

Miljöåterbetalningstid för energieffektiviseringsförslag i förhållande till BBR19

För Boverket och Energimyndigheten

Martin Erlandsson

Författare: Martin Erlandsson

På uppdrag av: Boverket och Energimyndigheten

Rapportnummer: U 5226

Revidering: 9 maj 2015, första version daterad 30 april 2015

© IVL Svenska Miljöinstitutet 2015

IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm

Tel: 08-598 563 00 Fax: 08-598 563 90

www.ivl.se

Rapporten har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s ledningssystem

Innehållsförteckning

Sammanfattning	3
1 Introduktion och hänvisning till relaterade dokument	4
2 Beräkningsresultat	5
3 Slutsatser	7
4 Fortsatt arbete	8
5 Referenser	9
6 Bilaga - Beskrivning av energibesparingsåtgärder	10
6.1 Småhus	10
6.1.1 Småhus, BBR19 klimatzon III, fjärrvärme – SmFV	10
6.1.2 Småhus, BBR19 klimatzon III, elvärme – SmEL	11
6.2 Flerbostadshus	11
6.2.1 Flerbostadshus, BBR19 klimatzon III, fjärrvärme – FbFV	11
6.2.2 Flerbostadshus, BBR19 klimatzon III, elvärme – FbEL	12
6.3 Kontor	13
6.3.1 Kontor, BBR19 klimatzon III, fjärrvärme – KoFV	13
6.3.2 Kontor, BBR19 klimatzon III, elvärme – KoEL	13
6.4 Småhus S2	15

Sammanfattning

IVL har på uppdrag av Boverket och Energimyndigheten som en del i regeringsuppdraget Kontrollstation 2015 genomfört en miljökonsekvensanalys av sex olika exempelbyggnader med förbättrad energiprestanda. De exempelbyggnader som analyseras togs fram av Boverket och redovisas i rapporten "Optimala kostnader för energieffektivisering". Projektengagemang har sedan tagit fram förslag på förbättringar motsvarande 25 % respektive 50 % av kraven i BBR19.

För att bedöma miljönyttan av en energiprestanda bättre än BBR19 beräknas återbetalningstiden, för hur många år det tar innan den extra investeringen i mer energieffektiv teknik och byggnadskonstruktion betalar tillbaka sig, genom minskad energianvändningen under driftsskedet mätt i klimatpåverkan. Vi kallar detta nyckeltal *miljöåterbetalningstid* och beräknas på samma sätt som en ekonomisk återbetalningstid (pay-off). Det är rimligt att bygga bostäder och lokaler med bättre energiprestanda än vad som ställs som krav i byggnormen (BBR19) om detta leder till en minskad klimatpåverkan under en rimlig tidshorisont. I projektet definieras inte vad som är en rimlig miljöåterbetalningstid. Analysen omfattar småhus, flerbostadshus och kontor med olika energiprestanda med fjärrvärme respektive el som huvudsaklig uppvärmningskälla analyserats.

Den övergripande slutsatsen av genomförd utvärdering är att det tekniskt sett går att halvera byggnadernas energiprestanda i förhållande till BBR19. Samtliga åtgärder i mer energieffektiva lösningar som föreslås har en miljömässig återbetalningstid som markant understiger den tekniska livslängden på installerade apparater (FTX-aggregat, värmepumpar osv) och långt ifrån en förväntad livslängd på 50 år för konstruktionen och kan på så sätt motiveras ur miljösynpunkt. Alla energibesparingar som föreslås för byggnader uppvärmda med fjärrvärme är direkt lönsamma eller inom ett år med avseende på bidraget till klimatpåverkan. De åtgärder som föreslås för en halvering av energiprestandan för byggnader uppvärmda med el är återbetalda mellan 3 och 5 år.

1 Introduktion och hänvisning till relaterade dokument

Boverket har tillsammans med Energimyndigheten ett uppdrag att inom ramen för Kontrollstation 2015 analysera konsekvenserna av förbättrad energiprestanda i byggnader. Detta arbete kan ses som ett stödjande underlag till Boverkets pågående arbete med nationella definitionen av nära-nollenergibyggnader som skall avrapporteras 2015, tillsammans med flera andra rapporter under senare tid.

