

# **KRAVNIVÅER FÖR ENERGI- HUSHÅLLNING**

**Konsekvenser av skärpning av krav för energihushållning i revidering av byggregler**

**2006-01-10**

**Utredning av CEC Chalmers EnergiCentrum  
åt Miljö- och samhällsbyggnadsdepartementet**

## Förord

Chalmers EnergiCentrum (CEC) redovisar i denna rapport uppdraget från Miljö- och samhällsbyggnadsdepartementet att analysera konsekvenserna av en eventuell skärpning av kravnivåerna avseende energihushållning i Boverkets förslag till reviderade byggregler.

Med hänsyn till begränsade tid- och resursramar för uppdragets genomförande behandlas enligt överenskommelse vissa frågor mer översiktligt och underlagsmaterialet baseras på tillgänglig kunskap.

Utredningen har sammanställts av Jan-Olof Dalenbäck (Chalmers), Anders Göransson (Profu AB), Lennart Jagemar (CIT Energy Management AB), Anders Nilson (Bengt Dahlgren AB) och Bertil Pettersson (CEC).

Det är vår förhoppning att föreliggande rapport skall kunna tjäna som ett värdefullt underlag i departementets fortsatta arbete med förslag till reviderade byggregler avseende energihushållning.

Göteborg den 10 januari 2006

Bertil Pettersson

Anders Göransson

Chalmers EnergiCentrum (CEC)

Profu AB

# Innehåll

1	Uppdraget.....	4
2	Förslag till byggregler och kravnivåer.....	5
2.1	Två versioner av byggregler .....	5
2.2	Startpunkt för analysen: BBR 06.....	5
2.3	Studerad skärpning av kraven.....	6
3	Energianvändningsnivåer i dagens nybebyggelse .....	7
3.1	Underlag och metod.....	7
3.2	Faktisk energianvändning i nybyggandet – översikt .....	7
3.3	Energivåer i nybyggda småhus.....	8
3.4	Energivåer i nybyggda flerbostadshus.....	10
3.5	Energivåer i nybyggda lokalbyggnader.....	10
4	Tekniska lösningar för lägre energianvändning.....	12
4.1	Småhus.....	12
4.2	Flerbostadshus .....	15
4.3	Lokalbyggnader .....	16
5	Elbehov vid skärpta kravnivåer .....	22
6	Samhällsekonomiska konsekvenser.....	23
7	Nytt mål för energieffektivisering i all bebyggelse .....	25
7.1	Effektiviseringens utveckling och potential .....	25
7.2	Vad blir genomfört i verkligheten?.....	27
7.3	Möjligheter -- drivkrafter -- motkrafter .....	28

# 1 Uppdraget

Miljö- och samhällsbyggnadsdepartementet har uppdragit åt Chalmers EnergiCentrum (CEC) att analysera konsekvenserna av en eventuell skärpning av kravnivåerna avseende energihushållning i avsnitt 9 om Energihushållning i Boverkets förslag till reviderade byggregler.

Uppdraget skall belysa dessa frågor:

- Hur energieffektivt byggs det idag uppdelat i småhus, flerbostadshus och lokaler?
- Vad är tekniskt möjligt och vilka tekniska lösningar krävs det för att komma ner till en viss nivå i kWh/m<sup>2</sup>?
- Hur påverkar en skärpning av kravnivåerna elbehovet?
- Vilka samhällsekonomiska konsekvenser för en eventuell skärpning av kravnivåerna med sig?

En sammanvägd analys skall göras av vilka krav på energihushållning som är rimliga att ställa vid nybyggnad utifrån tekniska och samhällsekonomiska aspekter, och om kraven bör formuleras olika för olika byggnadskategorier.

I uppdraget ingår också en analys av i Ds 2005:51 föreslaget mål om energieffektivisering i bebyggelsen utifrån potentialbedömningen i Chalmers rapport Åtgärder för ökad energieffektivisering i bebyggelsen.

Uppdraget har utförts under tiden från mitten av december 2005 till 2006-01-10. Uppdragets begränsade tid och omfattning innebär att de aktuella frågorna inte kunnat belysas i detalj, utan de behandlas mer översiktligt och baseras på den kunskap som finns tillgänglig.

## 2 Förslag till byggregler och kravnivåer

### 2.1 Två versioner av byggregler

Boverket sände under våren 2005 ut en remissversion av nya byggregler, daterade 2005-03-01, där avsnittet om energihushållning (kap. 9) fått en ny utformning jämfört med tidigare regler. Denna version från i våras kallas här **remissversionen**. Efter omarbetning har Boverket presenterat en ny version daterad 2005-10-17. Denna version kallas här **BBR 06**.

En viktig ändring är följande:

- I remissversionen uttrycks kraven i form av vissa högsta nivåer på specifik energianvändning ( $\text{kWh/m}^2\text{,år}$ ), och då med energianvändningen definierad såsom en form av *nettoenergi*.
- I BBR 06 har siffernivåerna bibehållits, men energianvändningen definieras numera som *köpt energi*, och el till värmepumpar och kylmaskiner räknas upp med årsmedelvärmefaktorn respektive årsmedelkylfaktorn. Denna ändring innebär i vissa fall en skärpning jämfört med remissversionen.

Gemensamt för båda versionerna är, att kravnivåerna numera även skall verifieras i den färdiga byggnaden, med mätningar under en 12 månadersperiod då byggnaden tagits i bruk. Även detta innebär skärpta krav.

### 2.2 Startpunkt för analysen: BBR 06

Startpunkten för analysen i denna rapport är energihushållningsreglerna enligt BBR 06. De är i sammanfattning följande:

- Energi räknas som **levererad energi (köpt energi)**. Levererad el till värmepump eller kylmaskin installerad för uppvärmning eller kylning skall räknas upp med årsmedelfaktorn respektive årsmedelkylfaktorn när byggnadens specifika energianvändning bestäms. *Allmänt råd: För frånluftsvärmepumpar kan årsmedelfaktorn 2,0 användas.* Byggnadens specifika energianvändning får reduceras med energi från i byggnaden installerade solfångare eller solceller.
- Ingår:
  - Energi för uppvärmning, kyla, tappvarmvatten samt drift av byggnadens installationer (pumpar, fläktar etc.) och övrig fastighetsel.
- Ingår inte:
  - Hushållsel: Den el (eller annan energi) som används för hushållsändamål. Exempel på detta är elanvändningen för spis, kyl och frys och andra hushållsmaskiner samt belysning, datorer, TV och annan hemelektronik och dylikt.
  - Verksamhetsel: Den el (eller annan energi) som används för verksamheten i lokaler. Exempel på detta är belysning, datorer, kopiatorer, TV samt andra apparater för verksamheten samt spis, kyl och frys och andra hushållsmaskiner och dylikt.

- **Area** vid bestämning av specifik energianvändning i kWh/m<sup>2</sup>,år definieras som golvyta i temperaturreglerade utrymmen avsedda att värmas till mer än 10 °C begränsade av klimatskärmens insida. Garage skall inte medräknas. Denna area benämns  $A_{temp}$ .

### Kravnivåer i kWh/m<sup>2</sup>,år i BBR 06

Hustyp, värmesystem	Klimatzon söder	Klimatzon norr
Bostäder	110	130
Bostäder, direktvärmade en- och tvåbostadshus	75	95
Lokaler	80	100
Lokaler med uteluftflöde över 0,35 l/s,m <sup>2</sup>	80+70*(q-0,35)	100+90*(q-0,35)

där q = det genomsnittliga uteluftflödet under hela uppvärmningssäsongen (l/s,m<sup>2</sup>)

Luftflödestillägget för lokaler bedöms främst bli aktuellt i lokaler av typ vård, butiker och vissa andra med långa driftstider, medan tillägget genomsnittligt inte blir så stort för t.ex. kontor. Några beräknade exempel visar en spridning på tilläggen, så att normkravet blir upp emot det dubbla mot grundnivåerna 80 respektive 100 kWh/m<sup>2</sup>,år.

### 2.3 Studerad skärpning av kraven

Analysen avser att belysa en eventuell skärpning jämfört med BBR 06. I Ds 2005:51 anges en minskning till nivån 60 kWh/m<sup>2</sup>,år för att illustrera vikten av att nå låga nivåer för alla elvärmade byggnader. I samråd med departementet noteras, att detta inte ger någon skärpning, utan i stort motsvarar samma kravnivå när man räknar upp el till värmepumpar enligt BBR 06:s modell. Vi har därför definierat en tydligare lägre nivå, med följande inriktning: Kraven skärps kraftigt för *all* form av el till uppvärmning, inte bara direktel. Kravnivåerna sänks generellt med 20 kWh/m<sup>2</sup>,år jämfört med BBR 06.

