekablar, pumpar, fläktar, motorer, styr- och övervakningsutrustning och dylikt. Även externt lokalt placerad apparat som försörjer byggnaden, exempelvis pumpar och fläktar för frikyla, inräknas. Apparater avsedda för annan användning än förbyggnaden, exempelvis motor- och kupévärmare för fordon, batteriladdare för extern användare, belysning i trädgård och på gångstråk, inräknas inte.

Byggnadens specifika energianvändning:

Byggnadens energianvändning fördelat på A_{temp} uttryckt i kWh/m² och år. Hushållsenergi inräknas inte. Inte heller verksamhetsenergi som används utöver byggnadens grundläggande verksamhetsanpassade krav på värme, varmvatten och ventilation.

Elvärme:

Uppvärmningssätt med elektrisk energi, där den installerade eleffekten för uppvärmning är större än 10 W/m² (A_{temp}). Exempel är berg-, jord-, sjö- eller luftvärmepump, direktverkande elvärme, vattenburen elvärme, luftburen elvärme, elektrisk golvvärme, elektrisk varmvattenberedare och dylikt. Eleffekt i fastbränsleinstallation, som installeras för att utgöra tillfällig reserv, inräknas inte om fastbränsleinstallationen är konstruerad för permanent drift.

Hushållsenergi:

Den el eller annan energi som används för hushållsändamål. Exempel på detta är elanvändningen för diskmaskin, tvättmaskin, torkapparat (även i gemensam tvättstuga), spis, kyl, frys, och andra hushållsmaskiner samt belysning, datorer, TV och annan hemelektronik och dylikt.

Innetemperatur:

Den temperatur som avses hållas inomhus när byggnaden brukas.

Klimatzon I:

Norrbottnens, Västerbottens och Jämtlands län.

Klimatzon II:

Västernorrlands, Gävleborgs, Dalarnas och Värmlands län.

Klimatzon III:

Västra Götalands, Jönköpings, Kronobergs, Kalmar, Östergötlands, Södermanlands, Örebro, Västmanlands, Stockholms, Uppsala, Skåne, Hallands, Blekinge och Gotlands län.

Specifik fläkteffekt (SFP):

Summan av eleffekten för samtliga fläktar som ingår i ventilationssystemet dividerat med det största av tilluftsflödet eller frånluftsflödet, kW/(m³/s).

Verksamhetsenergi:

Den el eller annan energi som används för verksamheten i lokaler. Exempel på detta är processenergi, belysning, datorer, kopiatorer, TV, kyl-/frysdiskar, maskiner samt andra apparater för verksamheten samt spis, kyl, frys, diskmaskin, tvättmaskin, torkapparat, andra hushållsmaskiner och dylikt.

Nedan förklaras de beteckningar som används vid överslagsberäkningar i kapitel 3.4

U	Värmegenomgångskoefficient för byggnadsdel i ($\text{W/m}^2\text{K}$).
A	Arean för byggnadsdelens yta mot uppvärmd inneluft (m^2).
Ψ	Värmegenomgångskoefficienten för en linjär köldbrygga (W/mK).
L	Längden mot uppvärmd inneluft av en linjär köldbrygga (m).
R	Värmemotstånd ($\text{m}^2\text{K/W}$)
R_{se}	Yttre värmeövergångsmotstånd ($\text{m}^2\text{K/W}$)
R_{si}	Inre värmeövergångsmotstånd ($\text{m}^2\text{K/W}$)
t_i	Innetemperatur ($^{\circ}\text{C}$)
t_e	Utetemperatur ($^{\circ}\text{C}$)
Q	Värmemängd (Wh)

1 Inledning

I rapportens inledande kapitel ges en bakgrund till varför energieffektiva bostäder krävs för att nå miljömålen. Syftet med rapporten presenteras tillsammans med dess frågeställningar och avgränsningar. Metoden för rapporten redovisas och kapitlet avslutas med disposition och läsanvisning.

1.1 Bakgrund

Uppvärmning av byggnader står för ca 40 % av Sveriges totala energiförbrukning. På något vis måste det gå att minska denna siffra avsevärt. Frågan är bara hur.

Ett nytt EU-förslag innebär att alla nya hus som byggs efter 2020 ska vara nollenergihus. Principen med denna typ av hus är att de på årsbasis ska ha en energiförbrukning som ligger nära noll. Utöver detta förslag finns även målen till 2020 och 2050 som innebär en sänkning av energiförbrukningen i bostäder och lokaler med 20 respektive 50 procent.

En rad nya begrepp och definitioner dyker upp då man studerar lågenergihus. Det är svårt att orientera sig bland passivhus, minienergihus, plusenergihus (ibland bara plushus) och nollenergihus för att nämna några. Definitionerna för dem är ofta vaga och varierar beroende på var man vänder sig.

1.2 Syfte

Syftet med rapporten är att utreda huruvida plusenergihuset är det lämpligaste alternativet för att bemöta framtidens hårda energisparkkrav. Avsikten är att undersöka om plusenergihus är ekonomiskt försvarbara eller om det finns andra alternativ som ger bättre resultat för att minska energibehovet i bostadshus. Först och främst redogör rapporten för några olika typer av hus och tekniker som används. Det kan vara solceller och solfångare, värmepumpar eller ventilationssystem.

När tillräckliga beskrivningar finns kommer en jämförelse genomföras, som utgår ifrån ett flerbostadshus i planeringsskedet. Huset ska uppföras som ett passivhus med solvärme och projektet leds av Förbo som är ett kommunalt bostadsbolag och ägs gemensamt av Härryda, Kungälv, Lerum och Mölndal. Genom att använda förfrågningsunderlaget för Förbos flerbostadshus anser författarna att de valt ett passande objekt, då det är tänkt att vara ett lågenergihus.

Resultatet som presenteras i form av siffror och erhålls genom överslagsberäkningar och simuleringar i VIP+ (simuleringsprogram som finns beskrivet i kapitel 3.1), kommer att sammanställas i tabellform och analyseras. Resultatet leder förhoppningsvis fram till att besvara frågan kring vilket hus som är framtiden.

Frågeställning:

Är plusenergihus vägen till en energieffektiv bostadssektor?

Är de ekonomiskt försvarbara?

Vad är alternativen?

1.3 Avgränsningar

Då klimatet har en avgörande inverkan på ett hus värme- alternativt kylbehov har vi valt att avgränsa oss geografiskt till södra Sverige, zon III, närmare bestämt Göteborg. De beräkningar som gjorts gäller generellt sett i hela zon III. Även förutsättningar för fjärrvärme utgår från Göteborgs möjligheter. Dessutom antas plusenergihuset vara nybyggt med dagens teknik. Vi har utgått från ett elpris på 1 kr/kWh. Våra antaganden om att elpriset i framtiden kommer öka är inte vetenskapligt förankrat och kan därför räknas som spekulationer. Vi har inte tittat på alternativet med egenproducerad vindkraft då vi efter föreläsningen Gör din egen el på Chalmers Energicentrum bedömt detta som ineffektivt i jämförelse med mer storskalig vindkraft. Ett eget vindkraftverk på taket medför höga ljudnivåer och buller som stör de boende samt omgivning. Dessutom krävs det väldigt höga höjder för vindsnurren för att få en acceptabel verkningsgrad (Chalmers Energicentrum, Gör din egen el 2010).

I våra modeller kommer vi att titta på nybyggda flerbostadshus och dra slutsatser utifrån dessa.

1.4 Metod

Den teoretiska grunden till denna rapport hämtas från litteraturstudier, branschartiklar och forskningspublikationer. Utöver detta görs en rad olika studieseminarier under arbetets gång för att få fördjupande kunskaper inom området. Studieseminarier på Passivhuscentrum i Alingsås diskuterades konceptet passivhus vilket gav en god kännedom om tekniken. Föreläsningar i energiteknik på Chalmers Energicentrum tillsammans med konferensen på Byggcentrum – Energidagen i Göteborg har gett en inblick i hur branschen jobbar med energifrågor.

För att komplettera den teoretiska biten har intervjuer och möten med specialister inom respektive områden bidragit med att få ytterligare förklaring och förståelse. Arkitekt Hans Eek, verksam inom passivhusteknik, Per Fahlén, professor inom installationsteknik på Chalmers, samt hjälpsamma personer på Göteborgs Energi, Eon, Fortum och Epsilon Byggkonsult AB har underlättat arbetsgången.

Rådfrågning och diskussion med våra handledare har under arbetets gång fungerat väl och varit ett stort stöd.

Krister Lundgren, Inköps- och miljöchef på bostadsbolaget Förbo, har delat med sig av information och ritningar som fungerat som hjälpunderlag för våra beräkningar. Förbos projekterade plusvärmehus (kapitel 2.14) i Lerum fungerar som referensobjekt ifrån vilket energiberäkningar utgår. Beräkningar görs för hand och i programmet VIP+, med handledning

av Ramböll. Olika uppvärmningssystem studeras, bland annat värmepump, solfångare och fjärrvärme. Dessutom studeras olika isoleringstjocklekars påverkan i kombination med värmesystemen. Därefter görs en jämförelse mellan värmesystemens energibesparing och dess investerings- och driftkostnad.

Parallellt med energiberäkningarna utreds hur el kan produceras i anslutning till byggnaden genom solceller. Hur stor del av behovet som kan täckas och hur ett eventuellt överskott behandlas. Detta sker genom litteraturstudier och intervjuer med sakkunniga. Även här görs jämförelsen mellan produktionens effektivitet och dess kostnader.

Slutligen kombineras de två utredningarna för att besvara rapportens frågeställning.

1.5 Rapportens disposition och läsanvisning

Huvuddelen av rapporten kan delas upp i tre övergripande delar enligt nedan:

- **Kapitel 2 – Teori** fungerar som introduktion till den bakomliggande fakta som anses nödvändig för läsarens förståelse. Här förklaras definitioner för olika lågenergihus och värmesystem. Vidare presenteras dagens situation gällande elbolag, elpriser och förutsättningar för småskalig energiproduktion. Här belyses initiativet till energieffektiva byggnader och vilka åtgärder som pekats ut som de mest nödvändiga.
- **Kapitel 3 – Beräkningar** redovisar både överslagsberäkningarna och simuleringar gjorda i simuleringsprogrammet VIP+. Parametrar för ett konventionellt flerbostadshus och ett av passivhusstandard står som grund för uträkningarna. I beräkningarna jämförs olika kombinationer av energiförsörjningssystem.
- **Kapitel 4 – Resultat** redovisar resultat från de beräkningar och simuleringar som gjorts i föregående kapitel.

I den avslutande delen **Kapitel 5 – Analys** och **Kapitel 6 – Slutsatser** knyts rapporten samman och diskuteras. Resultaten från kapitel 4 kommenteras samt tankar om framtiden berörs. Avslutningsvis besvaras frågeställningen i syftet.

Rapportens referenser återfinns i **Kapitel 7 – Källförteckning**. Avslutningsvis redovisas i **Kapitel 8 – Bilagor** rapportens alla bilagor.

Rapporten bör läsas i sin helhet då många referenser görs från olika kapitel, men de olika kapitlen fungerar även för sig själva. Kapitel 2 rekommenderas för alla som är intresserade av ämnet och för att bättra på sina kunskaper inför kommande kapitel. Kapitel 3 och bilagorna är för den mer byggnadsfysiskt intresserade som vill sätta sig in i beräkningarna och följa uträkningarna. För att enbart få resultatet presenterat läses kapitel 4 och i den avslutande delen presenteras författarnas reflektioner.

2 Teori

Den teoretiska grunden till denna rapport har hämtats från litteraturstudier, branschartiklar och forskningspublikationer. Teorin fungerar som introduktion till den bakomliggande fakta som anses nödvändig för läsarens förståelse. Här förklaras definitioner för olika lågenergihus och värmesystem. Vidare presenteras dagens situation gällande elbolag, elpriser och förutsättningar för småskalig energiproduktion. Här belyses initiativet till energieffektiva byggnader och vilka åtgärder som pekats ut som de mest nödvändiga.

2.1 BBR:s krav vid nybyggnation

I tabellerna 1 och 2 visas de krav som BBR ställer på energianvändning för nybyggda bostäder. För zon III, som beräkningarna i denna rapport grundar sig på, ligger kravet för den specifika energianvändningen på 110 kWh/m², år. Med konventionellt hus avses ett hus som lever upp till BBR:s krav. Kraven nedan omfattar inte hushållsel. Kraven för bostäder med endast elvärme är hårdare än för andra hus. Detta beror på att uppvärmning med direktel är mycket mer energikrävande än andra uppvärmningsalternativ (Linde, 2010)

Tabell 1. Krav för högsta specifika energianvändning och U-värde för nybyggda bostäder med annat uppvärmningssätt än elvärme. Källa BBR 16 kapitel 9:2.

Klimatzon	I	II	III
Byggnadens specifika energianvändning [kWh per m ² Atemp och år]	150	130	110
Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient [W/m ² K]	0,50	0,50	0,50

Tabell 2. Krav för högsta specifika energianvändning och U-värde för nybyggda bostäder med elvärme. Källa: BBR 16 kapitel 9:2.

Klimatzon	I	II	III
Byggnadens specifika energianvändning [kWh per m ² Atemp och år]	95	75	55
Installerad eleffekt för uppvärmning [kW]	5,5	5,0	4,5
+ tillägg då Atemp är större än 130 m ²	0,035(Atemp - 130)	0,030(Atemp - 130)	0,025(Atemp - 130)
Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient [W/m ² K]	0,40	0,40	0,40

2.2 Lågenergihus

Det finns ingen tydlig definition på vad ett lågenergihus är utan alla hus vars behov av köpt el underskrider BBR:s krav kan kallas lågenergihus. (Bengtsson, 2010)

2.2.1 Passivhus

Principen för ett passivhus bygger på att energiförlusterna minimerats så att värmebehovet till största delen klaras av internvärme och återvinning av frånluften. Lufttäthet och tjock isolering är nyckeln till minskningen av energiläckor. Moderna fönster med lågt U-värde är också det en förutsättning. Principerna för ett passivhus framgår av figur 1.

De dagar på året då utetemperaturen ligger under noll grader Celsius eftervärms den inkommande luften med antingen ett eldrivet värmebatteri eller med fjärrvärme. Dessutom behövs köpt energi till tappvarmvatten, hushållsel och fastighetsel. (Eek, 2010)

Krav

Enligt definitionen på passivhus framtagen av FEBY måste huset minst följa BBRs krav men dessutom uppnå följande standard:

Effektkrav för uppvärmning zon III: $P_{\max} = 10 \text{ W/m}^2 A_{\text{temp}+\text{garage}}$

Detta effektkrav gäller utgående effekt för värmesystemet och inte den eleffekt som t ex går för att driva en värmepump.

Råd för köpt energi

Mindre än $60 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}+\text{garage}}$ om byggnaden har flera energikällor. Dessa viktas med hjälp av energiformsfaktorer där elenergi ger hårdare energikrav än förnyelsebara energikällor. Så länge det inte finns lokalt förankrade energiformsfaktorer eller generella viktningsfaktorer kan detta värde användas. Annars räknas det ut med hjälp av ekvation 2.1.

$$E_{\text{viktad}} = \Sigma(e_{\text{el}} \cdot E_{\text{el}} + e_{\text{fv}} \cdot E_{\text{fv}} + e_{\text{bp}} \cdot E_{\text{bp}} + e_{\text{s.v}} \cdot E_{\text{s.v}}) \leq E_{\text{krav}} \text{ kWhviktad/m}^2 A_{\text{temp}+\text{garage}} \quad (2.1)$$

Byggnader med endast elvärme har ett krav på $30 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}+\text{garage}}$

Byggnader helt utan elvärme har ett krav på $50 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}+\text{garage}}$

Fastighetselen bör vara mindre än $10 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}+\text{garage}}$ (rekommendation)

Byggkrav

Luftläckage max $0,30 \text{ l/s m}^2$ vid tryckdifferens 50 Pa .

(FEBY, kravspecifikation för passivhus, 2009)



Figur 1. Principskiss över ett passivhus. Källa:Passivhuscentrum, 2010.

2.2.2 Minienergihus

Kraven för ett minienergihus är inte lika stränga som för ett passivhus. Effektkravet för uppvärmning ligger på $16 \text{ W/m}^2/A_{\text{temp}}$ jämfört med $10 \text{ W/m}^2/A_{\text{temp}}$ för passivhus. Kravet på köpt energi är $70 \text{ kWh/m}^2/A_{\text{temp}}$ för icke elvärmda byggnader och $40 \text{ kWh/m}^2/A_{\text{temp}}$ för elvärmda byggnader (FEBY, kravspecifikation för minienergihus, 2009). Tanken är att ett uppvärmningssystem baserat på förnyelsebara energikällor ska göra det lättare att nå kraven medan den mer miljöskadliga eluppvärmningen ska innebära högre krav (Wall, 2008).

2.2.3 Nollenergihus

Enligt FEBYs definition ska ett nollenergihus klara samma krav som ett passivhus samtidigt som det producerar energi. Huset får på årsbasis inte förbruka mer energi än vad det producerar (FEBY, kravspecifikation för passivhus 2009). I andra texter finns inte kravet på passivhusprestanda med utan endast kravet att över ett år ha jämvikt i förbrukning och produktion av energi (Wall, 2009). Det är den definition som dyker upp oftast och verkar vara mest vedertagen. I tidskriften Energimagasinet definieras nollenergihus av att byggnaden timme för timme kan klara sin egen energiproduktion. Detta är i dagsläget mycket svårt att uppnå eftersom de tekniska lösningarna inte väger upp det stora elbehovet. Elen produceras i första hand under sommarmånaderna och kan inte lagras till vintern. (Bengtsson, 2009)

2.2.4 ”Nära nollenergihus”

Benämningen ”Nära-nollenergihus” är en hustyp framtagen av EU-kommissionen som är tänkt att bli ett nytt EU-förslag. Nära-nollenergihuset är en reviderad version av nollenergihus och är mer förlåtande ur energisynpunkt än nollenergihusets hårdare och definitiva krav. Förslaget innebär att förbrukningen skall ligga nära noll för att klimatet varierar från år till år, vilket kan göra det svårt vissa vintrar att hålla sig under noll. Något som förslaget inte innehåller ännu är de skillnader i klimat som råder mellan medlemsländerna. Till exempel skapar klimatskillnaden mellan Kiruna och södra Spanien orättvisa förutsättningar för att uppnå kraven (byggvarlden.se, 2010).

2.2.5 Plusenergihus

Ett hus som över årsbasis producerar mer energi än det förbrukar. Det finns varianter som endast får ett överskott på värmeenergi och dessa får då benämningen plusvärmehus (till exempel Förbos hus i Lerum, se kapitel 2.14) eller bara plushus.

Villa Åkarp som byggts på initiativet av Karin Adalberth, doktor i byggnadsfysik, ligger utanför Malmö och är Sveriges första plusenergihus. Huset är en friliggande villa med en boyta på 150 kvm. För att klara av att producera mer energi än vad huset förbrukar över årsbasis används 32 kvm separata solceller som är monterade på taket. Sommartid, april-oktober, går överskottselen kostnadsfritt till elbolaget E-on och delar av elen köps tillbaka under vinterhalvåret. Värmesystemet i Villa Åkarp består av 18 kvm solfångare på taket som täcker varmvattenbehovet och även värmer upp huset med ett vattenburet radiatorsystem. Värmen lagras i en ackumulatortank för att klara dygnets alla timmar och övergången mellan årstiderna. För de kallare dygnen under vintern kompletterar den pelletseldade braskaminen värmesystemet för att förse huset med varmvatten och värme i radiatorerna. Plusenergihuset använder sig av ett FTX-system för att återvinna värmen i frånluften (rockwool.se, 2010a). 32 kvm solceller producerar cirka 4200 kWh om året. Användandet av energieffektiva vitvaror och lågenergilampor medför att förbrukningen av hushållsel endast är 2500 kWh om året, vilket innebär ett överskott på 1700 kWh per år som säljs kostnadsfritt till E-on. Energianvändningen för värme och varmvatten är cirka 3000 kWh per år medan solfångarna producerar 1900 kWh om året. Underskotten på 1100 kWh/år täcks av köpt värme från pellets till braskaminen (alltombostad.se, 2010).

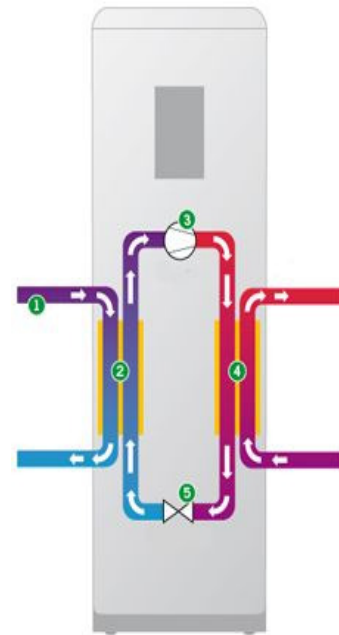
2.3 Värmepumpar

Värmeenergi finns omkring oss överallt och vår största energikälla är solen som värmer upp vår jord. Bara en minimal mängd av denna ”gratisenergin” tas idag tillvara. Värmepumpens största fördel är att den utnyttjar denna lagrade värmeenergi och hämtar värme från till exempel berggrunden eller luften. Värmepumpen höjer sedan temperaturen till en användbar nivå. För att detta ska vara möjligt måste energi i någon form tillföras enligt termodynamikens andra huvudsats, värme kan inte gå från låg till hög temperatur utan tillsats av arbete. Ett arbete som oftast består av elektrisk energi (Fahlén, 2010).

Värmepumpen ger oss möjlighet att värma upp våra byggnader utan att smutsa ner miljön med farliga utsläpp eller att förbruka mer av naturens resurser än nödvändigt, samtidigt som värmekostnaderna minskar. Värmepumpar spelar en allt viktigare roll i det svenska energisystemet och är en beprövad och accepterad teknik som har utvecklats i Sverige. En värmepump har samma grundprincip som i ett vanligt kylskåp, den huvudsakliga skillnaden är att en värmepump används för uppvärmning istället för kylning. Värmepumpen består av fyra huvuddelar; förångare, kompressor, kondensor och expansionsventil (energimyndigheten.se, 2006).

Figur 2 visar hur en värmepump fungerar.

1. En vätska som är köldresistent t.ex. glykol cirkulerar i en kollektorslinga och tar upp värmeenergi från berg, mark, luft eller vatten.
2. Vid förångaren möter den ljumma vätskan i kollektorslingan det iskalla miljökonsamma köldmediet t.ex. kolväten och koldioxid som cirkulerar i värmepumpen. Köldmediet värms då upp några grader och förångas.
3. En kompressor ökar sedan trycket på det nu gasformiga köldmediet. När trycket ökar, ökar även temperaturen.
4. Via en kondensor överförs värme från det heta köldmediet till husets värmesystem, och i samband med det sjunker temperaturen och köldmediet blir till vätska igen.
5. Köldmediet cirkulerar vidare. I expansionsventilen sänks trycket tillbaka. Temperaturen sjunker och köldmediet blir iskallt. Processen börjar om när köldmediet åter möter vätskan från kollektorslingan (thermia.se, 2010).



Figur 2: En värmepump bygger på tekniken att gas komprimeras och blir varm och gas som expanderar blir kall. Källa: thermia.se, 2010

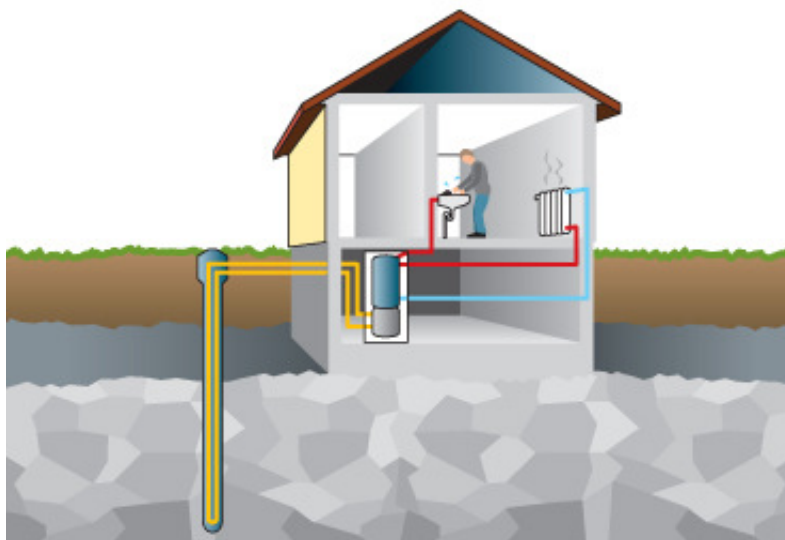
I en värmepump blir en del el tre till fem delar värme och anges av ett så kallat COP-värde. I en värmepump med COP 3 fås följaktligen tre delar värme från en del elenergi. Den elektriska energi som krävs är för motorn som driver kompressorn (svepinform.se, 2010).

2.4 Bergvärme

Nere i berget på de djup som är aktuellt för användning av bergvärme finns en konstant värmekälla, en "gratisenergi" som håller nästan samma temperatur året om. Temperaturen i berget är ungefär densamma som årsmedeltemperaturen för respektive ort, runt 2-8° C. Bergvärmepumpen hämtar värme från berggrunden och grundvattnet med hjälp av en cirkulerande vätska i en slang i borrhålet. Bergvärme används såväl till villor som offentliga byggnader för uppvärmning. Värmepumpen kan producera både värme och varmvatten. Den största fördelen med att använda lagrad värmeenergi är att det är en miljövänlig uppvärmningsteknik. En annan fördel är att ett vertikalt borrhål inte tar någon stor plats, så även hus med små tomter kan använda sig av tekniken. Därför blir påverkan i naturen runt ett

borrhål väldigt litet. Bergvärme är den vanligaste värmepumpsinstallationen i Sverige och har visat sig ha både driftsäkra system och en lång livslängd på 15-20 år.

Borrhålen är mellan 50 – 200 meter djupa med en borrhåldiameter på ca 15 cm. Den uttagna energin per meter hål är mellan 10- 30 W/m enligt energimyndigheten. På ett år går det ca 8765 h vilket ger total energi per meter hål och år mellan ca 88 kWh – 263 kWh, ett medeltal på 175,5 kWh. På ett borrhål som är 150 m djupt får man en möjlig uttagen värmeenergi på $150 \text{ m} \times 175,5 \text{ kWh} = 26\,325 \text{ kWh/hål}$. Med två borrhål på 150 m kan man därför ta ut 52 650 kWh i form av värmeenergi. Avståndet mellan borrhålen ska vara minst 20 m för att inte få för stor genomsnittlig temperatursänkning när man projekterar för fler än ett borrhål. Om alla i t.ex. ett tätbebyggt villaområde använder sig av bergvärme kan det medföra att berget blir urlakat på värme. Detta i sin tur medför att verkningsgraden sjunker och bör beaktas vid projektering (bergvarme.energi-och-el.se, 2010).



Figur 3: Här ser du ett hus i genomskärning. Huset värms upp med en bergvärmepump som finns i källaren. Pumpen hämtar värmen ur ett borrhål i marken. Värmepumpen producerar både värme och varmvatten. Bild: Bo Reinerdahl Källa: energimyndigheten.se, 2007a.

Ekonomi

Att installera en bergvärmepump är ganska dyrt, ca 100 000 – 150 000 kr för en normalvilla. Det kostar ca 250 kr/m att borra (Fahlén, 2010).

2.5 Fjärrvärme

Energikällan till fjärrvärme i Göteborg är spillvärme från industrin, sopförbränning och eldning av biobränslen. Detta räcker för större delen av året men vid effekttoppar vintertid eldas även olja och naturgas (Göteborg Energi AB, 2010a). Fjärrvärme produceras centralt och pumpas i form av varmvatten genom ett ledningsnät fram till varje hus. Där värmer det upp tappvarmvatten och byggnaden för att sedan ledas tillbaka till den centrala anläggningen (Göteborg Energi AB, 2010b).

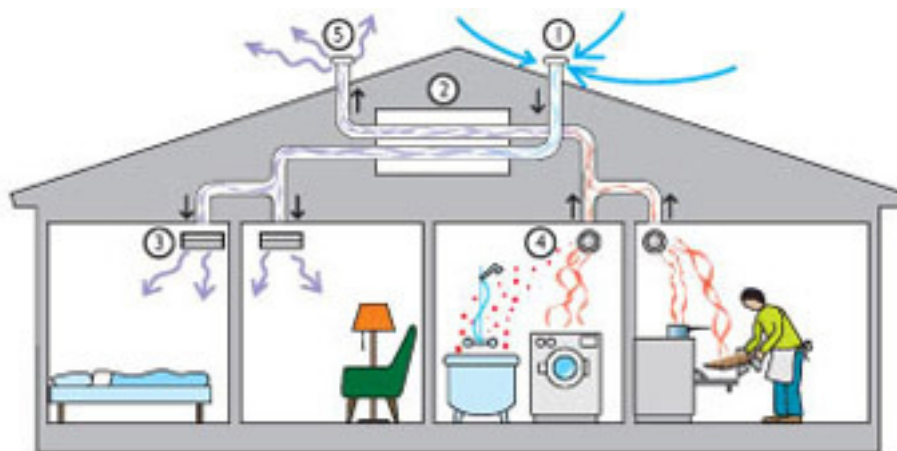
Fjärrvärmesystemen i olika kommuner kan vara uppbyggda på olika sätt både när det gäller prissättning och värmekällor. I Lerums kommun ligger ett fast medelpris över hela året vilket gör det lätt att som egen producent av fjärrvärme skicka ut den på nätet när ett överskott finns och sedan köpa energi när det finns ett behov. I både Göteborg och Mölndal ser det annorlunda ut och priset varierar över året enligt Krister Lundgren på Förbo.

För ett och ett halvt år sedan ändrade Göteborgs Energi prissättningen på fjärrvärme. Medelpriset för ett år är detsamma men nu varierar priset efter tillgång och efterfrågan över året. På sommaren när värmebehovet är litet är värmen billigare och med vinterns större behov höjs priset. I Göteborgs fjärrvärmesystem finns dessutom spillvärme från oljeraffinaderierna, en mycket billig värmekälla. En solfångaranläggning i ett fjärrvärmeanknutet område i Göteborg blir därför svår att räkna hem eftersom den producerar som mest värme på sommaren när priset redan är väldigt lågt (Holmquist, 2010).

För villor som inte är anslutna till fjärrvärmenätet, vilket i dagsläget är fyra av fem ser situationen annorlunda ut. Där kan kostnaden för framdragningen av fjärrvärme bli lika dyr eller dyrare än installation av en solfångaranläggning som kompletteras med till exempel en pelletspanna på vintern (Holmquist, 2010).

2.6 FTX-system

Från- och tilluftsventilation med värmeåtervinning är ett så kallat FTX-system. F står för frånluft, T för tilluft och X för värmeväxling. I ett FTX-system går till- och frånluften med hjälp av fläktar i skilda kanaler som ventilerar huset. Tilluften går till sovrum och vardagsrum medan frånluften tas från badrum, kök och tvättstuga. Den använda och uppvärmda luften som finns i bostaden leds genom värmeväxlaren, där den hjälper till att värma upp den kalla uteluften som tas in. Energibesparingen kan bli 50 – 80 % jämfört med om värmen inte återvinns. Både till- och frånluften filtreras vilket gör att inomhusluften blir renare från partiklar och smuts. En förutsättning för att FTX-systemet ska fungera optimalt är att huset är tätt. Figur 4 visar principen för ett FTX-system (energimyndigheten.se, 2010).



Figur 4: Nr. 1. Frisk uteluft tas in = tilluft. Nr. 2. Den kalla tilluften värms i en värmeväxlare med hjälp av den varma rumsluften som är på väg att lämna huset = frånluft. Nr. 3. Uppvärmd tilluft fördelas i huset. Nr. 4. Den förorenade frånluften tas ut från Bild: Bo Reinerdahl Källa: energimyndigheten.se, 2007b.

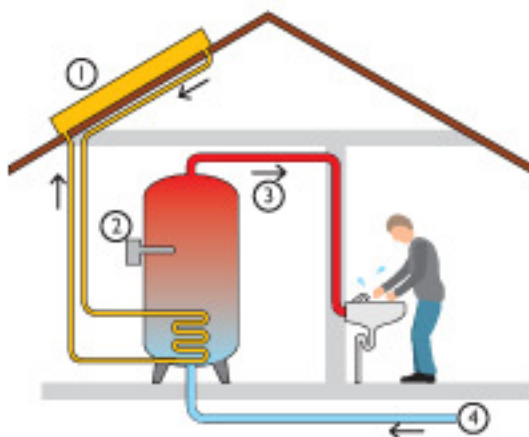
En fördel är att kunna styra och kontrollera luftflödet i FTX-systemet. Med behovsstyrning kan flödet minska till hälften när ingen är hemma och öka när det är många personer i huset. Därmed används inte mer energi än nödvändigt för att få bra ventilation. Installation och injustering av FTX-system bör göras av en specialist för att hålla nere energianvändningen och få en bra inomhusluft.