IVL har på uppdrag av Boverket och Kontrollstation 2015 genomfört en analys av sex olika exempelbyggnader och konsekvenserna för bidraget till klimatpåverkan för olika sätt att uppnå förbättrad energiprestanda. För beskrivning av metodik och underlag för energiprestanda hänvisas till Erlandsson (2015): "Klimatpåverkan för byggnader med olika energiprestanda". Livscykelanalysmetodik som tillämpas följer samma metodik som tillämpas i klimatberäkningarna för byggnaden "Blå Jungfrun" (Liljenström mfl 2015), fränsett energiprestanda för driftsenergin som här baserat på ett scenario för 2030 (se vidare i Erlandsson 2015). Klimatpåverkan för tillverkning av FTX-aggregat¹ till flerbostadshus och lokaler med olika verkningsgrad antas ha samma miljöprestanda. För villor används olika miljöprestanda för tillverkningen av olika slags FTX-aggregat.

De exempelbyggnader som analyseras här togs fram av Boverket (2013) och redovisas i rapporten "Optimala kostnader för energieffektivisering". För detaljer och mer utförlig beskrivning av här analyserade byggnader hänvisas till denna rapport. Projektengagemang har sedan tagit fram energibesparingar som i förhållande till de olika exempelbyggnader som återfinns i Boverkets rapport relaterat till BBR19 energikrav (uppdragsrapport till Boverket april 2015). Wikells har sedan mängdat och kvantifierat de byggresurser som krävs för att uppnå de olika förbättringsnivåerna framtagana av Projektengagemang (uppdragsrapport till Boverket dateras april 2015).

¹ Apparat för energiåtervinning av ventilationsluften i ett till- och frånluftssystem.

2 Beräkningsresultat

Vi har analyserat småhus, flerbostadshus och kontor som har fjärrvärme respektive el som huvudsaklig källa för uppvärmning. Baserat på en typisk byggnadsutformning som uppfyller BBR19 har förbättringar tagits fram som leder till 25% respektive 50% förbättrad energiprestanda. För att bedöma miljönyttan av denna investering beräknas miljöåterbetalningstiden för hur många år det tar innan den minskade energianvändningen genererar en miljövinna mätt i klimatpåverkan.

Miljöåterbetalningstid (MÅT), anger hur lång tid det tar få (tjäna) tillbaka den miljöpåverkan som den aktuella investeringen orsakat. Metoden motsvarar en ekonomisk återbetalnings-, pay-off- eller pay-back-tid.

I de beräkningar som görs här ställs den extra miljöpåverkan det innebär att bygga ett hus med bättre miljöprestanda i relation till driftsskedets minskade miljöpåverkan.

$M\ddot{A}T = \frac{\Delta \text{byggnadsinvestering}}{\Delta \text{energiprestanda}}$
där Δ anger skillnad i miljöprestanda

Vi kallar detta nyckeltal miljöåterbetalningstid och beräknas på samma sätt som en ekonomisk återbetalningstid (pay-off). Det är rimligt att bygga bostäder och lokaler med bättre energiprestanda än vad som ställs som krav i byggnormen (BBR19), om detta leder till en minskad klimatpåverkan under en rimlig tidshorisont och kortare än referenslivslängden för byggnaden som antas till 50 år.

Tabel 1 Sammanställning av Energiprestanda för BBR19, 25 % respektive 50 % besparing och resulterande miljöåterbetalningstid i år för fjärrvärmeuppvärmda byggnader i BBR19 klimatzon III (Stockholm).

	Småhus			Flerbostadshus			Lokaler		
	BBR19	-25 %	-50 %	BBR19	-25 %	-50 %	BBR19	-25 %	-50 %
Köpt el, kWh/m ² (Atemp)	6,5	6,5	6,5	15	15	12	28	28	28
Köpt fjärrvärme, kWh/m ²	83	61	39	76	53	34	73	41	20
Tot köpt kWh per m ² och år	90	67	45	91	68	45	101	68	48
Andelen el, %	7%	10%	14%	16%	22%	26%	28%	41%	58%
Klimatpåverkan köpt energi, kg CO ₂ e/kWh	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	0,07
Miljöpåverkan alla åtgärder, kg CO ₂ e		0,06	0,92		1,9	2,9		0	3,2
Årlig energibesparing		23	45		24	46		32	52
Miljöåterbetalningstid i år		0,03	0,2		0,8	0,6		0	0,6