Den korta utredningstiden har inte medgett någon djupare analys av hur detta lämpligen utformas, men följande utformning är den grova skiss vi använt:

#### Skiss till skärpta kravnivåer i kWh/m<sup>2</sup>,år

Hustyp, värmesystem	Klimatzon söder	Klimatzon norr
Bostäder med el för uppvärmning (direktel, el till elpanna eller värmepump)	55	75
Bostäder med annat än el för uppvärmning	90	110
Lokaler	60	80
Lokaler med uteluftflöde över 0,35 l/s,m <sup>2</sup>	60+50*(q-0,35)	80+70*(q-0,35)

där q = det genomsnittliga uteluftflödet under hela uppvärmningssäsongen (l/s,m<sup>2</sup>)

*Nivåerna* skärps alltså, särskilt för el till uppvärmning, men *sättet* att beräkna energianvändningen är i första hand detsamma som i BBR 06, alltså i formen köpt energi med uppräknade el till värmepumpar och kylmaskiner.

För hus som använder *både* el och annat för uppvärmning behöver definitionerna förtydligas, men i denna förenklade analys beaktar vi bara hus med renodlad energileverans.

## 3 Energianvändningsnivåer i dagens nybebyggelse

### 3.1 Underlag och metod

Hur energieffektivt byggs det idag? Vi vill besvara frågan genom att redovisa energianvändning i kWh/m<sup>2</sup>,år både som ett genomsnitt av *allt* det som byggs, och med hjälp av kända och väl studerade *objekt*. De senare kan vara både sådana med höga ambitioner om energieffektivisering och andra mer genomsnittliga byggnader, som av olika anledningar undersökts väl.

Redovisningen omfattar enbart objekt med *faktisk energianvändning baserad på uppmätningar*. Att vi kartlagt faktisk energianvändning är logiskt eftersom BBR 06:s krav avser verifierad energi i den färdiga byggnaden.

Alla energianvändningar i detta avsnitt är omräknade *med reglerna enligt BBR 06*, alltså köpt energi med uppräknning av värme/kylfaktorer.

Genomsnittet av *allt dagens nybyggande* baseras på SCB:s årliga energistatistik, där vi använt de objekt som byggts 2000 – 2002. Hur beräkningens av nivåerna gjorts beskrivs mer i detalj i avsnitten 3.3 till 3.5 nedan.

*Andra objekt* som redovisas är enbart sådana där energianvändningen verifierats med uppmätningar efter viss tids drift. Följande finns med i figuren:

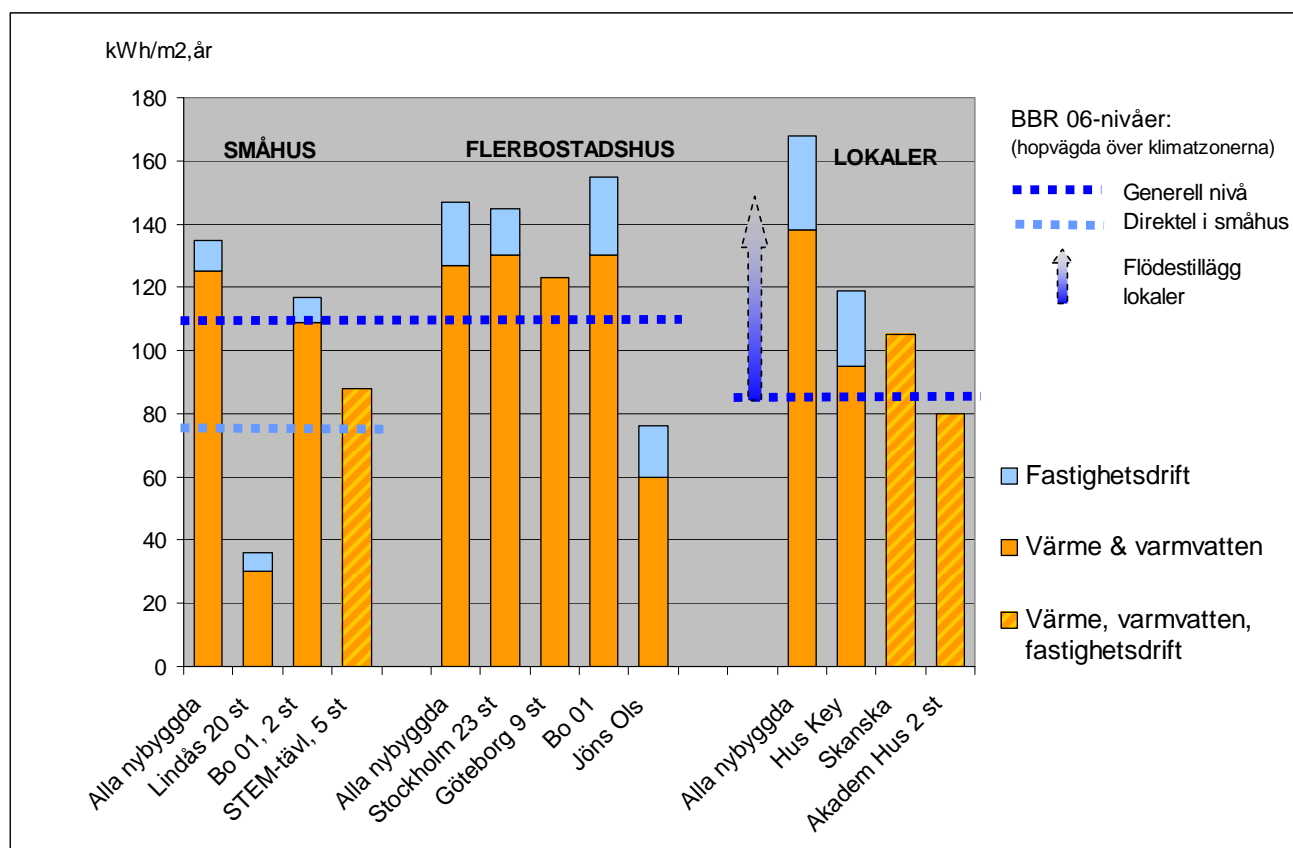
Benämning i Figur 3.1	Hustyp och antal (Byggår)
Lindås	20 radhus (2001)
Bo 01	2 utvärderade småhus (2001)
STEM-tävling	5 utvärderade småhus i tävlingen (slutet 90-talet)
Stockholm 23 st	23 st normala flerbostadshus (1995-2002)
Göteborg 9 st	9 st normala flerbostadshus (1998-2002)
Bo 01	8 utvärderade flerbostadshus
Jöns Ols	1 flerbostadshus (2000)
Hus Key	Undervisningsbyggnad, LiTH (2000)
Skanska	Normala nya lokalfastigheter (början 2000-talet)
Akadem Hus 2 st	2 universitetsbyggnader (2003-2004)

Dessa beskrivs mer i kapitel 4. För ytterligare detaljer om dem hänvisas till respektive utvärderingsrapporter.

Vår ambition har varit att så omsorgsfullt som möjligt spåra hur originalvärdena är definierade, och att sedan vid behov räkna om dem till "BBR 06-måttet". Detta innebär en del osäkerheter, exempelvis i areaomräkningen. Även uppräknningen av el till värmepumpar och kylmaskiner är ibland osäker, eftersom det inte alltid finns uppmätta värden för enbart värmepumpselen.

### 3.2 Faktisk energianvändning i nybyggandet – översikt

Sammanfattningen vad gäller energianvändningsnivåer i dagens byggande illustreras av Figur 3.1 på nästa sida:



**Figur 3.1** Energianvändning (kWh/m<sup>2</sup>,år) definierad som i BBR 06. För genomsnitt av dagens nybebyggelse samt några studerade objekt. BBR 06 kravnivåer inlagda, hopvågda mht byggande i klimatzon söder och norr, se kap 3.3. Flödestillägget för lokaler beräknas grovt sett för vissa lokaltyper kunna ge uppåt dubbla grundnivån, se kap. 2.2.

Diagrammet visar att BBR 06-kraven innebär en skärpning jämfört med den *faktiska* energianvändningen i dagens genomsnittliga nybyggande. Även för en del av de nyare ambitiösa objekten är kraven hårda.