Det är viktigt att systemet monteras på rätt sätt för att undvika buller och vibrationer. Buller kan vara svårt att åtgärda eftersom det kan bero på flera saker så som dåligt isolerade kanaler, dåliga ljuddämpare, dålig montering samt för trånga kanaler. Därför kan det vara klokt att anlita en expert för att ta reda på vad som är orsaken till bullerproblemen.

Om inte ventilationssystemet underhålls kan det bli dålig luft inomhus och livslängden på återvinningssystemet förkortas. Ett dåligt skött ventilationssystem kan göra att inomhusluften blir sämre än den hade varit utan ventilation. Därför är det viktigt att man byter filter med jämna mellanrum. Bor du i storstad kan du behöva byta filter oftare än om du bor på landet men ungefär en till två gånger per år. Även rengöring av kanaler, ventiler, fläktar och ventilationsaggregat krävs ibland för att systemet fungerar som det är tänkt. Fläktarna måste vara igång hela tiden. Om de stängs av under natten kan föroreningar spridas via kanalsystemet (energimyndigheten.se, 2010).

2.7 Solvärme/solfångare

Solvärmeanläggningen omvandlar solens instrålning till värme genom att vatten i solfångaren värms upp och vanligen lagras i en s.k. ackumulatortank. I södra Sverige täcker anläggningen merparten av värme- och varmvattenbehovet i 4-6 månader om året. En bra solfångare klarar av att göra varmvatten även en mulen dag och täcker upp till hälften av en normalfamiljs årliga



Figur 5: Detta är en schematisk bild av ett solfångarsystem som levererar varmvatten. 1. Solfångare 2. Elpatron 3. Tappvarmvatten till tvätt och disk 4. Kallvatten in Bild: Bo Reinerdahl Källa: energimyndigheten.se, 2007c.

varmvattenbehov, se figur 5. Detta upplägg kräver 4-6 m² och en varmvattenberedare med en volym på ca 300 liter. Vill man även använda solvärme för uppvärmning krävs en solfångaryta på 8-12 m² och en ackumulatortank på 500-750 liter, men framförallt ett vattenburet uppvärmningssystem. Det sistnämnda alternativet kallas för kombisystem och kan

minska behovet av köpt energi med 5000 kWh/år. Det förstnämnda alternativet med endast tappvarmvatten ger en årlig besparing på 2000-2500 kWh (energimyndigheten.se, 2007).

2.8 Solceller

Solceller omvandlar solljus direkt till elenergi. Det sker tyst, utan bränsle och utan att något i cellen förbrukas. När solljus träffar solcellens yta uppstår en elektrisk spänning mellan cellens fram- och baksida. Spänningen leder elektronerna i cellen i en viss riktning och en ström uppstår. Seriekopplas flera solceller med varandra bildas en så kalla modul och tack vare seriekopplingen fås en högre spänning. Om två moduler dessutom kopplas samman bildas ett solcellssystem som finns i två typer. Dels de system som är anslutna till elnätet och dels de som är fristående och kombinerade med batterier. För att ansluta systemet till elnätet måste först en växelriktare installeras. Den omvandlar likström till växelström och kontrollerar även att spänningen hålls på rätt nivå. (energimyndigheten.se, 2005).

Verkningsgraden i solceller varierar. Den beror bl.a. på hur de är uppbyggda, med kiselskivor eller i tunnfilmsutförande. Den förstnämnda har en verkningsgrad på 12-15 % och den andra en verkningsgrad på låga 5-10 %. De vanligaste solcellerna på marknaden ligger på en effektivitet på ca 13 %. Då effekten från solen en dag med klar himmel är ca 1000 W/m² betyder detta alltså att man får ut 130 W el per m² solcellsyta. Det behövs 7,7 m² solceller för att få ut 1 kW solel och i Sverige ligger den årliga elproduktionen på mellan 800 och 900 kWh solel per installerad kW (energimyndigheten.se, 2005).

2.8.1 Ekonomi

För en villa med en årlig förbrukning av hushållsel på 5000 kWh (eon.se, 2010a) innebär detta en solcellsyta på 42-48 m². Det i sin tur innebär en investeringskostnad på 45000 kr/installerad kW, dvs mellan 245 000 och 280 000 kr. Räknar vi med ett oförändrat elpris på 1 kr/kWh har investeringen återbetalts efter ungefär 50 år. Lägg därtill att det råder osäkerhet kring framtidens elpris och att effekten troligtvis försämras i solcellerna. De flesta leverantörer lämnar 25 års garanti (energimyndigheten.se, 2005).

2.8.2 Investeringsstöd

1 juli 2009 inleddes ett statligt bidragsprogram som ett försök att stimulera utvecklingen av solceller. Stödet ska täcka maximalt 60 % av investeringskostnaden förutom för större företag som har en gräns på 55 % och vidare kan maximalt 2 miljoner beviljas per solcellssystem. 2009 var det avsatt 50 miljoner för stödet vilket inte räckte för att täcka det stora intresset som motsvarade solceller för 100 miljoner kronor. För 2010 och 2011 beräknas stödet bli mellan 50 och 60 miljoner (regeringen.se, 2010).

2.8.3 Framtid

Åtgärder som investeringsstöd bidrar till att stimulera marknaden för solceller. Ökad efterfråga leder till utveckling av teknik och en trolig sänkning av pris. Om dagens prisutveckling på solceller fortsätter, kan solcellsel bli konkurrenskraftig gentemot köpt el redan år 2015. Då efterfrågan på förnyelsebar energi stadigt ökar och kraven på minskad

energianvändning blir allt viktigare, kommer troligtvis solcellen få en betydande roll i framtiden (energimyndigheten.se, 2005).

2.8.4 Jämförelse med Tyskland

I Tyskland har solcellen fått ett bra fäste. Det beror bl.a. på subventioner på investeringen av anläggningen men också på deras s.k. Feed in -system. Det innebär att den som säljer egenproducerad solel kan sälja den till ett pris över marknadspriset. Detta tillsammans med stor konkurrens på marknaden gör solcellen till en betydligt mer lönsam produkt i Tyskland än i Sverige, priset på solcellsmodulen i Tyskland har nästan halverats sedan 2000. En jämförelse i klimat ger att mellersta och södra Sverige har lika stor solinstrålning som Tyskland (miljoaktuellt.se, 2009).

2.9 Lagring av energi

Klimatet i Sverige gör att energibehovet är störst på vintern när solenergin ger minst utdelning. Därför är lagring ett nödvändigt instrument för att året om kunna säkra energiförsörjningen i egenproducerande bostäder.

2.9.1 Lagring av el

I Sverige där vattenkraft har en andel på 46 % av elproduktionen fungerar vattenmagasin som lagring av energi (vattenfall.se, 2010). De regleras vid behov och är till för långtidslagring medan andra alternativ finns för korttidslagring. När det gäller att lagra annan el under längre tid verkar hoppet för tillfället stå hos vätgas och bränsleceller. Vätgasen fungerar som bärare av energi och priset på bränslecellen förväntas i framtiden bli lönsam i takt med att tekniken utvecklas (iva.se, 2002)

2.9.2 Solceller och bränsleceller

Elektrolysrör fungerar som en omvänd bränslecell. Om solcellerna producerar överskott av el kan elektrolysröret bryta ner elen tillsammans med vatten till vätgas och syrgas. Vätgasen som frigörs lagras komprimerad i tuber och kan vid behov omvandlas tillbaka till el i bränslecellen (abb.se, 2010). Solcellstekniken finns och blir allt billigare. Bränslecellen är på stark frammarsch men har inte ännu kommit i någon kommersiell tappning då den än så länge är för dyr. Det finns dock länder som kommit längre som till exempel Japan där subventioner har lett till att 5000 hushåll får sin el- och värmeförsörjning från bränsleceller anpassade till hemmet. Anledningen är att köpare av systemet får tillbaka halva kostnaden av staten. Även i Storbritannien görs det ansträngningar för att främja och stimulera marknaden för bränsleceller. Där får de som producerar energi med egna bränsleceller 1,20 kr per kWh och dessutom 40 öre till per kWh för el som skickas ut på nätet (nyteknik.se, 2010).

2.9.3 Lagring av solvärme

Ett problem med solenergi har alltid varit obalansen mellan produktion och efterfråga. Solen ger som mest energi under sommarhalvåret då uppvärmningsbehovet är mycket lågt eller inget alls. För kortare lagring används ackumulatortank, men för lagring över vinterhalvåret har hittills ingen effektiv lösning funnits.

Jan-Erik Eskilsby har tillsammans med Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (SP) och Chalmers utvecklat en teknik som verkar lösa problemet. Systemet bygger på att överskottsvärmen från solfångarna genom slangar leds ner i ett lager av bergmjöl under huset. På vintern tas värmen upp genom en värmepump. De tekniska detaljerna hålls fortfarande hemliga då Eskilsby har sökt patent för idén (Malmström, 2010). Värmelagret håller en relativt hög temperatur och vintern 2008 uppmättes lägsta temperatur till 8,6 grader. Enligt Eskilsby innebär detta att en värmepump kan generera 8 kWh värme ur 1 kWh el (Lind, 2009), vilket är mycket mer än det normalt bra värdet på 4 kWh värme ur 1 kWh el.

2.10 Princip för energieffektivt byggande

Enligt ett nytt EU-förslag ska alla nya hus inom Europa vara energineutrala 2019. Eller ”nära nollenergihus” som det står i förslaget. Solpaneler och värmepumpar är några av verktygen för att få byggnader att producera lika mycket energi som de förbrukar. Den senaste miljödebatten och allt större fokus på framför allt energianvändningen inom byggsektorn ligger bakom framtagandet av EU-förslaget. Byggsektorn måste vara med och sträva efter ett hållbart samhälle. Uppvärmning och nedkylning av byggnader inom bygg- och fastighetsbranschen svarar idag för cirka 40 % av all energiförbrukning inom EU. Här finns stor potential att förbättra och effektivisera. (rockwool.se 2010b)

Helhetssynen är viktig vid planering av en energismart byggnad, delarnas betydelse är lika väsentliga som helheten. Därför är det betydelsefullt att alla parter samarbetar och förstår innebörden i alla olika skeden av ett byggande. Enligt Kristina Mjörnell på SP, Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, bör man kvalitetssäkra alla skeden i ett byggande för att få förbättrad inomhusmiljö och energiprestanda. Först bör en kravformulering skrivas där man definierar krav och mål samt föreslår eventuella åtgärder. I projekteringen väljs rätt byggnadskonstruktion och energisnåla installationer ur miljösynpunkt samt genomför energiberäkningar, fuktberäkningar för att hitta optimala lösningar. Genom byggskedet verifieras kraven genom inspektioner och mätningar. Under idrifttagandet justeras installationer, utbildas driftpersonalen och upprättas drift- och underhållsrutiner. I det sista förvaltningsskedet följs energianvändningen och inomhusmiljön upp med enkäter till de boende och organisationens ledning utför hantering av avvikelser (Byggcentrum, Energidagen, 2010).

En stor del av våra koldioxidutsläpp kommer från våra byggnader. Vid ett möte i Kyoto i Japan 1997 enades en rad länder om att minska de globala utsläppen av växthusgaser. Kyotoprotokollet grundades och trädde i kraft i februari 2005. Genom att minska energibehovet minskas även utsläppen av växthusgaser. Kyotopyramiden är en tolkning av Kyotoprotokollet, se figur 6 och grundar sig på att vi ska minimera värmebehovet. Följer man pyramiden i rätt ordning, nedifrån och upp, blir förbrukningen reducerad och belastningen för miljön mindre (Paroc AB. 2007).



Figur 6: Kyotopyramiden beskriver en modell för projektering av energieffektiva byggnader. Pyramiden utläses nedifrån och upp där arean för varje steg motsvarar dess betydelse och vikt. Källa: Paroc AB, 2007

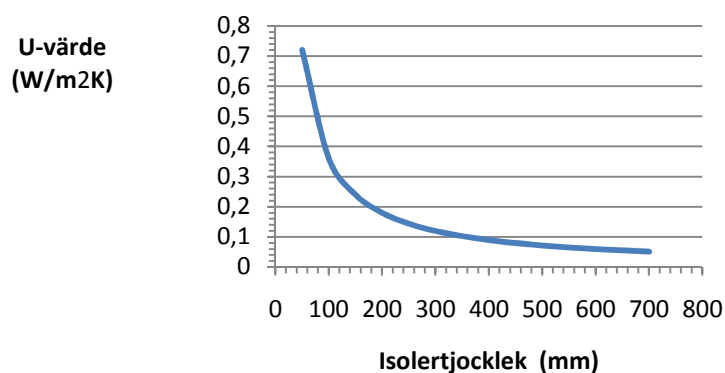
1. Minimera värmebehovet

En välkonstruerad byggnad är nyckeln till att minska energiförbrukning. I första hand ska fokus ligga på att reducera värmeförlusterna och försöka behålla så mycket som möjligt av den värme som produceras i byggnaden. För att åstadkomma detta måste byggnadens klimatskal noggrant ses över (rockwool.se, 2010b).

Enligt arkitekt Hans Eek på Passivhuscentrum i Alingsås finns det tre typer av värmeförluster i en byggnad:

- transmissionsvärmeförluster genom golv, väggar och tak
- värmeförluster från avlopp och spillvatten
- ventilationsförluster, frivillig och ofrivillig ventilation

Att minska värmeförlusterna klaras genom att bygga tätare hus med bra fönster och mer isolering i väggar, tak och golv. Värmeförlusten minskar inte linjärt med isolertjockleken. Enligt diagrammet i figur 7 planar kurvan ut vid ca 450 mm och mer isolering än så ger därför ingen ytterligare minskning av energiförlusterna.



Figur 7. U-värdet som funktion av isolertjockleken.

2. Minimera elbehovet

Effektivisera elanvändningen med energisnåla hushållsapparater och belysning för att minska energiförbrukningen. Idag ska alla vitvaror vara EU-märkta ur effektivitetssynpunkt (dolecta.eu. 2010).

3. Utnyttja solenergin

Utnyttja solenergin både aktivt och passivt genom husets placering och användandet av solfångare och solceller (rockwool.se, 2010b).

4. Visa och reglera

Kontrollera energiförbrukningen genom att välja installationssystem som är lättsköta och som tydligt kan visa energianvändningen (rockwool.se, 2010b).

5. Välj energikälla

Som sista steg i pyramiden när energibehovet är minimerat och alla system samt installationer är valda väljer man energikälla. Val av energikälla varierar av husets geografiska läge och dess förutsättningar det medför men kan till exempel vara el, fjärrvärme eller bergvärme (rockwool.se, 2010b).

2.11 Livsstilens påverkan

Livsstil och attityder påverkar till stor del förbrukningen av vatten, värme och el. Genom att t ex minska vattenanvändningen i hushållet, stänga av apparater från standbyläge, släcka belysningen samt tolerera en lägre inomhustemperatur kan energiförbrukningen minskas. Enligt *Byggindustrins sifo: Så vill svensken bo*, är 62 procent villiga att betala extra för ett klimatvänligt boende för att minska växthusgaserna från sitt boende. En liknande Sifo-undersökning gjordes av NCC 2008 där över hälften av kunderna är beredda att betala 5 procent mer för en bostad med låg energiförbrukning och miljövänliga material. I undersökningen framgår även att ca 66 procent av kunderna vill ha individuell mätning av vatten- och värmeförbrukning. Det ställs ökande krav för eget inflytande och större delaktighet när man ser på de trend- och attitydförändringar det senaste decenniet. Med individuell mätning av vatten och värme framgår tydligt hur ens energiförbrukning omvandlas till en ekonomisk angelägenhet (byggindustrin.com, 2010).

2.12 Energianvändning i befintliga beståndet

Samtidigt som användningen av fossila bränslen som uppvärmningskälla minskar, pekar kurvan för användningen av el uppåt. Fossila bränslen i bostäders egna uppvärmningssystem har minskat från 23 TWh 1990 till 5,5 TWh år 2006 (energimyndigheten.se, 2008a).

Elanvändningen går till störst del åt till att värma nyare småhus och driftel i lokaler med andelarna 35 % respektive 28 %.

När det gäller flerbostadshus i Sverige har ca 80 % av alla lägenheter fjärrvärme som uppvärmningskälla och andelen fossila bränslen i fjärrvärmerna blir allt mindre (energimyndigheten.se, 2008b).

De flesta lägenheter som byggdes före 60-talet har renoverats och på tur står de som byggdes under 60-, 70- och 80-talen och framförallt lägenheterna som byggdes under miljonprogrammet. Energisparande åtgärder som är viktiga för minskat behov är bl.a. fönsterbyte, tilläggsisolering och översyn av värme- och ventilationssystem (energy-management.se, 2010).

Hus som byggdes före 1980 använder 170-195 kWh/m², år men införandet av en ny byggnorm bidrog till den sänkning till ca 130 kWh/m², år som följde och gäller hus byggda under 90- och 00-talen. Detta kan jämföras med dagens krav på 110 kWh/m², år i södra Sverige (energy-management.se, 2010).

2.13 Elbolagens syn på småskalig elproduktion

Remy Gustafson, kundansvarig på Fortum, ser positivt på utvecklingen som mer och mer förenklar småskalig elproduktion: ”Vi gör vad vi kan för att hjälpa till att driva utvecklingen framåt, allt för att få till en hållbar utveckling både för oss och kommande generationer.” Från och med 1 april blev det billigare att producera sin egen el. Den tidigare avgiften som elbolagen tog ut för inmatning på nätet har slopats för att fler ska bli intresserade av egenproduktion. Förutsättningen är dock att säkringen är max 63 A och att inmatningseffekten inte överstiger säkringsstorleken för det vanliga abonnemanget för din förbrukning. I Fortums produktblad står det dock: ”Vi går ett steg längre än vad lagen säger och låter denna avgiftsbefrielse gälla även när producerad energi överstiger förbrukad energi under ett kalenderår.”

På frågan om hur Fortum ser på en eventuell lagändring som skulle tvinga elbolagen ta emot el från småskalig produktion svarar Remy att de på Fortum inte ser det som ett måste. De ser det snarare som ”en utmaning att få till en effektiv hantering som tillgodoser båda parter krav”. Däremot säger han att elhandlarna verkar ha det kärvare med att få till en lösning.

När det gäller spekulationen om en eventuell lagändring och den skulle leda till högre kostnader för Fortum är deras svar i så fall att höja elpriset och slå ut det på kundkollektivet.

E-on som också har stor del av Sveriges eldistribution med närmare en miljon slutkunder har även de en positiv syn på utvecklingen för småskalig produktion. På frågan om hur de ser på att ta emot el producerad av privata solcells- eller vindkraftsanläggningar svarar de: ”Positivt, vi har redan idag koncept för att enkelt ansluta privata solceller och vindkraftsanläggningar.”

Nettodebitering är enligt Elin Lund på E-on det styrmedel som är mest aktuellt från myndigheternas sida. Det innebär att man kan ”kvitta” den el man tar ut från nätet med den producerade andel som matas in på nätet. Av rent skattemässiga skäl är detta i dagsläget inte möjligt men enligt Elin är en lagförändring på gång och E-on står förberedda.

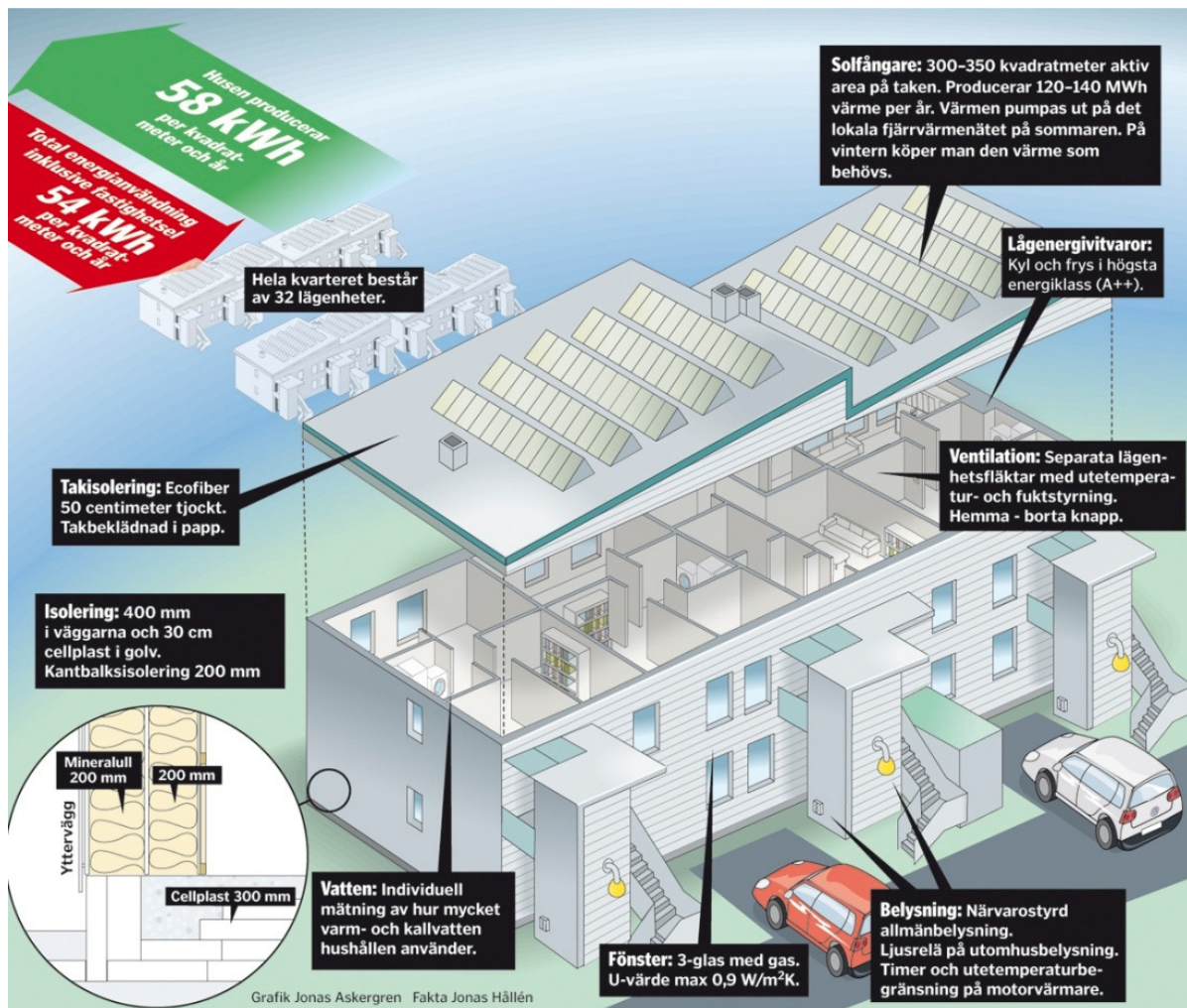
Det kostar inget att bli egenproducent om man avser att endast täcka det egna behovet och inte sälja el. För dessa kunder mäter E-on en gång i månaden. Vill man bli kommersiell

producent, dvs börja sälja el, mäter E-on en gång i timmen och för detta får kunden betala. Men timmätningen genomförs endast om säkringen överskrider 63 A. Å andra sidan kan man som kommersiell producent handla med elcertifikat (eon.se, 2010, fortum.se, 2010).

2.14 Förbos ”Plusvärmehus”

Förbo är ett bostadsföretag som ägs gemensamt av kommunerna Härryda, Kungälv, Lerum och Mölndal. I Lerum planerar Förbo under hösten 2010 bygga fyra nya flerfamiljshus med 32 lägenheter utformade som radhus med lägenheter både i markplan och på övervåningen. De byggs enligt passivhusstandard med extra tjock isolering och extra lufttäta konstruktioner i klimatskalet. Skillnaden mot ett traditionellt passivhus är att Förbos hus över årsbasis producerar mer värme än det behöver för uppvärmning av luft och vatten och får därmed ett överskott på värmeenergi. Tack vare stor area solfångare på taket som producerar

värme blir Förbos hus ett av Sveriges energisnålaste flerfamiljshus (Svensson, 2010). Däremot producerar husen ingen el och är därför inget plusenergihus utan snarare ett plusvärmehus, ett nytt begrepp på marknaden. Valet att inte gå hela vägen till ett plusenergihus är att det i dagsläget inte är lönsamt att producera och sälja el säger Krister Lundgren på Förbo. Det som är unikt med husen är samarbetet med Lerums fjärrvärmenät. Överskottet av värmen som produceras av solfångarna säljs och pumpas ut direkt på fjärrvärmenätet under den varmare delen av året. Lerums fjärrvärmepris är samma under årets alla månader vilket gör det möjligt att sälja energi för att sedan köpa tillbaka det under vinterhalvåret. Den totala energianvändningen för de 32 lägenheterna ligger på 54 kWh per kvadratmeter och år, inklusive värme, varmvatten och fastighetsel. Husets solfångare producerar 58 kWh per kvadratmeter bostadsyta och år. Då räknar man inte med den el som hushållen använder. Ett jämförbart svenskt flerfamiljshus har ungefär dubbelt så hög förbrukning. Inflyttningen ska vara klar hösten 2011 (nyteknik.se, 2010). Den merkostnad som byggande enligt passivhusstandard och installation av solfångare innebär tjänar Förbo in genom lägre driftskostnader säger Krister Lundgren, inköps- och miljöchef på bostadsbolaget Förbo.



Figur 8: Skiss över Förbos projekterade flerbostadshus i Lerum. Bild:Jonas Askergrén, 2010. Källa:Hållen, nyteknik.se.

3 Beräkningar

I kapitel 3 redovisas både simuleringar gjorda i VIP+ och överslagsberäkningar. Parametrar för ett konventionellt flerbostadshus och ett av passivhusstandard står som grund för uträkningarna. I överslagsberäkningarna genomförs först en energibalans och sedan jämförs olika kombinationer av energiförsörjningssystem.

Genom ett samarbete med Förbo har material erhållits som ligger till grund för beräkningarna. Således blir Förbos plusvärmehus den referensbyggnad som beräkningarna utförs på. Dessa utgår från samma dimensioner och indata gällande konstruktion, arkitektur och installationer. Utöver det görs beräkningar på liknande hus i såväl passivhusstandard som konventionell standard och olika värmesystem tillämpas. Beräkningarna görs med hjälp av VIP+ och för hand.

3.1 Beräkning med VIP+

VIP+ är ett program som används för att beräkna en byggnads energiförbrukning. Delenergiöden som ingår i simuleringen beräknas med utgångspunkt från kända eller mätbara faktorer. I programmet bygger man upp de olika byggnadsdelarna som tillsammans skapar en modell av den undersökta byggnaden. Vanligen är tidsperioden ett år men kan även vara kortare, dock inte längre. VIP+ tar hänsyn till klimatfaktorer såsom utomhustemperatur, sol och vind och utför beräkningen timme för timme vilket ger en dynamisk beräkningsmodell. VIP+ innehåller i huvudsak två beräkningsmodeller; Modellen för värmelagring i byggnadsstommen samt modellen för beräkning av luftflöden genom ventilationssystem och läckage (vip.strusoft.com, 2010)

I VIP+ byggdes två förenklade byggnadsmodeller upp med Förbos flerbostadshus som referensbyggnad. Modellerna simulerar ett passivhus och ett konventionellt hus där skillnaden mellan dem är isolertjocklek, luftläckage och U-värden för fönster och dörrar, se tabell 3 och 4. Med utgångspunkt från de två modellerna simulerades energiförbrukningen med olika val av värmekällor för att se vilken kombination som ger lägst energiförbrukning till rimligast pris. De olika värmesystem som undersökts är solfångare, bergvärmepump och fjärrvärme. Schematiska värden hämtade från VIP+ manual har använts för internvärme, elförbrukning och värmesystem, vilket ger en grov uppskattning.

I alla alternativ utgår beräkningarna från klimatzon III (södra Sverige) och klimatdata från Göteborg. Solinstrålningen och husets läge är samma i båda modellerna. Ett FTX-system finns med i alla alternativen och luftomsättningen är 0,35 l/s, m². Ventilationen antas vara igång dygnet runt. I beräkningen är priset på både el och fjärrvärme satt till 1kr per kWh.

Till driftkostnad räknas kostnad för uppvärmning, hushållsel och driftel. I VIP+ går det inte att skilja på radiatorsystem och luftburen värme. Därför tas ingen hänsyn till vilket system som används för värmedistribution utan endast vilket värmebehov byggnaden har.

Tabell 3. Parametrar för passivhusmodellens byggnadsdelar.

	Isolertjocklek (mm):	U-värde (W/m^2 , C):	Luftläckage vid 50 Pa (l/s, m^2):
Vägg	400	0,106	0,3
Tak	495	0,079	0,3
Platta	300	0,128	0,3
Fönster	-	0,9	0,3
Dörrar	-	0,9	0,3
Byggnad		0,188	0,68*

*Detta värde är för högt. Enligt kraven för passivhus ska luftläckaget vara maximalt 0,3 l/s, m^2 för hela byggnaden. För längre kommentar se kapitel 3.3

Tabell 4. Parametrar för den konventionella husmodellens byggnadsdelar.

	Isolertjocklek (mm):	U-värde (W/m^2 , C):	Luftläckage vid 50 Pa (l/s, m^2):
Vägg	220	0,168	0,8
Tak	400	0,097	0,8
Platta	200	0,187	0,8
Fönster	-	1,2	0,8
Dörrar	-	1,2	0,8
Byggnad		0,244	1,8*

*Detta värde är för högt. Enligt BBRs krav ska luftläckaget vara maximalt 0,8 l/s, m^2 för hela byggnaden. För längre kommentar se kapitel 3.3

3.2 Kombinationer av husmodell och energikällor, VIP+

Nedan visas de kombinationer av husmodell och värmesystem som tagits fram med hjälp av VIP+. Installationskostnader är hämtade från källor utanför VIP+ medan driftkostnader är hämtade från programmet. För fullständig redovisning av varje alternativ, se bilaga 3.

3.2.1 Alternativ 1 Passivhus med fjärrvärme

Byggnaden är av passivhusstandard och som värmekälla för luft och vatten används fjärrvärme. Huset antas byggas i ett område kopplat till fjärrvärmenätet.

Installationskostnad: 30 000-130 000 kr, varierar beroende på avtal. (Göteborg Energi AB, 2010)

Driftkostnad: 60 000 kr/år.

Energianvändning: 67 kWh/m²

3.2.2 Alternativ 2 Passivhus med värmepump

Byggnaden är av passivhusstandard och som värmekälla för luft och vatten används en bergvärmepump. Som spetsvärme under årets kallaste dagar används fjärrvärme. Huset antas byggas i ett område kopplat till fjärrvärmenätet.

Installationskostnad: Ca 800 000 Beror på antal borrhål, hur stort värmebehov, djup ner till berggrund. I exemplet antas värmebehovet per kvadratmeter vara betydligt lägre än i en normalvilla. Däremot är varmvattenbehovet större eftersom där bor fler människor (Fahlén, 2010).

Driftkostnad: 42000 kr/år

Energianvändning: 31kWh/m²

3.2.3 Alternativ 3 Passivhus med solfångare

Byggnaden är av passivhusstandard och som värmekälla för luft och vatten används 70 m² solfångare med en horisontallutning på 35 grader. Som spetsvärme under dagar med lite sol, främst vinterhalvåret, används fjärrvärme. Huset antas byggas i ett område kopplat till fjärrvärmenätet.

Installationskostnad: 70*2500=175 000 kr (se tabell 7)

Driftkostnad: 37300 kr/år

Energianvändning: 22 kWh/m²

3.2.4 Alternativ 4 Konventionellt hus med fjärrvärme

Byggnaden är av konventionellstandard och som värmekälla för luft och vatten används fjärrvärme. Huset antas byggas i ett område kopplat till fjärrvärmenätet.

Installationskostnad: 30 000-130 000 kr, varierar beroende på avtal (Göteborg Energi AB, 2010c)

Driftkostnad: 68000 kr/år

Energianvändning: 85kWh/m²

3.2.5 Alternativ 5 Konventionellt hus med värmepump

Byggnaden är av konventionell standard och som värmekälla för luft och vatten används en bergvärmepump. Som spetsvärme under årets kallaste dagar används fjärrvärme. Huset antas byggas i ett område kopplat till fjärrvärmenätet.

Installationskostnad

Ca 800 000. Beror på antal borrhål, hur stort värmebehov, djup ner till berggrund. I exemplet antas värmebehovet per kvadratmeter vara betydligt lägre än i en normalvilla. Däremot är varmvattenbehovet större eftersom där bor fler människor. Siffran är en mycket grov uppskattning (Fahlén, 2010).

Driftkostnad: 47 000 kr/år

Energianvändning: 42 kWh/m²

3.2.6 Alternativ 6 Konventionellt hus med solfångare

Byggnaden är av konventionellstandard och som värmekälla för luft och vatten används 70kvm solfångare. Som spetsvärme under dagar med lite sol, främst vinterhalvåret, används fjärrvärme. Huset antas byggas i ett område kopplat till fjärrvärmenätet.

Installationskostnad: 175 000kr, se alternativ 3.