Resultatet av de beräkningar som gjorts visar att flertalet åtgärder har en omdelbar återbetalningstid. Ett generellt resultat är att de förändringar som kan göras i fjärrvärmeuppvärmda byggnader har en mycket kort återbetalningstid, mindre än ett år. Detta kan delvis förklaras med att de krav på specifik energianvändning i nuvarande

byggregler är mer generösa för fjärrvärmeuppvärmda byggnader än för motsvarande byggnader som värms upp av el. Detta betyder i praktiken att den totala energibesparing som kan göras i klimatskalet genom mer och/eller bättre isolering vid högre energiprestanda ger en större energibesparing, än om utgångsläget hade varit vid 50% av samma specifika energianvändning. Med andra ord, det är svårare att göra en energibesparing för 10 kWh/m² om utgångsläget är 45 kWh/m² än om det är 90 kWh/m². Fjärrvärmda byggnaders energiprestanda har i exempelbyggnaderna främst förbättrats genom förbättrad FTX-ventilation (som inte innebär någon extra klimatpåverkan) och att byta till mer högpresterande isolering (förbättrat lambda värde), fönster, dörrar och effektivare samt minskad luftläckning. Alla dessa åtgärder är tekniskt sett okomplicerade att genomföra och återfinns redan i de lågenergihus som byggs idag.

I bilagan (6.4 Småhus S215) redovisas miljöåterbetalningstiden för ytterligare ett småhus som värms upp med fjärrvärme. Miljöåterbetalningstiden för denna byggnad är vid 50% av BBR19 4 år, samt vid 61% av BBR19 6 år.

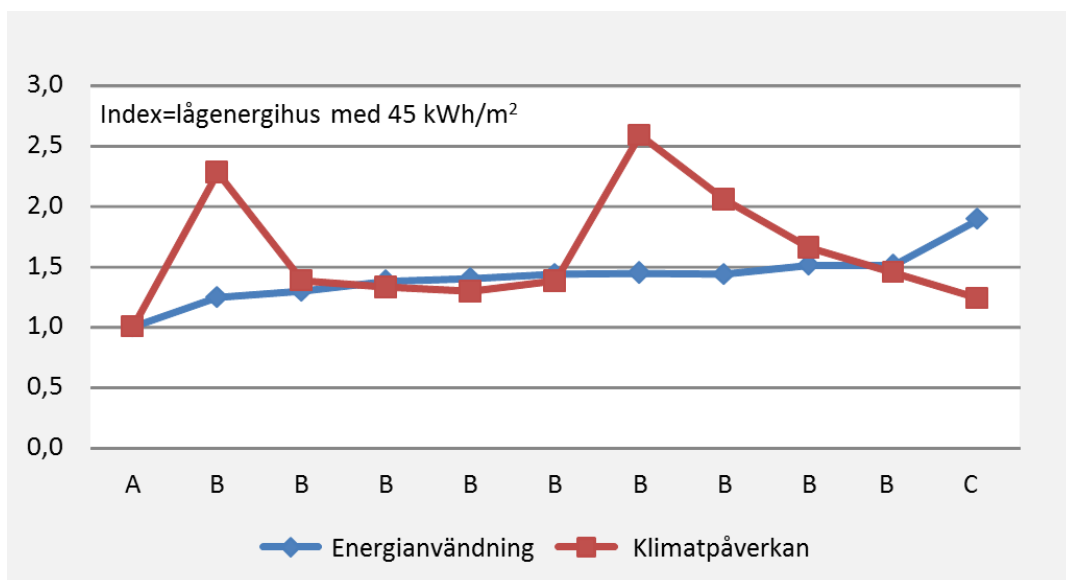
Tabel 2 Sammanställning av energiprestanda för BBR19, 25 % respektive 50 % besparing och resulterande miljöåterbetalningstid i år för eluppvärmda byggnader i BBR19 klimatzon III (Stockholm).

	Småhus			Flerbostadshus			Lokaler		
	BBR19	-25%	-50%	BBR19	-25%	-50%	BBR19	-25%	-50%
Köpt el, kWh/m ² (Atemp) och år	55	41	28	55	41	28	66	49	33
Andelen el, %	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Klimatpåverkan köpt energi, kg CO ₂ e/kWh	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
Miljöpåverkan alla åtgärder, kg CO ₂ e		0	4		6	6		-0,1	5
Årlig energibesparing		13	26		14	27		17	33
Miljöåterbetalningstid i år		0	2		11	5		0	4