Det måste understrykas att de redovisade objekten alla godkänts och byggts enligt hittills gällande byggregler. Förslaget enligt BBR 06 innebär för kommande bebyggelse en skärpning av två slag jämfört med nu gällande regler, dels i vissa fall en skärpning av de beräkningsmässiga villkoren, men framförallt att energianvändningen skall verifieras efter att byggnaden varit i drift ett år.

### 3.3 Energinivåer i nybyggda småhus

#### Småhusbyggandet idag

Småhusbyggandet är på uppgång. Från en mycket låg nivå i mitten på 90-talet stiger nu nybyggandet till en nivå över 10 000 per år:

År 2000	5 579 färdigställda småhus
År 2001	7 884
År 2002	7 227
År 2003	8 143
År 2004	11 578



Uppvärmningen i nybyggda småhus domineras av vattenburna system med frånluftsvärmepump för både värmeradiatorer och tappvattenvärmning. Följande två tabeller baseras på en omfattande enkät till småhustillverkare<sup>1</sup>:

	Procent av tot. antalet hus ca.	Omräknat till antal hus ca.
El	87,6 %	3592 st
varav direktverkande el	6,6 %	238 st
varav vattenburen el	93,4 %	3354 st
Fjärrvärme	9,9 %	404 st
Fossilt	2,1 %	85 st
Biobränsle	0,3 %	11 st
Ytjord-, sjö-, eller Bergvärmepump	0,2 %	8 st

Tabell 2. Energikälla för uppvärmningen

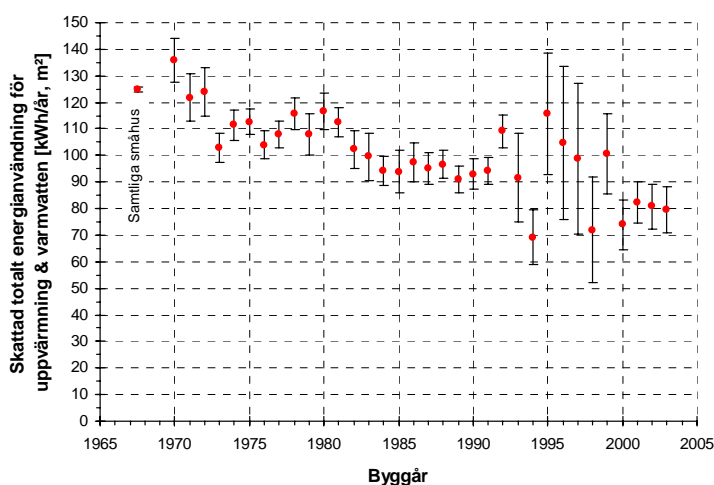
	Procent av totala antalet hus	Omräknat till antal hus ca
Direktverkande elradiatorer	8 %	341 st
Vattenburet med radiatorer	47 %	1927 st
Vattenburet med golvvärme i betongplatta	16 %	647 st
Golvvärme i undervåning och vattenrad. i övervåning	21 %	846 st
Golvvärme i undervåning och elradiatorer i övervåning	7 %	304 st
Golvvärme i enstaka rum och vattenrad. i övriga utrymmen	1 %	32 st
Luftburet	0 %	4 st
Annat	0 %	0 st

Tabell 3. Värmedistributionssystem

Enligt samma källa värms 82 % av husen med frånluftsvärmepump till både tappvarmvatten och för radiatorer, och 7 % med frånluftsvärmepump för tappvarmvatten.

### Specifik energianvändning – sedd i backspegeln

Småhusens specifika energianvändning blir allt lägre ju nyare huset är. Diagrammet nedan illustrerar detta (här SCB-siffror utan uppräknig av el):



**Figur 3.2** Energianvändning för uppvärmning och varmvatten (exkl. hushållsel) år 2004 för småhus beroende på byggår. Under åren 1993 t.o.m. 1999 byggdes ganska få hus vilket medför att urvalsfelet blir stort.

<sup>1</sup> Genomförd av Energimyndigheten till större småhustillverkare år 2000. Tabellerna återgivna från ”Direktverkande elvärme i nya byggnader”, ATON Teknik Konsult, 2002.

### Specifik energianvändning – senaste årens småhus i genomsnitt

Hur energieffektiva byggs småhusen idag? För att få en bild av de genomsnittliga nybyggda småhusen används data från SCB:s årliga enkätundersökningar<sup>2</sup>. Den normalårskorrigerade energianvändningen för uppvärmning och varmvatten för hus byggda 2001 – 2002 är enligt SCB ca 94 kWh/m<sup>2</sup>,år. Detta är med SCB:s definition av levererad energi, alltså levererad el och fjärrvärme respektive energiinnehåll i olja och biobränslen. Vi måste särskilja el till värmepumpar ur detta, eftersom den skall räknas upp med årsvärmefaktorn enligt BBR 06-definitionen. Baserat på ovanstående siffror om (främst) frånluftsvärmepumparnas omfattning uppskattas att ca 35 % av SCB-siffran är el till frånluftsvärmepumpar. Med BBR:s råd om värmefaktor 2,0 blir specifika energianvändningen med BBR-mått ca 125 kWh/m<sup>2</sup>,år i de nybyggda småhusen. Till detta skall också läggas el för fastighetsdrift även i småhus. I nybyggda småhus kan detta vara ganska mycket, till fläktar, cirkulationspump etc. säg ca 10 kWh/m<sup>2</sup>,år. Totala energianvändningen med BBR 06-mått blir då omkring **135 kWh/m<sup>2</sup>,år**.

Detta är högre än föreslagna BBR-krav 110 respektive 130 kWh/m<sup>2</sup>,år i södra resp. norra zonen. Vi kan väga ihop kraven med hänsyn till nybyggandets troliga fördelning över landet, då blir **kravnivån ca 113 kWh/m<sup>2</sup>,år**. Nya BBR innebär alltså en tydlig skärpning jämfört med dagens genomsnittliga småhusbyggande. (Och än mer om man skulle vilja ha direktel, då kraven föreslås bli 75 resp. 95 kWh/m<sup>2</sup>,år).

#### Kommentar

Det finns en osäkerhet om (el-)användningen till badrumsgolv och handdukstorkar. Inkluderas de i BBR-måttet eller ej? Åtminstone badrumsgolv bör ses som uppvärmning och inte hushållsel, och borde därmed ingå i BBR-måttet. Dessa poster räknas troligast som hushållsel i SCB:s statistik, och i så fall borde SCB-siffrorna för uppvärmning ökas.

### 3.4 Energinivåer i nybyggda flerbostadshus

Genomsnittliga nivåer i nybyggda flerbostadshus hämtas också från SCB:s årliga enkätundersökningar. Den normalårskorrigerade energianvändningen för uppvärmning och varmvatten för hus byggda 2001 – 2002 är enligt SCB ca 150 kWh/m<sup>2</sup>,år. Arean är då BOA+LOA. Omräkning görs med faktor 0,8, som bedöms vara relationen mellan BOA+LOA och A<sub>temp</sub> i nybebyggelse. Värmepumpar har liten omfattning och el till dem bedöms vara knappt 5 % av all köpt energi. Energi för värme och varmvatten blir då ca 127 kWh/m<sup>2</sup>,år med BBR-mått. Till detta skall också läggas el för fastighetsdrift, som bedöms till under 20 kWh/m<sup>2</sup> baserat på de särskilt undersökta (vanliga) flerbostadshusen. Totala energianvändningen med BBR-mått blir då ca **145 kWh/m<sup>2</sup>,år**.

### 3.5 Energinivåer i nybyggda lokalbyggnader

Enligt SCB är den normalårskorrigerade energianvändningen för uppvärmning, varmvatten och kyla för hus byggda 2001 – 2002 är enligt SCB ca 129 kWh/m<sup>2</sup>,år. Arean har inte omräknats av oss eftersom det är oklart vad SCB-svaren i verkligheten motsvarar – möjligen skulle det behövas en viss omräkning till A<sub>temp</sub>. Värmepumpar har liten omfattning och

---

<sup>2</sup> Här utnyttjas det underlag som SCB tagit fram till Energimyndighetens energiindikatorer 2005.

el till dem bedöms vara mindre än 5 % av all köpt energi. Köpt kyla motsvarar ca 9 kWh/m<sup>2</sup>,år enligt SCB. Här antar vi (kan diskuteras) att frikyla inte skall inräknas alls, men att el till kylmaskiner skall räknas upp med en faktor ca 3. Till detta skall läggas el för fastighetsdrift, som bedöms till omkring 30 kWh/m<sup>2</sup>,år. Totala energianvändningen med BBR-mått blir då ca **170 kWh/m<sup>2</sup>,år**.