Driftkostnad: 44200 kr/år

Energianvändning: 36 kWh/m²

3.3 Felkällor, VIP+

I programmet går det inte att simulera ett överskott av värme över ett år, utan energibalansen måste alltid gå jämnt ut. Det gör att husens potential att bli plusenergihus inte syns. Ett exempel på detta är att solfångarna enligt VIP+ skulle producera mer värme i februari än i juli, vilket inte kan anses vara rimligt. Enligt Förbos beräkningar ger 70 m² solfångare 58 kWh/m², år. Samma yta ger enligt VIP+ endast 45,5 kWh/m², år, vilket borde bero på att VIP+ inte använder solfångarens fulla kapacitet på sommaren eftersom energibalansen måste gå jämnt upp varje månad.

De schablonvärden VIP+ använder för elförbrukningen ligger i högsta laget. Med dagens teknik och energieffektiviseringen av hemmets apparater kan elförbrukningen minskas radikalt. FEBY föreslår att hushållselen i ett flerbostadshus kan uppskattas till 1040kWh/(år, hushåll) + 300 kWh/(år, person) (FEBY, kravspecifikation för passivhus, 2009). I referenshuset skulle det innebära en elförbrukning på ca 13 120 kWh/år istället för 22 531kWh/år.

I VIP+ har det totala luftläckaget fått ett högre värde än luftläckaget för de ingående byggnadsdelarna. Detta kan vara en av anledningarna till att resultaten från VIP+ och överslagsberäkningarna inte stämmer överens.

De modeller som byggts upp i VIP+ är förenklingar. Inga punktformiga köldbryggor är medtagna i beräkningarna och inte heller de köldbryggor som uppstår i fönsternischer. Därför kan värdena från modellen inte jämföras med de värden som Förbo har fått fram men kan jämföras inbördes eftersom alla alternativ har samma fel. Värdena får anses som riktlinjer och kan inte användas i reella byggnader.

Uppskattningar av viss indata har gjorts då uppgifter på vilket system som kommer användas inte finns. Detta gäller för solfångar-, värmepump- och FTX-systemen

Schablonvärden från VIP+’s manual har använts för simuleringen av bergvärmepump. Vid ändring av indata syntes ingen skillnad i resultatet vilket tyder på att värdena för värmepumpen kan vara något osäkra. Dessutom beror en värmepumps effektivitet till mycket stor del på hur den styrs och regleras (Fahlen, 2010) och det tar VIP+ inte hänsyn till.

I Förbos planerade bygge i Lerum innebär samarbetet med Lerums Fjärrvärme att solfångarsystemet levererar all solvärme direkt till fjärrvärmenätet, därför behövs ingen ackumulatortank. Eftersom det i VIP+ inte går att simulera sådana förhållanden har en uppskattning gjorts på tankens volym.

3.4 Överslagsberäkningar

En byggnads energibalans beskrivs av ekvation 3.1.

$$Q_{tot} = Q_{trans} + Q_v + Q_{ov} + Q_{tvv} + W_{f.el} + W_{h.el} - Q_{sol} - Q_{pers} - Q_{\dot{a}v} - Q_{tillsk} \quad (3.1)$$

I de modeller som byggts upp för den här rapporten, passivhus och konventionellt hus, är det bara transmissionsförluster och luftläckage som har olika värden. Övriga parametrar är lika för båda hus typerna. I kapitel 4.1 redovisas de två byggnadernas energibalanser.

3.4.1 Transmissionsförluster, Q_{trans}

Transmissionsförluster beror på klimatskalets U-värde, omslutningsarea, köldbryggor och temperaturskillnaden mellan utomhusluften och inomhusluften enligt ekvation 3.2.

$$Q_{trans} = (\sum U \cdot A + \sum \Psi \cdot L (t_i - t_e)) \quad (3.2)$$

Det genomsnittliga U-värdet för modellen av konventionell standard blir 0,25 W/(m²,°C) och för modellen av passivhusstandard 0,18 W/(m²,°C), båda enligt ekvation 3.3.

$$U_m = \sum U \cdot A / A_{omsl} \quad (3.3)$$

Uträknade värden för transmissionsförluster finns i tabellerna 14 och 15 under kapitel 4.1.

3.4.2 Ventilationsförluster, Q_v

Ventilationsförluster innefattar de energiförluster som orsakas av luftutbytet mellan kall utomhusluft och varm inomhusluft. BBRs minimikrav på ventilation i bostäder är 0,35 l/s, m² (Abel, Elmroth, 2006), vilket i rapportens husmodeller motsvarar ett luftflöde på 0,17 m³/s. Ekvation 3.4 har använts för att beräkna ventilationsförlusterna, se sammanställning i tabell 14 och 15.

$$Q_v = V \cdot \rho_l \cdot C_{pl} \cdot (t_i - t_e) \quad (3.4)$$

där V är luftflödet i m³/s, ρ_l är luftens densitet i kg/m³ och C_{pl} är luftens värmekapacitet i kJ/kg°C.

3.4.3 Luftläckage, Q_{ov}

Byggnadens luftläckage beror på hur tätt klimatskalet är. Provtryckningar görs för att mäta hur stort luftläckaget är vid en tryckskillnad på 50 Pa. BBRs krav på luftläckage är 0,8 l/s, m² vid tryck +/- 50 Pa (Boverket, 2009) och för passivhus är kravet 0,3 l/s, m² vid tryck +/- 50 Pa (FEBY, kravspecifikation för passivhus, 2009). Det verkliga luftläckaget i en byggnad kan antas vara fyra procent av läckaget vid en sådan provtryckning (Petersson, 2007).

Uträknade energiförluster på grund av luftläckage, Q_{ov} , finns under kapitlet 4.1 i tabellerna 14 och 15.

3.4.4 Tappvarmvatten, Q_{tvv}

Precis som för hushållselen varierar åtgången på tappvarmvatten mycket beroende på de boendes vanor. En barnfamilj gör t.ex. av med väsentligt mycket mer varmvatten än en ensamstående pensionär. Det har dock visats att energieffektiva blandare tillsammans med ett system där de boende själva betalar för varmvattenförbrukningen kan få ner den personbaserade vattenvolymen med 36 % (FEBY, 2009).

Enligt FEBY är varmvattenförbrukningen i genomsnitt 18 kubikmeter per år och person. För att värma upp en kubikmeter vatten går det åt 55 kWh. Detta ger en energiförbrukning för tappvarmvatten enligt följande:

$$Q_{vv} = 18 \cdot 16 \cdot 55 = 15840 \text{ kWh/år}$$

Förbrukningen av varmvatten är inte konstant över året. Enligt FEBY ser fördelningen månadsvis ut som i tabell 5 och energiåtgången månadsvis redovisas i tabell 14 och 15 i kapitel 4.1.

Tabell 5. Månadsvis fördelning av tappvarmvattenförbrukning. Källa: FEBY, 2009.

Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
1,13	1,16	1,13	1,09	0,89	0,84	0,71	0,74	0,94	1,09	1,13	1,15

3.4.5 Fastighetsel, $W_{f,el}$

Fastighetsel består av den el som används till belysning i allmänna utrymmen, fläktar, pumpar, eventuell värmepump och dylikt. Enligt FEBYs rekommendationer bör den årliga förbrukningen av fastighetsel i flerbostadshus vara lägre än $10 \text{ kWh}/(\text{m}^2, \text{år})$. Då det är osäkert vilka installationer som finns i referenshuset används detta gränsvärde i överslagsberäkningarna.

En A_{temp} på 486 m^2 ger:

$$W_{f,el} = 10 \cdot 486 = 4860 \text{ kWh/år}$$

3.4.6 Hushållsel, $W_{h,el}$

Användningen av hushållsel varierar kraftigt beroende på apparaters energieffektivitet och de boendes vanor. I rapportens beräkningar antas valet av vitvaror och övriga hushållsapparater ha den lägsta energiförbrukningen marknaden erbjuder. Därför baseras uppskattningen av hushållsel på FEBYs schablon där den årliga användningen per hushåll beskrivs som $1040 \text{ kWh}/(\text{år, hushåll}) + 300 \text{ kWh}/(\text{år, person})$. Åtta lägenheter med totalt 16 boende ger:

$$W_{h,el} = 1040 \cdot 8 + 300 \cdot 16 = 13120 \text{ kWh/år}$$

Hushållselen antas i dessa överslagsberäkningar vara jämnt fördelad över året.

3.4.7 Solinstrålning, Q_{sol}

Solinstrålningens intensitet en molnfri sommardag uppskattas till $1000 \text{ W}/\text{m}^2$. Ett flertal faktorer reducerar sedan detta värde beroende på geografisk plats, fönstertyp och olika solskydd på byggnaden. Varje glasruta har en reduktionsfaktor på 0,89, vilket för ett treglasfönster ger en reduktionsfaktor på $0,89^3 = 0,7$.

För att ta hänsyn till moln som hindrar solinstrålningen beräknas en molnfaktor för platsen, i detta fall Göteborg. I tabell 6 visas molnfaktor för klara, mulna och halvklara dagar. Med hjälp av dessa värden kan en medelmolnfaktor räknas fram på följande vis (Petersson, 2007).

$$\text{Medelmolnfaktor} = (\sum \text{molnfaktor} \cdot \text{dagar}) / 365 = (1,0 \cdot 57 + 0,25 \cdot 173,4 + 0,65 \cdot 134,6) / 365 = 0,51$$

Tabell 6. Molnfaktor och antal klara, mulna och halvkla dagar i Göteborg. Källa: Petersson, 2007.

	Molnfaktor	Dagar/år
Klara dagar	1,0	57
Mulna dagar	0,25	173,4
Halvkla dagar	0,65	134,6

Fönstertyp, molnfaktor och solskydd är bara några parametrar som påverkar solinstrålningen. Själva uträkningen är komplicerad då solen vandrar över himlen och få värden kan antas vara konstanta. Därför har värden på solinstrålningen tagits från de energiberäkningar som gjorts på modellerna i VIP+. De redovisas i tabell 14 och 15.

3.4.8 Personvärme, Q_{pers}

Varje person i en byggnad fungerar som ett litet värmeelement med en effekt på ungefär 50 W (Abel, Elmroth, 2006). För överslagsberäkningar kan den här effekten slås ut till ett schablonvärde på 1 W/m^2 (Boverket, 2003). Detta ger rapportens referensbyggnad en värmeeffekt från personer på 486 W vilket i sin tur ger

$$Q_{\text{pers}} = 486 \cdot 8760 = 4257 \text{ kWh/år}$$

3.4.9 Värmeåtervinning, Q_{av}

Verkningsgraden för värmeåtervinningen antas vara 85 % (Hagentoft, 2010). Därför är endast 15 % av de uträknade ventilationsförlusterna medtagna i sammanställningen för byggnadens värmebehov.

3.4.10 Spillvärme, $Q_{\text{tillsk.}}$

70-80 % av hushållselen och 20 % av tappvarmvattnet kan tillgodogöras som spillvärme då värmebehov finns (Petersson, 2007). Detta ger en spillvärme från hushållsel på 9 840 kWh/år och från tappvarmvatten på 3 168 kWh/år. Totalt kan 13 008 kWh/år tillgodoräknas som spillvärme. Spillvärmen antas vara jämt fördelad över året.

3.5 Energikällor

Nedan redovisas beräkningar med solfångare och solceller i kombination med passivhusstandard. Beräkningar har endast gjorts för passivhuset eftersom det är mest energieffektivt.

3.5.1 Solfångare

Beräkningar är gjorda på en plan- och en vacuumsolfångare, de vanligast förekommande typerna på marknaden (Lindberg, Persson, 2010). De har olika effektivitet och skiljer lite i pris, se tabell 7.

Tabell 7. Två olika solfångartyper med årsutbyte och pris. Källa: Lindberg, J, Persson, F.

Solfångartyp	kWh/(m ² , år)	pris/m2 aktiv solfångararea (kr exkl. moms)
plan	501	2500
vacuumrör	770	2850

Energibehovet är taget från de handgjorda överslagsberäkningarna. Generellt kan solfångare antas täcka hela varmvatten- och uppvärmningsbehovet under april till september (Energimyndigheten, 2007). Enligt resultaten i kapitel 4.1 finns dock inget uppvärmningsbehov i passivhuset under dessa månader. I tabellerna 8-10 anges hur mycket solfångararea som behövs för att täcka olika stora varmvatten- och uppvärmningsbehov.

Tabell 8. Solfångararea och kostnad för att täcka byggnadens varmvattenbehov april - september.

Solfångartyp	kWh	m2	kostnad i kr exkl. moms
Plan	6877	14	34316
vacuumrör	6877	9	25454

Tabell 9. Solfångararea och kostnad för att täcka byggnadens årsbehov av varmvattenbehov.

Solfångartyp	kWh	m2	kostnad i kr exkl. moms
Plan	15840	32	79042
vacuumrör	15840	21	58629

Tabell 10. Solfångararea och kostnad för att täcka passivhusets årsbehov av varmvatten och uppvärmning.

Solfångare	kWh	m2	kostnad i kr exkl. moms
plan	24933	50	124416
vacuum	24933	32	92284

3.5.2 Solceller

Enligt Energimyndigheten producerar 7,7 m² solceller mellan 800 och 900 kWh/år i södra Sverige. Här antas 8 m² ge 850 kWh/år.

Investeringskostnaden ligger på 45 000 kr för 8 m². (Se kapitel 2.8)

Elpriset antas vara 1 kr/kWh

Solceller täcker hela elbehovet (avtal med elbolag krävs)

Det totala elbehovet ligger på 17 980 kWh/år vilket resulterar i en solcellsyta på 154 – 173 m², eller 20 – 22 m²/lgh. Investeringskostnaden blir då ca: 900 000 – 1 000 000 kr eller 112 500 – 125 000 kr/lgh. Återbetalningstiden blir 50 – 56 år.

Solceller täcker elbehovet endast på sommarhalvåret

Elbehov för april – september är 9000 kWh vilket kräver en solcellsyta på 85 m² eller 11 m²/lgh. Investeringen hamnar på 500 000 kr eller ca 60 000 kr/lgh med en återbetalningstid på ca 55 år.

3.6 Kombinationer av energikällor

Här kombineras de olika undersökta värmesystemen i passivhusmodellen för att visa hur stor den specifika energianvändningen, kostnaden och elbehovet blir. Uträkningen av återbetalningstid är mycket förenklad och tar inte hänsyn till räntor på investerade pengar.

Återbetalningstiden och besparingen är plockade ur sitt sammanhang då kostnaden av ett alternativt uppvärmningssystem inte är medräknat. Finns inte fjärrvärme framdragen till området måste den antingen dras fram eller så ska en annan energikälla installeras. Kostnaden för en sådan installation måste i så fall räknas med. Återbetalningstiden och besparingen kan bara sägas gälla för nybyggda hus i områden redan uppkopplade till fjärrvärmenätet. Återbetalningstiderna i den här rapporten kan endast användas som en jämförelse mellan de olika alternativen och stämmer förmodligen inte med verkligheten.

3.6.1 Alternativ 1. Solfångare på sommarhalvåret, ingen lagring

Solfångare täcker varmvattenbehovet från april till september. Vacuumsolfångaren ger mindre solfångaryta och en lägre kostnad, därför används den. Alternativets behov av köpt energi redovisas i tabell 11.

Tabell 11. Behovet av köpt energi för passivhus med solfångare som täcker varmvattenbehovet april - september.

Värmebehov (kWh/ år)	9093
Q tvv okt - mar (kWh/ år)	8963
Fasth. El (kWh/ år)	4860
Energianvändning (kWh/ år)	22916
Specifik energianv. (kWh/m ²)	47,2
Hush. El (kWh/ år)	13120

Yta solfångare: 9 m²

Investeringskostnad 25 454 kr.

Besparing

Energibesparing, värme: 4157 kWh/år

Ekonomisk besparing: beror på priset på den energikälla som används för uppvärmning av varmvatten.

Kommentar

Energianvändningen minskar något men i en kommun som Göteborg där fjärrvärmepriset är

väldigt lågt på sommaren är det svårt att räkna hem investeringen. Byggnader utan fjärrvärme kan ha mer att tjäna rent ekonomiskt (Holmquist, 2010).

3.6.2 Alternativ 2. Solfångare och solceller på sommarhalvåret

Solfångare täcker varmvattenbehovet från april till september. Solceller täcker elbehovet under samma tid. Alternativets behov av köpt energi redovisas i tabell 12.

Tabell 12. Behovet av köpt energi för passivhus med solfångare som täcker varmvattenbehovet april - september samt solceller som täcker elbehovet under samma tid.

Värmebehov (kWh/ år)	9093
Q tvv okt - mar (kWh/ år)	8963
Fasth. El (kWh/ år)	2430
Energianvändning (kWh/ år)	20486
Specifik energianv. (kWh/m ²)	42,2
Hush. El okt – mar (kWh/ år)	6560

Yta solfångare: 9 m²

Yta solceller: 85 m²

Investeringskostnad 25 454+495 000 = 520 454 kr

Besparing

Energibesparing, värme: 4157 kWh/år

Energibesparing, el: 8990 kWh/år

Ekonomisk besparing: ca 9 000 kr/år för el. Besparingen på grund av solfångaren beror på priset på den energikälla som används för uppvärmning av varmvatten.

Kommentar

Solcellsytan är stor. Det är inte säkert att det är praktiskt möjligt att få plats med solcellerna på taket och samtidigt bibehålla högsta effekt. Den största besparingen, både ekonomiskt och energimässigt, görs genom att minska inköpet av el. Samtidigt innebär solceller en stor investering.

3.6.3 Alternativ 3. Förbo

Solfångare täcker varmvatten- och uppvärmningsbehovet för hela året. Behovet av köpt energi redovisas i tabell 13. Skillnaden mot Förbos projekterade plusvärmehus är att alternativ 3 inte har något årligt överskott på värme.

Tabell 13. Behovet av köpt energi för passivhus med solfångare som täcker hela årets varmvatten- och uppvärmningsbehov.

Värmebehov (kWh)	0
Q tvv (kWh)	0
Fasth. El (kWh)	4860
Energianvändning (kWh/ år)	4860
Specifik energianvändning (kWh/m ²)	10,0
Hush. El (kWh)	13120

Yta solfångare: 32 m²

Investeringskostnad: 92 284 kr

Besparing

Enligt Lars Holmquist på Göteborg Energi är priset på fjärrvärme så lågt under sommarhalvåret då solfångarna ger energi att en solfångaranläggning inte går att räkna hem om byggnaden är kopplad till fjärrvärme i Göteborg. Är huset inte med i fjärrvärmenätet kan däremot en framdragning av fjärrvärme kosta lika mycket som investeringen i en solfångaranläggning. Besparingen beror alltså helt på husets läge och vilket som är alternativet till energi från sol och fjärrvärme.

Kommentar

Systemet bygger på att ett avtal finns mellan en fjärrvärmeleverantör så att överskottet av solenergi kan tas omhand och att fjärrvärme kan levereras på vintern. Ytan solfångare är tillräckligt liten för att få plats på taket. Hushållselen är nu den största energiposten i byggnaden och minskningen av den ligger på de boendes ansvar och beror på deras brukarvanor.

3.6.4 Alternativ 4. Nollenergihus

Solfångare täcker varmvatten- och uppvärmningsbehovet för hela året. Solceller täcker elbehovet för hela året. Ingen köpt energi kommer behövas, men systemet bygger på att ett avtal finns med elbolag som tar emot elöverskott på sommaren för att leverera tillbaka det på vintern. Ett liknande avtal krävs för solvärmens, alternativt en lösning på långsiktig värmelagring.

Yta solfångare: 32 m²

Yta solceller: 173 m²

Investeringskostnad: 92 284+1 000 000= 1 092 284 kr

Besparing:

Total energibesparing, värme: 24 933 kWh/år

Fjärrvärmepris i Göteborg, medelpris över ett år: 0,80 kr/kWh (Göteborg Energi AB, 2010)

$$0,80 \cdot 24\,933 = 19\,946 \text{ kr/år}$$

Total energibesparing, el: 17 980 kWh/år

Elpris: 1 kr/kWh

$$1 \cdot 17\,980 = 17\,980 \text{ kr/år}$$

Total besparing

$$19\,946 + 17\,980 = 37\,926 \text{ kr/år}$$

Återbetalningstid:

$$1\,092\,284 / 37\,926 = 29 \text{ år}$$

Kommentar

I dagsläget är det inte möjligt att räkna med någon ekonomisk besparing för den minskade elanvändningen eftersom den producerade elen inte kan kvittas mot den inköpta, se kapitel 2.13. Den dag det går att få betalt för den egenproducerade elen kan alternativet vara rimligt.

3.6.5 Alternativ 5. Plusenergihus

Solfångare täcker varmvatten- och uppvärmningsbehovet för hela året. Solceller täcker elbehovet för hela året och ger dessutom ett överskott av elenergi på 2500 kWh/år. Ingen köpt energi kommer behövas, men systemet bygger på att ett avtal finns med elbolag som tar emot elöverskott på sommaren och kan skicka ut el på vintern. Ett liknande avtal krävs för solvärmen, alternativt en bra lösning på långsiktigt värmelagring.

Yta solfångare: 32 m²

Yta solceller: 193 m²

$$\text{Investeringskostnad: } 92\,284 + 1\,084\,235 = 1\,176\,519 \text{ kr}$$

Besparing:

Total energibesparing, värme: 24 933 kWh/år

Fjärrvärmepris i Göteborg, medelpris över ett år: 0,80 kr/kWh (Göteborg Energi AB, 2010c)

$$0,80 \cdot 24\,933 = 19\,946 \text{ kr/år}$$

Total energibesparing, el: 20 480 kWh/år

Elpris: 1 kr/kWh

$$1 \cdot 20\,480 = 20\,480 \text{ kr/år}$$

Total besparing

$$19\,946 + 20\,480 = 40\,426 \text{ kr/år}$$

Återbetalningstid:

$$1\,176\,519 / 40\,426 = 29 \text{ år}$$

Kommentar

Resonemanget för nollenergihus gäller också för plusenergihus. Se kommentaren till alternativ 4.

3.6.6 Alternativ 6. Värmepump

En bergvärmepump täcker hela varmvatten- och uppvärmningsbehovet.

Värmebehov: 9 093 kWh

T_{vv}: 15 840 kWh

Totalt: 24 933 kWh ska täckas av värmepumpen

Värmefaktor, COP: 3,4 (Energimyndigheten, 2009)

El för att driva värmepump = $24\,933 / 3,4 = 7\,176$ kWh

Energianvändning = Fastighetsel+pumpel= 4 860+7 176=12 036 kWh

Specifik energianvändning=24,8 kWh/m²

Total elförbrukning: hushållsel+fastighetsel+pumpel= 13 120+4 860+7 176= 25 156 kWh

Investering

800 000 kr (Fahlén, 2010)

Besparing

Total energibesparing, värme: 24 933 kWh/år

Fjärrvärmepris i Göteborg, medelpris över ett år: 0,80 kr/kWh (Göteborg Energi AB, 2010)

$0,80 \cdot 24\,933 = 19\,946$ kr/år

Extra utgift i form av el till värmepump

Totalt tillskott, el: 7 176 kWh/år

Elpris: 1 kr/kWh

$1 \cdot 7\,176 = 7\,176$ kr/år

Total besparing

$19\,946 - 7\,176 = 12\,770$ kr/år

Återbetalningstid

$800\,000 / 12\,770 = 63$ år

Kommentar

Den specifika energianvändningen går ner ordentligt och hamnar under FEBYs krav för ett elvärt passivhus. Elanvändningen ökar och ingen besparing görs på hushållselen. Fjärrvärme framdraget blir installationen inte ekonomiskt lönsam.

3.6.7 Alternativ 7. Solfångare och värmepump

Värmepump och solfångare täcker tillsammans hela årets varmvatten- och uppvärmningsbehov. Solfångaren antas täcka hela varmvattenbehovet från april till september och producera ett tillräckligt överskott för att värmelagret ska hålla hela vintern.

Tvv april – september: 4877 kWh

Täcks helt av solfångare.

Värmebehov: 9 093 kWh

Tvv oktober - mars: 8 963 kWh

Värme producerad av solfångare: 24 933 kWh

Totalt: 18 056 kWh ska täckas av värmepumpen.

Värmefaktor, COP: 8 (Lind, 2009)

El för att driva värmepump: $18056/8 = 2257$ kWh

Energianvändning= fastighetsel+pumpel= $4860+2257=7\,117$ kWh

Specifik energianvändning= $14,64$ kWh/m²

Total elförbrukning:

hushållsel+fastighetsel+pumpel= $13120+4860+2257=20\,237$ kWh

Yta solfångare: 32 m²

Investering

Enligt Jan-Erik Eskilsby ligger investeringen för systemet på 100 000 kr mer än vad det kostar att installera en bergvärmepump (Lind, 2009). Detta kan vara rimligt då en vacuumsolfångare som täcker hela årsbehovet av både varmvatten och uppvärmning ligger på drygt 90 000 kr och en bergvärmepump kostar ca 800 000 kr.

$800\,000 + 100\,000 = 900\,000$ kr

Besparing

Total energibesparing, värme: 24 933 kWh/år

Fjärrvärmepris i Göteborg, medelpris över ett år: 0,80 kr/kWh (Göteborg Energi AB, 2010c)

$0,80 \cdot 24\,933 = 19\,946$ kr

Extra utgift i form av el till värmepump

Totalt tillskott, el: 2 257 kWh/år

Elpris: 1 kr/kWh

$1 \cdot 2257 = 2257$ kr

Total besparing:

$19\,946 - 2\,257 = 17\,689$ kr/år

Återbetalningstid

$900\,000/17\,689 = 51$ år

Kommentar

Alternativet är något osäkert eftersom tekniken det bygger på är ny och hemlig. Visar det sig fungera så bra som Jan-Erik Eskilsby menar är det här ett hett alternativ.

4 Resultat

Här presenteras i tabellform resultaten från överslagsberäkningarna och simuleringarna i VIP+. Först redovisas en sammanställning av energibehoven för konventionellt hus och passivhus. Sedan följer tabeller över kombinationerna av energisystem och hustyper i VIP+ och överslagsberäkningarna.

4.1 Sammanställning av energibehov

Konventionellt hus

Tabell 14. Sammanställning av energibalans i konventionellt hus.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Månadsmedeltemp (°C)	-0,9	-1,2	1,3	6	11,5	15,2	17,5	16,8	13,1	8,6	4,5	1,8
Q trans (kWh)	4591	4654	4130	3145	1992	1216	734	881	1656	2600	3459	4025
Q vent inkl återv (kWh)	483	489	434	331	209	128	77	93	174	273	364	423
Q läck (kWh)	662	671	595	453	287	175	106	127	239	375	499	580
Q sol (kWh)	252	486	940	1705	1333	833	721	612	837	716	356	200
Q pers (kWh)	362	327	362	350	362	350	362	350	362	350	362	350
Q spill (kWh)	1083	1083	1083	1083	1083	1083	1083	1083	1083	1083	1083	1083
Värmebehov (kWh)	4039	3918	2775	791	-290	-747	-1249	-945	-213	1099	2520	3396
Q tvv (kWh)	1492	1531	1492	1439	1175	1109	937	977	1241	1439	1492	1518
Q f.el (kWh)	405	405	405	405	405	405	405	405	405	405	405	405
Energianvändn. (kWh)	5935	5855	4671	2634	1290	767	93	437	1433	2942	4417	5319
Q h.el. (kWh)	1093	1093	1093	1093	1093	1093	1093	1093	1093	1093	1093	1093

Den totala specifika energianvändningen blir 35793 kWh/år. Detta slås ut på boytan för att kunna jämföras med BBRs krav för nybyggnation, se kapitel 2.1.

$$35793/486 = \underline{\underline{73,65}} \text{ kWh/m}^2\text{,år.}$$

Det negativa värmebehovet under maj – september som i tabellen står med fet stil antas ventileras bort genom passiv kylning, dvs. vädring.

Passivhus

Tabell 15. Sammanställning av energibalansen i passivhus.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Månadsmedeltemp (°C)	-0,9	-1,2	1,3	6	11,5	15,2	17,5	16,8	13,1	8,6	4,5	1,8
Q trans (kWh)	3314	3359	2981	2270	1437	878	530	635	1195	1876	2497	2905
Q vent inkl återv (kWh)	483	489	434	331	209	128	77	93	174	273	364	423
Q läck (kWh)	248	252	223	170	108	66	40	48	90	141	187	218
Q sol(kWh)	252	486	940	1705	1333	833	721	612	837	716	356	200
Q pers (kWh)	362	327	362	350	362	350	362	362	350	362	350	362
Q spill (kWh)	1083	1083	1083	1083	1083	1083	1083	1083	1083	1083	1083	1083
Värmebehov (kWh)	2348	2204	1253	-368	-1024	-1195	-1520	-1281	-811	129	1258	1901
Q tvv (kWh)	1492	1531	1492	1439	1175	1109	937	977	1241	1439	1492	1518
Q f.el (kWh)	405	405	405	405	405	405	405	405	405	405	405	405
Energianvändn. (kWh)	4244	4140	3150	1476	556	319	-177	100	835	1973	3155	3824
Q h.el. (kWh)	1093	1093	1093	1093	1093	1093	1093	1093	1093	1093	1093	1093

Den totala energianvändningen blir 23 772 kWh/år. Detta slås ut på boytan för att kunna jämföras med BBRs krav för nybyggnation, se kapitel 2.1.

$$23\,772/486=\underline{48,9} \text{ kWh/ m}^2\text{,år.}$$

Det negativa värmebehovet under april – september som i tabellen står med fet stil antas ventileras bort genom passiv kylning, dvs. vädring.

4.2 Resultat från VIP+

Passivhus ger bättre förutsättningar för en låg energianvändning. Alternativ 3, Passivhus med solfångare, har både lägst specifik energianvändning och lägst driftkostnad, se tabell 16. Installationskostnaden för solfångare är högre än för fjärrvärme men i tabellens kostnadsexempel är fjärrvärme redan framdraget. Att dra fram fjärrvärme till ett område som ligger långt ifrån det redan utvecklade fjärrvärmenätet kan bli betydligt dyrare.

Tabell 16. Specifik energianvändning, driftkostnad och installationskostnad för kombinationerna från VIP+.

	Alternativ 1 Passivhus med fjärrvärme	Alternativ 2 Passivhus med värmepump	Alternativ 3 Passivhus med solfångare	Alternativ 4 Konventionellt hus med fjärrvärme	Alternativ 5 Konventionellt hus med värmepump	Alternativ 6 Konventionellt hus med solfångare
Specifik energianvändning (kWh/m ²)	67	31	22	85	42	36
Driftkostnad kr/år	60 000	42 000	37 300	68 000	47 000	44 200
Installationskostnad kr	30 000- 130 000	800 000	175 000	30 000- 130 000	800 000	175 000

4.3 Resultat från överslagsberäkningen

Som tidigare nämnts är lokala förutsättningar såsom tillgång till fjärrvärme och dess prissättning av stor betydelse och bör vägas in i jämförelsen i tabell 17. Avtal med fjärrvärme- och elbolag är i vissa kommuner möjliga och i andra inte. Alternativ 3 kräver avtal med fjärrvärmebolag, avtal 4 och 5 avtal med el- och fjärrvärmebolag om inte lagringsmöjlighet finns. Alternativ 7 kräver inget avtal men ett värmelager i anslutning till huset (se Lagring av solvärme, kapitel 2.9.3). Resultatet från alternativ 1 och 2 visar att produktion av el innebär en betydligt högre installationskostnad än produktion av värme.

Tabell 17. Specifik energianvändning och hushållsel för de olika systemalternativen.

	Alternativ 1 Solfångare sommars	Alternativ 2 Solfångare, solceller sommars	Alternativ 3 Förbo	Alternativ 4 Nollenergi- hus	Alternativ 5 Plusenergi- hus	Alternativ 6 Värme- pump	Alternativ 7 Solfångare och värme- pump
Specifik energianvändning (kWh/m ²)	47,2	42,2	10	0	0	22,8	14,6
Hushållsel (kWh/år)	13 120	6 560	13 120	0	-2500	13 120	13 120
Installationskostnad kr	26 000	520 000	92 000	1 100 000	1 180 000	800 000	900 000

4.4 Kommentar till resultaten

Resultaten från VIP+ och överslagsberäkningarna skiljer sig åt vilket beror på olika faktorer. Huvudorsakerna är dels att VIP+ är ett komplext program som vi inte till fullo behärskar och dels att det inte kan behandla överskott av producerad energi.

Till följd av alla felkällor bör resultatet i VIP+ tolkas som riktlinjer. Därför blir en jämförelse för de olika beräkningsgångarna sinsemellan svår att sammanställa. Gemensamt är dock att den specifika energianvändningen från överslagsberäkningarna ligger lägre än för VIP+ alternativ. Felfaktorn är ungefär lika stor vid jämförelse mellan passivhusen, de konventionella husen och passivhusen med värmepump som energikälla. Däremot är skillnaden större mellan de båda beräkningsmetodernas alternativ 3, passivhus med solfångare. Alternativen ska motsvara Förbos värmesystemslösning med ett överskott på sommaren som kompenserar för vinterns underskott. Skillnaden i det här fallet beror på det tidigare nämnda problemet med att VIP+ inte kan behandla överskott av producerad energi.

5 Analys

Inledningsvis analyseras alternativen som presenteras i resultatdelen och sedan följer en mer allmän analys av problematik samt möjligheter kring egenproduktion av energi.