Eftersom kravet på den specifika energianvändningen är lägre för eluppvärmda byggnader än motsvarande byggnader som värms upp med fjärrvärme, så krävs mer omfattande åtgärder för att förbättra energiprestanda för eluppvärmda hus. Alla de åtgärder som räknas upp ovan för hus som värms upp med fjärrvärme är också aktuella för eluppvärmda hus. Sedan tillkommer att isoleringslagret blir tjockare och med färre köldbryggor genom att en eller flera heltäcknade skikt införs i klimatskalet. För att klara en halverad energianvändning för bostäder (småhus och flerbostadshus) i jämförelse med BBR19 innebär att ventilationsförlusterna måste minimeras genom värmeåtervinning med hjälp av FTX i kombination med en värmepumpslösning. För kontor däremot klaras en halverad energianvändning med enbart förbättrat FTX-aggregat med bättre återvinning, dvs utan att lägga till någon värmepump. Trots mer omfattande åtgärder för eluppvärmda byggnader så blir miljöåterbetalningstiden aldrig längre än 11 år.

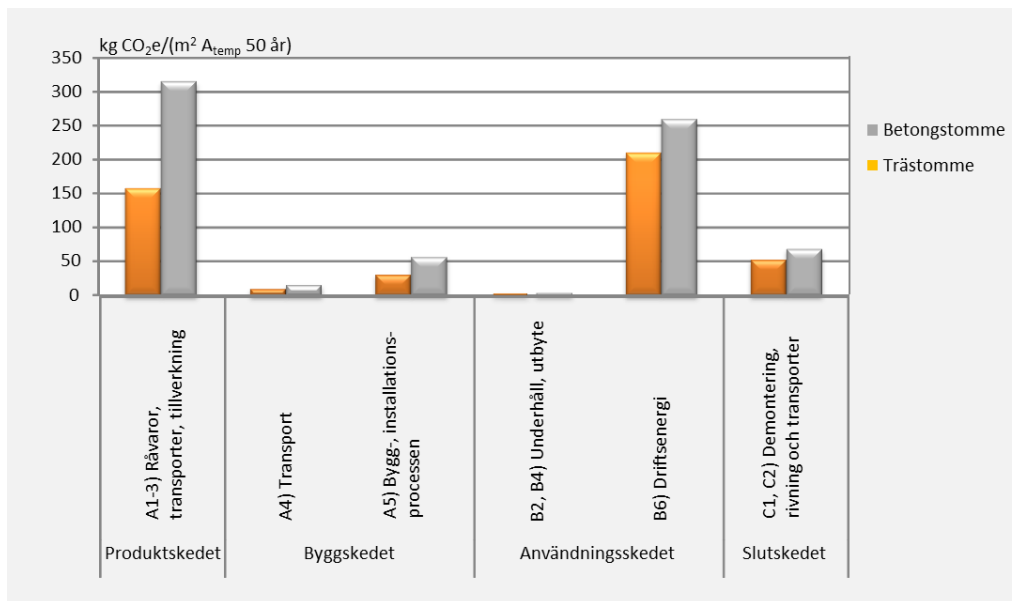
3 Slutsatser

Den övergripande slutsatsen av den utvärdering som genomförts är att det går att halvera byggnadernas energiprestanda i förhållande till BBR19 och samtidigt uppnå effektiva miljöförbättringar mätt i klimatpåverkan. Samtliga åtgärder, som föreslås, har en miljömässig återbetalningstid som markant understiger den tekniska livslängden på åtgärderna och långt ifrån en förväntad livslängd på 50 år för konstruktionen. Alla energibesparingar som föreslås för exempelbyggnader uppvärmda med fjärrvärme är direkt lönsamma eller inom ett år med avseende på bidraget till klimatpåverkan. De åtgärder som föreslås för en halvering av energiprestandan för byggnader uppvärmda med el är återbetalda mellan 3 och 5 år.



Figur 1 Specifik energianvändning och klimatpåverkan indexerad till ett flerbostadshus som har halverad energianvändning i förhållande till BBR19. Blå markering visar energi och röd klimatpåverkan. Klimatpåverkan omfattar hela byggprocessen till och med att huset står färdigt att flytta in i. A, B och C anger byggnadens energiklass enligt SS 24300-2. (baserad på Erlandsson 2014).

Detta resultat stärks av redan genomförda studier av Erlandsson (2014) som visar att det både går att bygga energi- och klimatanpassat (se Figur 1). Är målet att minska byggnadernas bidrag till klimatpåverkan, så kan istället andra åtgärder såsom byta material i stommar hos lågenergihus ge en betydande klimatbesparande åtgärd (Erlandsson 2015) (se Figur 2), eller att förbättra befintliga materials miljöprestanda.