## 4 Tekniska lösningar för lägre energianvändning

I detta avsnitt görs beräkningar av ”energibehovet” i form av nettoenergi, motsvarande energi som behöver avges inne i huset från radiatorer eller motsvarande.

### 4.1 Småhus

Här exemplifieras skärpning av BBR 06 kraven för klimatzon syd, dels för alla småhus dels för direktelvärmda småhus. Kravnivåerna som studeras är:

$\leq 110$  till  $\leq 90$  kWh/m<sup>2</sup>,år  $A_{temp}$  alla småhus och  
 $\leq 75$  till  $\leq 55$  kWh/m<sup>2</sup>,år  $A_{temp}$  för direktelvärmda småhus

Tekniken enligt BBR 06 exemplifieras i Tabell 4.1 på nästa sida enligt de alternativa krav som anges i BBR 9:4, vilka gäller för småhus med  $A_{temp} \leq 100$  m<sup>2</sup> och  $A_{fönster/dörr} / A_{oms} \leq 0,20$ . Tekniken för det skärpta kravet på 90 kWh/m<sup>2</sup>,år är ett medelvärde för hela klimatskalet mellan kraven 110 och 75, medan teknikerna för det skärpta kravet 55 innebär dubbelt så tätt klimatskal och ett ventilationsaggregat med bättre fläktar och högre värmeåtervinning.

Dessutom anges i en kolumn tekniska data för Lindåshuset vilka är radhus. Detta medför att energianvändningen blir lägre än för ett friliggande småhus. Å andra sidan blir varmvattenanvändningen högre per m<sup>2</sup> eftersom ett radhus är mindre än ett friliggande småhus. Lindåshuset har ett synnerligen välisolerat och tätt klimatskal och ett ventilationssystem typ FTX. Vid låga utetemperaturer behöver tilluften eftervärmas med ett enkelt elbatteri. Att ett elbatteri används beror på att det inte är ekonomiskt försvarligt att investera i en dyr värmekälla för den mycket lilla tillsatsvärme som krävs. Detta skulle innebära en orimlig hög kapitalkostnad per levererad kWh.

För att beräkna energianvändningen används byggnadssimuleringsprogrammet BV<sup>2</sup> och beräkningen sker för Stockholms klimat med rumstemperaturen 21°C.

Se Tabell 4.1 på nästa sida.

**Tabell 4.1** Energianvändning för småhus med 150 m<sup>2</sup> uppvärmd golvarea.  
Grå kolumner: Kravskärpning från 110-55 kWh/m<sup>2</sup>,år analyseras.

	Dagens teknik BBR 06	Skärpt krav	Dagens teknik BBR 06	Skärpt krav	Lindås- radhusen Uppmätt
<b>BBR 06 [kWh/m<sup>2</sup>,år]</b>	<b>110</b>	<b>90</b>	<b>75</b>	<b>55</b>	<b>35-40</b>
Varav tappvarmvatten	25	25	25	25	30
Tillkommer hushållsel	35	35	35	35	Ca 30
<b>Klimatskal</b>					
Tak: $U_i$	0,13	0,11	0,08	0,08	0,08
Väggar: $U_i$	0,18	0,14	0,10	0,10	0,10
Golv: $U_i$	0,15	0,13	0,10	0,10	0,09
Fönster: $U_i$	1,30	1,20	1,10	1,10	0,85
Ytterdörr: $U_i$	1,30	1,20	1,10	1,10	0,80
Täthet vid ±50 Pa [l/s, m <sup>2</sup> ]	0,6	0,5	0,6 (0,4)	0,25	0,1-0,2
<b>Ventilationssystem</b>					
0,35 l/s, m <sup>2</sup> ; FTX: SFP / $\eta_t$	2,0 / 70%	2,0 / 70%	2,0 / 70%	1,5 / 80%	1,5 / 85-87%
<b>Uppvärmningssystem</b>					
Fjärrvärme	Vatten	Vatten	Vatten	Vatten	El-Luft
<b>Egen BV<sup>2</sup> beräkning Stockholm och 21°C</b>	<b>101</b>	<b>88</b>	<b>82</b>	<b>55</b>	-
Varav: Fläktel	7	7	7	5	-
Uppvärmning inkl VV	94	81	75	50	-

BV<sup>2</sup>-beräkningen i Tabell 4.1 visar att kravnivån 110 verkar gå att uppfylla väl med de indata som anges under kapitel BBR 9:4 (alternativt krav) förutsatt att elpanna eller fjärrvärme används som värmekälla. Om en bränslepanna (olja, pellets etc.) används tillkommer pannförluster på drygt 10 % vilket innebär att kravnivån 110 uppfylls precis.

Det förefaller svårare att nå direktelhusets kravnivå 75 om de indata som finns i kapitel 9:4 används. BV<sup>2</sup> beräkningen hamnar strax över kravnivån. Om klimatskalets täthet förbättras till 0,4 l/s, m<sup>2</sup> klaras kravnivån 75. I Tabell 4.2 visas en enkel känslighetsanalys av BV<sup>2</sup>-beräkningen för BBR 06-nivån för direktelvärmda hus.

**Tabell 4.2** Känslighetsanalys för BV<sup>2</sup>-beräkning för direktelvärmat småhus

<b>Tekniska åtgärder BV<sup>2</sup>-beräkning</b>	<b>Indata resp / Energianvändning [kWh/m<sup>2</sup>,år]</b>	<b>Indata resp / Energianvändning [kWh/m<sup>2</sup>,år]</b>
Täthet vid ±50 Pa [l/s, m <sup>2</sup> ]	0,6 / 82	0,4 / 72
Temperaturverkningsgrad	70% / 82	80% / 76
Rumstemperatur	21°C / 82	20°C / 77
SFP [kW/(m <sup>3</sup> /s)]	2,0 / 82	1,5 / 79

Känslighetsanalysen visar att den åtgärd som främst sänker energianvändningen är byggnadsskalets täthet. Det tätaste småhus som idag byggs uppfyller ca 0,1 l/s, m<sup>2</sup> vid ±50 Pa, medan BBR 06-kravet för bostäder är 0,6 mot 0,7 i gamla BBR 94. De mycket täta småhus som byggs idag är nästan att betrakta som pilotprojekt, där mer kraft läggs vid gott arbetsutförande än i ”normalt” byggande. Krav på tätare klimatskal kan möjligen innebära en något högre byggkostnad initialt tills de använda metoderna blir standard. Rent tekniskt är täta klimatskal inget problem utan frågan gäller främst arbetsutförande och användande av fel tekniska lösningar.

Att öka temperaturverkningsgraden från 70 % till 80 % eller sänka rumstemperaturen från 21°C till 20°C minskar energianvändningen med ungefär 4 %. Detta visar att luftbehandlingsaggregat i villastorlek med hög värmeåtervinning är nödvändiga för att nå låg energianvändning i småhus. Tyvärr är dessa aggregat ännu inte helt vanliga. Att sänka rumstemperaturen är knappast realistiskt, men huvuddelen av dagens ENORM-beräkningar för byggnadslov sker med rumstemperaturen 20°C på grund av byggnadsnämndernas kravformuleringar.

Det skärpta kravet på 55 kWh/m<sup>2</sup>,år går att uppfylla om byggnadsskalets täthet drygt fördubblas och ventilationsaggregatet förses med bättre fläktar och högre värmeåtervinning.

För att nå en energianvändning på nivån för Lindåshusen, d.v.s. 35-40 kWh/m<sup>2</sup>,år måste betydligt bättre fönster användas och klimatskalet görs mycket tätt. Dessutom används effektiva ventilationsaggregat med mycket bra värmeåtervinning.

Man kan alltså konstatera att den energi som återstår i nya mycket energieffektiva småhus nästan helt utgörs av tappvarmvattenvärmning och drivenergi för installationerna (fläktar, cirkulationspumpar). Alltså är de antaganden som görs om tappvattenanvändningen helt styrande. Där ger BBR 06 idag inte någon som helst ledning. Dessutom är det avgörande att installationerna är eleffektiva och har hög värmeåtervinning.

Känslighetsanalysen visar att antaganden om rumstemperatur också blir fullständigt avgörande. Likaså är det avgörande enligt vilken metod energiberäkningen sker då värme från personer, hushållsel och solinstrålning täcker huvuddelen av transmissionsförlusterna. I BBR 06 anges ingen särskild beräkningsmetod, trots att det pågår ett stort arbete med detta inom den europeiska standardiseringsorganisationen.