5.1 Kombinationen av värmesystem och solceller

I **alternativ 3**, Förbo, finns ett avtal med ett fjärrvärmebolag så att all den solvärme som produceras kvittas mot den inköpta. Detta innebär en ekonomisk besparing motsvarande hela uppvärmningskostnaden och den specifika värmeanvändningen utgörs endast av fastighetsel. För fastighetsägare borde det här alternativet vara mycket lockande då den stora kostnaden ligger i hushållselen som de boende själva betalar.

Alternativ 4, Nollenergihuset, är ett nollenergihus på årsbasis men är ändå inte fritt från beroendet av köpt energi. Så länge det inte finns lagringsmöjlighet för el måste denna köpas in från annan producent under den tid då solcellerna inte är aktiva. Detsamma gäller för värmen från solfångare. Skulle möjligheten finnas att kvitta den egenproducerade värmen och elen rakt av mot inköpt el och värme skulle detta alternativ bli betydligt mer intressant. Producenten skickar sommartid ut sitt överskott på nätet och får tillbaka samma mängd el vintertid. Detta skulle i och för sig innebära en större tillgång till elenergi den tiden på året när behovet är som minst men det skulle i alla fall bidra till en större andel förnyelsebar el på sommaren. I dagsläget går det inte att få betalt för sin överskottsdel i alla kommuner. Detta innebär att producenten fortfarande har en elkostnad under vintern samtidigt som hon/han investerat i stora arealer solceller.

Kan Sverige komma lika långt som Tyskland med lagändringar gällande egenproduktion av el skulle nollenergihuset kunna bli ekonomiskt försvarbart. Resonemanget kring nollenergihuset kan appliceras även på plusenergihuset. I plusenergihuset finns dock en överproduktion av el som i dagsläget inte ger någon vinst. Den extra investeringen i solceller på ca 90 000 kr ger följaktligen varken besparing eller inkomst och innebär därför bara en större investeringskostnad jämfört med nollenergihuset.

I **alternativ 6** installeras en värmepump som får ner energianvändningen rejält men samtidigt höjer elbehovet (den el som går till att driva värmepumpen ingår i fastighetsel och är därför omfattad av den specifika energianvändningen). El är ur miljösynpunkt en sämre energikälla för uppvärmning än fjärrvärme. I många fall går det åt tre delar värme för att producera en del el. Värmepumpen kan vara ett bra alternativ i befintliga hus som idag värms med direktel men vid nybyggnation bör det strävas mot att minska elanvändningen så mycket som möjligt.

I **alternativ 7** har värmepumpen kombinerats med en solfångaranläggning. Överskottsvärmen från solfångaranläggningen lagras i marken under huset vilket gör att värmepumpen får en betydligt högre verkningsgrad än en klassisk bergvärmepump. Huset blir helt självförsörjande på värme medan fastighetselen blir en större post. Metoden med lagring av värme är ny och obeprövad och det ligger därför en stor osäkerhet i dess funktion. Finns det inget avtal liknande det Förbo har med Lerums Fjärrvärme kan alternativet i framtiden bli mycket intressant.

5.2 Solceller och el

Elleverantörer såsom Fortum och E-on verkar se positivt på utvecklingen där konsumenter även kan bli producenter. Men det kanske inte är det optimala att var och en har en solcellsanläggning på sitt hus. Istället kanske produktionen bör vara förlagd till centrerade solcellskraftverk, som då placeras på sådan plats att mest möjlig solinstrålning tillgodogörs. Elcertifikat gynnar produktion av förnyelsebar el och utvecklingen borde kunna driva fram ett lägre prisläge som kommer kunden tillgodo. Solen är ju som alla vet en stabil resurs vilket bör hålla elpriset på en konstant nivå.

Prisläget på solceller idag i kombination med lagstiftningen omöjliggör att privata producenter kan tjäna på sitt överskott. Stora producenter får dels betalt för sin solcellsel genom försäljning till leverantörer och dels betalt genom elcertifikat. Det är heller inte säkert att solinstrålningen där huset byggs är det absolut optimala. Byggs ett solkraftverk däremot, kan full hänsyn tas till placering av solcellerna och ett större uttag kan göras. Det är på sikt troligt att konkurrens mellan solcellstillverkare leder till en lägre investeringskostnad och att politiska beslut möjliggör försäljning av egenproducerad el. Detta skulle då kunna göra en privat solcellsanläggning lönsam. Karin Adalberth som byggde Villa Åkarp har återbetalat sin investering på ca 40 år, främst på grund av solcellernas höga kostnad. Det gör naturligtvis plusenergihuset till en oattraktiv lösning för gemene man och riktar sig främst till de verkligt miljömedvetna.

5.3 Solfångare och fjärrvärme

Kontakt med Göteborg Energi har visat att ett avtal, liknande Förbos, inte är möjligt att åstadkomma i Göteborg eftersom priset varierar över ett år. Ett stort överskott under sommarhalvåret leder till kraftiga prissänkningar, som gör att investeringen inte blir lönsam. Det kan dock vara intressant att undersöka möjligheten till denna typ av samarbete vid nybyggnation på annan ort än Göteborg då det är en tekniskt sett billig lösning där fjärrvärmenätet fungerar som en lagringsdepå. Det kan också vara intressant i Göteborg i framtiden när spillvärmen från oljeraffinaderierna minskar och denna andel i fjärrvärmen behöver ersättas.

5.4 ”Nära nollenergihus”

Då det fortfarande är svårt att få betalt för egenproducerad el och en alltför dyr investering att bygga plusenergihus, bör det övervägas om det inte är bättre att hålla sig ”nära noll”. För att uppnå energisparkkravet till 2020 tror vi mer på upprustning av befintliga byggnader än på plusenergihuset. Vid nybyggnation däremot, bör hänsyn tas till eventuella energieffektiviserande åtgärder som är tillgängliga vid det specifika tillfället och platsen. Ett exempel på en sådan lösning är just Förbos samarbete med Lerums fjärrvärme.

6 Slutsatser

I slutsatsen svarar vi på rapportens frågeställning. Dessutom ges förslag till vidare studier genom frågeställningar som dykt upp under arbetets gång.

Det finns alltså en rad olika alternativ att välja för byggande av ett lågenergihus. Något som är viktigt i sammanhanget är att det finns olika perspektiv att välja utifrån, socialt, ekonomiskt och ekologiskt. Den verkligt miljömedvetne personen väljer kanske det dyrare alternativet för att det är bättre för miljön. Vissa går helt på priset medan andra går på utseendet på huset. Det handlar om människors livsstil, attityd och identitet. De svar vi ger nedan är baserade på dagens situation när det gäller till exempel lagar och prisläge. Därför är det möjligt att svaren blir inaktuella i och med förändringar av rådande förutsättningar.

Frågeställning:

Är plusenergihus vägen till en energieffektiv bostadssektor?

Är de ekonomiskt försvarbara?

Vad är alternativen?

I dagsläget är plusenergihuset inte vägen till en energieffektiv bostadssektor. Man får helt enkelt inte betalt för den extra investeringen som görs. Solceller för småskalig produktion är både för dyrt och för ineffektivt med rådande lagar och prissättning. Vi tror definitivt på solenergi men administrativa problem sätter käppar i hjulet för en fungerande och lönsam självförsörjning. Återbetalningstiden för en solcellsanläggning är i dagsläget väldigt lång. Kan dessa problem lösas tror vi att det finns en stor efterfråga då det växer fram ett allt större engagemang för miljön. Dessutom finns det stora pengar att spara om det blir möjligt att avräkna sin producerade el mot den inköpta. Problemen ligger till stor del i bristen på lagringsmöjligheter för både el- och värmeenergi. Några system är på gång men i dagsläget är de småskaliga och osäkra.

Om merkostnaden det innebär att gå från nollenergihus till plusenergihus istället läggs på att rusta upp befintlig byggnation tror vi att det har större inverkan på den totala energiförbrukningen inom bostadssektorn. Detta berör framförallt fastighetsägare som äger äldre flerbostadshus i behov av renovering. Det är svårt att motivera en fastighetsägare att installera solceller med den avsevärt högre investeringskostnad det innebär.

Eftersom det inte är lönsamt att gå med plus är det rimligare att sikta på en årsförbrukning som ligger nära noll. Det finns alltså ingen anledning att investera massa pengar när överskottet det genererar ändå skänks gratis till elbolagen. Samtidigt behövs det pionjärer som Karin Adalberth för att driva utvecklingen framåt och väcka uppmärksamhet.

Förbos plusvärmehus är dock ett exempel där det tack vare engagemang och avtal med fjärrvärmebolaget ser ut att bli lönsamt att gå plus. Eftersom huset ännu inte är byggt ligger en

osäkerhet i hur systemet kommer att fungera i praktiken men det väcker tankarna kring en intressant uppvärmningsmodell.

Förslag till vidare studier:

Utvärdering av Förbos plusvärmehus i praktiken, hur funkar det?

Kan det i framtiden möjligen vara så att fastighetsägare får betalt för solenergin som produceras på deras bostadshus?

Solceller på flerbostadshus. Vilka drivkrafter finns? Vad kan förvaltaren vinna på det?

7 Källförteckning

Webbkällor

- ABB (2010) Alternativa energisystem. *abb.com*
[http://www02.abb.com/global/seabb/seabb361.nsf/0/9904c25f2eca5c0ec1257252003056ce/\\$file/ABB_folder.pdf](http://www02.abb.com/global/seabb/seabb361.nsf/0/9904c25f2eca5c0ec1257252003056ce/$file/ABB_folder.pdf) (2010-05-19)
- Alpman, Marie (2010) Storbritannien subventionerar bränslecell i hemmet. *nyteknik.se*
http://www.nyteknik.se/nyheter/energi_miljo/bransleceller/article752469.ece (2010-05-19)
- Boverket (2009). BBR 16 kapitel 9.
http://www.boverket.se/Global/Bygga_o_forvalta/Dokument/Bygg-%20och%20konstruktionsregler/BBR_avsnitt_9/bbr_2008_suppl_avsnitt_%209_energiushallning.pdf (2010-05-05)
- Bergvärme – information & fakta om bergvärme (2010) <http://www.bergvarme.energi-och-el.se/> (2010-03-01)
- Dahlquist, Hans. (2010) Byggbolag väntar tuffa krav från EU. *Byggbvärlden.se*
http://www.byggbvarlden.se/nyheter/energi_miljo/article132433.ece (2010-05-19)
- E-ON Sverige AB (2010). Frågor och svar för egenproducenter. *eon.se*
<http://www.eon.se/templates/Eon2FAQ.aspx?id=61826&epslanguage=SV> (2010-05-19)
- E-ON Sverige AB (2010a) Genomsnittlig elförbrukning i villa. *eon.se*
<http://www.eon.se/templates/Eon2TextPage.aspx?id=47760&epslanguage=SV&redirect=1#> (2010-05-19)
- Energimyndigheten. (2005) Solceller i byggnader - nya möjligheter *energimyndigheten.se*
http://213.115.22.116/System/ViewResource.aspx?p=Energimyndigheten&rl=default:/Resources/Permanent/StorageItem/b00259ae394042bb83b4aa88e05c564c/ET2005_11.pdf (2010-05-19)
- Energimyndigheten (2006). Värme och kyla – Värmepumpsteknologi för ett hållbart samhälle
http://213.115.22.116/System/ViewResource.aspx?p=Energimyndigheten&rl=default:/Resources/Permanent/StorageItem/8c7438e9900f4475a79ed4eae4e8947/ET2006_01w.pdf (2010-02-27)
- Energimyndigheten. (2007) Solvärme. *energimyndigheten.se*.
<http://energimyndigheten.se/sv/Hushall/Din-uppvarmning/Solvarme/> (2010-05-04).
- Energimyndigheten (2008a) Energiindikatorer 2008. *energimyndigheten.se*
<http://213.115.22.116/System/ViewResource.aspx?p=Energimyndigheten&rl=default:/Resources/Permanent/StorageItem/43033662e3a94acca241629904896edc/2036uppdaterad.pdf> (2010-04-07).
- Energimyndigheten,(2008b). Fjärrvärme och närvärme. *www.energimyndigheten.se*
<http://www.energimyndigheten.se/sv/Foretag/Energieffektivisering-i-foretag/Lokaler-och-flerbostadshus/Forvalta/Uppvarmning/Fjarrvarme-och-narvarme/> (2010-05-21)

- Energimyndigheten. (2009) Bergvärmepumpar. *energimyndigheten.se*.
<http://www.energimyndigheten.se/sv/Hushall/Tester/Testresultat/Bergvarmepumpar1/?productGroupId=12&productCompareList=98,9,99,97> (2010-05-07)
- Energimyndigheten (2010) FTX-aggregat hus med 190 m² boyta. *energimyndigheten.se*
<http://www.energimyndigheten.se/sv/Hushall/Tester/Testresultat/FTX-aggregat-hus-med-190-m-boyta/?tab=3> (2010-03-28)
- Energimärkning (2010) <http://www.dolceta.eu/sverige/Mod3/spip.php?article267> (2010-05-05)
- Fakta om värmepumpar och anläggningar (2010) <http://www.svepinform.se/varmepumpar/>
 (2010-02-28)
- FEBY (2009) Kravspecifikation för passivhus. *www.energieffektivbyggnader.se*.
http://www.energieffektivbyggnader.se/download/18.712fb31f12497ed09a58000142/Kravspecifikation_Passivhus_version_2009_oktober.pdf (2010-05-18)
- FEBY (2009) Kravspecifikation för minienenergihus. *www.energieffektivbyggnader.se*.
http://www.energieffektivbyggnader.se/download/18.712fb31f12497ed09a58000141/Kravspecifikation_Minienenergihus_version_2009_oktober.pdf (2010-05-18)
- Fortum (2010). Starta din egen elproduktion. *fortum.se*
http://www.fortum.com/gallery/pdf/fd/egen_elproduktion/mikroprod_produkblad_ver2.pdf (2010-05-19)
- Fredriksson, P. (2010) Plusenergihus producerar mer. *Allt om bostad*, 6 september
http://www.alltombostad.se/Bygg/_Artiklar_Bygg/Plusenergihus-producerar-mer/ (2010-05-08)
- Göteborg Energi AB (2010a) Fjärrvärmen är miljöklok. *goteborgenergi.se*.
http://www.goteborgenergi.se/Privat_Fjarrvarme_Miljo_DXNI-2345_.aspx (2010-05-12)
- Göteborg Energi AB (2010b) Vad är fjärrvärme. *goteborgenergi.se*.
http://www.goteborgenergi.se/Privat_Fjarrvarme_Mer_om_fjarrvarme_DXNI-2282_.aspx (2010-05-12)
- Göteborg energi AB. (2010c) Erbjudande och priser på fjärrvärme för privatpersoner. *goteborgenergi.se*
http://www.goteborgenergi.se/Privat_Fjarrvarme_Erbjudanden_och_priser_i_Goteborg_och_Partille_DXNI-2214_.aspx (2010-05-07)
- Göransson, A och Wahlström, Å (2010). Tjugo russin från ELAN-kakan. *energy-management.se*
http://www.energy-management.se/attachments/documents/82/elan_slutsatser_russin.pdf (2010-05-19)
- Hindersson, P. (2008) Byggindustrins Sifo: Så vill svensken bo. *Byggindustrin*, 3 april
<http://www.byggindustrin.com/Templates/Default.aspx?pid=5042> (2010-05-04)
- Hållén, J. (2010) Så går huset med plus. *Ny teknik*, 10 mars
http://www.nyteknik.se/nyheter/energi_miljo/energi/article742098.ece (2010-03-15)
- Kungliga ingenjörsvetenskapsakademien, IVA (2002) Överföring och lagring av energi. *iva.se*
http://www.iva.se/upload/Verksamhet/Projekt/Energiframsyn/Overfor_O_lagring%20komplett3.pdf (2010-05-19)

- Lind, Fredrik. (2009) Lagring av solvärme ger energisnåla hus. *Härryda-posten*.
http://www.harrydaposten.se/nyhet_visa.asp?id=168 (2010-05-07)
- Malmström, Sten. (2010) Huset som står på värmelagret. *Länsstyrelsen i Jönköpings län*.
http://www.lansstyrelsen.se/jonkoping/amnen/Lantbruk/Forvetet/forvetet_2010/nummer_1_2010/varmelagret.htm (2010-05-05).
- Paroc AB (2007) Kyotopyramiden: Grunden till Energiklokt hus – att minimera energiförbrukningen *press.perspective.se*
<http://press.perspective.se/filer/1/4kyoto.pdf> (2010-04-09).
- Regelsamling för byggande, BBR 2008 Supplement februari 2009, 9 Energihushållning (2009) http://www.boverket.se/Global/Bygga_o_forvalta/Dokument/Bygg-%20och%20konstruktionsregler/BBR_avsnitt_9/bbr_16_Suppl_Avsnitt_9_lasanvisning.pdf (2010-05-05)
- Regeringen (2010), Nytt investeringsstöd för solceller. *regeringen.se*
<http://www.sweden.gov.se/sb/d/11999/a/128177> (2010-05-20)
- Rockwool AB. (2010a) Tekniska lösningar: Villa Åkarp. *rockwool.se*
<http://www.rockwool.se/inspiration/villa+%c3%a5karp/tekniska+l%c3%b6sningar> (2010-05-08)
- Rockwool AB. (2010b) Plusenergihus skonar både miljö och plånbok. *rockwool.se*
<http://www.rockwool.se/inspiration/villa+%c3%a5karp/plusenergihus+skonar+b%c3%a5de+milj%c3%b6+och+pl%c3%a5nbok> (2010-04-10).
- Röhne, Jan (2009) Solceller "för" framgångsrikt i Tyskland. *miljoaktuellt.se*
<http://miljoaktuellt.idg.se/2.1845/1.264300/solceller-for-framgangsrikt-i-tyskland> (2010-05-19)
- SCB, Energimyndighetens bearbetning (2006). Energiläget 2006. *energimyndigheten.se*
<http://213.115.22.116/System/ViewResource.aspx?p=Energimyndigheten&rl=default/Resources/Permanent/StorageItem/fab1e3f6ed5540d9ae684c860a5ccb5b/1861.pdf> (2010-05-19)
- StruSoft AB (2010). VIP+. *vip.strusoft.com*
http://vip.strusoft.com/index.php?option=com_content&task=view&id=15&lang=sv (2010-05-19)
- Thermia (2010) Så här fungerar värmepumpen. *thermia.se*
<http://www.thermia.se/varmepump/sa-har-fungerar-en-varmepump.asp> (2010-03-04)
- Vattenfall AB (2010) Energi från vatten. *vattenfall.se*
http://www.vattenfall.se/www/vf_se/vf_se/518304omxva/526164energ/527784vatte/index.jsp (2010-05-19)

Tidskriftsartiklar

- Bengtsson, S. (2010) Heta "Energihus". *Energimagasinet*, nr 1, ss. 16-18.
- Linde, A. (2010) Fjärrvärme i Passivhus. *Nyhetsbrev – Passivhuscentrum*, nr 7, ss 7.
- Svensson, B. (2010) Husen med fri värme. *Göteborgs Posten* 8 februari
- Wall, M. (2008) Lågenergihus – en flora av begrepp. *VVS – forum*, april 2008, ss 34 – 35.

Föreläsningar och seminarier

Fahlén, P. red. (2010) *Chalmers Energicentrum: Värmepumpar i praktiken*, 25 februari, 2010, Göteborg

Mjörnell, K. red. (2010) *Byggcentrum – Energidagen*. 11 mars, 2010, Göteborg

Åkeson, L. red. (2010) *Chalmers Energicentrum: Gör din egen el*, 18 mars, 2010, Göteborg

Muntliga källor

Eek, H. (Arkitekt, Passivhuscentrum) intervjuades av författare den 8 mars 2010.

Fahlén, P. (Professor i Installationsteknik, Chalmers) intervjuades av författare den 15 mars 2010.

Hagentoft, C-E. (Professor i byggnadsfysik, Chalmers) samtal med författarna den 4 april 2010.

Holmquist, L. (Göteborg Energi AB) intervjuades av författarna den 15 mars 2010.

Lundgren, K (Inköps- och miljöchef, bostadsbolaget Förbo) intervjuades av författare den 5 mars 2010.

Böcker

Abel, E, Elmroth, A. (2006) *Byggnaden som system*. Stockholm: Forskningsrådet Formas. ISBN 91-540-5974-1

Boverket (2003) *Termiska beräkningar – rumsklimat, värmeisolering, transmissionsförluster och omfördelningsberäkning*. Karlskrona: Boverket. ISBN 91-7147-770-5.

Petersson, B-Å. (2007) *Tillämpad byggnadsfysik*. Lund: Studentlitteratur. ISBN 978-91-44-04886-4.

Examensarbete

Lindberg, J, Persson, F. (2010) *Utvärdering av solfångare kopplade till fjärrvärme*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola. (Examensarbete inom Institutionen för Tillämpad mekanik).

Programvara

VIP+ 4.1.000

Figurer

Figur 1

Passivhuscentrum (2010)

http://passivhuscentrum.se/fileadmin/bilder/sidbilder/WebIllustration_SV.pdf (2010-06-01)

Figur 2

Thermia (2010) Så här fungerar värmepumpen. *thermia.se*

<http://www.thermia.se/varmepump/sa-har-fungerar-en-varmepump.asp> (2010-03-04)

Figur 3

Energimyndigheten. (2007a) Bergvärme. *energimyndigheten.se*
<http://www.energimyndigheten.se/sv/Hushall/Din-uppvarmning/Varmepump/Bergvarme/>
(2010-03-01)

Figur 4

Energimyndigheten (2007b) FTX-system. *energimyndigheten.se*
<http://www.energimyndigheten.se/sv/Hushall/Din-ovriga-energianvandning-i-hemmet/Ventilation/FTX-system/> (2010-03-28)

Figur 5

Energimyndigheten (2007c) Solvärme. *energimyndigheten.se*.
<http://energimyndigheten.se/sv/Hushall/Din-uppvarmning/Solvarme/> (2010-05-04).

Figur 6

Paroc AB (2007) Kyotopyramiden: Grunden till Energiklokt hus – att minimera energiförbrukningen *press.perspective.se*
<http://press.perspective.se/filer/1/4kyoto.pdf> (2010-04-09).

Figur 7

Åsa Palm et al, 2010

Figur 8

Hållén, J. (2010) Så går huset med plus. *Ny teknik*, 10 mars
http://www.nyteknik.se/nyheter/energi_miljo/energi/article742098.ece (2010-03-15)

Bilaga 1: Frågor till elbolag

Nedanstående frågor skickades till E-on, Fortum och Vattenfall som valdes ut på grund av deras storlek på marknaden. Vattenfall avstod från att svara på frågorna medan E-on och Fortum gav utförliga och hjälpsamma svar.

1. Hur ser ni på att ta emot el producerad av privata solcells- eller vindkraftsanläggningar?
2. Kan ni tänka er att betala för sådan el? Alternativt ge tillbaka elen vid behov i form av någon slags ihoptjänad kredit?
3. Om ni skulle vara tvungna att ta emot el (Genom lagändring) från privata producenter, anser ni att ni skulle förlora på det eller skulle det kunna gynna er på något vis?
4. Vad är er inställning till nettomätare? Har man rätt att installera en sådan som kund hos er?
5. Om man är ansluten som producent hos er, måste man mäta produktionen per timme? Är det ni som utför mätningen och vad kostar det för kunden?
6. Tittar ni på möjligheter för långtidslagring av energi? Dvs, en lösning på problematiken att vi i Sverige kan få ut mer energi i perioder där vi behöver mindre.
7. Hur ser er framtidstro ut för denna utveckling?

Fortum svarar genom Remy Gustafson enligt följande:

1. Inga problem. Vi behöver en kontakt med den som installerar en sådan anläggning för att säkerställa vissa elfunktionella krav, samt att vi kostnadsfritt byter kundens mätare som motsvarar kraven för både produktion och konsumtion. När det gäller att sälja den producerade elen till en elhandlare kan det vara knepigare. Beroende på volym, så varierar intresset. Fortum jobbar på att få till en effektiv tjänst som möjliggör för de småskaliga producenterna att kunna sälja sin el. De flesta i denna grupp installerar produktionsanläggningen för sin egen förbrukning, och därmed minska kostnaden för den el som kommer från det externa nätet.

2. Ja. Du får betalt från två-tre håll, beroende på storlek på produktionsanläggning. A) Från oss på nätbolaget för att den inmatade elen på vårt nät bl.a. minskar våra förluster. Denna del är dock mycket liten i förhållande till övriga. B) Från elbolaget, elhandlaren, som baserar sitt pris utifrån Nordpools priser. C) samt ev. från certifikatsdelen.

3. A) Vi på distribution ser inte detta som ett måste, mer som en utmaning att få till en effektiv hantering som tillgodoser båda parter krav. B) Elhandlarna verkar ha det lite kärvare att få till en bra lösning, men vad jag vet jobbas det intensivt på detta.

När det gäller spekulationen kring lagkravet, och vi skulle via lagstiftning "tvingas" köpa el från de mindre producenterna och detta skulle visa sej öka våra kostnader, får vi via vår reglering lägga ut denna kostnadsökning på det övriga kundkollektivet, men vi hoppas få till en lösning innan myndigheterna sätter blåslampan på oss. Vi har redan gått längre. Kolla bifogat produktblad.

4. Vi har inget som kallas nettomätare. Vi måste först bena isär benämningen "netto". Om det betyder att producera vid ett tillfälle för att nyttiggöra vid ett senare tillfälle, har vi ingen sådan produkt. Den mätare vi sätter upp mäter den energi som går i båda riktningarna vid anslutningspunkten, konsumtion och produktion, beroende på vilken som är störst vid tillfället.

5. Den mätare vi sätter upp mäter per timma, och uppsättningen är kostnadsfri. Vi utför mätningen, hantering och rapportering kring mätning och mätvärdet. Idag får du tillgång kostnadsfritt till vårt Energikonto där du kan följa produktionen per timma via siffror och grafer, samt laborera i Excel.

6. El produceras samtidigt som den konsumeras. Att lagra energi i form av el är idag inte möjligt i den utsträckning jag tror ni menar. Idag är, vad jag ser, vattenkraften den som bäst kan lagra energi, dvs spara på vatten i magasinet för att kunna snabbt producera när behoven är som störst.

7. Vi jobbar intensivt på olika alternativa lösningar inom ramen för det regelverk som ibland bakbinder oss för att kunna möta kundens krav. Marknaden är uppdelad i de tre delarna som jag nämnde tidigare och än så länge råder nästan vattentäta skott oss emellan, men vi gör vad vi kan för att hjälpa till att driva utvecklingen framåt, allt för att få till en hållbar utveckling både för oss och kommande generationer.

E-on svarar genom Elin Lund enligt följande:

1. Positiva, vi har redan idag koncept för att enkelt ansluta privata solceller och vindkraftsanläggningar.
2. Som nätbolag E.ON Elnät är vi ett distributionsföretag som distribuerar dvs. överför el. Vilket är en reglerad marknad där vi inte alls handlar med el. Handel med el är idag en avreglerad marknad och allt uppköp av el sker idag via handelsbolagen eller balansansvarig. Att vi som nätbolag skulle börja köpa el går emot den avreglering av elmarknaden som vi genomfört och som fungerar väl idag. Som mindre privat producent kan du som marknaden ser ut idag sälja ditt överskott till ett handelsbolag. Som exempel har vi inom vår koncern e.on försäljning som bla. köper upp el av små privata producenter. Däremot talas det ofta om nettodebitering gällande småskaligkraft detta är något vi ställer oss bakom (dvs. kvittning).
3. Vi ställer oss som sagt positiva till nettodebitering där man kvittar elen under olika tidpunkter, detta innebär att det man producerar in på nätet värdes lika med den el som tas ut. I Tyskland har man något som kallas inmatningstariffer vilket innebär att nätbolagen betalar för elen ungefär 2-3 ggr så högt pris som marknadspriset. Detta är något som kan införas utan en lagändring i Sverige eftersom den typen av system går emot regleringen som den ser ut idag. Detta form av styrmedel är något vi utrett konsekvenserna av internt, och jag kan därför inte uttala mig om vilka konsekvenser det skulle få för oss. Från myndigheternas sida så är nettodebitering det styrmedel som är mest aktuellt på sikt och det område man nu utreder från energimarknadsinspektionens sida.
4. Våra mätare som vi sätter upp hos små producenter idag är s.k. dubbelriktade mätare som skulle kunna användas för nettodebitering. Däremot är nettodebitering inte tillåtet i dagsläget enligt gällande regelverk och i väntan på energimarknadsinspektionens utredning inom området som ska vara klar i oktober så får vi avvakta på att införa ett sådant debiteringssystem. Som jag nämnde innan är det viktigt att vi som stor reglerad verksamhet följer de regelverk som finns för nätbolag.
5. Om du vill delta i elhandel (dvs. sälja överskotts el som du ej använder själv) måste du mäta per timme. Det kostar 1500 kr + moms. Från 1/4 så slipper du denna avgift (dvs, 0 kr) om du producerar mindre el än du konsumerar från elnätet per årsbasis. (lagändring som ni kan läsa mer om gäller för max 63 A säkring). Vi har även en kategori för kunder som är s.k. egenproducenter där vi endast mäter per månad. Detta är för kunder som endast producerar för att täcka det egna husbehovet och inte är intresserad av att sälja elen. Detta kostar självklart inget extra.
6. Ja inom koncernen bedriver vi projekt där vi tittar på lagring av energi vilket kan komma att bli en viktig lösning för att öka flexibiliteten på användarsidan i framtiden.
7. Inget svar

Bilaga 2: Överslagsberäkningar

De båda byggmodellerna, passivhus och konventionellt hus, utgår från samma referensbyggnad och har många parametrar gemensamt. Dessa redovisas först och sedan följer transmissionsförluster och luftläckage för var och en av modellerna.

En byggnads energibalans beskrivs av följande ekvation:

$$Q_{tot} = Q_{trans} + Q_v + Q_{ov} + Q_{tvv} + W_{f.el} + W_{h.el} - Q_{sol} - Q_{pers} - Q_{åv} - Q_{tillsk}$$

Ventilationsförluster, Q_v

Ventilation, V : 0,35 l/s, m^2 BBRs minimikrav på ventilation i bostäder (Abel, 2006)

A_{temp} : 486 m^2

Luftens densitet, ρ_l : 1,2 kg/m^3

Luftens värmekapacitet, C_{pl} : 1,0 $kJ/kg^\circ C$

$V=0,35 \cdot 486=170$ l/s= $0,17$ m^3/s

$t_i=21^\circ C$

t_e = månadsmedeltemperaturen i $^\circ C$

$$Q_v = V \cdot \rho_l \cdot C_{pl} \cdot (t_i - t_e)$$

De uträknade ventilationsförlusterna redovisas i sammanställningen i kapitel 4.1.

Värmeåtervinning

Verkningsgraden för värmeåtervinningen antas vara 85% (Hagentoft, 2010). Därför är endast 15 % av de uträknade ventilationsförlusterna medtagna i sammanställningen för byggnadens värmebehov.

Solinstrålning, Q_{sol}

Solinstrålningens intensitet en molnfri sommardag uppskattas till 1000 W/m^2 . Ett flertal faktorer reducerar sedan detta värde beroende på geografisk plats, fönstertyp och olika solskydd på byggnaden. Varje glasruta har en reduktionsfaktor på 0,89, vilket för ett treglasfönster ger en reduktionsfaktor på $0,89^3=0,7$ (Abel, 2006).

För att ta hänsyn till moln som hindrar solinstrålningen beräknas en molnfaktor för platsen, i detta fall Göteborg. I tabell 1 visas molnfaktor för klara, mulna och halvklara dagar. Med hjälp av dessa värden kan en medelmolnfaktor räknas fram på följande vis.

$$\text{Medelmolnfaktor} = (\sum \text{molnfaktor} \cdot \text{dagar}) / 365 = (1,0 \cdot 57 + 0,25 \cdot 173,4 + 0,65 \cdot 134,6) / 365 = 0,51$$

Tabell 1. Molnfaktor och antal klara, mulna och halvklara dagar i Göteborg.

	Molnfaktor	Dagar/år
Klara dagar	1,0	57
Mulna dagar	0,25	173,4
Halvklara dagar	0,65	134,6

Fönstertyp, molnfaktor och solskydd är bara några parametrar som påverkar solinstrålningen. Själva uträkningen är komplicerad då solen vandrar över himlen och få värden kan antas vara konstanta. Därför har värden på solinstrålningen tagits från de energiberäkningar som gjorts på modellerna i VIP+. De redovisas i tabell 14 och 15 i kapitel 4.1.

Personvärme, Q_{pers}

För energi från personer i bostaden kan ett schablonvärde på 1W/m^2 användas (Boverket, 2003)

$$1 \cdot 486 = 486 \text{ W}$$

$$Q_{\text{pers}} = 486 \cdot 8760 = 4257 \text{ kWh/år}$$

Hushållsel, W_h

$1040 \text{ kWh}/(\text{år, hushåll}) + 300 \text{ kWh}/(\text{år, person})$ (FEBY, kravspecifikation för passivhus, 2009)

$$W_h = 1040 \cdot 8 + 300 \cdot 16 = 13120 \text{ kWh/år}$$

Hushållselen antas vara jämnt fördelad över året.