Figur 2 Klimatpåverkan för två lågenergibygnader med olika materialval i stommen (baserat på Erlandsson 2015). Byggnadssystemen och materialvalen utgår från befintliga byggsystem och miljöprestanda såsom den ser ut idag. Byggnader är slumpvis utvalda och kan därför inte ses som representativa för respektive stomval.

Det är rimligt att anta att miljöförbättrande framtida åtgärder skulle kunna ge förbättrad miljöprestanda oavsett vilken typ av byggsystem och materialval som används. Med tanke på att de byggnader som ingår i figur 1 (Erlandsson 2014) och med den spridning som detta indikerar så är det rimligt att anta att betydande förbättringar kan ske. Materialval och systemval styrs av många krav och en samlad bedömning krävs därför där olika egenskaper och risker måste vägas in.

4 Fortsatt arbete

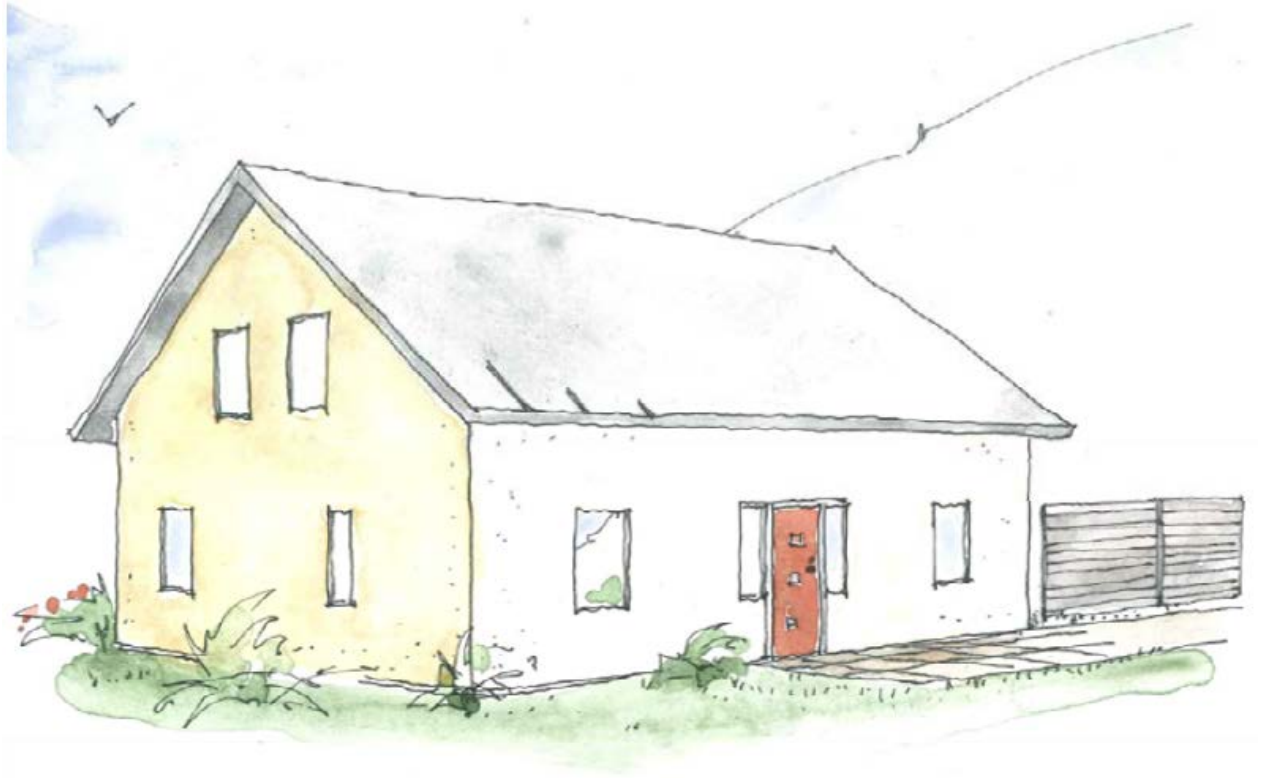
I den analys som nu genomförts ingår skillnaden mellan BBR19 och 25 respektive 50 % besparing. Vidare analyseras byggnader som värms upp både el- och fjärrvärme. I en mer komplett analys är det även intressant att se besparingen i förhållande till den absoluta miljöpåverkan (jämför med resultatet Figur 2) och inte bara skillnaderna som miljöåterbetalningstiden ger. I Erlandsson (2015) finns sådan beräkning genomförda, men då begränsad till två byggnader enligt kraven i BBR19 och tre byggnader med varierande lågenergi nivå, samt bara fjärrvärme som huvudsakligt uppvärmningssystem. Genomförda beräkningar omfattar klimatpåverkan varför det är möjligt att även inkludera fler miljöpåverkanskategorier till analysen i framtiden och på så sätt få ett bredare kunskapsunderlag.