Det kan vidare konstateras att de tekniska lösningarna för klimatskärmen för att uppfylla BBR 06-kraven för direktvärmade småhus nästan överensstämmer med vad som för drygt 20 år sedan, i en underlagsrapport<sup>3</sup> till Energi 85, prognostiserades skulle vara standardlösningar år 2010. Prognosen missade i att klimatskalen antogs kunna bli mycket tätare än vad som är normalt idag samt på alldeles för låga fläktenergier och cirkulationspumpar. Dessutom missbedömdes hushållselen och verksamhetselen ganska grovt i underkant. Drivenergiernas betydelse upptäcktes först efter flerbostadshuset i Stockholmsprojektet som då höll på att utvärderas.

I Figur 3.1 finns förutom Lindåshuset två andra exempel. Småhusen från Bo01 är dels ett bebott trähus med frånluftsvärmepump och elvärme, dels ett ”syntetiskt bebott” lättbetonghus med fjärrvärme och FTX-system. Det förstnämnda huset har uppfyllt kraven som ställdes vid projekteringen, medan det andra huset inte alls uppfyllde dessa krav. Detta beror dels på problem med injusteringen av värmesystemet, dels att energi krävts för uttorkning av byggfukt. I Figur 3.1 tas hänsyn till den energi som krävs för uttorkning.

Ytterligare exemplifieras i Figur 3.1 möjligheterna för nya småhus med de fem småhus som ingick i STEM:s teknikupphandlingstävling ”2000-talets småhus”. Dessa byggnader representerar teknikframkanten i slutet av 1990-talet och utvärderades år 2000. Fyra av de fem husen hade värmepumpslösningar och två dessutom FTX-system.

---

<sup>3</sup> Anderlind, G., Bankvall, C. Munther, K. 1984. *Energibehov i nya byggnader*. Rapport R140:1984, Byggnadsforskningsrådet.

## 4.2 Flerbostadshus

Här exemplifieras skärpning av BBR 06 kraven för klimatzon syd, för alla bostäder i flerbostadshus. Kravnivåerna som studeras är:

$$\leq 110 \text{ till } \leq 90 \text{ kWh/m}^2, \text{år } A_{temp}$$

De tekniska lösningar som används för BBR 06-kravet är samma som NCC/White använt i ett verkligt flerbostadshus som jämförs med NCC/Whitehuset. Byggnaden antas ha ett frånluftssystem utan värmeåtervinning. Det skärpta kravet uppfylls med ett helt normalt klimatskal och med ett normalt från- och tilluftssystem med värmeåtervinning.

**Tabell 4.3** Energianvändning för flerbostadshus

	Dagens teknik BBR 06	Skärpt krav	NCC/Whitehus 4 vån. lamell / 8 vån. punkt
<b>BBR 06 [kWh/m<sup>2</sup>,år]</b>	<b>110</b>	<b>90</b>	<b>47 / 44</b>
Varav fastighetsel	15	10-15	7
Varav tappvarmvatten	30	30	30
Tillkommer hushållsel	30	30	28
<b>Klimatskal</b>			
Tak: $U_i$	0,17	0,17	0,08
Väggar: $U_i$	0,25	0,25	0,10
Golv: $U_i$	0,20	0,20	0,09
Fönster: $U_i$	1,30	1,30	0,85
Ytterdörr: $U_i$	0,80	0,80	0,80
Täthet vid $\pm 50$ Pa [l/s, m <sup>2</sup> ]	0,6	0,6	0,03
<b>Ventilationssystem</b>			
SFP / $\eta_t$	F 1,0 / 0%	FTX 2,0 / 70%	FTX 2,5 / 80%
<b>Uppvärmningssystem</b>			
	Vatten-fjv	Vatten-fjv	Luft-fjv/el
<b>BV<sup>2</sup> beräkning</b> Stockholm och 21°C	<b>106</b>	<b>81</b>	<b>44-47</b>
Varav: Fläktel	3	6	Knappt 10
Uppvärmning inkl VV	103	75	34-37
Trapphusbelysning, tvättstugor etc.	Tillkommer 10	Tillkommer 10	Tillkommer 10
<b>Totalt inkl. fastighetsel</b>	<b>116</b>	<b>91</b>	<b>54-57</b>

I BV<sup>2</sup> beräkningen ingår inte annan fastighetsel än till fläktar, varför el till trapphusbelysning, utomhusbelysning, tvättstugor, etc. måste läggas till. Baserat på antaganden från Per Levins underlagsrapport till Boverket antas total fastighetsel i flerbostadshus på ca 15 kWh/m<sup>2</sup>,år. Alltså tillkommer utöver fläktelen ca 10 kWh/m<sup>2</sup>,år. Detta innebär att BBR 06 kravet nästan går att uppfylla med normala krav på klimatskalet och med ett enkelt frånluftssystem. Det skärpta kravet uppfylls om istället ett FTX-system används. Om byggnaden flyttas från Stockholm till Malmö eller om klimatskalets täthet ökas från 0,6 till 0,4 uppfylls såväl BBR 06-kravet som det skärpta kravet med marginalen ca 10 kWh/m<sup>2</sup>,år.

För NCC/White huset kan observeras att klimatskalet antages var väldigt tätt, antagligen 3-5 gånger bättre än vad som är möjligt att uppnå i flerbostadshus idag. SFP antas vara något sämre än vad som är praktiskt möjligt idag med rimlig ekonomi. I övrigt så är klimatskalets U-värden i nivå med kravet för direktelvärmda småhus eller Lindåshusen.

NCC/Whites ekonomiska beräkningar visar att jämfört med ett standard flerbostadshus med FTX system är den raka återbetalningstiden mellan 6 och 8 år beroende på vilket system som används i det energieffektiva flerbostadshuset. Att minska investeringen genom att ta bort det vanliga radiatorsystem och lägga dessa medel på ett bättre klimatskal betalar sig alltså snabbt. Vid en egen LCC-beräkning med 6 % realränta och 20 år brukstid fås ett nuvärdesöverskott på drygt 3 MSEK. Med 4 % realränta och 30 års brukstid blir nuvärdesöverskottet mellan 3,6 till 4,1 MSEK.

Sammanfattningsvis kan konstateras att BBR 06-kravet nästan uppfylls med ett frånluftsventilationssystem. Det skärpta kravet uppfylls med ett helt normalt dimensionerat FTX-system. Liksom för småhus medför tätare klimatskal en inte oväsentlig värmebesparing, varför det är angeläget att sprida kunskap om metoder för att bygga täta flerbostadshus.

I Figur 3.1 redovisas normala nybyggda flerbostadshus utan värmepumpar eller värmeåtervinning i Stockholm (23 st.) och Göteborg (9 st.). Att dessa hus saknar värmeåtervinning är ett resultat av att kravet på värmeåtervinning i fjärrvärmeområden slopades i BBR i mitten av 1990-talet. De åtta flerbostadshusen från Bo01 är nogt utvärderade i en tekn.lic. uppsats<sup>4</sup>. Byggnaderna har många olika tekniska lösningar, vilka i regel varit långt ifrån att uppfylla projekteringskraven på ca 105 kWh/m<sup>2</sup>,år BRA köpt energi. Endast ett av de åtta husen låg i av det projekterade värdet. Sammanfattningsvis visar Bo01 att det i praktiken, inte ens i sådana prestigeprojekt, är lätt att i praktiken utföra energieffektiva flerbostadshus.

Jöns Ols är ett nytt flerbostadshus i Lund vilket även utvärderats nogt<sup>5</sup>. Byggnaden har ett tämligen normalt klimatskal och ett frånluftsventilationssystem. Värmen till uppvärmningssystemet levereras dels från en kombinerad utelufts/frånlufts värmepump, dels från fjärrvärme. Dessutom finns ett solvärmesystem som huvudsakligen värmer tappvarmvatten sommardag, i övrigt värms tappvarmvattnet via fjärrvärme. Att Jöns Ols har en så pass modest energianvändning beror på väl genomtänkta systemlösningar, ett gott arbetsutförande samt på en god driftuppföljning med efterföljande driftoptimering.