Fastighetsel, W_f

Specific fan power, SFP för ventilationsaggregatet har enligt FEBY:s rekommendationer satts till $1,5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$

$$W_{\text{fl}} = \text{SFP} \cdot V_v = 1,5 \cdot 0,17 = 0,255 \text{ kW}$$

$$\text{Timmar/år} = 8760$$

$$8760 \cdot 0,255 = 2234 \text{ kWh/år}$$

Förutom fläkt för ventilation tillkommer utomhusbelysning m.m. till fastighetselen. Rekommenderad åtgång från FEBY är $<10 \text{ kWh}/(\text{m}^2, \text{år})$ för flerbostadshus.

$$W_f = 10 \cdot 486 = 4860 \text{ kWh/år}$$

Tappvarmvatten, Q_{vv}

$V_{\text{vv}} = 18 \text{ m}^3/(\text{år, person})$ (FEBY, kravspecifikation för passivhus, 2009)

$$18 \cdot 16 = 288 \text{ m}^3/\text{år}$$

$Q_{\text{vv}} = V_{\text{vv}} \cdot 55 / \text{Atemp} \text{ kWh}/\text{m}^2$ (FEBY, kravspecifikation för passivhus, 2009)

$$Q_{\text{vv}} = 288 \cdot 55 = 15840 \text{ kWh/år}$$

Förbrukningen av varmvatten är inte konstant över året. Enligt FEBY ser fördelningen månadsvis ut som i tabell 2.

Tabell 2. Månadsvis fördelning av tappvarmvattenförbrukning. Källa: FEBY, 2009.

Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
1,13	1,16	1,13	1,09	0,89	0,84	0,71	0,74	0,94	1,09	1,13	1,15

Energiåtgången månadsvis för tappvarmvatten redovisas i tabell 14 och 15 i kapitel 4.1.

Spillvärme, $Q_{\text{tillsk.}}$

70-80 % av hushållselen och 20 % av tappvarmvattnet kan tillgodogöras som spillvärme då värmebehov finns (Petersson, 2007).

$$Q_{\text{tillsk.h}} = 0,75 \cdot 13120 = 9840 \text{ kWh/år}$$

$$Q_{\text{tillsk.vv}} = 0,20 \cdot 15840 = 3168 \text{ kWh/år}$$

$$Q_{\text{tillsk.}} = 9849 + 3168 = 13008 \text{ kWh/år}$$

Spillvärmens antas vara jämt fördelad över året.

Konventionellt hus

Nedan följer beräkningar gjorda med förutsättningar enligt konventionell standard. Resultaten redovisas i sammanställningen i tabell 14 och 15 i kapitel 4.1.

Transmissionsförluster, $Q_{\text{trans.k}}$

Areor

Bottenplatta: 279 m²

Tak: 279 m²

Fönster och dörrar: 100,5 m²

Väggareor exklusive fönster och dörrar

Vägg totalt: 434,7 m²

Vägg söder: 197,4 m²

Vägg norr: 197,4 m²

Vägg öster: 28,1 m²

Vägg väster: 11,8 m²

$$R_{\text{vägg}} = R_{\text{si}} + \Sigma d/\lambda + R_{\text{se}}$$

$$Q_{\text{trans.k}} = (\Sigma U \cdot A + \Sigma \Psi \cdot L (t_i - t_e))$$

I tabellerna 3 och 4 visas värdena för $U \cdot A$ respektive $\Psi \cdot L$.

$$R_{\text{vägg}} = 0,04 + 0,013/0,130 + 0,013/0,065 + 0,220/0,041 + 0,013/0,220 + 0,13 = 5,88 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U_{\text{vägg}} = 1/R_{\text{vägg}} = 1/5,88 = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R_{\text{tak}} = 0,04 + 0,02/0,13 + 0,003/0,065 + 0,4/0,04 + 0,013/0,22 + 0,13 = 10,43 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U_{\text{tak}} = 1/R_{\text{tak}} = 1/10,43 = 0,0959 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R_{\text{b.pl.}} = 0,13 + 0,1/1,7 + 0,2/0,04 + 0,15/1,4 = 5,296 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U_{\text{b.pl.}} = 1/R_{\text{b.pl.}} = 1/5,296 = 0,189 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Tabell 3. U-värde och area för byggnadsdelar i konventionellt hus.

	U, W/(m ² , °C)	A, m ²	U · A, W/°C
Vägg	0,17	434,7	73,9
Tak	0,0959	279	26,8
Bottenplatta	0,189	279	52,7
Fönster, dörr	1,2	100,5	120,6
Summa		1 093,2	274,0

Tabell 4. Linjära köldbryggor i konventionellt hus.

	Ψ (W/m, °C)*	L (m)	Ψ · L (W/°C)
Vägg-vägg	0,04	28	1,12
Vägg-tak	0,03	76,5	2,295
Vägg-platta	0,16	76,5	12,24
Vägg-bjälklag	0,02	76,5	1,53
Summa	0,25	257,5	17,185

*Schablonvärden ur Petersson, 2007.

Luftläckage, $Q_{\text{läck}}$.

Luftläckage, V: 0,8 l/s, m² vid tryck +/- 50 Pa

Omslutningsarean, A_{omsl.}: 1093 m²

Luftens densitet, ρ_l: 1,2 kg/m³

Luftens värmekapacitet, C_{pl}: 1,0 kJ/kg°C

V=0,8·1093==0,87 m³/s

t_i=21°C

t_e= månadsmedeltemperaturen i °C

$$Q_{\text{läck}} = V \cdot \rho_l \cdot C_{pl} \cdot (t_i - t_e)$$

Det verkliga luftläckaget i en byggnad kan antas vara fyra procent av läckaget vid 50 Pa tryckdifferens (Petersson, 2007).

Passivhus

Här följer beräkningar gjorda med förutsättningar enligt passivhusstandard. Resultaten redovisas i sammanställningen i tabell 14 och 15 i kapitel 4.1.

Transmissionsförluster, $Q_{\text{trans,p}}$

Areor

Bottenplatta: 279 m²

Tak: 279 m²

Fönster och dörrar: 100,5 m²

Väggareor exklusive fönster och dörrar

Vägg totalt: 434,7 m²

Vägg söder: 197,4 m²

Vägg norr: 197,4 m²

Vägg öster: 28,1 m²

Vägg väster: 11,8 m²

$$R_{\text{vägg}} = R_{\text{si}} + \Sigma d/\lambda + R_{\text{se}}$$

$$Q_{\text{trans,k}} = \Sigma U \cdot A + \Sigma \Psi \cdot L (t_i - t_e)$$

I tabellerna 5 och 6 visas värdena för $U \cdot A$ respektive $\Psi \cdot L$.

$$R_{\text{vägg}} = 0,04 + 0,013/0,130 + 0,013/0,065 + 0,360/0,041 + 0,013/0,220 + 0,13 = 9,31 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U_{\text{vägg}} = 1/R_{\text{vägg}} = 1/9,31 = 0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R_{\text{tak}} = 0,04 + 0,02/0,13 + 0,003/0,065 + 0,4/0,04 + 0,013/0,22 + 0,13 = 12,80 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U_{\text{tak}} = 1/R_{\text{tak}} = 1/12,80 = 0,078 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R_{\text{b,pl.}} = 0,13 + 0,1/1,7 + 0,2/0,04 + 0,15/1,4 = 7,80 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U_{\text{b,pl.}} = 1/R_{\text{b,pl.}} = 1/7,80 = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Tabell 5. U-värde och area för byggnadsdelar i passivhus.

	U (W/m ² , °C)	A (m ²)	U · A, W/°C
Vägg	0,11	434,7	47,8
Tak	0,078	279	21,8
Bottenplatta	0,13	279	36,3
Fönster, dörr	0,9	100,5	90,5
Summa		1 093,2	196,3

Tabell 6. Linjära köldbryggor i passivhus.

	Ψ (W/mK)*	L (m)	$\Psi \cdot L$ (W/°C)
Vägg-vägg	0,03	28	0,84
Vägg-tak	0,02	76,5	1,53
Vägg-platta	0,04	76,5	10,71
Vägg-bjälklag	0,01	76,5	0,765
Summa	0,2	257,5	13,85

*Schablonvärden ur Petersson, 2007.

Luftläckage, $Q_{\text{läck}}$.

Luftläckage, V: 0,3 l/s, m² vid tryck +/- 50 Pa

Omslutningsarean, $A_{\text{omsl.}}$: 1093 m²

Luftens densitet, ρ_l : 1,2 kg/m³

Luftens värmekapacitet, C_{pl} : 1,0 kJ/kg°C

$V=0,3 \cdot 1093=0,33$ m³/s

$t_i=21$ °C

t_e = månadsmedeltemperaturen i °C

$$Q_{\text{läck}} = V \cdot \rho_l \cdot C_{pl} \cdot (t_i - t_e)$$

Det verkliga luftläckaget i en byggnad kan antas vara fyra procent av läckaget vid 50 Pa tryckdifferens (Petersson, 2007).

Bilaga 3: Resultat VIP+

Projekt: Alternativ 1. Passivhus fjärrvärme
 Beskrivning: Examensarbete 2010
 Utfört av: Ramböll Sverige AB
 Projektfil: C:\Documents and Settings\guestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternativ1.VIP

Datum: 2010-04-06

Sign: AÅP

Företag: **RAMBÖLL**

KOMMENTARER

Utgår från Förbos plusvärmehus i Lerum.

Fjärrvärme täcker uppvärmning och tappvarmvatten.

INDATA

Allmänt

Beräkningsdatum	2010-05-27 (11:05:56)
Beräkningsperiod - Dag	1 - 365
Klimatdata	GÖTEBORG
Latitud	57.8 grader
Klimatzon BBR12	SÖDER
Solreflektion från mark	20.00 %
Vindhastighet	70.00 % av klimatdata
Lufttryck	1000 hPa
Horisontvinkel mot markplan	S:0 SV:0 V:0 NV:3 N:38 NO:3 O:6 SO:0 °
Formfaktor för vindtryck	S:-0.60 SV:0.70 V:0.70 NV:0.70 N:-0.60 NO:-0.60 O:-0.50 SO:-0.60 TAK:0.00
Vridning av byggnad	20 °
Verksamhetstyp	Bostad
Antal lägenheter	8
Ventilationsvolym	0.0 [m³]
Uppvärmd bruksarea enl SS021052	486.0 [m²]
Markegenskap Värmeledningstal:	1.4 [W/m²K]
Lera, dränerad sand , dränerat grus.	

Energipriser

Pris-grupp	Vecko-dagar	Dag-nummer	Tid	Värmeför-sörjning kr/kWh	Process-energi kr/kWh	Elför-sörjning kr/kWh	Fjärr-kyla kr/kWh
1-TAXA	MÅND-SÖND	1 - 365	0 - 24	1.00	1.00	1.00	0.00

Aktuellt Hus

Byggdelstyper 1-dimensionella - Katalog

Byggdelstyp	Material Från utsida till insida	Skikt-tjocklek m	Värme-ledningstal W/m²C	Densitet kg/m³	Värme-kapacitet J/kg°C	U-värde W/m²°C	Delta-U-värde W/m²°C	Luftläck. q50 l/s,m²
Förbo Vägg	TRÄ-13	0.013	0.130	500	2500	0.106	0.010	0.30
	ASFABOARD	0.013	0.065	400	1170			
	REGLAR600	0.070	0.041	55	845			
	REGLAR600	0.195	0.041	55	845			
	REGLAR600	0.095	0.041	55	845			
Förbo Tak	GIPSSKIVA	0.013	0.220	900	1100			
	TRÄ-13	0.020	0.130	500	2500	0.079	0.010	0.30
	ASFABOARD	0.003	0.065	400	1170			
	REGLAR1200	0.450	0.040	68	900			
	REGLAR600	0.045	0.041	55	845			
Förbo Plattamark	GIPSSKIVA	0.013	0.220	900	1100			
	DRÄN.GRUS	0.150	1.400	1800	1000	0.128	0.010	0.30
	CELLPLAST1	0.100	0.040	20	1400			
	CELLPLAST1	0.100	0.040	20	1400			

Projekt: Alternativ 1. Passivhus fjärrvärme
 Beskrivning: Examensarbete 2010
 Utfört av: Ramböll Sverige AB
 Projektfil: C:\Documents and Settings\guestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternativ1.VIP

Datum: 2010-04-06

Sign: AÅP

Företag: RAMBÖLL

Bygghugdelstyper 1-dimensionella - Katalog

Bygghugdelstyp	Material Från utsida till insida	Skikt- tjocklek m	Värme- ledningstal W/m°C	Densitet kg/m³	Värme- kapacitet J/kg°C	U-värde W/m²°C	Delta- U-värde W/m²°C	Luftläck. q50 l/s,m²
	CELLPLAST1	0.100	0.040	20	1400			
	BETONG	0.100	1.700	2300	800			

Bygghugdelstyper 2-dimensionella - Katalog

Bygghugdelstyp	Ekv.- skikt- tjocklek m	Värme- lednings- tal W/m²°C	Densitet kg/m³	Värme- kapacitet J/kg°C	Psi- värde W/m	Bredd m	U-värde W/m²°C	Luftläck. q50 l/s,m²
YHÖRN FÖRBO	0.00	0.000	0.0	0	0.043	0.400	0.213	0.30
Förbo bjälk	0.00	0.000	0.0	0	0.008	0.600	0.120	0.00
Förbo takhörn	0.00	0.000	0.0	0	0.012	0.400	0.137	0.30
Förbo plattavägg	0.00	0.000	0.0	0	0.069	2.000	0.162	0.30
Förbo platvägg2	0.00	0.000	0.0	0	0.154	2.000	0.183	0.30
Förbo takhörn 2	0.00	0.000	0.0	0	0.023	0.400	0.137	0.30

Bygghugdelar - Väggar, bjälklag

Benämning	Bygghugdelstyp	Orien- tering	Mängd Area m² Längd m Antal st	Sol- absorb- tion %	Lägsta nivå m	Högsta nivå m	Angräns- ande temp °C	Andel av effekt- behov %	U-värde med mark och D-U W/m²°C	Psi-värde W/m°C
	Förbo Vagg	ÖSTER	158.7m²	70.0	0.0	2.5		0	0.116	
	Förbo Vagg	VÄSTER	142.4m²	70.0	0.0	2.5		0	0.116	
	Förbo Vagg	NORR	78.4m²	70.0	0.0	2.5		0	0.116	
	Förbo Vagg	SÖDER	58.4m²	70.0	0.0	2.5		0	0.116	
	Förbo Plattamark	PPM 0-1 m	72.9m²	70.0	0.0	0.0		0	0.121	
	Förbo Plattamark	PPM 1-6 m	211.6m²	70.0	0.0	0.0		0	0.097	
	Förbo Tak	TAK	284.5m²	70.0	2.5	2.5		0	0.089	
	YHÖRN FÖRBO	SÖDER	14.0m	70.0	0.0	0.0		0		0.043
	YHÖRN FÖRBO	NORR	14.0m	70.0	0.0	0.0		0		0.043
	Förbo takhörn	NORR	28.4m	70.0	0.0	0.0		0		0.012
	Förbo takhörn 2	SÖDER	28.4m	70.0	0.0	0.0		0		0.023
	Förbo takhörn	VÄSTER	9.8m	70.0	0.0	0.0		0		0.012
	Förbo takhörn 2	ÖSTER	9.8m	70.0	0.0	0.0		0		0.023
	Förbo plattavägg	VÄSTER	9.8m	70.0	0.0	0.0		0		0.069
	Förbo plattavägg	ÖSTER	28.4m	70.0	0.0	0.0		0		0.069
	Förbo platvägg2	NORR	28.4m	70.0	0.0	0.0		0		0.154
	Förbo bjälk	SYDVÄST	76.5m	0.0	0.0	0.0		0		0.008
	Förbo platvägg2	SÖDER	9.8m	70.0	0.0	0.0		0		0.154

Solskyddstyper

Benämning	Gräns- temp. °C	Gräns- effekt W/m²	Reduk- tion av Total %	Reduk- tion av Direkt %	Vinkel Under- kant	Vinkel Över- kant	Vinkel Skärm 1 Sida 1	Vinkel Skärm 1 Sida 2	Vinkel Skärm 2 Sida 1	Vinkel Skärm 2 Sida 2	Högsta Vind- hastighet m/s
Persienn rumsregl	24.0	2000.0	80.0	80.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0

Projekt: Alternativ 1. Passivhus fjärrvärme
 Beskrivning: Examensarbete 2010
 Utfört av: Ramböll Sverige AB
 Projektfil: C:\Documents and Settings\guestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternativ1.VIP

Datum: 2010-04-06

Sign: AÅP

Företag: RAMBÖLL

Byggnadsdelar - Fönster, dörrar, ventiler

Benämning	Byggdeltyp	Orientering	Area m²	Glasandel %	Sol-transm. Total %	Sol transm. Direkt %	U-värde W/m²°C	Lägsta nivå m	Högsta nivå m	Luftläck. q50 l/s,m²	Sol-skydd
	Förbo Fönster	ÖSTER	22.1	80	53	43	0.90	0.0	2.5	0.30	Persienn rumsregl
	Förbo Ytterdörr	ÖSTER	18.4	0	0	0	0.90	0.0	2.5	0.30	
	Förbo Fönster	VÄSTER	38.4	80	53	43	0.90	0.0	2.5	0.30	Persienn rumsregl
	Förbo Glasdörr	VÄSTER	18.4	50	53	43	0.90	0.0	2.5	0.30	Persienn rumsregl
	Förbo Fönster	NORR	1.6	80	53	43	0.90	0.0	2.5	0.30	Persienn rumsregl
	Förbo Fönster	SÖDER	1.6	80	53	43	0.90	0.0	2.5	0.30	Persienn rumsregl

Driftdata

Driftfalls-benämning	Verksamhets-energi rumsluft W/m²	Verksamhets-energi rumsluft W/lgh	Verksamhets-energi extern W/m²	Fastighets-energi rumsluft W/m²	Fastighets-energi extern W/m²	Personvärme W/m²	Tappvarmvatten W/m²	Tappvarmvatten W/lgh	Högsta rums-temp °C	Lägsta rums-temp °C
BOST 21	2.00	200.00	1.00	0.00	0.00	1.00	2.05	205.00	27.00	21.00

Drifttider

Driftfalls-benämning	Veckodagar	Dagnummer	Tid
BOST 21	MÅND-SÖND	1 - 365	0 - 24

Ventilationsaggregat

Aggregat-benämning	Tilluft Fläkttryck Pa	Tilluft Verkn.gr %	Frånluft Fläkttryck Pa	Frånluft Verkn.gr %	Verkn.gr återvinning %	Lägsta tilluftstemp °C	Utetemp Driftp. L °C	Flöde Driftp. L %	Utetemp Driftp. H °C	Flöde Driftp. H %
Förbo FTX	600.00	60.00	700.00	60.00	80.00	18.00	-20.0	100	20.0	100

Ventilationsaggregat - Drifttider och flöden

Aggregat-benämning	Veckodagar	Tilluft l/s,m²	Frånluft l/s,m²	Startdag-Slutdag	Starttid-Sluttid
Förbo FTX	MÅND-SÖND	0.35	0.35	1 - 365	0 - 24

Installationssystem

ÖVRIGT

Krav finns på energisparåtgärder enligt BBR kap 9:3

El cirkumpump värmesystem 0.50 % av energiförsörjning till rum och luft

El cirkumpump värmesystem 75.00 % W

Lägsta dimensionerande utetemperatur för uppvärmning -100.0 °C

Högsta dimensionerande utetemperatur för komfortkyla 100.0 °C

Passiv kyla

Projekt: Alternativ 1. Passivhus fjärrvärme
 Beskrivning: Examensarbete 2010
 Utfört av: Ramböll Sverige AB
 Projektfil: C:\Documents and Settings\lguestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternativ1.VIP

Datum: 2010-04-06

Sign: AÅP

Företag: **RAMBÖLL**

RESULTAT

Detaljerat Resultat

Aktuellt hus med aktuell drift

Period	Avgiven energi kWh				Tillförd energi kWh									
	(23)	(24)	(21)	(28)	(22)	(27)	(20)	(19)	(29)	(18)	(25)	(45)	(33)	(34)
	Trans-mission	Luft-läck-age	Venti-lation	Spill-vatten	Passiv kyla	Sol-energi fönster	Åter-vinning vent.	Åter-vinning VP	Åter-vinning tappvv.	Sol-fång-are	Person-värme	Process-energi till rum	Värme-försörj-ning	Elför-sörj-ning
Mån 1	3343	526	3626	1961	0	252	2781	0	0	0	362	1914	3809	338
Mån 2	3002	475	3264	1772	0	486	2487	0	0	0	327	1728	3206	299
Mån 3	2910	442	3171	1961	0	906	2355	0	0	0	362	1914	2622	312
Mån 4	2428	343	2739	1898	0	1316	1724	0	0	0	350	1852	1937	268
Mån 5	1831	236	2151	1961	4	810	905	0	0	0	362	1914	1961	274
Mån 6	1401	178	1736	1898	196	601	411	0	0	0	350	1852	1898	265
Mån 7	1281	159	1651	1961	346	635	295	0	0	0	362	1914	1961	274
Mån 8	1356	159	1671	1961	173	440	359	0	0	0	362	1914	1961	274
Mån 9	1635	229	1940	1898	6	525	783	0	0	0	350	1852	1898	265
Mån 10	1992	279	2268	1961	0	625	1289	0	0	0	362	1914	1999	278
Mån 11	2431	373	2713	1898	0	356	1991	0	0	0	350	1852	2542	305
Mån 12	2992	448	3281	1961	0	200	2500	0	0	0	362	1914	3374	334
Summa	26602	3846	30210	23094	724	7152	17879	0	0	0	4257	22531	29169	3487

Nyckeltal

	Aktuellt hus	
	Aktuell drift	
Inre värmekapacitet	29.98	[Wh/m ² °C]
Yttre värmekapacitet	63.08	[Wh/m ² °C]
Medeltemperatur	21.00	[°C]
Medelvärde ventilation	0.35	l/s,m ²
Processenergi medel	6.29	[W/m ²]
Personvärme medel	1.00	[W/m ²]
Omslutningsarea	1107.30	[m ²]
Luftläckage vid 50 Pa	332.19	[l/s]
Invändigt tryck medel	-1.1	[Pa]
Specifik fläkteffekt	2.2	[kW/(m ³ /s)]
Omslutnings-/Golv-area	2.28	
Avvikelse krav lägsta rumstemp	0.00	°C

Jämförelse mot krav enligt BBR

	Aktuellt hus referensdrift	Aktuellt hus aktuell drift	Tillåtet värde	
Jämförelse mot BBR 10				
Fs-värde	0.132	0.151	0.291	W/m ² K
Tillåtet Fs-värde är 130 % av referenshusets medel: 0.224				
Uppvärmning	31639	32656	45491	kWh
Jämförelse mot BBR 12				
U-värde		0.188	0.500	W/m ² K
Energianvändning		67	110	kWh/m ²
Atemp: 486.0 m ²				

Projekt: Alternativ 1. Passivhus fjärrvärme
 Beskrivning: Examensarbete 2010
 Utfört av: Ramböll Sverige AB
 Projektfil: C:\Documents and Settings\lguestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternativ1.VIP

Datum: 2010-04-06

Sign: AÅP

Företag: RAMBÖLL

Jämförelse mot krav enligt BBR

	Aktuellt hus referensdrift	Aktuellt hus aktuell drift	Tillåtet värde	
Klimatzon BBR12	SÖDER			
Verksamhetstyp: / Bostad				
Jämförelse mot BBR 16				
U-värde		0.188	0.500	W/m²K
Energianvändning		67	110	kWh/m²
Atemp: 486.0 m²				
Klimatzon BBR16	III			
Verksamhetstyp: / Bostad				

Energibalans

	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m²
Avgiven energi		
(23)Transmission	26602	54.74
(24)Luftläckage	3846	7.91
(21)Ventilation	30210	62.16
(28)Spillvatten	23094	47.52
(22)Passiv kyla	724	1.49
Tillförd energi		
(27)Solenergi genom fönster	7152	14.72
(20)Återvinning ventilation	17879	36.79
(29)Återvinning till tappvarmvatten	0	0.00
(19)Återvinning värmepump	0	0.00
(18)Solfångare	0	0.00
(45)Processenergi till rum	22531	46.36
(25)Personvärme	4257	8.76
(34)Elförsörjning	3487	7.18
(33)Värmeförsörjning	29169	60.02

Specifikation av energiflöden

	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m²		Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m²
(33)VÄRMFÖRSÖRJNING	29169	60.02	(10)Cirk.pump solf.	0	0.00
(1)Ventilationsaggregat	419	0.86	(12)Cirk.pump kyla	0	0.00
(2)Värmesystem	5655	11.64	(11)Kylmaskin komfortkyla	0	0.00
(3)Tappvarmvatten	23094	47.52			
			(37)KONDENSORVÄRME	0	0.00
(47)BYGGNADENS KYLBEHOV	0	0.00	(4)Ventilationsaggregat	0	0.00
(48)Kylning i ventilationsaggregat	0	0.00	(5)Värmesystem	0	0.00
(49)Kylning i rumsluft	0	0.00	(6)Tappvarmvatten	0	0.00
(34)ELFÖRSÖRJNING	3487	7.18	(36)SOLFÅNGARVÄRME	0	0.00
(35)Värmepump	0	0.00	(7)Ventilationsaggregat	0	0.00
(14)Tilluftsfläktar	1490	3.07	(8)Värmesystem	0	0.00
(13)Frånluftsfläktar	1738	3.58	(9)Tappvarmvatten	0	0.00
(15)Cirk.pump värme	259	0.53			

Projekt: Alternativ 1. Passivhus fjärrvärme
 Beskrivning: Examensarbete 2010
 Utfört av: Ramböll Sverige AB
 Projektfil: C:\Documents and Settings\guestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternati
 v1.VIP

Datum: 2010-04-06

Sign: AÅP

Företag: RAMBÖLL

Specifikation av energiflöden

	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²		Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²
(26)PROCESSENERGI	26788	55.12			
(40)Verksamhetsenergi rumsluft	22531	46.36	(42)VENTILATIONSAGGREGAT	21526	44.29
(41)Verksamhetsenergi extern	4257	8.76	(43)VÄRMESYSTEM	5914	12.17
(39)Fastighetsenergi rumsluft	0	0.00	(44)TAPPVARMVATTEN	23094	47.52
(46)Fastighetsenergi extern	0	0.00			

Projektanpassad rapport

Benämning på sammanställning	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²	Benämning på sammanställning	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²
Värme till rum vent tvv	29169	60.02	Fastighetsel	1490	3.07
Elanvändning	30275	62.29			

Projektanpassad rapport, Specifikation

Värme till rum vent tvv=
 +1.000 x (1) Värmeförsörjning ventilation
 +1.000 x (2) Värmeförsörjning värmesystem
 +1.000 x (3) Värmeförsörjning tappvarmvatten

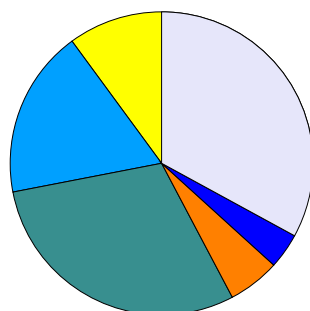
Elanvändning=
 +1.000 x (10) El cirkpump solfångare
 +1.000 x (13) El till frånluftsfläktar
 +1.000 x (14) El till tilluftsfläktar
 +1.000 x (15) El cirkpump värmesystem
 +1.000 x (26) Processenergi

Fastighetsel=
 +1.000 x (10) El cirkpump solfångare
 +1.000 x (12) El cirkpump kyla
 +1.000 x (14) El till tilluftsfläktar

Ekonomiresultat

	Referenshus Referensdrift	Aktuellt hus Referensdrift	Aktuellt hus Aktuell drift	
Processenergi	26788	26788	26788	kr
Fjärrkyla	0	0	0	kr
Elförsörjning	369	3453	3487	kr
Värmeförsörjning	45122	28186	29169	kr
TOTALT	72279	58427	59444	kr

Tillförd energi



Sol genom fönster (8%)
 Återvinning ventilation (21%)
 Återvinning värmepump (0%)
 Återvinning till tappvv (0%)
 Återvinning solfångare (0%)
 Processenergi rumsluft (27%)
 Personvärme (5%)
 Elförsörjning (4%)
 Värmeförsörjning (35%)

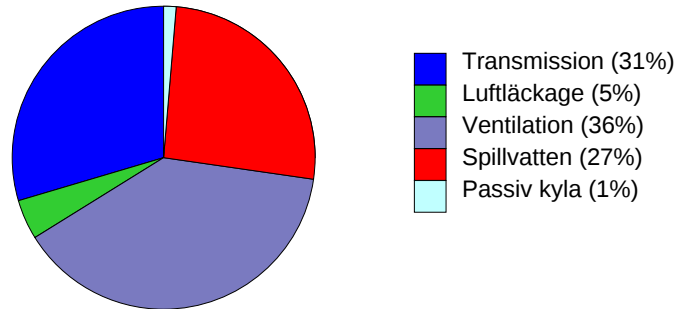
Projekt: Alternativ 1. Passivhus fjärrvärme
Beskrivning: Examensarbete 2010
Utfört av: Ramböll Sverige AB
Projektfil: C:\Documents and Settings\guestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternativ1.VIP

Datum: 2010-04-06

Sign: AÅP

Företag: **RAMBÖLL**

Avgiven energi



Projekt: Alternativ 2. Passivhus värmepump
 Beskrivning: Examensarbete 2010
 Utfört av: Ramböll Sverige AB
 Projektfil: C:\Documents and Settings\guestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternativ2.VIP

Datum: 2010-04-06

Sign: AÅP

Företag: **RAMBÖLL**

KOMMENTARER

Utgår från Förbos plusvärmehus i Lerum.

Värmepump täcker uppvärmning och tappvarmvatten.

INDATA

Allmänt

Beräkningsdatum	2010-05-27 (11:14:51)
Beräkningsperiod - Dag	1 - 365
Klimatdata	GÖTEBORG
Latitud	57.8 grader
Klimatzon BBR12	SÖDER
Solreflektion från mark	20.00 %
Vindhastighet	70.00 % av klimatdata
Lufttryck	1000 hPa
Horisontvinkel mot markplan	S:0 SV:0 V:0 NV:3 N:38 NO:3 O:6 SO:0 °
Formfaktor för vindtryck	S:-0.60 SV:0.70 V:0.70 NV:0.70 N:-0.60 NO:-0.60 O:-0.50 SO:-0.60 TAK:0.00
Vridning av byggnad	20 °
Verksamhetstyp	Bostad
Antal lägenheter	8
Ventilationsvolym	0.0 [m³]
Uppvärmd bruksarea enl SS021052	486.0 [m²]
Markegenskap Värmeledningstal:	1.4 [W/m²K]
Lera, dränerad sand , dränerat grus.	

