

# Miljöåterbetalningstid för energieffektiviseringsförslag i förhållande till BBR19

Exempelbyggnader

För Boverket och Energimyndigheten

---

*Martin Erlandsson*

**Författare:** Martin Erlandsson

**På uppdrag av:** Boverket och Energimyndigheten

**Rapportnummer:** U 5226

**Revidering:** 22 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](http://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

## Sammanfattning

IVL har på uppdrag av Boverket och Energimyndigheten som en del i regeringsuppdraget Kontrollstation 2015 genomfört en miljökonsekvensanalys av fyra 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). I projektet definieras inte vad som är en rimlig miljöåterbetalningstid. Analysen omfattar småhus och flerbostadshus med olika energiprestanda, samt 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 fyra 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-aggregat<sup>1</sup> till flerbostadshus 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).

---

<sup>1</sup> Apparat för energiåtervinning av ventilationsluften i ett till- och frånluftssystem.

## 2 Beräkningsresultat

Gällande exempelbyggnaderna har vi har analyserat småhus och flerbostadshus 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.

MÅT =  $\frac{\Delta \text{ byggnadsinvestering}}{\Delta \text{ energiprestanda}}$   
där  $\Delta$  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		
	BBR19	-25 %	-50 %	BBR19	-25 %	-50 %
Köpt el, kWh/m <sup>2</sup> (Atemp)	6,5	6,5	6,5	15	15	12
Köpt fjärrvärme, kWh/m <sup>2</sup>	83	61	39	76	53	34
Tot köpt kWh per m <sup>2</sup> och år	90	67	45	91	68	45
Andelen el, %	7%	10%	14%	16%	22%	26%
Klimatpåverkan köpt energi, kg CO <sub>2</sub> e/kWh	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10
Miljöpåverkan alla åtgärder, kg CO <sub>2</sub> e		0,06	0,92		1,9	2,9
Årlig energibesparing		23	45		24	46
Miljöåterbetalningstid i år		0,03	0,2		0,8	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/m<sup>2</sup> om utgångsläget är 45 kWh/m<sup>2</sup> än om det är 90 kWh/m<sup>2</sup>. Fjärrvärmade 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 lamda 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 (**Fel! Hittar inte referenskälla.6-4 Fel! Hittar inte referenskälla.Småhus S2Fel! Bokmärket är inte definierat.15**) 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.

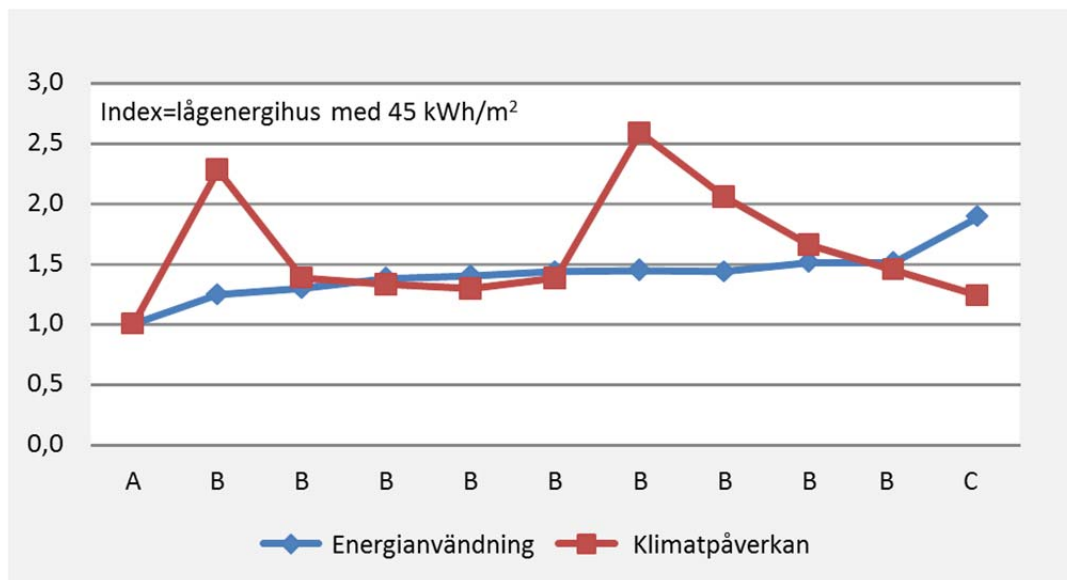
**Tabel 2 Sammanställning av energiprestanda för BBR19, 25 % respektive 50 % besparing och resulterande miljöåterbetalningstid i år för eluppvärmda byggnader i BBR19 klimatzon III (Stockholm).**

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

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).