### 4.3 Lokalbyggnader

Att kunna exemplifiera en skärpt kravnivå för lokalbyggnader är svårt. Detta beror främst på att lokalbyggnader som sådana ofta är komplicerade, men också på att den levererade kylenergin kan sammansättas av många olika energikällor, där frikyla från naturen, mark, sjöar och uteluft är en viktig del. De krav som skulle kunna exemplifieras är för klimatzon syd är  $\leq 80 + 70 \cdot (q - 0,35)$  kWh/m<sup>2</sup>,år  $A_{temp}$  och ett skärpt krav på  $\leq 60 + 50 \cdot (q - 0,35)$  kWh/m<sup>2</sup>,år  $A_{temp}$  där  $q$  är medelvärdet på uteluftsflödet under uppvärmningssäsongen.

Man kan ifrågasätta om endast ett krav på energianvändning skall ställas för alla typer av lokaler. Det är stor skillnad mellan förskolor och sjukhus/laboratorier. Visserligen ökas kravnivån med höjt uteluftsflöde, men verksamheten i byggnaderna är helt annorlunda vad gäller person/apparatbelastning per m<sup>2</sup> och drifttider per vecka.

---

<sup>4</sup> Annika Nilsson 2003 *Energianvändning i nybyggda flerbostadshus på Bo01-området i Malmö*. Byggnadsfysik, LTH

<sup>5</sup> Catarina Warfvinge 2005 *Kv Jöns Ols i Lund*. Installationsteknik, LTH



Tillägget på grund av ett uteluftsflöde som är högre än hygienkravet 0,35 l/s, m<sup>2</sup> kan medföra att kravnivån höjs rejält. Tabellen nedan anger dels beräknade normkrav, med hänsyn till uteluftsflödet, för typlokaler från ett föredrag av Per Levin, Carl Bro, dels beräknad energianvändning med de två byggnadssimuleringsprogrammen IDA och VIP+, även dessa beräkningar utförda av Per Levin. IDA är ett mycket avancerat program vilket rätt använt borde ge rimliga resultat för alla typer av byggnader. VIP+ är ett mer förenklat program som kanske är mer lämpat för bostäder än lokaler men resultaten borde ändå hamna i rätt härad.

**Tabell 4.4** Energianvändning lokalbyggnader där tillägget för uteluftsflöde över hygienflödet exemplifieras. Data från föredrag av Per Levin, Carl Bro 31/3 2005

Lokaltyp	Ventkrav l/s,m <sup>2</sup>	Medelvärde l/s,m <sup>2</sup>	Normkrav kWh/m <sup>2</sup> ,år	IDA kWh/m <sup>2</sup> ,år (FT/FTX)	VIP+ kWh/m <sup>2</sup> ,år (FT/FTX)
Daghem, norra	2,25	0,80	141	197 / 120	218 / 133
Daghem, södra	2,25	0,80	112	159 / 99	177 / 117
Affärslokal, norra	3,5 / 1,4	1,48	202	215 / 85	246 / 102
Affärslokal, södra	3,5 / 1,4	1,48	159	164 / 66	185 / 80
Flerbostadshus med lokal, norra	0,35 / 3,5	0,35 / 1,25	(130 / 181) 140	133 / 93	110 / 69
Flerbostadshus med lokal, södra	0,35 / 3,5	0,35 / 1,25	(110 / 143) 117	108 / 76	90 / 59

Av tabellen ovan framgår att kravnivån är starkt beroende på uteluftsflödet. Med höga uteluftsflöden fördubblas ungefär kravnivån, exempelvis för Affärslokal i klimatzon syd där kravet blir ca 160 kWh/år, m<sup>2</sup> vilket är dubbla nivån för baskravet.

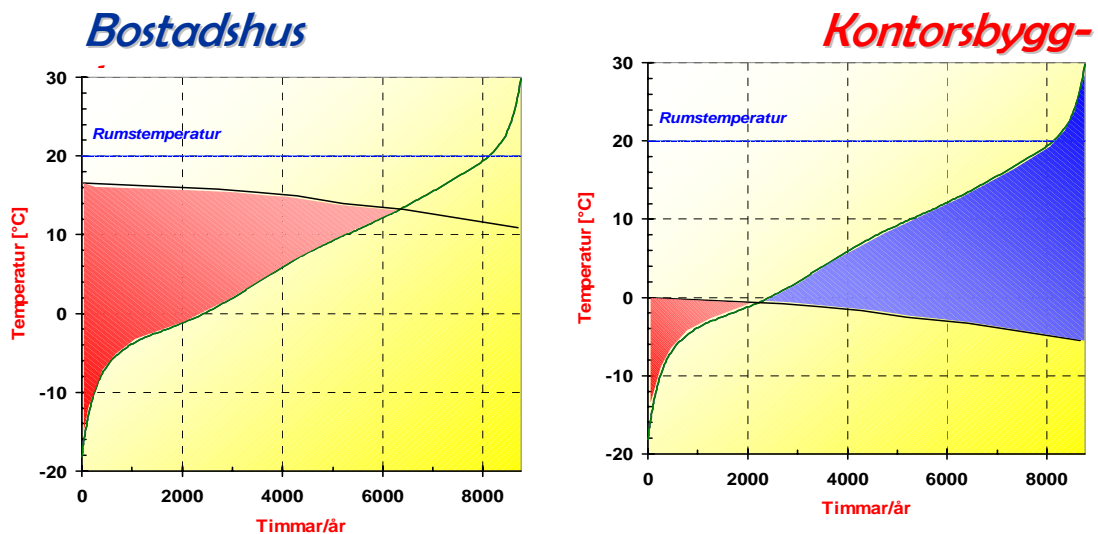
Studerar beräkningarna med byggnadssimuleringsprogram syns att om FTX-system används uppfylls grundkravet för affärslokaler i båda klimatzonerna och med båda programmen. Således kan konstatera att grundkravet i BBR 06 förefaller möjligt med vanliga tekniska lösningar.

För en affärslokal i klimatzon syd blir det skärpta kravet 117 kWh/m<sup>2</sup>,år. Även detta krav uppfylls väl för en affärslokal med FTX-system.

Ett grundläggande fel i definitionen av energianvändning enligt BBR 06 är att verksamhetselen (hyresgästelen) inte ingår i värdet för lokalbyggnader. Till skillnad från bostadshus, finns i nästan alla lokalbyggnader ett krav på en högsta rumstemperatur. Detta medför att värmertilskott i byggnaden måste tas om hand av de installationstekniska systemen för att rumstemperaturkravet skall klaras. Dessa värmeöverskott beror på hur mycket elektrisk utrustning som finns i lokalen, och hur denna använts, samt den solvärme som kommer in genom fönstren. Att verksamhetselen inte ingår för bostäder är därför normalt inget problem, men lokalbyggnaders energianvändning bestäms nästan helt av de värmeöverskott som de installationstekniska systemen måste bemästra.

I Figur 4.1 redovisas varaktighetsdiagram för bostadshus respektive kontorsbyggnad. Det röda området är ett värmeunderskott som måste täckas av värmesystemet medan det blå området är ett värmeöverskott som måste transporteras ut ur byggnaden. Den temperatur när ingen värme behöver tillföras eller bortföras från lokalerna kallas balanstemperaturen. I ett bostadshus uppträder värmeöverskottet vid utetemperaturer över 10-15°C och kan lätt

bemästras genom att öppna fönstren. I en kontorsbyggnad finns värmeöverskott från ca 0°C, många kontorsbyggnader kräver värme dagtid endast när uttemperaturen överstiger -10°C.



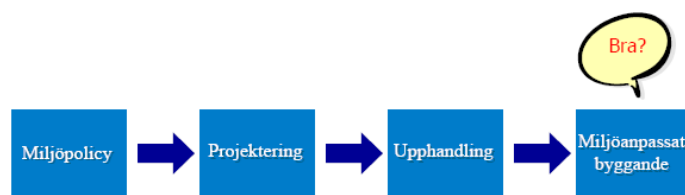
**Figur 4.1** Typiska varaktighetsdiagram för bostadshus och kontorsbyggnad under veckodagar.

När energianvändningen i lokalbyggnader diskuteras är det helt nödvändigt att ha Figur 4.1 i bakhuvudet. Energikarakteristika för bostäder och de flesta typer av lokalbyggnader är fundamentalt olika, vilket bl.a. medför att helt olika tekniska åtgärder är intressanta när det gäller att minska byggnadens energianvändning. För lokalbyggnader är installationstekniska åtgärder de mest intressanta. Även åtgärder som berör verksamhetselen, exempelvis belysning, är av stort intresse.