Energipriser

Pris-grupp	Vecko-dagar	Dag-nummer	Tid	Värmeför-sörjning kr/kWh	Process-energi kr/kWh	Elför-sörjning kr/kWh	Fjärr-kyla kr/kWh
1-TAXA	MÅND-SÖND	1 - 365	0 - 24	1.00	1.00	1.00	0.00

Aktuellt Hus

Byggdelstyper 1-dimensionella - Katalog

Byggdelstyp	Material Från utsida till insida	Skikt-tjocklek m	Värme-ledningstal W/m²C	Densitet kg/m³	Värme-kapacitet J/kg°C	U-värde W/m²°C	Delta-U-värde W/m²°C	Luftläck. q50 l/s,m²
Förbo Vägg	TRÄ-13	0.013	0.130	500	2500	0.106	0.010	0.30
	ASFABOARD	0.013	0.065	400	1170			
	REGLAR600	0.070	0.041	55	845			
	REGLAR600	0.195	0.041	55	845			
	REGLAR600	0.095	0.041	55	845			
Förbo Tak	GIPSSKIVA	0.013	0.220	900	1100			
	TRÄ-13	0.020	0.130	500	2500	0.079	0.010	0.30
	ASFABOARD	0.003	0.065	400	1170			
	REGLAR1200	0.450	0.040	68	900			
	REGLAR600	0.045	0.041	55	845			
Förbo Plattamark	GIPSSKIVA	0.013	0.220	900	1100			
	DRÄN.GRUS	0.150	1.400	1800	1000	0.128	0.010	0.30
	CELLPLAST1	0.100	0.040	20	1400			
	CELLPLAST1	0.100	0.040	20	1400			

Projekt: Alternativ 2. Passivhus värmepump
 Beskrivning: Examensarbete 2010
 Utfört av: Ramböll Sverige AB
 Projektfil: C:\Documents and Settings\guestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternativ2.VIP

Datum: 2010-04-06

Sign: AÅP

Företag: RAMBÖLL

Bygghedelstyper 1-dimensionella - Katalog

Bygghedelstyp	Material Från utsida till insida	Skikt- tjocklek m	Värme- ledningstal W/m ² °C	Densitet kg/m ³	Värme- kapacitet J/kg°C	U-värde W/m ² °C	Delta- U-värde W/m ² °C	Luftläck. q50 l/s,m ²
	CELLPLAST1	0.100	0.040	20	1400			
	BETONG	0.100	1.700	2300	800			

Bygghedelstyper 2-dimensionella - Katalog

Bygghedelstyp	Ekv.- skikt- tjocklek m	Värme- lednings- tal W/m ² °C	Densitet kg/m ³	Värme- kapacitet J/kg°C	Psi- värde W/m	Bredd m	U-värde W/m ² °C	Luftläck. q50 l/s,m ²
YHÖRN FÖRBO	0.00	0.000	0.0	0	0.043	0.400	0.213	0.30
Förbo bjälk	0.00	0.000	0.0	0	0.008	0.600	0.120	0.00
Förbo takhörn	0.00	0.000	0.0	0	0.012	0.400	0.137	0.30
Förbo plattavägg	0.00	0.000	0.0	0	0.069	2.000	0.162	0.30
Förbo plattvägg2	0.00	0.000	0.0	0	0.154	2.000	0.183	0.30
Förbo takhörn 2	0.00	0.000	0.0	0	0.023	0.400	0.137	0.30

Byggnadsdelar - Väggar, bjälklag

Benämning	Bygghedelstyp	Orien- tering	Mängd Area m ² Längd m Antal st	Sol- absorb- tion %	Lägsta nivå m	Högsta nivå m	Angräns- ande temp °C	Andel av effekt- behov %	U-värde med mark och D-U W/m ² °C	Psi-värde W/m ² °C
	Förbo Vägg	ÖSTER	158.7m ²	70.0	0.0	2.5		0	0.116	
	Förbo Vägg	VÄSTER	142.4m ²	70.0	0.0	2.5		0	0.116	
	Förbo Vägg	NORR	78.4m ²	70.0	0.0	2.5		0	0.116	
	Förbo Vägg	SÖDER	58.4m ²	70.0	0.0	2.5		0	0.116	
	Förbo Plattamark	PPM 0-1 m	72.9m ²	70.0	0.0	0.0		0	0.121	
	Förbo Plattamark	PPM 1-6 m	211.6m ²	70.0	0.0	0.0		0	0.097	
	Förbo Tak	TAK	284.5m ²	70.0	2.5	2.5		0	0.089	
	YHÖRN FÖRBO	SÖDER	14.0m	70.0	0.0	0.0		0		0.043
	YHÖRN FÖRBO	NORR	14.0m	70.0	0.0	0.0		0		0.043
	Förbo takhörn	NORR	28.4m	70.0	0.0	0.0		0		0.012
	Förbo takhörn 2	SÖDER	28.4m	70.0	0.0	0.0		0		0.023
	Förbo takhörn	VÄSTER	9.8m	70.0	0.0	0.0		0		0.012
	Förbo takhörn 2	ÖSTER	9.8m	70.0	0.0	0.0		0		0.023
	Förbo plattavägg	VÄSTER	9.8m	70.0	0.0	0.0		0		0.069
	Förbo plattavägg	ÖSTER	28.4m	70.0	0.0	0.0		0		0.069
	Förbo plattvägg2	NORR	28.4m	70.0	0.0	0.0		0		0.154
	Förbo bjälk	SYDVÄST	76.5m	0.0	0.0	0.0		0		0.008
	Förbo plattvägg2	SÖDER	9.8m	70.0	0.0	0.0		0		0.154

Solskyddstyper

Benämning	Gräns- temp. °C	Gräns- effekt W/m ²	Reduk- tion av Total %	Reduk- tion av Direkt %	Vinkel Under- kant	Vinkel Över- kant	Vinkel Skärm 1 Sida 1	Vinkel Skärm 1 Sida 2	Vinkel Skärm 2 Sida 1	Vinkel Skärm 2 Sida 2	Högsta Vind- hastighet m/s
Persienn rumsregl	24.0	2000.0	80.0	80.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0

Projekt: Alternativ 2. Passivhus värmepump
 Beskrivning: Examensarbete 2010
 Utfört av: Ramböll Sverige AB
 Projektfil: C:\Documents and Settings\guestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternativ2.VIP

Datum: 2010-04-06

Sign: AÅP

Företag: RAMBÖLL

Byggnadsdelar - Fönster, dörrar, ventiler

Benämning	Byggsdelstyp	Orientering	Area m²	Glasandel %	Soltransm. Total %	Soltransm. Direkt %	U-värde W/m²°C	Lägstalivå m	Högstalivå m	Luftläck. q50 l/s,m²	Solskydd
	Förbo Fönster	ÖSTER	22.1	80	53	43	0.90	0.0	2.5	0.30	Persienn rumsregl
	Förbo Ytterdörr	ÖSTER	18.4	0	0	0	0.90	0.0	2.5	0.30	
	Förbo Fönster	VÄSTER	38.4	80	53	43	0.90	0.0	2.5	0.30	Persienn rumsregl
	Förbo Glasdörr	VÄSTER	18.4	50	53	43	0.90	0.0	2.5	0.30	Persienn rumsregl
	Förbo Fönster	NORR	1.6	80	53	43	0.90	0.0	2.5	0.30	Persienn rumsregl
	Förbo Fönster	SÖDER	1.6	80	53	43	0.90	0.0	2.5	0.30	Persienn rumsregl

Driftdata

Driftfallsbenämning	Verksamhetsenergi rumsluft W/m²	Verksamhetsenergi rumsluft W/lgh	Verksamhetsenergi extern W/m²	Fastighetsenergi rumsluft W/m²	Fastighetsenergi extern W/m²	Personvärme W/m²	Tappvarmvatten W/m²	Tappvarmvatten W/lgh	Högstaurums-temp °C	Lägstaurums-temp °C
BOST 21	2.00	200.00	1.00	0.00	0.00	1.00	2.05	205.00	27.00	21.00

Drifttider

Driftfallsbenämning	Veckodagar	Dagnummer	Tid
BOST 21	MÅND-SÖND	1 - 365	0 - 24

Ventilationsaggregat

Aggregatbenämning	Tilluft Fläkttryck Pa	Tilluft Verkn.gr %	Frånluft Fläkttryck Pa	Frånluft Verkn.gr %	Verkn.gr återvinning %	Lägstatilluftstemp °C	Utetemp Driftp. L °C	Flöde Driftp. L %	Utetemp Driftp. H °C	Flöde Driftp. H %
Förbo FTX	600.00	60.00	700.00	60.00	80.00	18.00	-20.0	100	20.0	100

Ventilationsaggregat - Drifttider och flöden

Aggregatbenämning	Veckodagar	Tilluft l/s,m²	Frånluft l/s,m²	Startdag-Slutdag	Starttid-Sluttid
Förbo FTX	MÅND-SÖND	0.35	0.35	1 - 365	0 - 24

Installationssystem

Värmepump: Bergvärme 5kW

Driftpunkt	1	2	
Utetemperatur	5.00	20.00	[°C]
Kondensoreffekt	5000	5500	[W]
Värmeffaktor	3.90	4.90	
Stopptemperatur	-50.00	---	[°C]
Värmeffaktor Tappvarmvatten	2.50	2.50	
Värmepumpsenergi till uppvärmning av rum	Ja		
Värmepumpsenergi till uppvärmning av tilluft	Nej		
Värmepumpsenergi till uppvärmning av tappvarmvatten	Ja		

Projekt: Alternativ 2. Passivhus värmepump
 Beskrivning: Examensarbete 2010
 Utfört av: Ramböll Sverige AB
 Projektfil: C:\Documents and Settings\guestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternativ2.VIP

Datum: 2010-04-06

Sign: AÅP

Företag: RAMBÖLL

ÖVRIGT

Krav finns på energisparåtgärder enligt BBR kap 9:3

El cirkpump värmesystem 0.50 % av energiförsörjning till rum och luft

El cirkpump värmesystem 75.00 % W

Lägsta dimensionerande utetemperatur för uppvärmning -100.0 °C

Högsta dimensionerande utetemperatur för komfortkyla 100.0 °C

Passiv kyla

RESULTAT

Detaljerat Resultat

Aktuellt hus med aktuell drift

Period	Avgiven energi kWh				Tillförd energi kWh									
	(23)	(24)	(21)	(28)	(22)	(27)	(20)	(19)	(29)	(18)	(25)	(45)	(33)	(34)
	Transmis-sion	Luft-läck-age	Venti-lation	Spill-vatten	Passiv kyla	Sol-energi fönster	Åter-vinning vent.	Åter-vinning VP	Åter-vinning tappvv.	Sol-fång-are	Person-värme	Process-energi till rum	Värme-försörj-ning	Elför-sörj-ning
Mån 1	3343	526	3626	1961	0	252	2781	2265	0	0	362	1914	445	1437
Mån 2	3002	475	3264	1772	0	486	2487	1891	0	0	327	1728	367	1246
Mån 3	2910	442	3171	1961	0	906	2355	1617	0	0	362	1914	74	1243
Mån 4	2428	343	2739	1898	0	1316	1724	1164	0	0	350	1852	5	1036
Mån 5	1831	236	2151	1961	4	810	905	1177	0	0	362	1914	0	1059
Mån 6	1401	178	1736	1898	196	601	411	1139	0	0	350	1852	0	1025
Mån 7	1281	159	1651	1961	346	635	295	1177	0	0	362	1914	0	1059
Mån 8	1356	159	1671	1961	173	440	359	1177	0	0	362	1914	0	1059
Mån 9	1635	229	1940	1898	6	525	783	1139	0	0	350	1852	0	1025
Mån 10	1992	279	2268	1961	0	625	1289	1203	0	0	362	1914	2	1072
Mån 11	2431	373	2713	1898	0	356	1991	1584	0	0	350	1852	49	1214
Mån 12	2992	448	3281	1961	0	200	2500	2073	0	0	362	1914	237	1399
Summa	26602	3846	30210	23094	724	7152	17879	17606	0	0	4257	22531	1178	13873

Nyckeltal

	Aktuellt hus	
	Aktuell drift	
Inre värmekapacitet	29.98	[Wh/m ² °C]
Yttre värmekapacitet	63.08	[Wh/m ² °C]
Medeltemperatur	21.00	[°C]
Medelvärde ventilation	0.35	l/s,m ²
Processenergi medel	6.29	[W/m ²]
Personvärme medel	1.00	[W/m ²]
Omslutningsarea	1107.30	[m ²]
Luftläckage vid 50 Pa	332.19	[l/s]
Invändigt tryck medel	-1.1	[Pa]
Specifik fläkteffekt	2.2	[kW/(m ³ /s)]
Omslutnings-/Golv-area	2.28	
Avvikelse krav lägsta rumstemp	0.00	°C

Projekt: Alternativ 2. Passivhus värmepump
 Beskrivning: Examensarbete 2010
 Utfört av: Ramböll Sverige AB
 Projektfil: C:\Documents and Settings\guestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternativ2.VIP

Datum: 2010-04-06

Sign: AÅP

Företag: RAMBÖLL

Jämförelse mot krav enligt BBR

	Aktuellt hus referensdrift	Aktuellt hus aktuell drift	Tillåtet värde	
Jämförelse mot BBR 10				
Fs-värde	0.132	0.151	0.291	W/m²K
Tillåtet Fs-värde är 130 % av referenshusets medel: 0.224				
Uppvärmning	14871	15051	45491	kWh
Jämförelse mot BBR 12				
U-värde		0.188	0.500	W/m²K
Energianvändning		31	110	kWh/m²
Atemp: 486.0 m²				
Klimatzon BBR12	SÖDER			
Verksamhetstyp: / Bostad				
Jämförelse mot BBR 16				
U-värde		0.188	0.500	W/m²K
Energianvändning		31	110	kWh/m²
Atemp: 486.0 m²				
Klimatzon BBR16	III			
Verksamhetstyp: / Bostad				

Energibalans

	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m²
Avgiven energi		
(23)Transmission	26602	54.74
(24)Luftläckage	3846	7.91
(21)Ventilation	30210	62.16
(28)Spillvatten	23094	47.52
(22)Passiv kyla	724	1.49
Tillförd energi		
(27)Solenergi genom fönster	7152	14.72
(20)Återvinning ventilation	17879	36.79
(29)Återvinning till tappvarmvatten	0	0.00
(19)Återvinning värmepump	17606	36.23
(18)Solfångare	0	0.00
(45)Processenergi till rum	22531	46.36
(25)Personvärme	4257	8.76
(34)Elförsörjning	13873	28.54
(33)Värmeförsörjning	1178	2.42

Specifikation av energiflöden

	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m²		Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m²
(33)VÄRMEFÖRSÖRJNING	1178	2.42	(47)BYGGNADENS KYLBEHOV	0	0.00
(1)Ventilationsaggregat	419	0.86	(48)Kylning i ventilationsaggregat	0	0.00
(2)Värmesystem	13	0.03	(49)Kylning i rumsluft	0	0.00
(3)Tappvarmvatten	746	1.53			
			(34)ELFÖRSÖRJNING	13873	28.54

Projekt: Alternativ 2. Passivhus värmepump
 Beskrivning: Examensarbete 2010
 Utfört av: Ramböll Sverige AB
 Projektfil: C:\Documents and Settings\guestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternativ2.VIP

Datum: 2010-04-06

Sign: AÅP

Företag: **RAMBÖLL**

Specifikation av energiflöden

	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²		Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²
(35)Värmepump	10386	21.37	(7)Ventilationsaggregat	0	0.00
(14)Tilluftsfläktar	1490	3.07	(8)Värmesystem	0	0.00
(13)Frånluftsfläktar	1738	3.58	(9)Tappvarmvatten	0	0.00
(15)Cirk.pump värme	259	0.53			
(10)Cirk.pump solf.	0	0.00	(26)PROCESSENERGI	26788	55.12
(12)Cirk.pump kyla	0	0.00	(40)Verksamhetsenergi rumsluft	22531	46.36
(11)Kylmaskin komfortkyla	0	0.00	(41)Verksamhetsenergi extern	4257	8.76
			(39)Fastighetsenergi rumsluft	0	0.00
(37)KONDENSORVÄRME	27991	57.60	(46)Fastighetsenergi extern	0	0.00
(4)Ventilationsaggregat	0	0.00			
(5)Värmesystem	5642	11.61	(42)VENTILATIONSAGGREGAT	21526	44.29
(6)Tappvarmvatten	22348	45.98	(43)VÄRMESYSTEM	5914	12.17
			(44)TAPPVARMVATTEN	23094	47.52
(36)SOLFÅNGARVÄRME	0	0.00			

Projektanpassad rapport

Benämning på sammanställning	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²	Benämning på sammanställning	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²
Värme till rum vent tvv	1178	2.42	Fastighetsel	1490	3.07
Elanvändning	30275	62.29			

Projektanpassad rapport, Specifikation

Värme till rum vent tvv=
 +1.000 x (1) Värmeförsörjning ventilation
 +1.000 x (2) Värmeförsörjning värmesystem
 +1.000 x (3) Värmeförsörjning tappvarmvatten

Elanvändning=
 +1.000 x (10) El cirkpump solfångare
 +1.000 x (13) El till frånluftsfläktar
 +1.000 x (14) El till tilluftsfläktar
 +1.000 x (15) El cirkpump värmesystem
 +1.000 x (26) Processenergi

Fastighetsel=
 +1.000 x (10) El cirkpump solfångare
 +1.000 x (12) El cirkpump kyla
 +1.000 x (14) El till tilluftsfläktar

Ekonomiresultat

	Referenshus Referensdrift	Aktuellt hus Referensdrift	Aktuellt hus Aktuell drift	
Processenergi	26788	26788	26788	kr
Fjärrkyla	0	0	0	kr
Elförsörjning	369	13613	13873	kr
Värmeförsörjning	45122	1259	1178	kr
TOTALT	72279	41660	41839	kr

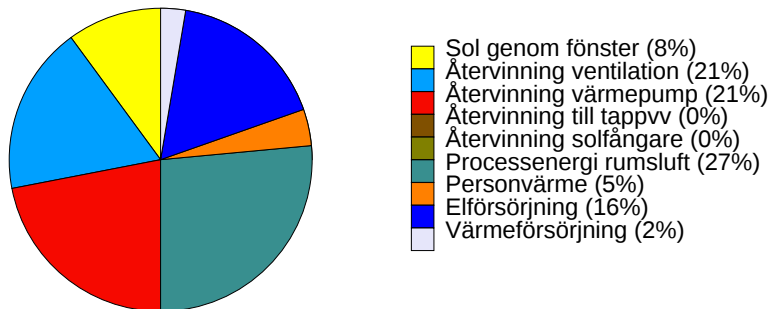
Projekt: Alternativ 2. Passivhus värmepump
Beskrivning: Examensarbete 2010
Utfört av: Ramböll Sverige AB
Projektfil: C:\Documents and Settings\guestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternativ2.VIP

Datum: 2010-04-06

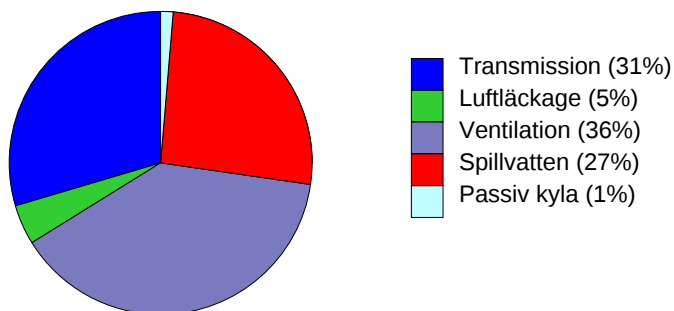
Sign: AÅP

Företag: **RAMBÖLL**

Tillförd energi



Avgiven energi



Projekt: Alternativ 3. Passivhus solfångare
 Beskrivning: Examensarbete 2010
 Utfört av: Ramböll Sverige AB
 Projektfil: C:\Documents and Settings\guestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternativ3.VIP

Datum: 2010-04-06

Sign: AÅP

Företag: **RAMBÖLL**

KOMMENTARER

Utgår från Förbos plusvärmehus i Lerum.

Solfångare och fjärrvärme täcker uppvärmning och tappvarmvatten.

INDATA

Allmänt

Beräkningsdatum	2010-05-27 (11:17:24)
Beräkningsperiod - Dag	1 - 365
Klimatdata	GÖTEBORG
Latitud	57.8 grader
Klimatzon BBR12	SÖDER
Solreflektion från mark	20.00 %
Vindhastighet	70.00 % av klimatdata
Lufttryck	1000 hPa
Horisontvinkel mot markplan	S:0 SV:0 V:0 NV:3 N:38 NO:3 O:6 SO:0 °
Formfaktor för vindtryck	S:-0.60 SV:0.70 V:0.70 NV:0.70 N:-0.60 NO:-0.60 O:-0.50 SO:-0.60 TAK:0.00
Vridning av byggnad	20 °
Verksamhetstyp	Bostad
Antal lägenheter	8
Ventilationsvolym	0.0 [m³]
Uppvärmd bruksarea enl SS021052	486.0 [m²]
Markegenskap Värmeledningstal:	1.4 [W/m²K]
Lera, dränerad sand , dränerat grus.	

Energipriser

Pris-grupp	Vecko-dagar	Dag-nummer	Tid	Värmeför-sörjning kr/kWh	Process-energi kr/kWh	Elför-sörjning kr/kWh	Fjärr-kyla kr/kWh
1-TAXA	MÅND-SÖND	1 - 365	0 - 24	1.00	1.00	1.00	0.00

Aktuellt Hus

Byggdelstyper 1-dimensionella - Katalog

Byggdelstyp	Material Från utsida till insida	Skikt-tjocklek m	Värme-ledningstal W/m²C	Densitet kg/m³	Värme-kapacitet J/kg°C	U-värde W/m²°C	Delta-U-värde W/m²°C	Luftläck. q50 l/s,m²
Förbo Vägg	TRÄ-13	0.013	0.130	500	2500	0.106	0.010	0.30
	ASFABOARD	0.013	0.065	400	1170			
	REGLAR600	0.070	0.041	55	845			
	REGLAR600	0.195	0.041	55	845			
	REGLAR600	0.095	0.041	55	845			
Förbo Tak	GIPSSKIVA	0.013	0.220	900	1100			
	TRÄ-13	0.020	0.130	500	2500	0.079	0.010	0.30
	ASFABOARD	0.003	0.065	400	1170			
	REGLAR1200	0.450	0.040	68	900			
	REGLAR600	0.045	0.041	55	845			
Förbo Plattamark	GIPSSKIVA	0.013	0.220	900	1100			
	DRÄN.GRUS	0.150	1.400	1800	1000	0.128	0.010	0.30
	CELLPLAST1	0.100	0.040	20	1400			
	CELLPLAST1	0.100	0.040	20	1400			

Projekt: Alternativ 3. Passivhus solfångare
 Beskrivning: Examensarbete 2010
 Utfört av: Ramböll Sverige AB
 Projektfil: C:\Documents and Settings\guestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternativ3.VIP

Datum: 2010-04-06

Sign: AÅP

Företag: RAMBÖLL

Bygghugdelstyper 1-dimensionella - Katalog

Bygghugdelstyp	Material Från utsida till insida	Skikt- tjocklek m	Värme- ledningstal W/m°C	Densitet kg/m³	Värme- kapacitet J/kg°C	U-värde W/m²°C	Delta- U-värde W/m²°C	Luftläck. q50 l/s,m²
	CELLPLAST1	0.100	0.040	20	1400			
	BETONG	0.100	1.700	2300	800			

Bygghugdelstyper 2-dimensionella - Katalog

Bygghugdelstyp	Ekv.- skikt- tjocklek m	Värme- lednings- tal W/m²°C	Densitet kg/m³	Värme- kapacitet J/kg°C	Psi- värde W/m	Bredd m	U-värde W/m²°C	Luftläck. q50 l/s,m²
YHÖRN FÖRBO	0.00	0.000	0.0	0	0.043	0.400	0.213	0.30
Förbo bjälk	0.00	0.000	0.0	0	0.008	0.600	0.120	0.00
Förbo takhörn	0.00	0.000	0.0	0	0.012	0.400	0.137	0.30
Förbo plattavägg	0.00	0.000	0.0	0	0.069	2.000	0.162	0.30
Förbo platvägg2	0.00	0.000	0.0	0	0.154	2.000	0.183	0.30
Förbo takhörn 2	0.00	0.000	0.0	0	0.023	0.400	0.137	0.30

Bygghugdelar - Väggar, bjälklag

Benämning	Bygghugdelstyp	Orien- tering	Mängd Area m² Längd m Antal st	Sol- absorb- tion %	Lägsta nivå m	Högsta nivå m	Angräns- ande temp °C	Andel av effekt- behov %	U-värde med mark och D-U W/m²°C	Psi-värde W/m°C
	Förbo Väg	ÖSTER	158.7m²	70.0	0.0	2.5		0	0.116	
	Förbo Väg	VÄSTER	142.4m²	70.0	0.0	2.5		0	0.116	
	Förbo Väg	NORR	78.4m²	70.0	0.0	2.5		0	0.116	
	Förbo Väg	SÖDER	58.4m²	70.0	0.0	2.5		0	0.116	
	Förbo Plattamark	PPM 0-1 m	72.9m²	70.0	0.0	0.0		0	0.121	
	Förbo Plattamark	PPM 1-6 m	211.6m²	70.0	0.0	0.0		0	0.097	
	Förbo Tak	TAK	284.5m²	70.0	2.5	2.5		0	0.089	
	YHÖRN FÖRBO	SÖDER	14.0m	70.0	0.0	0.0		0		0.043
	YHÖRN FÖRBO	NORR	14.0m	70.0	0.0	0.0		0		0.043
	Förbo takhörn	NORR	28.4m	70.0	0.0	0.0		0		0.012
	Förbo takhörn 2	SÖDER	28.4m	70.0	0.0	0.0		0		0.023
	Förbo takhörn	VÄSTER	9.8m	70.0	0.0	0.0		0		0.012
	Förbo takhörn 2	ÖSTER	9.8m	70.0	0.0	0.0		0		0.023
	Förbo plattavägg	VÄSTER	9.8m	70.0	0.0	0.0		0		0.069
	Förbo plattavägg	ÖSTER	28.4m	70.0	0.0	0.0		0		0.069
	Förbo platvägg2	NORR	28.4m	70.0	0.0	0.0		0		0.154
	Förbo bjälk	SYDVÄST	76.5m	0.0	0.0	0.0		0		0.008
	Förbo platvägg2	SÖDER	9.8m	70.0	0.0	0.0		0		0.154

Solskyddstyper

Benämning	Gräns- temp. °C	Gräns- effekt W/m²	Reduk- tion av Total %	Reduk- tion av Direkt %	Vinkel Under- kant	Vinkel Över- kant	Vinkel Skärm 1 Sida 1	Vinkel Skärm 1 Sida 2	Vinkel Skärm 2 Sida 1	Vinkel Skärm 2 Sida 2	Högsta Vind- hastighet m/s
Persienn rumsregl	24.0	2000.0	80.0	80.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0

Projekt: Alternativ 3. Passivhus solfångare
 Beskrivning: Examensarbete 2010
 Utfört av: Ramböll Sverige AB
 Projektfil: C:\Documents and Settings\guestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternativ3.VIP

Datum: 2010-04-06

Sign: AÅP

Företag: RAMBÖLL

Byggnadsdelar - Fönster, dörrar, ventiler

Benämning	Byggdeltyp	Orientering	Area m²	Glasandel %	Soltransm. Total %	Soltransm. Direkt %	U-värde W/m²°C	Lägstalivå m	Högstalivå m	Luftläck. q50 l/s,m²	Sol-skydd
Förbo	Fönster	ÖSTER	22.1	80	53	43	0.90	0.0	2.5	0.30	Persienn rumsregl
	Ytterdörr	ÖSTER	18.4	0	0	0	0.90	0.0	2.5	0.30	
	Fönster	VÄSTER	38.4	80	53	43	0.90	0.0	2.5	0.30	Persienn rumsregl
	Glasdörr	VÄSTER	18.4	50	53	43	0.90	0.0	2.5	0.30	Persienn rumsregl
	Fönster	NORR	1.6	80	53	43	0.90	0.0	2.5	0.30	Persienn rumsregl
	Fönster	SÖDER	1.6	80	53	43	0.90	0.0	2.5	0.30	Persienn rumsregl

Driftdata

Driftfallsbenämning	Verksamhetsenergi rumsluft W/m ²	Verksamhetsenergi rumsluft W/lgh	Verksamhetsenergi extern W/m ²	Fastighetsenergi rumsluft W/m ²	Fastighetsenergi extern W/m ²	Personvärme W/m ²	Tappvarmvatten W/m ²	Tappvarmvatten W/lgh	Högstaurums-temp °C	Lägstaurums-temp °C
BOST 21	2.00	200.00	1.00	0.00	0.00	1.00	2.05	205.00	27.00	21.00

Drifttider

Driftfallsbenämning	Veckodagar	Dagnummer	Tid
BOST 21	MÅND-SÖND	1 - 365	0 - 24

Ventilationsaggregat

Aggregatbenämning	Tilluft Fläkttryck Pa	Tilluft Verkn.gr %	Frånluft Fläkttryck Pa	Frånluft Verkn.gr %	Verkn.gr återvinning %	Lägstatilluftstemp °C	Utetemp Driftp. L °C	Flöde Driftp. L %	Utetemp Driftp. H °C	Flöde Driftp. H %
Förbo FTX	600.00	60.00	700.00	60.00	80.00	18.00	-20.0	100	20.0	100

Ventilationsaggregat - Drifttider och flöden

Aggregatbenämning	Veckodagar	Tilluft l/s,m ²	Frånluft l/s,m ²	Startdag-Sluttid	Starttid-Sluttid
Förbo FTX	MÅND-SÖND	0.35	0.35	1 - 365	0 - 24

Installationssystem

Solfångare

Solfångararea	72.0	[m ²]
Absorptionsfaktor	0.800	[%]
Värmeförlustfaktor 1	1.0000	[W/m ² K]
Värmeförlustfaktor 2	0.0300	[W/m ² K ²]
Södervinkel	0.0	Grader
Lutning	35.0	Grader
Akkumulatorvolym	8.0	[m ³]
Lägst arbetstemperatur	20.0	[°C]
Högst arbetstemperatur	95.0	[°C]
Solenergi till uppvärmning av rum	Ja	
Solenergi till uppvärmning av tilluft	Nej	
Solenergi till uppvärmning av tappvarmvatten	Ja	

Projekt: Alternativ 3. Passivhus solfångare
 Beskrivning: Examensarbete 2010
 Utfört av: Ramböll Sverige AB
 Projektfil: C:\Documents and Settings\guestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternativ3.VIP

Datum: 2010-04-06

Sign: AÅP

Företag: RAMBÖLL

ÖVRIGT

Krav finns på energisparåtgärder enligt BBR kap 9:3

El cirkpump värmesystem 0.50 % av energiförsörjning till rum och luft

El cirkpump värmesystem 75.00 % W

Lägsta dimensionerande utetemperatur för uppvärmning -100.0 °C

Högsta dimensionerande utetemperatur för komfortkyla 100.0 °C

Passiv kyla

RESULTAT

Detaljerat Resultat

Aktuellt hus med aktuell drift

Period	Avgiven	energi	kWh			Tillförd	energi	kWh							
	(23)	(24)	(21)	(28)	(22)	(27)	(20)	(19)	(29)	(18)	(25)	(45)	(33)	(34)	
	Trans- mis- sion	Luft- läck- age	Venti- lation	Spill- vatten	Passiv kyla	Sol- energi fönster	Åter- vinning vent.	Åter- vinning VP	Åter- vinning tappvv.	Sol- fång- are	Person- värme	Process- energi till rum	Värme- försörj- ning	Elför- sörj- ning	
Mån 1	3343	526	3626	1961	0	252	2781	0	0	1286	362	1914	2520	341	
Mån 2	3002	475	3264	1772	0	486	2487	0	0	1745	327	1728	1456	303	
Mån 3	2910	442	3171	1961	0	906	2355	0	0	2463	362	1914	154	317	
Mån 4	2428	343	2739	1898	0	1316	1724	0	0	1928	350	1852	4	272	
Mån 5	1831	236	2151	1961	4	810	905	0	0	1957	362	1914	0	278	
Mån 6	1401	178	1736	1898	196	601	411	0	0	1895	350	1852	0	269	
Mån 7	1281	159	1651	1961	346	635	295	0	0	1957	362	1914	0	278	
Mån 8	1356	159	1671	1961	173	440	359	0	0	1958	362	1914	0	278	
Mån 9	1635	229	1940	1898	6	525	783	0	0	1894	350	1852	0	269	
Mån 10	1992	279	2268	1961	0	625	1289	0	0	1993	362	1914	2	282	
Mån 11	2431	373	2713	1898	0	356	1991	0	0	2017	350	1852	522	308	
Mån 12	2992	448	3281	1961	0	200	2500	0	0	1031	362	1914	2341	336	
Summa	26602	3846	30210	23094	724	7152	17879	0	0	22123	4257	22531	7001	3531	

Nyckeltal

	Aktuellt hus	
	Aktuell drift	
Inre värmekapacitet	29.98	[Wh/m ² °C]
Yttre värmekapacitet	63.08	[Wh/m ² °C]
Medeltemperatur	21.00	[°C]
Medelvärde ventilation	0.35	l/s,m ²
Processenergi medel	6.29	[W/m ²]
Personvärme medel	1.00	[W/m ²]
Omslutningsarea	1107.30	[m ²]
Luftläckage vid 50 Pa	332.19	[l/s]
Invändigt tryck medel	-1.1	[Pa]
Specifik fläkteffekt	2.2	[kW/(m ³ /s)]
Omslutnings-/Golv-area	2.28	
Avvikelse krav lägsta rumstemp	0.00	°C

Projekt: Alternativ 3. Passivhus solfångare
 Beskrivning: Examensarbete 2010
 Utfört av: Ramböll Sverige AB
 Projektfil: C:\Documents and Settings\guestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternativ3.VIP

Datum: 2010-04-06

Sign: AÅP

Företag: RAMBÖLL

Jämförelse mot krav enligt BBR

	Aktuellt hus referensdrift	Aktuellt hus aktuell drift	Tillåtet värde	
Jämförelse mot BBR 10				
Fs-värde	0.132	0.151	0.291	W/m²K
Tillåtet Fs-värde är 130 % av referenshusets medel: 0.224				
Uppvärmning	9855	10532	45491	kWh
Jämförelse mot BBR 12				
U-värde		0.188	0.500	W/m²K
Energianvändning		22	110	kWh/m²
Atemp: 486.0 m²				
Klimatzon BBR12	SÖDER			
Verksamhetstyp: / Bostad				
Jämförelse mot BBR 16				
U-värde		0.188	0.500	W/m²K
Energianvändning		22	110	kWh/m²
Atemp: 486.0 m²				
Klimatzon BBR16	III			
Verksamhetstyp: / Bostad				

Energibalans

	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m²
Avgiven energi		
(23)Transmission	26602	54.74
(24)Luftläckage	3846	7.91
(21)Ventilation	30210	62.16
(28)Spillvatten	23094	47.52
(22)Passiv kyla	724	1.49
Tillförd energi		
(27)Solenergi genom fönster	7152	14.72
(20)Återvinning ventilation	17879	36.79
(29)Återvinning till tappvarmvatten	0	0.00
(19)Återvinning värmepump	0	0.00
(18)Solfångare	22123	45.52
(45)Processenergi till rum	22531	46.36
(25)Personvärme	4257	8.76
(34)Elförsörjning	3531	7.27
(33)Värmeförsörjning	7001	14.41