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

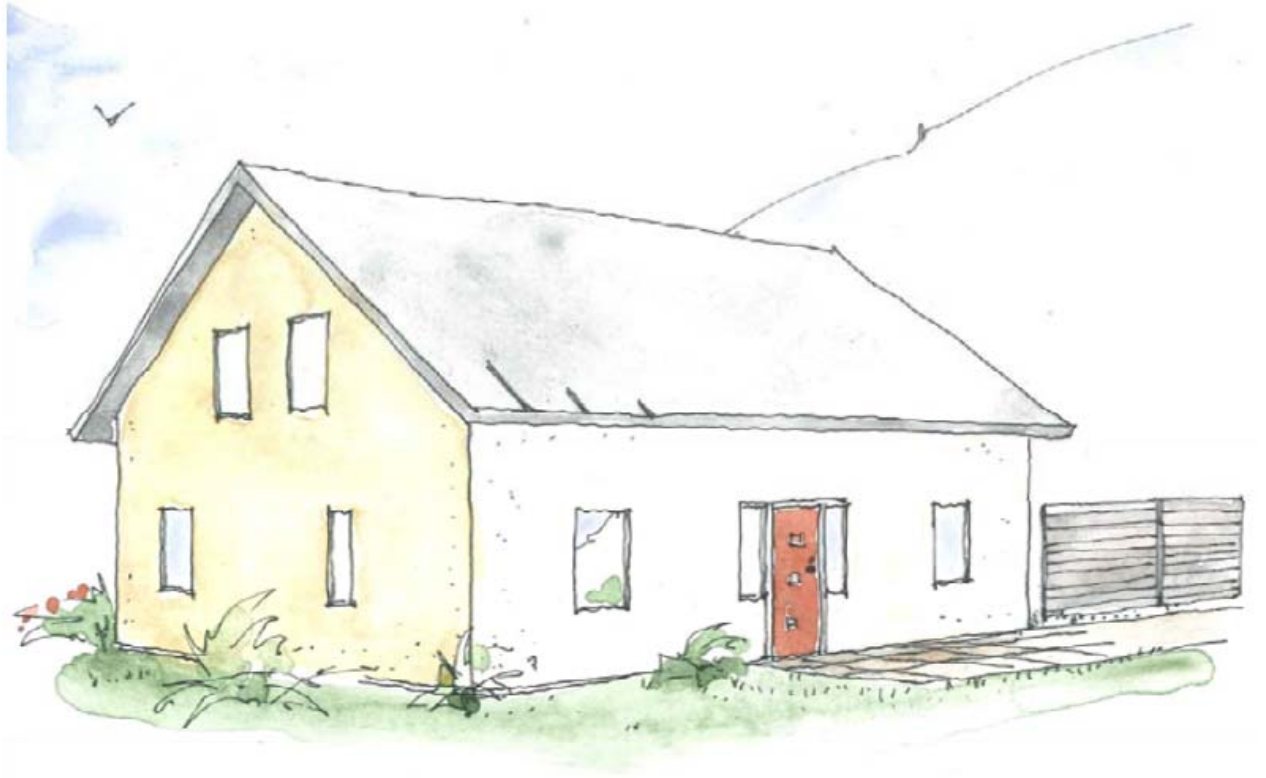
I den analys som nu genomförts ingår skillnaden mellan BBR19 och 25 respektive 50 % besparing. Vidare analyseras byggnader som värms upp både el- och fjärrvärme. I en mer komplett analys är det även intressant att se besparingen i förhållande till den absoluta miljöpåverkan (jämför med resultatet **Fel! Hittar inte referensälla. Figur 2**) och inte bara skillnaderna som miljöåterbetalningstiden ger. I Erlandsson (2015) finns sådan beräkning genomförda, men då begränsad till två byggnader som uppfyller kraven enligt i BBR19 och tre byggnader med varierande lågenergi nivå. I samtliga fall används 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 (2010): Optimala kostnader för energieffektivisering – underlag enligt Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/31/EU om byggnaders energiprestanda.
- Erlandsson M (2014): Hållbar användning av naturresurser (BWR 7) – andelen nedströms klimatpåverkan för byggnader. Underlagsrapport åt Socialdepartementet, IVL Svenska Miljöinstitutet, rapport C 15, mars 2014.
- Erlandsson M (2015): 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 (2015). 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/sm<sup>2</sup>
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/sm<sup>2</sup>
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/sm<sup>2</sup>
3. Byte av isoleringskvalitet i yttervägg plan 1 från  $\lambda$  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/sm<sup>2</sup>
3. Byte av isoleringskvalitet i yttervägg plan 1 från  $\lambda$  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/sm<sup>2</sup>
2. Byte fönster till  $U=0,9$

3. Byte dörr till  $U=1,0$
4. Byte ytterväggsisolering från  $\lambda$  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/sm<sup>2</sup>
2. Byte fönster till  $U=0,8$
3. Byte dörr till  $U=1,0$
4. Byte ytterväggsisolering från  $\lambda$  0,037 till 0,033 (alla skikt)
5. Ökad vindsisolering till 500 mm
6. Tilläggsisolering ytterväggs insida 70 mm  $\lambda$  0,033 och 15% regler
7. Mellanskiktet utökat till 195 mm med regler
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/sm<sup>2</sup>
2. Byte fönster till  $U=0,9$
3. Byte dörr till  $U=0,9$
4. Byte ytterväggsisolering och vind från  $\lambda$  0,037 till 0,033
5. Ny yttervägg inifrån 45 mm m. regler 15%, 195mm regler 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/sm<sup>2</sup>
2. Byte fönster till  $U=0,9$
3. Byte dörr till  $U=0,9$
4. Byte ytterväggsisolering och vind från  $\lambda$  0,037 till 0,033
5. Ny yttervägg inifrån 45 mm m. regler 15%, 195mm regler 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).





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](http://www.ivl.se)