5 Referenser

- Boverket: Optimala kostnader för energieffektivisering – underlag enligt Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/31/EU om byggnaders energiprestanda.
- Erlandsson M: Hållbar användning av naturresurser (BWR 7) – andelen nedströms klimatpåverkan för byggnader. Underlagsrapport åt Socialdepartementet, IVL Svenska Miljöinstitutet, rapport C 15, mars 2014.
- Erlandsson M: Klimatpåverkan för byggnader med olika energiprestanda. Underlagsrapport till konströllstation 2015. IVL Svenska Miljöinstitutet, rapport U 5176 För Energimyndigheten och Boverket, manus daterat april 2015.
- Liljenström C, Malmqvist T, Erlandsson M, Fredén J, Adolfsson I, Larsson G, Brogren M. Byggandets klimatpåverkan. Livscykelberäkning av klimatpåverkan och energianvändning för ett nyproducerat energieffektivt flerbostadshus i betong. IVL Svenska Miljöinstitutet, rapportnummer B2217, 2015.

6 Bilaga - Beskrivning av energibesparingsåtgärder

6.1 Småhus



(Bildreferens: Boverket 2013)

6.1.1 Småhus, BBR19 klimatzon III, fjärrvärme – SmFV

Åtgärds paket som ger 25 % reduktion:

1. Byte fönster/fönsterdörrar till $U=0,9$ samt reduktion av köldbryggor från 20 till 15%, ($U_m 0,221$)
2. Minskad luftläckning från 0,3 till 0,2 l/sm²
3. Värmeåtervinning ventilation från 63 till 78 %
4. Förbättrad FTX med SFP 2,0 till 1,2 (Fast-el från 1000 till 650 kWh).

Åtgärds paket som ger 50 % reduktion:

1. Minskad luftläckning från 0,3 till 0,15 l/sm²
2. Värmeåtervinning ventilation från 63 till 85 %
3. Förbättrad FTX med SFP 2,0 till 1,2 (Fast-el från 1000 till 650 kWh på grund av effektivare fläktar).
4. Byte fönster/fönsterdörrar till $U=0,7$
5. Ökad isolering på snedtak och YV plan 2 till 400 mm.
6. Nya skikt i YV plan 1 från insida: 120 mineralull mellan reglar, 195 heltäckande isol, 95 mineralull mellan reglar, 80 mm heltäckande mineralull.
7. Byte isoler kvaliteten för YV plan 1 och 2, hanbjälklag och snedtak till 0,033 (Slutligt $U_m=0,165$).

6.1.2 Småhus, BBR19 klimatzon III, elvärme – SmEL

Åtgärds paket som ger 25 % reduktion:

1. Byte fönster/fönsterdörrar till $U=1,0$ samt reduktion av köldbryggor från 20 till 15%,
2. Minskad luftläckning från 0,3 till 0,2 l/sm²
3. Byte av isoleringskvalitet i yttervägg plan 1 från λ 0,037 till 0,033, (Slutligt $U_m=0,229$)
Notera att BBR19 alternativet och 25% besparing har en FVP

Åtgärds paket som ger 49 % reduktion:

1. Byte fönster/fönsterdörrar till $U=0,8$ samt reduktion av köldbryggor från 20 till 15%,
2. Minskad luftläckning från 0,3 till 0,2 l/sm²
3. Byte av isoleringskvalitet i yttervägg plan 1 från λ 0,037 till 0,033, (U_m 0,207)
(Samma klimatskärsåtgärder som för det fjärrvärmeuppvärmda småhuset – 30 %)
4. Installation av FTX 75% (dvs F-systemet görs om till ett FT-system) och Uteluftsvärmepump mellanstor 50 (i stället för FVP).