Specifikation av energiflöden

	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m²		Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m²
(33)VÄRMEFÖRSÖRJNING	7001	14.41	(47)BYGGNADENS KYLBEHOV	0	0.00
(1)Ventilationsaggregat	419	0.86	(48)Kylning i ventilationsaggregat	0	0.00
(2)Värmesystem	3105	6.39	(49)Kylning i rumsluft	0	0.00
(3)Tappvarmvatten	3477	7.15			
			(34)ELFÖRSÖRJNING	3531	7.27

Projekt: Alternativ 3. Passivhus solfångare
 Beskrivning: Examensarbete 2010
 Utfört av: Ramböll Sverige AB
 Projektfil: C:\Documents and Settings\guestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternativ3.VIP

Datum: 2010-04-06

Sign: AÅP

Företag: RAMBÖLL

Specifikation av energiflöden

	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²		Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²
(35)Värmepump	0	0.00	(7)Ventilationsaggregat	0	0.00
(14)Tilluftsfläktar	1490	3.07	(8)Värmesystem	2550	5.25
(13)Frånluftsfläktar	1738	3.58	(9)Tappvarmvatten	19617	40.36
(15)Cirk.pump värme	259	0.53			
(10)Cirk.pump solf.	44	0.09	(26)PROCESSENERGI	26788	55.12
(12)Cirk.pump kyla	0	0.00	(40)Verksamhetsenergi rumsluft	22531	46.36
(11)Kylmaskin komfortkyla	0	0.00	(41)Verksamhetsenergi extern	4257	8.76
			(39)Fastighetsenergi rumsluft	0	0.00
(37)KONDENSORVÄRME	0	0.00	(46)Fastighetsenergi extern	0	0.00
(4)Ventilationsaggregat	0	0.00			
(5)Värmesystem	0	0.00	(42)VENTILATIONSAGGREGAT	21526	44.29
(6)Tappvarmvatten	0	0.00	(43)VÄRMESYSTEM	5914	12.17
			(44)TAPPVARMVATTEN	23094	47.52
(36)SOLFÅNGARVÄRME	22168	45.61			

Projektanpassad rapport

Benämning på sammanställning	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²	Benämning på sammanställning	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²
Värme till rum vent tvv	7001	14.41	Fastighetsel	1534	3.16
Elanvändning	30319	62.39			

Projektanpassad rapport, Specifikation

Värme till rum vent tvv=
 +1.000 x (1) Värmeförsörjning ventilation
 +1.000 x (2) Värmeförsörjning värmesystem
 +1.000 x (3) Värmeförsörjning tappvarmvatten

Elanvändning=
 +1.000 x (10) El cirkpump solfångare
 +1.000 x (13) El till frånluftsfläktar
 +1.000 x (14) El till tilluftsfläktar
 +1.000 x (15) El cirkpump värmesystem
 +1.000 x (26) Processenergi

Fastighetsel=
 +1.000 x (10) El cirkpump solfångare
 +1.000 x (12) El cirkpump kyla
 +1.000 x (14) El till tilluftsfläktar

Ekonomiresultat

	Referenshus Referensdrift	Aktuellt hus Referensdrift	Aktuellt hus Aktuell drift	
Processenergi	26788	26788	26788	kr
Fjärrkyla	0	0	0	kr
Elförsörjning	369	3497	3531	kr
Värmeförsörjning	45122	6359	7001	kr
TOTALT	72279	36643	37320	kr

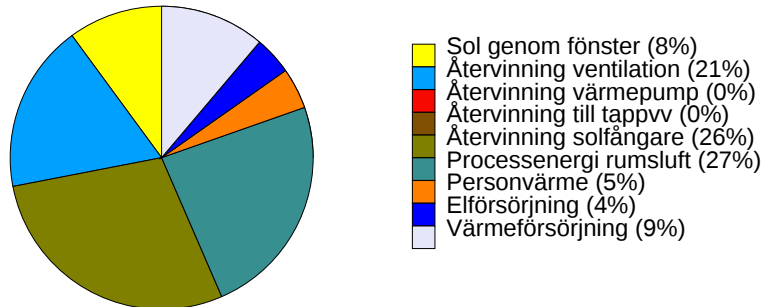
Projekt: Alternativ 3. Passivhus solfångare
Beskrivning: Examensarbete 2010
Utfört av: Ramböll Sverige AB
Projektfil: C:\Documents and Settings\guestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternativ3.VIP

Datum: 2010-04-06

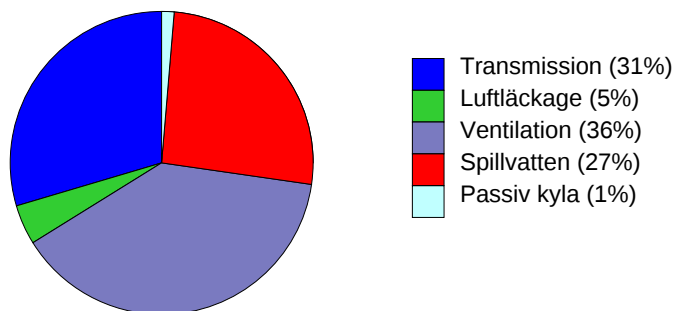
Sign: AÅP

Företag: **RAMBÖLL**

Tillförd energi



Avgiven energi



Projekt: Alt 4. Konventionellt fjärrvärme
Beskrivning: Examensarbete 2010
Utfört av: Ramböll Sverige AB
Projektfil: C:\Documents and Settings\guestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternativ4.VIP

Datum: 2010-04-06

Sign: AÅP

Företag: **RAMBÖLL**

KOMMENTARER

Utgår från Förbos plusvärmehus i Lerum.

Fjärrvärme täcker uppvärmning och tappvarmvatten.

INDATA

Allmänt

Beräkningsdatum	2010-05-27 (11:19:56)
Beräkningsperiod - Dag	1 - 365
Klimatdata	GÖTEBORG
Latitud	57.8 grader
Klimatzon BBR12	SÖDER
Solreflektion från mark	20.00 %
Vindhastighet	70.00 % av klimatdata
Lufttryck	1000 hPa
Horisontvinkel mot markplan	S:0 SV:0 V:0 NV:3 N:38 NO:3 O:6 SO:0 °
Formfaktor för vindtryck	S:-0.60 SV:0.70 V:0.70 NV:0.70 N:-0.60 NO:-0.60 O:-0.50 SO:-0.60 TAK:0.00
Vridning av byggnad	20 °
Verksamhetstyp	Bostad
Antal lägenheter	8
Ventilationsvolym	0.0 [m³]
Uppvärmd bruksarea enl SS021052	486.0 [m²]
Markegenskap Värmeledningstal:	1.4 [W/m²K]
Lera, dränerad sand , dränerat grus.	

Energipriser

Pris-grupp	Vecko-dagar	Dag-nummer	Tid	Värmeför-sörjning kr/kWh	Process-energi kr/kWh	Elför-sörjning kr/kWh	Fjärr-kyla kr/kWh
1-TAXA	MÅND-SÖND	1 - 365	0 - 24	1.00	1.00	1.00	0.00

Aktuellt Hus

Byggdelstyper 1-dimensionella - Katalog

Byggdelstyp	Material Från utsida till insida	Skikt-tjocklek m	Värme-ledningstal W/m²C	Densitet kg/m³	Värme-kapacitet J/kg°C	U-värde W/m²°C	Delta-U-värde W/m²°C	Luftläck. q50 l/s,m²
Förbo Vägg	TRÄ-13	0.013	0.130	500	2500	0.168	0.010	0.80
	ASFABOARD	0.013	0.065	400	1170			
	REGLAR600	0.220	0.041	55	845			
	GIPSSKIVA	0.013	0.220	900	1100			
Förbo Tak	TRÄ-13	0.020	0.130	500	2500	0.097	0.010	0.80
	ASFABOARD	0.003	0.065	400	1170			
	REGLAR1200	0.400	0.040	68	900			
	GIPSSKIVA	0.013	0.220	900	1100			
Förbo Plattamark	DRÄN.GRUS	0.150	1.400	1800	1000	0.187	0.010	0.80
	CELLPLAST1	0.100	0.040	20	1400			
	CELLPLAST1	0.100	0.040	20	1400			
	BETONG	0.100	1.700	2300	800			

Projekt: Alt 4. Konventionellt fjärrvärme
 Beskrivning: Examensarbete 2010
 Utfört av: Ramböll Sverige AB
 Projektfil: C:\Documents and Settings\lguestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternativ4.VIP

Datum: 2010-04-06

Sign: AÅP

Företag: RAMBÖLL

Byggdeltstyper 2-dimensionella - Katalog

Byggdeltstyp	Ekv.-skikt-tjocklek m	Värmelednings-tal W/m ² °C	Densitet kg/m ³	Värme-kapacitet J/kg°C	Psi-värde W/m	Bredd m	U-värde W/m ² °C	Luftläck. q50 l/s,m ²
YHÖRN FÖRBO	0.00	0.000	0.0	0	0.054	0.400	0.303	0.80
Förbo bjälk	0.00	0.000	0.0	0	-0.052	0.600	0.080	0.00
Förbo takhorn	0.00	0.000	0.0	0	0.000	0.400	0.169	0.80
Förbo plattavägg	0.00	0.000	0.0	0	0.041	2.000	0.208	0.80
Förbo platvägg2	0.00	0.000	0.0	0	0.080	2.000	0.208	0.80
Förbo takhorn 2	0.00	0.000	0.0	0	0.029	0.400	0.169	0.80

Byggnadsdelar - Väggar, bjälklag

Benämning	Byggdeltstyp	Orientering	Mängd Area m ² Längd m Antal st	Sol-absorbtion %	Lägst-nivå m	Högst-nivå m	Angränsande temp °C	Andel av effekt-behov %	U-värde med mark och D-U W/m ² °C	Psi-värde W/m°C
	Förbo Vägg	ÖSTER	158.7m ²	70.0	0.0	2.5		0	0.178	
	Förbo Vägg	VÄSTER	142.4m ²	70.0	0.0	2.5		0	0.178	
	Förbo Vägg	NORR	78.4m ²	70.0	0.0	2.5		0	0.178	
	Förbo Vägg	SÖDER	58.4m ²	70.0	0.0	2.5		0	0.178	
	Förbo Plattamark	PPM 0-1 m	72.9m ²	70.0	0.0	0.0		0	0.164	
	Förbo Plattamark	PPM 1-6 m	211.6m ²	70.0	0.0	0.0		0	0.122	
	Förbo Tak	TAK	284.5m ²	70.0	2.5	2.5		0	0.107	
	YHÖRN FÖRBO	SÖDER	14.0m	70.0	0.0	0.0		0		0.054
	YHÖRN FÖRBO	NORR	14.0m	70.0	0.0	0.0		0		0.054
	Förbo takhorn	NORR	28.4m	70.0	0.0	0.0		0		0.000
	Förbo takhorn 2	SÖDER	28.4m	70.0	0.0	0.0		0		0.029
	Förbo takhorn	VÄSTER	9.8m	70.0	0.0	0.0		0		0.000
	Förbo takhorn 2	ÖSTER	9.8m	70.0	0.0	0.0		0		0.029
	Förbo plattavägg	VÄSTER	9.8m	70.0	0.0	0.0		0		0.041
	Förbo plattavägg	ÖSTER	28.4m	70.0	0.0	0.0		0		0.041
	Förbo platvägg2	NORR	28.4m	70.0	0.0	0.0		0		0.080
	Förbo bjälk	SYDVÄST	76.5m	0.0	0.0	0.0		0		-0.052
	Förbo platvägg2	SÖDER	9.8m	70.0	0.0	0.0		0		0.080

Solskyddstyper

Benämning	Gräns-temp. °C	Gräns-effekt W/m ²	Reduktion av Total %	Reduktion av Direkt %	Vinkel Underkant	Vinkel Överkant	Vinkel Skärm 1 Sida 1	Vinkel Skärm 1 Sida 2	Vinkel Skärm 2 Sida 1	Vinkel Skärm 2 Sida 2	Högsta Vindhastighet m/s
Persienn rumsregl	24.0	2000.0	80.0	80.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0

Byggnadsdelar - Fönster, dörrar, ventiler

Benämning	Byggdeltstyp	Orientering	Area m ²	Glasandel %	Sol-transm. Total %	Sol transm. Direkt %	U-värde W/m ² °C	Lägst-nivå m	Högst-nivå m	Luftläck. q50 l/s,m ²	Solskydd
	Förbo Fönster	ÖSTER	22.1	80	53	43	1.20	0.0	2.5	0.80	Persienn rumsregl
	Förbo Ytterdörr	ÖSTER	18.4	0	0	0	1.20	0.0	2.5	0.80	
	Förbo Fönster	VÄSTER	38.4	80	53	43	1.20	0.0	2.5	0.80	Persienn rumsregl
	Förbo Glasdörr	VÄSTER	18.4	50	53	43	1.20	0.0	2.5	0.80	Persienn rumsregl
	Förbo Fönster	NORR	1.6	80	53	43	1.20	0.0	2.5	0.80	Persienn rumsregl
	Förbo Fönster	SÖDER	1.6	80	53	43	1.20	0.0	2.5	0.80	Persienn rumsregl

Projekt: Alt 4. Konventionellt fjärrvärme
 Beskrivning: Examensarbete 2010
 Utfört av: Ramböll Sverige AB
 Projektfil: C:\Documents and Settings\guestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternativ4.VIP

Datum: 2010-04-06

Sign: AÅP

Företag: **RAMBÖLL**

Driftdata

Driftfalls-benämning	Verksam-hets-energi rumsluft W/m ²	Verksam-hets-energi rumsluft W/lgh	Verksam-hets-energi extern W/m ²	Fastig-hets-energi rumsluft W/m ²	Fastig-hets-energi extern W/m ²	Person-värme W/m ²	Tapp-varm-vatten W/m ²	Tapp-varm-vatten W/lgh	Högsta rums- temp °C	Lägsta rums- temp °C
BOST 21	2.00	200.00	1.00	0.00	0.00	1.00	2.05	205.00	27.00	21.00

Drifttider

Driftfalls-benämning	Vecko-dagar	Dag-nummer	Tid
BOST 21	MÅND-SÖND	1 - 365	0 - 24

Ventilationsaggregat

Aggregat-benämning	Tilluft Fläkttryck Pa	Tilluft Verkn.gr %	Frånluft Fläkttryck Pa	Frånluft Verkn.gr %	Verkn.gr återvinning %	Lägsta tilluftstemp °C	Utetemp Driftp. L °C	Flöde Driftp. L %	Utetemp Driftp. H °C	Flöde Driftp. H %
Förbo FTX	600.00	60.00	700.00	60.00	80.00	18.00	-20.0	100	20.0	100

Ventilationsaggregat - Drifttider och flöden

Aggregat-benämning	Vecko-dagar	Tilluft l/s,m ²	Frånluft l/s,m ²	Startdag-Slutdag	Starttid-Sluttid
Förbo FTX	MÅND-SÖND	0.35	0.35	1 - 365	0 - 24

Installationssystem

ÖVRIGT

Krav finns på energisparåtgärder enligt BBR kap 9:3

El cirkpump värmesystem 0.50 % av energiförsörjning till rum och luft

El cirkpump värmesystem 75.00 % W

Lägsta dimensionerande utetemperatur för uppvärmning -100.0 °C

Högsta dimensionerande utetemperatur för komfortkyla 100.0 °C

Passiv kyla

RESULTAT

Detaljerat Resultat

Aktuellt hus med aktuell drift

Period	Avgiven (23)	energi (24)	kWh (21)			Tillförd (27)	energi (20)	kWh (19)						
	Trans-mis-sion	Luft-läck-age	Venti-lation	Spill-vatten	Passiv kyla	Sol-energi fönster	Åter-vinning vent.	Åter-vinning VP	Åter-vinning tappvv.	Sol-fång-are	Person-värme	Process-energi till rum	Värme-försörj-ning	Elför-sörj-ning
Mån 1	4319	1401	3625	1961	0	252	2782	0	0	0	362	1914	5649	348
Mån 2	3862	1264	3254	1772	0	486	2491	0	0	0	327	1728	4815	311
Mån 3	3702	1156	3133	1961	0	940	2366	0	0	0	362	1914	4034	334
Mån 4	2900	835	2562	1898	0	1705	1725	0	0	0	350	1852	2300	284
Mån 5	2165	569	2007	1961	1	1333	908	0	0	0	362	1914	1966	275
Mån 6	1631	429	1617	1898	65	833	411	0	0	0	350	1852	1898	265

Projekt: Alt 4. Konventionellt fjärrvärme
 Beskrivning: Examensarbete 2010
 Utfört av: Ramböll Sverige AB
 Projektfil: C:\Documents and Settings\guestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternativ4.VIP

Datum: 2010-04-06

Sign: AÅP

Företag: **RAMBÖLL**

Detaljerat Resultat

Aktuellt hus med aktuell drift

Period	Avgiven energi kWh				Tillförd energi kWh									
	(23)	(24)	(21)	(28)	(22)	(27)	(20)	(19)	(29)	(18)	(25)	(45)	(33)	(34)
	Trans-mission	Luft-läck-age	Venti-lation	Spill-vatten	Passiv kyla	Sol-energi fönster	Åter-vinning vent.	Åter-vinning VP	Åter-vinning tappvv.	Sol-fång-are	Person-värme	Process-energi till rum	Värme-försörj-ning	Elför-sörj-ning
Mån 7	1462	380	1526	1961	151	721	295	0	0	0	362	1914	1961	274
Mån 8	1552	374	1533	1961	82	612	359	0	0	0	362	1914	1961	274
Mån 9	1874	537	1763	1898	0	837	796	0	0	0	350	1852	1935	268
Mån 10	2334	664	2091	1961	0	716	1345	0	0	0	362	1914	2386	299
Mån 11	3111	986	2693	1898	0	356	2026	0	0	0	350	1852	3768	326
Mån 12	3866	1195	3280	1961	0	200	2506	0	0	0	362	1914	4977	345
Summa	32779	9793	29084	23094	299	8991	18011	0	0	0	4257	22531	37650	3606

Nyckeltal

	Aktuellt hus	
	Aktuell drift	
Inre värmekapacitet	29.16	[Wh/m ² °C]
Yttre värmekapacitet	43.58	[Wh/m ² °C]
Medeltemperatur	21.00	[°C]
Medelvärde ventilation	0.35	l/s,m ²
Processenergi medel	6.29	[W/m ²]
Personvärme medel	1.00	[W/m ²]
Omslutningsarea	1107.30	[m ²]
Luftläckage vid 50 Pa	885.84	[l/s]
Invändigt tryck medel	-1.1	[Pa]
Specifik fläkteffekt	2.2	[kW/(m ³ /s)]
Omslutnings-/Golv-area	2.28	
Avvikelse krav lägsta rumstemp	0.00	°C

Jämförelse mot krav enligt BBR

	Aktuellt hus referensdrift	Aktuellt hus aktuell drift	Tillåtet värde	
Jämförelse mot BBR 10				
Fs-värde	0.194	0.208	0.291	W/m ² K
Tillåtet Fs-värde är 130 % av referenshusets medel: 0.224				
Uppvärmning	39432	41255	45140	kWh
Jämförelse mot BBR 12				
U-värde		0.244	0.500	W/m ² K
Energianvändning		85	110	kWh/m ²
Atemp: 486.0 m ²				
Klimatzon BBR12	SÖDER			
Verksamhetstyp: / Bostad				
Jämförelse mot BBR 16				
U-värde		0.244	0.500	W/m ² K
Energianvändning		85	110	kWh/m ²
Atemp: 486.0 m ²				
Klimatzon BBR16	III			
Verksamhetstyp: / Bostad				

Projekt: Alt 4. Konventionellt fjärrvärme
 Beskrivning: Examensarbete 2010
 Utfört av: Ramböll Sverige AB
 Projektfil: C:\Documents and Settings\guestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternativ4.VIP

Datum: 2010-04-06

Sign: AÅP

Företag: RAMBÖLL

Energibalans

	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²
Avgiven energi		
(23)Transmission	32779	67.45
(24)Luftläckage	9793	20.15
(21)Ventilation	29084	59.84
(28)Spillvatten	23094	47.52
(22)Passiv kyla	299	0.62

Tillförd energi

(27)Solenergi genom fönster	8991	18.50
(20)Återvinning ventilation	18011	37.06
(29)Återvinning till tappvarmvatten	0	0.00
(19)Återvinning värmepump	0	0.00
(18)Solfångare	0	0.00
(45)Processenergi till rum	22531	46.36
(25)Personvärme	4257	8.76
(34)Elförsörjning	3606	7.42
(33)Värmeförsörjning	37650	77.47

Specifikation av energiflöden

	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²		Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²
(33)VÄRMEFÖRSÖRJNING	37650	77.47	(4)Ventilationsaggregat	0	0.00
(1)Ventilationsaggregat	432	0.89	(5)Värmesystem	0	0.00
(2)Värmesystem	14123	29.06	(6)Tappvarmvatten	0	0.00
(3)Tappvarmvatten	23094	47.52			
			(36)SOLFÅNGARVÄRME	0	0.00
(47)BYGGNADENS KYLBEHOV	0	0.00	(7)Ventilationsaggregat	0	0.00
(48)Kylning i ventilationsaggregat	0	0.00	(8)Värmesystem	0	0.00
(49)Kylning i rumsluft	0	0.00	(9)Tappvarmvatten	0	0.00
(34)ELFÖRSÖRJNING	3606	7.42	(26)PROCESSENERGI	26788	55.12
(35)Värmepump	0	0.00	(40)Verksamhetsenergi rumsluft	22531	46.36
(14)Tilluftsfläktar	1490	3.07	(41)Verksamhetsenergi extern	4257	8.76
(13)Frånluftsfläktar	1738	3.58	(39)Fastighetsenergi rumsluft	0	0.00
(15)Cirk.pump värme	377	0.78	(46)Fastighetsenergi extern	0	0.00
(10)Cirk.pump solf.	0	0.00			
(12)Cirk.pump kyla	0	0.00	(42)VENTILATIONSAGGREGAT	21672	44.59
(11)Kylmaskin komfortkyla	0	0.00	(43)VÄRMESYSTEM	14501	29.84
			(44)TAPPVARMVATTEN	23094	47.52
(37)KONDENSORVÄRME	0	0.00			

Projektanpassad rapport

Benämning på sammanställning	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²	Benämning på sammanställning	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²
Värme till rum vent tvv	37650	77.47	Fastighetsel	1490	3.07
Elanvändning	30394	62.54			

Projekt: Alt 4. Konventionellt fjärrvärme
 Beskrivning: Examensarbete 2010
 Utfört av: Ramböll Sverige AB
 Projektfil: C:\Documents and Settings\guestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternativ4.VIP

Datum: 2010-04-06

Sign: AÅP

Företag: **RAMBÖLL**

Projektanpassad rapport, Specifikation

Värme till rum vent tvv=

+1.000 x (1) Värmeförsörjning ventilation
 +1.000 x (2) Värmeförsörjning värmesystem
 +1.000 x (3) Värmeförsörjning tappvarmvatten

Elanvändning=

+1.000 x (10) El cirkpump solfångare
 +1.000 x (13) El till frånluftsfläktar
 +1.000 x (14) El till tilluftsfläktar
 +1.000 x (15) El cirkpump värmesystem
 +1.000 x (26) Processenergi

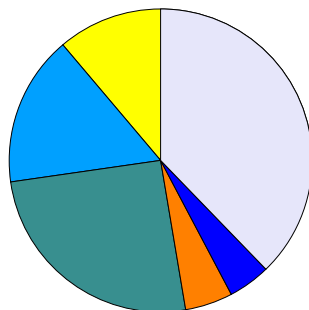
Fastighetsel=

+1.000 x (10) El cirkpump solfångare
 +1.000 x (12) El cirkpump kyla
 +1.000 x (14) El till tilluftsfläktar

Ekonomiresultat

	Referenshus Referensdrift	Aktuellt hus Referensdrift	Aktuellt hus Aktuell drift	
Processenergi	26788	26788	26788	kr
Fjärrkyla	0	0	0	kr
Elförsörjning	364	3569	3606	kr
Värmeförsörjning	44776	35862	37650	kr
TOTALT	71928	66220	68044	kr

Tillförd energi



Sol genom fönster (9%)
 Återvinning ventilation (19%)
 Återvinning värmepump (0%)
 Återvinning till tappvv (0%)
 Återvinning solfångare (0%)
 Processenergi rumsluft (24%)
 Personvärme (4%)
 Elförsörjning (4%)
 Värmeförsörjning (40%)

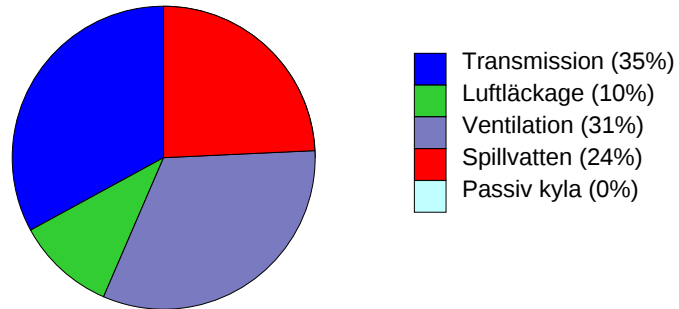
Projekt: Alt 4. Konventionellt fjärrvärme
Beskrivning: Examensarbete 2010
Utfört av: Ramböll Sverige AB
Projektfil: C:\Documents and Settings\guestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternativ4.VIP

Datum: 2010-04-06

Sign: AÅP

Företag: **RAMBÖLL**

Avgiven energi



Projekt: Alt 5. Konventionell värmepump
 Beskrivning: Examensarbete 2010
 Utfört av: Ramböll Sverige AB
 Projektfil: C:\Documents and Settings\guestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternativ5.VIP

Datum: 2010-04-06

Sign: AÅP

Företag: **RAMBÖLL**

KOMMENTARER

Utgår från Förbos plusvärmehus i Lerum.

Värmepump täcker uppvärmning och tappvarmvatten.

INDATA

Allmänt

Beräkningsdatum	2010-05-27 (11:22:43)
Beräkningsperiod - Dag	1 - 365
Klimatdata	GÖTEBORG
Latitud	57.8 grader
Klimatzon BBR12	SÖDER
Solreflektion från mark	20.00 %
Vindhastighet	70.00 % av klimatdata
Lufttryck	1000 hPa
Horisontvinkel mot markplan	S:0 SV:0 V:0 NV:3 N:38 NO:3 O:6 SO:0 °
Formfaktor för vindtryck	S:-0.60 SV:0.70 V:0.70 NV:0.70 N:-0.60 NO:-0.60 O:-0.50 SO:-0.60 TAK:0.00
Vridning av byggnad	20 °
Verksamhetstyp	Bostad
Antal lägenheter	8
Ventilationsvolym	0.0 [m³]
Uppvärmd bruksarea enl SS021052	486.0 [m²]
Markegenskap Värmeledningstal:	1.4 [W/m²K]
Lera, dränerad sand , dränerat grus.	

Energipriser

Pris-grupp	Vecko-dagar	Dag-nummer	Tid	Värmeför-sörjning kr/kWh	Process-energi kr/kWh	Elför-sörjning kr/kWh	Fjärr-kyla kr/kWh
1-TAXA	MÅND-SÖND	1 - 365	0 - 24	1.00	1.00	1.00	0.00

Aktuellt Hus

Byggdelstyper 1-dimensionella - Katalog

Byggdelstyp	Material Från utsida till insida	Skikt-tjocklek m	Värme-ledningstal W/m²C	Densitet kg/m³	Värme-kapacitet J/kg°C	U-värde W/m²°C	Delta-U-värde W/m²°C	Luftläck. q50 l/s,m²
Förbo Vägg	TRÄ-13	0.013	0.130	500	2500	0.168	0.010	0.80
	ASFABOARD	0.013	0.065	400	1170			
	REGLAR600	0.220	0.041	55	845			
	GIPSSKIVA	0.013	0.220	900	1100			
Förbo Tak	TRÄ-13	0.020	0.130	500	2500	0.097	0.010	0.80
	ASFABOARD	0.003	0.065	400	1170			
	REGLAR1200	0.400	0.040	68	900			
	GIPSSKIVA	0.013	0.220	900	1100			
Förbo Plattamark	DRÄN.GRUS	0.150	1.400	1800	1000	0.187	0.010	0.80
	CELLPLAST1	0.100	0.040	20	1400			
	CELLPLAST1	0.100	0.040	20	1400			
	BETONG	0.100	1.700	2300	800			

Projekt: Alt 5. Konventionell värmepump
 Beskrivning: Examensarbete 2010
 Utfört av: Ramböll Sverige AB
 Projektfil: C:\Documents and Settings\guestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternativ5.VIP

Datum: 2010-04-06

Sign: AÅP

Företag: RAMBÖLL

Byggdeltstyper 2-dimensionella - Katalog

Byggdeltstyp	Ekv.-skikt-tjocklek m	Värmeledningstal W/m ² °C	Densitet kg/m ³	Värme-kapacitet J/kg°C	Psi-värde W/m	Bredd m	U-värde W/m ² °C	Luftläck. q50 l/s,m ²
YHÖRN FÖRBO	0.00	0.000	0.0	0	0.054	0.400	0.303	0.80
Förbo bjälk	0.00	0.000	0.0	0	-0.052	0.600	0.080	0.00
Förbo takhorn	0.00	0.000	0.0	0	0.000	0.400	0.169	0.80
Förbo plattavägg	0.00	0.000	0.0	0	0.041	2.000	0.208	0.80
Förbo platvägg2	0.00	0.000	0.0	0	0.080	2.000	0.208	0.80
Förbo takhorn 2	0.00	0.000	0.0	0	0.029	0.400	0.169	0.80

Byggnadsdelar - Väggar, bjälklag

Benämning	Byggdeltstyp	Orientering	Mängd Area m ² Längd m Antal st	Sol-absorption %	Lägst nivå m	Högst nivå m	Angränsande temp °C	Andel av effekt-behov %	U-värde med mark och D-U W/m ² °C	Psi-värde W/m ² °C
	Förbo Vägg	ÖSTER	158.7m ²	70.0	0.0	2.5		0	0.178	
	Förbo Vägg	VÄSTER	142.4m ²	70.0	0.0	2.5		0	0.178	
	Förbo Vägg	NORR	78.4m ²	70.0	0.0	2.5		0	0.178	
	Förbo Vägg	SÖDER	58.4m ²	70.0	0.0	2.5		0	0.178	
	Förbo Plattamark	PPM 0-1 m	72.9m ²	70.0	0.0	0.0		0	0.164	
	Förbo Plattamark	PPM 1-6 m	211.6m ²	70.0	0.0	0.0		0	0.122	
	Förbo Tak	TAK	284.5m ²	70.0	2.5	2.5		0	0.107	
	YHÖRN FÖRBO	SÖDER	14.0m	70.0	0.0	0.0		0		0.054
	YHÖRN FÖRBO	NORR	14.0m	70.0	0.0	0.0		0		0.054
	Förbo takhorn	NORR	28.4m	70.0	0.0	0.0		0		0.000
	Förbo takhorn 2	SÖDER	28.4m	70.0	0.0	0.0		0		0.029
	Förbo takhorn	VÄSTER	9.8m	70.0	0.0	0.0		0		0.000
	Förbo takhorn 2	ÖSTER	9.8m	70.0	0.0	0.0		0		0.029
	Förbo plattavägg	VÄSTER	9.8m	70.0	0.0	0.0		0		0.041
	Förbo plattavägg	ÖSTER	28.4m	70.0	0.0	0.0		0		0.041
	Förbo platvägg2	NORR	28.4m	70.0	0.0	0.0		0		0.080
	Förbo bjälk	SYDVÄST	76.5m	0.0	0.0	0.0		0		-0.052
	Förbo platvägg2	SÖDER	9.8m	70.0	0.0	0.0		0		0.080

Solskyddstyper

Benämning	Gräns-temp. °C	Gräns-effekt W/m ²	Reduktion av Total %	Reduktion av Direkt %	Vinkel Underkant	Vinkel Överkant	Vinkel Skärm 1 Sida 1	Vinkel Skärm 1 Sida 2	Vinkel Skärm 2 Sida 1	Vinkel Skärm 2 Sida 2	Högsta Vindhastighet m/s
Persienn rumsregl	24.0	2000.0	80.0	80.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0

Byggnadsdelar - Fönster, dörrar, ventiler

Benämning	Byggdeltstyp	Orientering	Area m ²	Glasandel %	Sol-transm. Total %	Sol transm. Direkt %	U-värde W/m ² °C	Lägst nivå m	Högst nivå m	Luftläck. q50 l/s,m ²	Solskydd
	Förbo Fönster	ÖSTER	22.1	80	53	43	1.20	0.0	2.5	0.80	Persienn rumsregl
	Förbo Ytterdörr	ÖSTER	18.4	0	0	0	1.20	0.0	2.5	0.80	
	Förbo Fönster	VÄSTER	38.4	80	53	43	1.20	0.0	2.5	0.80	Persienn rumsregl
	Förbo Glasdörr	VÄSTER	18.4	50	53	43	1.20	0.0	2.5	0.80	Persienn rumsregl
	Förbo Fönster	NORR	1.6	80	53	43	1.20	0.0	2.5	0.80	Persienn rumsregl
	Förbo Fönster	SÖDER	1.6	80	53	43	1.20	0.0	2.5	0.80	Persienn rumsregl