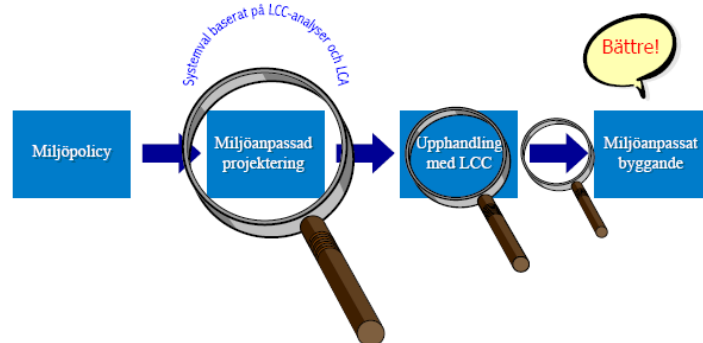
I det följande anges några punkter som måste beaktas när lokaler energianvändning och energieffektivitet diskuteras:

- Förändrad byggprocess genom att analysera systemsambanden mycket tidigare än vad som oftast är fallet i dagens projekteringsprocess. Jämför ByggaBoDialogens "tänk" om LCC och driftbegränsad LCA i tidiga skeden liksom en effektivare byggprocess. Denna ändring av byggprocessen redovisas översiktligt i Figur 4.2 på nästa sida.

## Det traditionella sättet ...



## Ett logiskt och trovärdigt miljöarbete



**Figur 4.2** Metodik i byggprocessen för att nå ett miljöanpassat och energismart byggande<sup>6</sup>

- Minska interna värmelaster från datorer, belysning och övriga elektriska apparater. Jämför sjukhus, där mycket stora belastningar förekommer p.g.a. medicinsk utrustning utan en någon möjlig till påverkan från installationsprojektörerna utom i mycket speciella sammanhang.
- Minska interna värmebelastningar från solinstrålningen genom effektiv solavskärmning och begränsning av byggnadsskalets uppglasning.
- Konsekvensbelys för beställaren vad som händer vid olika val i tidiga skeden innan arkitekten hunnit bli "fast" i sin idé.
- Visa vad exempelvis lägre belysningseffekter (mycket lägre än STEM:s kravnivå idag på  $10 \text{ W/m}^2$ ) innebär ur energibalanssynpunkt och i LCC-avseende.
- Alla dessa "åtgärder", systemförändringar och processförändringar syftar till att dels minska elanvändningen för internlasterna, dels möjliggöra minskade luftmängder (för att bära fram kylan) p.g.a. minskat kylbehov (minskade värmeöverskott enligt Figur 4.1)
- Elanvändningen p.g.a. minskad mekanisk kyla (egna kylmaskiner) skulle då kunna hållas på en rimlig nivå (undvika ytterligare ökningar)
- Användningen av frikyla skall man försöka öka. Fjärrkyla innebär väldigt olika saker i exempelvis Göteborg, Lund, Malmö och Stockholm. Detta är orsaken till att genomslaget varierar så starkt i landet! Med BBR-definitionen blir energianvändningen densamma oavsett om fjärrvärme och fjärrkyla används, eller om en värmepump och en kylmaskin används. Hur räknas frikyla från byggnadens närhet, t.ex. en sjö eller borrhål i mark? Räknas denna kyla som energi levererad till byggnaden?

<sup>6</sup> Bygga Bo Dialogen 2003. *Systemval och upphandling med livscykelerspektiv och helhetsyn*. Bygga, Bo och Förvalta för framtiden – rapport från en arbetsgrupp.

den? Om inte så gäller det att ha en massa innovativa tekniska lösningar i lokalbyggnaderna som tar tillvara på frikylan runt om. Man nog befara att energibolag med en hög andel frikyla i fjärrkylan, t.ex. Fortum i Stockholm via Östersjön, gärna vill att man skall räkna om fjärrkylan till någon slags primärenergi där frikylan har värdet noll eller möjligen motsvarar pumpelen i systemet.

Skanska fastigheter har via LCC-beräkningar studerat vilka olika typer av åtgärder som mest minskar energianvändningen i kommersiella lokalbyggnader, alltså gjort en konsekvensanalys för beställaren i tidiga skeden. Dessa resultat avseende ”fastighetsenergin” (summan av fastighetsel, fjärrvärme för uppvärmning och varmvatten samt fjärrkyla) sammanfattas i Tabell 4.5 där ändring i energianvändning jämförs med en ”normalt utformad” byggnad med vattenburen kyla där fastighetsenergin ligger runt 100 kWh/m<sup>2</sup>,år. En energiändring på 5 kWh/m<sup>2</sup>,år motsvarar då ca 5 % ändring.

**Tabell 4.5** Exempel på inverkan av olika tekniska energisparåtgärder

Åtgärd	Teknisk beskrivning	Årlig energianvändning [kWh/m <sup>2</sup> ,år LOA]
Tyngre stomme	+ 100 mm till + 150 mm	- 1
Ytterligare väggisolering	+ 200 mm	- 3
Ytterligare väggisolering	+ 1.000 mm	- 5
Större glasareor	40% till 60% glas i fasaden	+7
Större glasareor	40% till 100% glas i fasaden	+22
Bättre fönster	$U=1,4$ till $U=1,0$ W/m <sup>2</sup> ,K	-5
Luftbehandlingsaggregat med låga lufthastigheter	$v = 2,5$ m/s till $v = 1,6$ m/s	-7
Värmeåtervinning med hög effektivitet	$\eta_t = 60\%$ till $\eta_t = 85\%$	-16

Av tabellen ovan framgår att byggnadstekniska åtgärder i lokalbyggnader i regel endast minskar energianvändningen obetydligt, undantaget är fönster med lägre värmeförluster. Dagens trend för lokalbyggnader med starkt uppglasade fasader medför att de redan stora värmeöverskotten ökar och dessa därmed måste kylas bort via kylbafflarna. Inte oväntat är de åtgärder som verkligen minskar energianvändningen luftbehandlingssystem med lägre specifik fläkteffekt (främst lägre lufthastighet i luftbehandlingsaggregaten) och effektiva värmeåtervinning. Större aggregat med lägre lufthastighet medför automatiskt effektivare värmeåtervinning genom att de värmeöverförande ytorna per luftflöde blir större.

Möjligen kan vissa steg i Tabell 4.5 vara i största laget. Luftbehandlingsaggregat med lufthastigheter på 2,5 m/s kan inte användas om SFP skall understiga 2,0 kW/m<sup>3</sup>/s utan lufthastigheten borde kanske var strax under 2,0 m/s. Likaså är nog i lokaler roterande värmeåtervinnare med temperaturverkningsgrad runt 70 % mer normalt än plattvärmeväxlare med temperaturverkningsgraden 60 %.

En annan svårare jämförelse är beräknad **köpt energi** för åtta av Skanskas fastigheter med vattenburen kyla i Stockholm. Med köpt energi förstås här summan av fastighetsel, fjärrvärme och fjärrkyla. Dock är fjärrkylan omräknat till elenergi (köldfaktor 3) med hänsyn tagen till att 80 % av fjärrkylan i Stockholm är frikyla från Östersjön. Detta innebär att viktningfaktorn för fjärrkylan är 20 % /3 = 1/15. Detta medför att det inte går att jämföra direkt med energianvändningen definieras enligt BBR 06. Alla dessa byggnader, utom en, ligger mellan knappt 80 kWh/m<sup>2</sup>,år LOA och knappt 100 kWh/m<sup>2</sup>,år LOA. En byggnad

ligger på ca 115 kWh/m<sup>2</sup>,år LOA. Om energianvändningen omräknas till uppvärmd area blir motsvarande energianvändning mellan 65 och 80 kWh/m<sup>2</sup>,år uppvärmd area.

I Figur 3.1 anges några exempel på uppmätta på lokalbyggnader. Hus Key invigt år 2000 är det första EU-Thermie projektet med en svensk koordinator. Mycket omsorg lades ner under projekteringsprocessen för att nå en låg elanvändning, exempelvis genom effektiv belysning och gott dagsljusutnyttjande. Detta resulterade i en tämligen hög användning av fjärrvärme eftersom denna måste ersätta interna värmekällor. Byggnaden används av Lärarhögskolan på Linköpings universitet och har därmed inte heller så höga interna värmekällor.

Skanska Sverige är ett annat exempel i Figur 3.1 och energianvändningen motsvarar normala kommersiella lokalbyggnader med vattenburen kyla och fjärrkyla. Antagligen ingår en tämligen stor andel frikyla i fjärrkylan.