6.2 Flerbostadshus



(Bildreferens: Boverket 2013)

6.2.1 Flerbostadshus, BBR19 klimatzon III, fjärrvärme – FbFV

Åtgärds paket som ger 25 % reduktion:

1. Minskad luftläckning från 0,6 till 0,3 l/sm²
2. Byte fönster till $U=0,9$

3. Byte dörr till $U=1,0$
4. Byte ytterväggsisolering från λ 0,037 till 0,033 (slutligt $U_m=0,338$).
5. Värmeåtervinning FTX-ventilation från 55 till 72 %

Åtgärds paket som ger 50 % reduktion:

1. Minskad luftläckning från 0,6 till 0,2 l/sm²
2. Byte fönster till $U=0,8$
3. Byte dörr till $U=1,0$
4. Byte ytterväggsisolering från λ 0,037 till 0,033 (alla skikt)
5. Ökad vindsisolering till 500 mm
6. Tilläggsisolering ytterväggs insida 70 mm λ 0,033 och 15% reglar
7. Mellanskiktet utökat till 195 mm med reglar
8. Ytterväggs yttre isolerskikt utbytt till heltäckande fasadskiva 100 mm (slutligt $U_m= 0,259$).
9. Värmeåtervinning FTX-ventilation från 55 till 80 %.
10. Effektivare fläktar och pumpar (spar 5000 kWh fastighetsel)
11. Installation av avloppsvärmeväxlare (spar 6000 kWh tappvarmvatten, ca 16%)

6.2.2 Flerbostadshus, BBR19 klimatzon III, elvärme – FbEL

Åtgärds paket som ger 25 % reduktion:

1. Minskad luftläckning från 0,6 till 0,3 l/sm²
2. Byte fönster till $U=0,9$
3. Byte dörr till $U=0,9$
4. Byte ytterväggsisolering och vind från λ 0,037 till 0,033
5. Ny yttervägg inifrån 45 mm m. reglar 15%, 195mm reglar 12%, 100 mm heltäckande (slutligt $U_m=0,272$).

Notera att BBR19 alternativet och 25% besparing har en FVP

Åtgärds paket som ger 50 % reduktion:

1. Minskad luftläckning från 0,6 till 0,3 l/sm²
2. Byte fönster till $U=0,9$
3. Byte dörr till $U=0,9$
4. Byte ytterväggsisolering och vind från λ 0,037 till 0,033
5. Ny yttervägg inifrån 45 mm m. reglar 15%, 195mm reglar 12%, 50 mm heltäckande (slutligt $U_m=0,280$).
6. Värmeåtervinning FTX-ventilation 72 %, SFP 1,5 (dvs F-systemet görs om till ett FT-system).

6.3 Kontor



(Bildreferens: Boverket 2013)

6.3.1 Kontor, BBR19 klimatzon III, fjärrvärme – KoFV

Åtgärds paket som ger 25 % reduktion:

1. FTX-ventilation från 65 till 84 %

Åtgärds paket som ger 50 % reduktion:

1. FTX-ventilation från 65 till 84 %
2. Luftläckning från 0,3 till 0,2.
3. Fönster till $U=0,9$; Dörr till $U=1,0$
4. Lösull på vinden från 300 till 400 mm.
5. Lambda 0,033 på all ytterväggsisolering.
6. Extra invändigt 45 mm regelskikt med isolering på yttervägg.
7. Ytterväggsisoleringens yttre skikt utbytt mot heltäckande fasadskiva 100 mm. Köldbryggor antas till 15%, U_m slutligt= 0,413

Notera att BBR19-kontoret har en BVP som inte behövs för att klara 25%.

6.3.2 Kontor, BBR19 klimatzon III, elvärme – KoEL

Åtgärds paket som ger 25 % reduktion:

1. FTX-ventilation från 50 till 73 %

Åtgärds paket som ger 50 % reduktion:

1. FTX-ventilation från 50 till 85 %
2. Luftläckning från 0,3 till 0,2.
3. Lösull 300 mm till 500 mm på vinden

4. Fönster $U=0,9$; Dörr $U=1,0$
 5. Lambda 0,033 på all ytterväggsisolering.
 6. Invändig ytterväggsisolering mellan reglar 45 mm.
 7. Ytterväggens stomskikt ökas till 195 mm.
 8. Fasadskiva 100 mm heltäckande i stället för mellan reglar.
 9. Koldbryggor antas till 15 % mht åtgärd ovan, slutligt $U_m=0,403$.
- Notera att BBR19-kontoret har en BVP som inte behövs för att klara 50%.

6.4 Småhus S2

Småhuset S2 är ett tvåvåningshus på 140 m² placerat i södra Sverige som värms med fjärrvärme. Uppgifterna nedan som beskriver huset kommer från Boverket.

Detta är ett hus som har följts upp mycket ingående avseende energianvändning, av leverantören. Huset har byggts enligt vad man i dagligt tal kallar passivhusstandard. Det betyder i praktiken att man satsat på att bygga ett tätt och välisolerat hus som använder förhållandevis lite energi för uppvärmning.