Projekt: Alt 5. Konventionell värmepump
 Beskrivning: Examensarbete 2010
 Utfört av: Ramböll Sverige AB
 Projektfil: C:\Documents and Settings\guestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternativ5.VIP

Datum: 2010-04-06

Sign: AÅP

Företag: **RAMBÖLL**

Driftdata

Driftfalls-benämning	Verksamhets-energi rumsluft W/m ²	Verksamhets-energi rumsluft W/lgh	Verksamhets-energi extern W/m ²	Fastig-hets-energi rumsluft W/m ²	Fastig-hets-energi extern W/m ²	Person-värme W/m ²	Tapp-varm-vatten W/m ²	Tapp-varm-vatten W/lgh	Högsta rums- temp °C	Lägsta rums- temp °C
BOST 21	2.00	200.00	1.00	0.00	0.00	1.00	2.05	205.00	27.00	21.00

Drifttider

Driftfalls-benämning	Vecko-dagar	Dag-nummer	Tid
BOST 21	MÅND-SÖND	1 - 365	0 - 24

Ventilationsaggregat

Aggregat-benämning	Tilluft Fläkttryck Pa	Tilluft Verkn.gr %	Frånluft Fläkttryck Pa	Frånluft Verkn.gr %	Verkn.gr återvinning %	Lägsta tilluftstemp °C	Utetemp Driftp. L °C	Flöde Driftp. L %	Utetemp Driftp. H °C	Flöde Driftp. H %
Förbo FTX	600.00	60.00	700.00	60.00	80.00	18.00	-20.0	100	20.0	100

Ventilationsaggregat - Drifttider och flöden

Aggregat-benämning	Vecko-dagar	Tilluft l/s,m ²	Frånluft l/s,m ²	Startdag-Slutdag	Starttid-Sluttid
Förbo FTX	MÅND-SÖND	0.35	0.35	1 - 365	0 - 24

Installationssystem

Värmepump: Bergvärme 5kW

Driftpunkt	1	2	
Utetemperatur	5.00	20.00	[°C]
Kondensoreffekt	5000	5500	[W]
Värmefaktor	3.90	4.90	
Stopptemperatur	-50.00	---	[°C]
Värmefaktor Tappvarmvatten	2.50	2.50	
Värmepumpsenergi till uppvärmning av rum	Ja		
Värmepumpsenergi till uppvärmning av tilluft	Nej		
Värmepumpsenergi till uppvärmning av tappvarmvatten	Ja		

ÖVRIGT

Krav finns på energisparåtgärder enligt BBR kap 9:3
 El cirkpump värmesystem 0.50 % av energiförsörjning till rum och luft
 El cirkpump värmesystem 75.00 % W
 Lägsta dimensionerande utetemperatur för uppvärmning -100.0 °C
 Högsta dimensionerande utetemperatur för komfortkyla 100.0 °C
 Passiv kyla

Projekt: Alt 5. Konventionell värmepump
 Beskrivning: Examensarbete 2010
 Utfört av: Ramböll Sverige AB
 Projektfil: C:\Documents and Settings\guestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternativ5.VIP

Datum: 2010-04-06

Sign: AÅP

Företag: RAMBÖLL

RESULTAT

Detaljerat Resultat

Aktuellt hus med aktuell drift

Period	Avgiven	energi	kWh			Tillförd	energi	kWh						
	(23)	(24)	(21)	(28)	(22)	(27)	(20)	(19)	(29)	(18)	(25)	(45)	(33)	(34)
	Trans- mis- sion	Luft- läck- age	Venti- lation	Spill- vatten	Passiv kyla	Sol- energi fönster	Åter- vinning vent.	Åter- vinning VP	Åter- vinning tappvv.	Sol- fång- are	Person- värme	Process- energi till rum	Värme- försörj- ning	Elför- sörj- ning
Mån 1	4319	1401	3625	1961	0	252	2782	2660	0	0	362	1914	1960	1378
Mån 2	3862	1264	3254	1772	0	486	2491	2298	0	0	327	1728	1588	1240
Mån 3	3702	1156	3133	1961	0	940	2366	2279	0	0	362	1914	704	1385
Mån 4	2900	835	2562	1898	0	1705	1725	1387	0	0	350	1852	82	1116
Mån 5	2165	569	2007	1961	1	1333	908	1181	0	0	362	1914	0	1061
Mån 6	1631	429	1617	1898	65	833	411	1139	0	0	350	1852	0	1025
Mån 7	1462	380	1526	1961	151	721	295	1177	0	0	362	1914	0	1059
Mån 8	1552	374	1533	1961	82	612	359	1177	0	0	362	1914	0	1059
Mån 9	1874	537	1763	1898	0	837	796	1164	0	0	350	1852	3	1036
Mån 10	2334	664	2091	1961	0	716	1345	1467	0	0	362	1914	43	1175
Mån 11	3111	986	2693	1898	0	356	2026	2186	0	0	350	1852	560	1348
Mån 12	3866	1195	3280	1961	0	200	2506	2576	0	0	362	1914	1344	1402
Summa	32779	9793	29084	23094	299	8991	18011	20691	0	0	4257	22531	6284	14282

Nyckeltal

	Aktuellt hus	
	Aktuell drift	
Inre värmekapacitet	29.16	[Wh/m ² °C]
Yttre värmekapacitet	43.58	[Wh/m ² °C]
Medeltemperatur	21.00	[°C]
Medelvärde ventilation	0.35	l/s,m ²
Processenergi medel	6.29	[W/m ²]
Personvärme medel	1.00	[W/m ²]
Omslutningsarea	1107.30	[m ²]
Luftläckage vid 50 Pa	885.84	[l/s]
Invändigt tryck medel	-1.1	[Pa]
Specifik fläkteffekt	2.2	[kW/(m ³ /s)]
Omslutnings-/Golv-area	2.28	
Avvikelse krav lägsta rumstemp	0.00	°C

Jämförelse mot krav enligt BBR

	Aktuellt hus referensdrift	Aktuellt hus aktuell drift	Tillåtet värde	
Jämförelse mot BBR 10				
Fs-värde	0.194	0.208	0.291	W/m ² K
Tillåtet Fs-värde är 130 % av referenshusets medel: 0.224				
Uppvärmning	19470	20566	45140	kWh
Jämförelse mot BBR 12				
U-värde		0.244	0.500	W/m ² K
Energianvändning		42	110	kWh/m ²
Atemp: 486.0 m ²				

Projekt: Alt 5. Konventionell värmepump
 Beskrivning: Examensarbete 2010
 Utfört av: Ramböll Sverige AB
 Projektfil: C:\Documents and Settings\lguestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternativ5.VIP

Datum: 2010-04-06

Sign: AÅP

Företag: RAMBÖLL

Jämförelse mot krav enligt BBR

	Aktuellt hus referensdrift	Aktuellt hus aktuell drift	Tillåtet värde	
Klimatzon BBR12	SÖDER			
Verksamhetstyp: / Bostad				
Jämförelse mot BBR 16				
U-värde		0.244	0.500	W/m²K
Energianvändning		42	110	kWh/m²
Atemp: 486.0 m²				
Klimatzon BBR16	III			
Verksamhetstyp: / Bostad				

Energibalans

	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m²
Avgiven energi		
(23)Transmission	32779	67.45
(24)Luftläckage	9793	20.15
(21)Ventilation	29084	59.84
(28)Spillvatten	23094	47.52
(22)Passiv kyla	299	0.62
Tillförd energi		
(27)Solenergi genom fönster	8991	18.50
(20)Återvinning ventilation	18011	37.06
(29)Återvinning till tappvarmvatten	0	0.00
(19)Återvinning värmepump	20691	42.57
(18)Solfångare	0	0.00
(45)Processenergi till rum	22531	46.36
(25)Personvärme	4257	8.76
(34)Elförsörjning	14282	29.39
(33)Värmeförsörjning	6284	12.93

Specifikation av energiflöden

	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m²		Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m²
(33)VÄRMFÖRSÖRJNING	6284	12.93	(10)Cirk.pump solf.	0	0.00
(1)Ventilationsaggregat	432	0.89	(12)Cirk.pump kyla	0	0.00
(2)Värmesystem	1141	2.35	(11)Kylmaskin komfortkyla	0	0.00
(3)Tappvarmvatten	4710	9.69			
			(37)KONDENSORVÄRME	31367	64.54
(47)BYGGNADENS KYLBEHOV	0	0.00	(4)Ventilationsaggregat	0	0.00
(48)Kylning i ventilationsaggregat	0	0.00	(5)Värmesystem	12982	26.71
(49)Kylning i rumsluft	0	0.00	(6)Tappvarmvatten	18384	37.83
(34)ELFÖRSÖRJNING	14282	29.39	(36)SOLFÅNGARVÄRME	0	0.00
(35)Värmepump	10676	21.97	(7)Ventilationsaggregat	0	0.00
(14)Tilluftsfläktar	1490	3.07	(8)Värmesystem	0	0.00
(13)Frånluftsfläktar	1738	3.58	(9)Tappvarmvatten	0	0.00
(15)Cirk.pump värme	377	0.78			

Projekt: Alt 5. Konventionell värmepump
 Beskrivning: Examensarbete 2010
 Utfört av: Ramböll Sverige AB
 Projektfil: C:\Documents and Settings\guestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternativ5.VIP

Datum: 2010-04-06

Sign: AÅP

Företag: RAMBÖLL

Specifikation av energiflöden

	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²		Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²
(26)PROCESSENERGI	26788	55.12			
(40)Verksamhetsenergi rumsluft	22531	46.36	(42)VENTILATIONSAGGREGAT	21672	44.59
(41)Verksamhetsenergi extern	4257	8.76	(43)VÄRMESYSTEM	14501	29.84
(39)Fastighetsenergi rumsluft	0	0.00	(44)TAPPVARMVATTEN	23094	47.52
(46)Fastighetsenergi extern	0	0.00			

Projektanpassad rapport

Benämning på sammanställning	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²	Benämning på sammanställning	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²
Värme till rum vent tvv	6284	12.93	Fastighetsel	1490	3.07
Elanvändning	30394	62.54			

Projektanpassad rapport, Specifikation

Värme till rum vent tvv=
 +1.000 x (1) Värmeförsörjning ventilation
 +1.000 x (2) Värmeförsörjning värmesystem
 +1.000 x (3) Värmeförsörjning tappvarmvatten

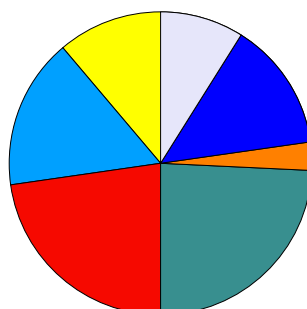
Elanvändning=
 +1.000 x (10) El cirkpump solfångare
 +1.000 x (13) El till frånluftsfläktar
 +1.000 x (14) El till tilluftsfläktar
 +1.000 x (15) El cirkpump värmesystem
 +1.000 x (26) Processenergi

Fastighetsel=
 +1.000 x (10) El cirkpump solfångare
 +1.000 x (12) El cirkpump kyla
 +1.000 x (14) El till tilluftsfläktar

Ekonomiresultat

	Referenshus Referensdrift	Aktuellt hus Referensdrift	Aktuellt hus Aktuell drift	
Processenergi	26788	26788	26788	kr
Fjärrkyla	0	0	0	kr
Elförsörjning	364	14203	14282	kr
Värmeförsörjning	44776	5266	6284	kr
TOTALT	71928	46258	47354	kr

Tillförd energi



Sol genom fönster (9%)
 Återvinning ventilation (19%)
 Återvinning värmepump (22%)
 Återvinning till tappvv (0%)
 Återvinning solfångare (0%)
 Processenergi rumsluft (24%)
 Personvärme (4%)
 Elförsörjning (15%)
 Värmeförsörjning (7%)

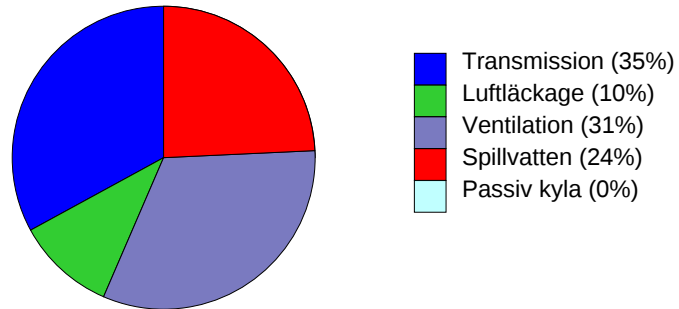
Projekt: Alt 5. Konventionell värmepump
Beskrivning: Examensarbete 2010
Utfört av: Ramböll Sverige AB
Projektfil: C:\Documents and Settings\guestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternativ5.VIP

Datum: 2010-04-06

Sign: AÅP

Företag: **RAMBÖLL**

Avgiven energi



Projekt: Alt 6. Konventionell solfångare
 Beskrivning: Examensarbete 2010
 Utfört av: Ramböll Sverige AB
 Projektfil: C:\Documents and Settings\guestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternativ6.VIP

Datum: 2010-04-06

Sign: AÅP

Företag: RAMBÖLL

KOMMENTARER

Utgår från Förbos plusvärmehus i Lerum.

Solfångare täcker uppvärmning och tappvarmvatten.

INDATA

Allmänt

Beräkningsdatum	2010-05-27 (11:24:48)
Beräkningsperiod - Dag	1 - 365
Klimatdata	GÖTEBORG
Latitud	57.8 grader
Klimatzon BBR12	SÖDER
Solreflektion från mark	20.00 %
Vindhastighet	70.00 % av klimatdata
Lufttryck	1000 hPa
Horisontvinkel mot markplan	S:0 SV:0 V:0 NV:3 N:38 NO:3 O:6 SO:0 °
Formfaktor för vindtryck	S:-0.60 SV:0.70 V:0.70 NV:0.70 N:-0.60 NO:-0.60 O:-0.50 SO:-0.60 TAK:0.00
Vridning av byggnad	20 °
Verksamhetstyp	Bostad
Antal lägenheter	8
Ventilationsvolym	0.0 [m³]
Uppvärmd bruksarea enl SS021052	486.0 [m²]
Markegenskap Värmeledningstal:	1.4 [W/m²K]
Lera, dränerad sand , dränerat grus.	

Energipriser

Pris-grupp	Vecko-dagar	Dag-nummer	Tid	Värmeför-sörjning kr/kWh	Process-energi kr/kWh	Elför-sörjning kr/kWh	Fjärr-kyla kr/kWh
1-TAXA	MÅND-SÖND	1 - 365	0 - 24	1.00	1.00	1.00	0.00

Aktuellt Hus

Byggdelstyper 1-dimensionella - Katalog

Byggdelstyp	Material Från utsida till insida	Skikt-tjocklek m	Värme-ledningstal W/m²C	Densitet kg/m³	Värme-kapacitet J/kg°C	U-värde W/m²°C	Delta-U-värde W/m²°C	Luftläck. q50 l/s,m²
Förbo Vägg	TRÄ-13	0.013	0.130	500	2500	0.168	0.010	0.80
	ASFABOARD	0.013	0.065	400	1170			
	REGLAR600	0.220	0.041	55	845			
	GIPSSKIVA	0.013	0.220	900	1100			
Förbo Tak	TRÄ-13	0.020	0.130	500	2500	0.097	0.010	0.80
	ASFABOARD	0.003	0.065	400	1170			
	REGLAR1200	0.400	0.040	68	900			
	GIPSSKIVA	0.013	0.220	900	1100			
Förbo Plattamark	DRÄN.GRUS	0.150	1.400	1800	1000	0.187	0.010	0.80
	CELLPLAST1	0.100	0.040	20	1400			
	CELLPLAST1	0.100	0.040	20	1400			
	BETONG	0.100	1.700	2300	800			

Projekt: Alt 6. Konventionell solfångare
 Beskrivning: Examensarbete 2010
 Utfört av: Ramböll Sverige AB
 Projektfil: C:\Documents and Settings\lguestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternativ6.VIP

Datum: 2010-04-06

Sign: AÅP

Företag: RAMBÖLL

Byggdeltstyper 2-dimensionella - Katalog

Byggdeltstyp	Ekv.-skikt-tjocklek m	Värmelednings-tal W/m ² °C	Densitet kg/m ³	Värme-kapacitet J/kg°C	Psi-värde W/m	Bredd m	U-värde W/m ² °C	Luftläck. q50 l/s,m ²
YHÖRN FÖRBO	0.00	0.000	0.0	0	0.054	0.400	0.303	0.80
Förbo bjälk	0.00	0.000	0.0	0	-0.052	0.600	0.080	0.00
Förbo takhorn	0.00	0.000	0.0	0	0.000	0.400	0.169	0.80
Förbo plattavägg	0.00	0.000	0.0	0	0.041	2.000	0.208	0.80
Förbo platvägg2	0.00	0.000	0.0	0	0.080	2.000	0.208	0.80
Förbo takhorn 2	0.00	0.000	0.0	0	0.029	0.400	0.169	0.80

Byggnadsdelar - Väggar, bjälklag

Benämning	Byggdeltstyp	Orientering	Mängd Area m ² Längd m Antal st	Sol-absorbtion %	Lägst nivå m	Högst nivå m	Angränsande temp °C	Andel av effekt-behov %	U-värde med mark och D-U W/m ² °C	Psi-värde W/m ² °C
	Förbo Vägg	ÖSTER	158.7m ²	70.0	0.0	2.5		0	0.178	
	Förbo Vägg	VÄSTER	142.4m ²	70.0	0.0	2.5		0	0.178	
	Förbo Vägg	NORR	78.4m ²	70.0	0.0	2.5		0	0.178	
	Förbo Vägg	SÖDER	58.4m ²	70.0	0.0	2.5		0	0.178	
	Förbo Plattamark	PPM 0-1 m	72.9m ²	70.0	0.0	0.0		0	0.164	
	Förbo Plattamark	PPM 1-6 m	211.6m ²	70.0	0.0	0.0		0	0.122	
	Förbo Tak	TAK	284.5m ²	70.0	2.5	2.5		0	0.107	
	YHÖRN FÖRBO	SÖDER	14.0m	70.0	0.0	0.0		0		0.054
	YHÖRN FÖRBO	NORR	14.0m	70.0	0.0	0.0		0		0.054
	Förbo takhorn	NORR	28.4m	70.0	0.0	0.0		0		0.000
	Förbo takhorn 2	SÖDER	28.4m	70.0	0.0	0.0		0		0.029
	Förbo takhorn	VÄSTER	9.8m	70.0	0.0	0.0		0		0.000
	Förbo takhorn 2	ÖSTER	9.8m	70.0	0.0	0.0		0		0.029
	Förbo plattavägg	VÄSTER	9.8m	70.0	0.0	0.0		0		0.041
	Förbo plattavägg	ÖSTER	28.4m	70.0	0.0	0.0		0		0.041
	Förbo platvägg2	NORR	28.4m	70.0	0.0	0.0		0		0.080
	Förbo bjälk	SYDVÄST	76.5m	0.0	0.0	0.0		0		-0.052
	Förbo platvägg2	SÖDER	9.8m	70.0	0.0	0.0		0		0.080

Solskyddstyper

Benämning	Gräns-temp. °C	Gräns-effekt W/m ²	Reduktion av Total %	Reduktion av Direkt %	Vinkel Underkant	Vinkel Överkant	Vinkel Skärm 1 Sida 1	Vinkel Skärm 1 Sida 2	Vinkel Skärm 2 Sida 1	Vinkel Skärm 2 Sida 2	Högsta Vindhastighet m/s
Persienn rumsregl	24.0	2000.0	80.0	80.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0

Byggnadsdelar - Fönster, dörrar, ventiler

Benämning	Byggdeltstyp	Orientering	Area m ²	Glasandel %	Sol-transm. Total %	Sol transm. Direkt %	U-värde W/m ² °C	Lägst nivå m	Högst nivå m	Luftläck. q50 l/s,m ²	Solskydd
	Förbo Fönster	ÖSTER	22.1	80	53	43	1.20	0.0	2.5	0.80	Persienn rumsregl
	Förbo Ytterdörr	ÖSTER	18.4	0	0	0	1.20	0.0	2.5	0.80	
	Förbo Fönster	VÄSTER	38.4	80	53	43	1.20	0.0	2.5	0.80	Persienn rumsregl
	Förbo Glasdörr	VÄSTER	18.4	50	53	43	1.20	0.0	2.5	0.80	Persienn rumsregl
	Förbo Fönster	NORR	1.6	80	53	43	1.20	0.0	2.5	0.80	Persienn rumsregl
	Förbo Fönster	SÖDER	1.6	80	53	43	1.20	0.0	2.5	0.80	Persienn rumsregl

Projekt: Alt 6. Konventionell solfångare
 Beskrivning: Examensarbete 2010
 Utfört av: Ramböll Sverige AB
 Projektfil: C:\Documents and Settings\guestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternativ6.VIP

Datum: 2010-04-06

Sign: AÅP

Företag: **RAMBÖLL**

Driftdata

Driftfalls-benämning	Verksamhets-energi rumsluft W/m²	Verksamhets-energi rumsluft W/lgh	Verksamhets-energi extern W/m²	Fastig-hets-energi rumsluft W/m²	Fastig-hets-energi extern W/m²	Person-värme W/m²	Tapp-varm-vatten W/m²	Tapp-varm-vatten W/lgh	Högsta rums- temp °C	Lägsta rums- temp °C
BOST 21	2.00	200.00	1.00	0.00	0.00	1.00	2.05	205.00	27.00	21.00

Drifttider

Driftfalls-benämning	Vecko-dagar	Dag-nummer	Tid
BOST 21	MÅND-SÖND	1 - 365	0 - 24

Ventilationsaggregat

Aggregat-benämning	Tilluft Fläkttryck Pa	Tilluft Verkn.gr %	Frånluft Fläkttryck Pa	Frånluft Verkn.gr %	Verkn.gr återvinning %	Lägsta tilluftstemp °C	Utetemp Driftp. L °C	Flöde Driftp. L %	Utetemp Driftp. H °C	Flöde Driftp. H %
Förbo FTX	600.00	60.00	700.00	60.00	80.00	18.00	-20.0	100	20.0	100

Ventilationsaggregat - Drifttider och flöden

Aggregat-benämning	Vecko-dagar	Tilluft l/s,m²	Frånluft l/s,m²	Startdag-Sluttid	Starttid-Sluttid
Förbo FTX	MÅND-SÖND	0.35	0.35	1 - 365	0 - 24

Installationssystem

Solfångare

Solfångarearea	72.0	[m²]
Absorptionsfaktor	0.800	[%]
Värmeförlustfaktor 1	1.0000	[W/m²K]
Värmeförlustfaktor 2	0.0300	[W/m²K²]
Södervinkel	0.0	Grader
Lutning	35.0	Grader
Akkumulatorvolym	8.0	[m³]
Lägsta arbetstemperatur	20.0	[°C]
Högsta arbetstemperatur	95.0	[°C]
Solenergi till uppvärmning av rum	Ja	
Solenergi till uppvärmning av tilluft	Nej	
Solenergi till uppvärmning av tappvarmvatten	Ja	

ÖVRIGT

Krav finns på energisparåtgärder enligt BBR kap 9:3
 El cirkpump värmesystem 0.50 % av energiförsörjning till rum och luft
 El cirkpump värmesystem 75.00 % W
 Lägsta dimensionerande utetemperatur för uppvärmning -100.0 °C
 Högsta dimensionerande utetemperatur för komfortkyla 100.0 °C
 Passiv kyla

Projekt: Alt 6. Konventionell solfångare
 Beskrivning: Examensarbete 2010
 Utfört av: Ramböll Sverige AB
 Projektfil: C:\Documents and Settings\lguestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternativ6.VIP

Datum: 2010-04-06

Sign: AÅP

Företag: **RAMBÖLL**

RESULTAT

Detaljerat Resultat

Aktuellt hus med aktuell drift

Period	Avgiven energi kWh				Tillförd energi kWh									
	(23)	(24)	(21)	(28)	(22)	(27)	(20)	(19)	(29)	(18)	(25)	(45)	(33)	(34)
	Trans-mission	Luft-läck-age	Venti-lation	Spill-vatten	Passiv kyla	Sol-energi fönster	Åter-vinning vent.	Åter-vinning VP	Åter-vinning tappvv.	Sol-fång-are	Person-värme	Process-energi till rum	Värme-försörj-ning	Elför-sörj-ning
Mån 1	4319	1401	3625	1961	0	252	2782	0	0	1295	362	1914	4351	351
Mån 2	3862	1264	3254	1772	0	486	2491	0	0	1832	327	1728	2979	315
Mån 3	3702	1156	3133	1961	0	940	2366	0	0	3091	362	1914	937	340
Mån 4	2900	835	2562	1898	0	1705	1725	0	0	2281	350	1852	14	289
Mån 5	2165	569	2007	1961	1	1333	908	0	0	1962	362	1914	0	280
Mån 6	1631	429	1617	1898	65	833	411	0	0	1895	350	1852	0	269
Mån 7	1462	380	1526	1961	151	721	295	0	0	1957	362	1914	0	278
Mån 8	1552	374	1533	1961	82	612	359	0	0	1958	362	1914	0	278
Mån 9	1874	537	1763	1898	0	837	796	0	0	1931	350	1852	0	272
Mån 10	2334	664	2091	1961	0	716	1345	0	0	2379	362	1914	3	304
Mån 11	3111	986	2693	1898	0	356	2026	0	0	2262	350	1852	1502	330
Mån 12	3866	1195	3280	1961	0	200	2506	0	0	1035	362	1914	3940	347
Summa	32779	9793	29084	23094	299	8991	18011	0	0	23877	4257	22531	13725	3654

Nyckeltal

	Aktuellt hus	
	Aktuell drift	
Inre värmekapacitet	29.16	[Wh/m ² °C]
Yttre värmekapacitet	43.58	[Wh/m ² °C]
Medeltemperatur	21.00	[°C]
Medelvärde ventilation	0.35	l/s,m ²
Processenergi medel	6.29	[W/m ²]
Personvärme medel	1.00	[W/m ²]
Omslutningsarea	1107.30	[m ²]
Luftläckage vid 50 Pa	885.84	[l/s]
Invändigt tryck medel	-1.1	[Pa]
Specifik fläkteffekt	2.2	[kW/(m ³ /s)]
Omslutnings-/Golv-area	2.28	
Avvikelse krav lägsta rumstemp	0.00	°C

Jämförelse mot krav enligt BBR

	Aktuellt hus referensdrift	Aktuellt hus aktuell drift	Tillåtet värde	
Jämförelse mot BBR 10				
Fs-värde	0.194	0.208	0.291	W/m ² K
Tillåtet Fs-värde är 130 % av referenshusets medel: 0.224				
Uppvärmning	16103	17379	45140	kWh
Jämförelse mot BBR 12				
U-värde		0.244	0.500	W/m ² K
Energianvändning		36	110	kWh/m ²
Atemp: 486.0 m ²				

Projekt: Alt 6. Konventionell solfångare
 Beskrivning: Examensarbete 2010
 Utfört av: Ramböll Sverige AB
 Projektfil: C:\Documents and Settings\lguestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternativ6.VIP

Datum: 2010-04-06

Sign: AÅP

Företag: RAMBÖLL

Jämförelse mot krav enligt BBR

	Aktuellt hus referensdrift	Aktuellt hus aktuell drift	Tillåtet värde	
Klimatzon BBR12	SÖDER			
Verksamhetstyp: / Bostad				
Jämförelse mot BBR 16				
U-värde		0.244	0.500	W/m²K
Energianvändning		36	110	kWh/m²
Atemp: 486.0 m²				
Klimatzon BBR16	III			
Verksamhetstyp: / Bostad				

Energibalans

	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m²
Avgiven energi		
(23)Transmission	32779	67.45
(24)Luftläckage	9793	20.15
(21)Ventilation	29084	59.84
(28)Spillvatten	23094	47.52
(22)Passiv kyla	299	0.62
Tillförd energi		
(27)Solenergi genom fönster	8991	18.50
(20)Återvinning ventilation	18011	37.06
(29)Återvinning till tappvarmvatten	0	0.00
(19)Återvinning värmepump	0	0.00
(18)Solfångare	23877	49.13
(45)Processenergi till rum	22531	46.36
(25)Personvärme	4257	8.76
(34)Elförsörjning	3654	7.52
(33)Värmeförsörjning	13725	28.24

Specifikation av energiflöden

	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m²		Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m²
(33)VÄRMFÖRSÖRJNING	13725	28.24	(10)Cirk.pump solf.	48	0.10
(1)Ventilationsaggregat	432	0.89	(12)Cirk.pump kyla	0	0.00
(2)Värmesystem	8268	17.01	(11)Kylmaskin komfortkyla	0	0.00
(3)Tappvarmvatten	5025	10.34			
			(37)KONDENSORVÄRME	0	0.00
(47)BYGGNADENS KYLBEHOV	0	0.00	(4)Ventilationsaggregat	0	0.00
(48)Kylning i ventilationsaggregat	0	0.00	(5)Värmesystem	0	0.00
(49)Kylning i rumsluft	0	0.00	(6)Tappvarmvatten	0	0.00
(34)ELFÖRSÖRJNING	3654	7.52	(36)SOLFÅNGARVÄRME	23924	49.23
(35)Värmepump	0	0.00	(7)Ventilationsaggregat	0	0.00
(14)Tilluftsfläktar	1490	3.07	(8)Värmesystem	5856	12.05
(13)Frånluftsfläktar	1738	3.58	(9)Tappvarmvatten	18069	37.18
(15)Cirk.pump värme	377	0.78			

Projekt: Alt 6. Konventionell solfångare
 Beskrivning: Examensarbete 2010
 Utfört av: Ramböll Sverige AB
 Projektfil: C:\Documents and Settings\guestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternati
 v6.VIP

Datum: 2010-04-06

Sign: AÅP

Företag: RAMBÖLL

Specifikation av energiflöden

	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²		Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²
(26)PROCESSENERGI	26788	55.12			
(40)Verksamhetsenergi rumsluft	22531	46.36	(42)VENTILATIONSAGGREGAT	21672	44.59
(41)Verksamhetsenergi extern	4257	8.76	(43)VÄRMESYSTEM	14501	29.84
(39)Fastighetsenergi rumsluft	0	0.00	(44)TAPPVARMVATTEN	23094	47.52
(46)Fastighetsenergi extern	0	0.00			

Projektanpassad rapport

Benämning på sammanställning	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²	Benämning på sammanställning	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²
Värme till rum vent tvv	13725	28.24	Fastighetsel	1538	3.16
Elanvändning	30442	62.64			

Projektanpassad rapport, Specifikation

Värme till rum vent tvv=
 +1.000 x (1) Värmeförsörjning ventilation
 +1.000 x (2) Värmeförsörjning värmesystem
 +1.000 x (3) Värmeförsörjning tappvarmvatten

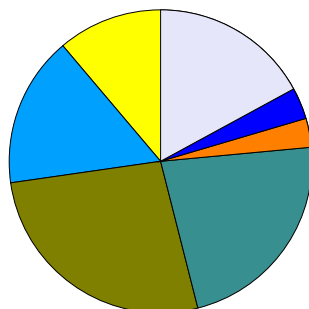
Elanvändning=
 +1.000 x (10) El cirkpump solfångare
 +1.000 x (13) El till frånluftsfläktar
 +1.000 x (14) El till tilluftsfläktar
 +1.000 x (15) El cirkpump värmesystem
 +1.000 x (26) Processenergi

Fastighetsel=
 +1.000 x (10) El cirkpump solfångare
 +1.000 x (12) El cirkpump kyla
 +1.000 x (14) El till tilluftsfläktar

Ekonomiresultat

	Referenshus Referensdrift	Aktuellt hus Referensdrift	Aktuellt hus Aktuell drift	
Processenergi	26788	26788	26788	kr
Fjärrkyla	0	0	0	kr
Elförsörjning	364	3616	3654	kr
Värmeförsörjning	44776	12487	13725	kr
TOTALT	71928	42891	44167	kr

Tillförd energi



Sol genom fönster (9%)
 Återvinning ventilation (19%)
 Återvinning värmepump (0%)
 Återvinning till tappvv (0%)
 Återvinning solfångare (25%)
 Processenergi rumsluft (24%)
 Personvärme (4%)
 Elförsörjning (4%)
 Värmeförsörjning (15%)

Projekt: Alt 6. Konventionell solfångare
Beskrivning: Examensarbete 2010
Utfört av: Ramböll Sverige AB
Projektfil: C:\Documents and Settings\guestgotvvs\Desktop\FÖRBO\Alternativ6.VIP

Datum: 2010-04-06

Sign: AÅP

Företag: **RAMBÖLL**

Avgiven energi