De uppmätta data som finns för byggnaden är: tappvarmvatten 2240 kWh och år, infiltration 0,15 l/s m² vid 50 Pa, fastighetsenergi 700 kWh/år och byggnadens energianvändning enligt BBR 19, 7700 kWh/ år. En energiberäkning har genomförts för det aktuella passivhuset och resultatet har kalibrerats mot uppmätt energianvändning. Därefter har en ny energiberäkning genomförts där dessa uppmätta indata justerats till standardiserade värden enligt Sveby och luftläckaget enligt FEBY 12 samt SFP enligt BBR 19. På så sätt kan resultatet jämföras med andra motsvarande hus utan att brukarbeteende eller ett exceptionellt lyckat utförande av byggnaden, påverkar resultatet.

Småhuset består av två plan där invändiga måtten i båda planen är 8,35 x 8,35 m och den sammanlagda golvarean för hela huset är 140 m². Huset har platta på mark med underliggande isolering, träregelstomme med mellanliggande isolering och träfasad, sadeltak med lösullsisolering, mekanisk från- och tilluftsventilation med värmeåtervinning (FTX). Byggnaden har fjärrvärme och den interna värmedistributionen i huset sker med hjälp av ventilationssystemet (luftburet värmesystem).

För att bedöma de ekonomiska förutsättningarna för denna typ av lågenergibyggnad har tre varianter av samma hus använts för jämförande beräkningar. Det s.k. BBR-huset är identiskt med det verkliga huset med undantag för att vissa isolerskikt är tunnare och fönster och dörrar något sämre. Passivhuset är exakt som det verkliga huset och det energieffektiva huset är ett mellanting mellan BBR-huset och passivhuset. De olika åtgärderna som skiljer husen från varandra framgår av tabellen nedan. "Tak" betyder att takisoleringens tjocklek varierar mellan

husen, osv. I tabellen nedan anges också skillnaderna mellan de olika husen genom ett numeriskt värde för isoleringstjocklek i millimeter alternativt olika U-värden på fönster och dörrar. BBR-huset har här varit utgångspunkt för de ekonomiska beräkningar som gjorts och är nollalternativet i den ekonomiska jämförelsen. Merkostnaden är därför noll i BBR-huset. I passivhuset byts golvvärmsystemet ut mot luftvärme. Detta gör att installationskostnaderna för detta minskar med 20 000 kr.

Tabell 3 Jämförelse av olika energihushållningsnivåer (uppgifter från Boverket 2015)

		BBR-hus		Energieffektivt hus			Passivhus		
		12442 kWh/år		9989 kWh/år			8512 kWh/år		
		89 kWh/m ² år		71 kWh/m ² år			61 kWh/m ² år		
Bygghet	Area m ²	mm / U-värde	Mer-kostnad kr	mm / U-värde	Mer-kostnad kr	Material kg	mm / U-värde	Mer-kostnad kr	Material kg
Tak	70	500	0	600	2800		720	6300	
Vägg	135	220	0	270	28350		370	77625	
Golv	70	200	0	300	13300		400	24500	
Fönster	19	1,2	0	0,90	26600		0,75	38000	
Dörr	4,2	1,2	0	1,0	3360		1,0	3360	
Fönsterdörr	2,1	1,2	0	1,0	3570		1,0	3570	
Luftvärme								-20000	
Summa					77980			133355	

Baserat på de uppgifter som ges nedan har miljöåterbetalningstiden för de tre olika utförandena beräknats enligt nedan.

Tabell 4 Sammanställning av energiprestanda för småhuset S2 med två tvåvåningar och tre olika utförande och resulterande miljöåterbetalningstid.

	BBR19	Effektiv	Passivhus
Köpt el, kWh/m ² (Atemp)	6,4	6,4	6,4
Köpt fjärrvärme, kWh/m ²	83	65	55
Totalt köpt kWh per m ² och år	89	71	61
Andelen el, %	7%	8%	10%
Klimatpåverkan köpt energi, kg CO ₂ e/kWh	0,111	0,110	0,110
Miljöpåverkan alla åtgärder, kg CO ₂ e		18	28
Årlig energibesparing, kWh		12	10
Miljöåterbetalningstid		4	6



Boverket



Energimyndigheten

IVL Svenska
Miljöinstitutet

IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm
Tel: 08-598 563 00 Fax: 08-598 563 90
www.ivl.se