Akademiska Hus representeras med ytterligare ett exempel i Figur 3.1 nämligen två utvärderade byggnader där värmen huvudsakligen täcks via värmepumpar vilka tar värmen från borrhålslager i mark. Frikyla via marklagret täcker huvuddelen av kylbehovet sommartid och värmepumparna täcker spetskylbehovet. Värmespetsen sker via en mycket begränsad användning av fjärrvärme. De två byggnaderna är Astronomi i Lund och Academi-cum/Gamla Anatomihöghuset i Göteborg. Med BBR 06 definition uppfyller byggnaderna precis kravet men eftersom värmepumpar och frikyla används har byggnaderna en låg användning av köpt energi.

Sammanfattningsvis kan konstateras att lokalbyggnader är komplexa såväl i utförande som vilka energikällor de försörjs från. Detta medför att det är tämligen meningslöst att närmare analysera skärpta krav från BBR 06-nivån. En annan bidragande orsak är att för de flesta typer av lokalbyggnader måste verksamhetselen (hyresgästelen) ingå i energianvändningsbegreppet, vilket den inte gör enligt BBR 06, trots att beställaren inte har någon rådighet över denna. En sista anledning är att rimligen borde olika krav på energianvändningen ställas för olika typer av lokalbyggnader. Det är stor skillnad mellan förskolor och sjukhus/laboratoriebyggnader. Den definition av energianvändningen som används i BBR 06 är för grov för att verka teknikutvecklande för de flesta typer av lokaler.

Lämpligen samordnas framtida utvecklade BBR-krav för olika typer av lokalbyggnader med energideklarationerna i samband med att dessa genomförs fullt från 2009. För lokalbyggnader föreslås att verksamhetselen (hyresgästelen) skall ingå i den till byggnaden levererade energin som används vid energideklarationen.

## 5 Elbehov vid skärpta kravnivåer

Om med elbehov avses hela landets årliga elenergianvändning påverkas denna mycket lite eftersom den årliga nybyggnationen endast utgör någon eller några procent av den befintliga byggnadsstocken. Om nybyggnationen av småhus med vattenburen värme antas till 1,2 milj.m<sup>2</sup> med en årlig energianvändning på 110 kWh/m<sup>2</sup>,år blir den tillkommande årliga energianvändningen 132 GWh/år, som helt kan utgöras av elenergi. Under tio år blir nybebyggelsens energianvändning då 1,32 TWh/år vilket kan jämföras med bebyggelsens elenergianvändning idag på ca 75 TWh/år.

Flerbostadshus värms idag till mycket liten del av elenergi men ju skarpare kraven blir desto större är sannolikheten att elenergi blir den enda möjliga och ekonomiskt försvarbara värmekällan.

I lokaler används idag också elenergi till en mycket liten del. Vid ökad utnyttjande av frikyla från mark kombineras detta ofta med att använda värmepumpar för att kyla ner marklagret vintertid. Elenergi till värmepumparna ersätter då vanligen fjärrvärme.

Om med elbehov istället avses hur mycket av den enskilda byggnadens energianvändning enligt definitionen i BBR 06 som utgörs av elenergi får skärpta krav en betydlig inverkan på denna fördelning.

I Tabell 4.4 visas att kravet för bostäder i klimatzon syd på 90 kWh/m<sup>2</sup>,år medför att FTX-ventilation krävs medan F-ventilation nästan kan uppfylla kravet 110 kWh/m<sup>2</sup>,år. En skärpning av kravet medför då alltså att elanvändningen för fläktarna i de nybyggda flerbostadshusen ökar.

Som Per Levin visar i en underlagsrapport till Boverket av den 6 januari 2006, medför införande av FTX-system, istället för F-system, i flerbostadshus att elanvändningen för fläktar ökar med knappt 5 GWh/år medan värmeanvändningen (främst fjärrvärme) minskar med ca 45 GWh/år, vilket är lite. Denna bedömning förfaller helt rimlig.

När det gäller småhus innebär en skärpning av kraven för klimatzon syd till 55 kWh/m<sup>2</sup>,år att den värmeenergi som skall tillföras blir liten, totalt i storleksordningen 7-8 MWh/år. Av denna utgör då varmvatten ca 3,5 MWh/år vilket innebär att endast 4-5 MWh/år skall tillföras via värmesystemet. Om inte kapitalkostnaden per levererad kWh skall bli orimlig måste en värmekälla med inte för stor investering väljas.

Om kraven skärps ytterligare, så att energianvändningsnivån för Lindås-husen nås, blir den tillförda värmeenergin utöver varmvattnet endast 0,1 till 1 MWh/år vilket medför att den endast rimliga tekniska lösningen är ett elvärmebatteri i tilluften. Man kan konstatera att ju mer kraven skärps desto större är sannolikheten att elenergi är den enda möjliga och ekonomiskt försvarbara värmekällan.

Om värmepumpar ersätter elpannor i nybyggda bostadshus, så erhålls givetvis en minskning i elanvändningen, medan å andra sidan en ökning erhålls om de ersätter en bränslebaserad energitillförsel.

## 6 Samhällsekonomiska konsekvenser

Skärpningen av energihushållningskraven i denna analys fokuserar på bostäder med el för uppvärmning. Den kraftigaste minskningen i analysen är från nivån 110 till 55 kWh/m<sup>2</sup>,år och gäller för bostäder med el för uppvärmning (exklusive småhus med direktel, där kraven redan är hårda i BBR 06), se kapitel 2.3.

De samhällsekonomiska konsekvenserna illustreras genom att denna kraftiga skärpning från 110 till 55 kWh/m<sup>2</sup>,år införs på ett småhus av samma typ som i Ds 2005:51, med antagen area 150 m<sup>2</sup>. Huset finns tekniskt beskrivet i kapitel 4. Det har FTX-ventilation men ej värmepump, varför ingen uppräknig av köpt el blir aktuell vid beräkning enligt BBR 06. Elen som tillförs för uppvärmning kan i detta fall tänkas komma via antingen direktel, elpanna eller luftvärmare.

De hårdare kraven uppfylls genom att huset ges bättre klimatskärm och värmeväxlare: U-värden förbättras med i genomsnitt 0,05 för väggar och tak, fönstrens U-värde förbättras med 0,2, tätheten fördubblas. FTX-aggregatets verkningsgrad ökas från 70 till 80 % och eleffektiviteten för fläktar (SPF) förbättras från 2,0 till 1,5 kW/m<sup>3</sup>/s.

Den samhällsekonomiska analysen görs efter samma modell, priser och förutsättningar som i Ds 2005:51. Det är en nuvärdesberäkning över en 20-årsperiod, med real kalkylränta 4 %.

Alla typer av kostnader är exklusive moms. För elen exkluderas också skatter, och elpriset antas till 0,50 kr/kWh såsom i Ds 2005:51. Den minskade elanvändningen ger också miljövinster i form av minskat koldioxidutsläpp. De antas hänförda till marginalet med utsläpp 0,8 kg/kWh, och värderas till 80 öre/kg, dvs. miljövinsten värderas till 0,64 kr/kWh. Elanvändningen minskar för det studerade huset med  $(110 - 55) * 150 = 8\,250$  kWh/år.

Nyttan i den samhällsekonomiska kalkylen beror också av vilken elprisökning som antas. I tabellen nedan redovisar vi en spännvidd från 0 till 2 % årlig real energiprisökning:

Nytta	Nuvärde vid 0 % real energiprisökning	Nuvärde vid 2 % real energiprisökning
Minskad årlig elanvändning	56 200 kr	67 500 kr
Minskad miljöbelastning	71 800 kr	86 500 kr
Summa nuvärde av nytta	<b>128 000 kr</b>	<b>154 000 kr</b>

**Merinvesteringen** som krävs gäller bättre klimatskärm, fönster och FTX-aggregat. Vi har försökt få en bra bedömning av den merinvestering som krävs för att huset skall klara den kraftiga skärpningen. På den korta tiden är det svårt att få en säker uppskattning. Våra undersökningar pekar mot en betydande spännvidd i bedömningar mellan olika experter. Spännvidden ligger i klassen **150 000** till **300 000** kronor. Variationer uppstår bland annat på grund av konjunkturläge, klimatzon, husets formfaktor, fabriksbyggt eller av typ lösvirkesbygge etc.

Dessutom innebär denna låga nivå, att man delvis är inne på tekniska lösningar som inte förut prövats i stor skala. Exempelvis kan mycket tjocka isoleringar ge nya konstruktionsproblem och bekymmer med mikroklimatet exempelvis på vind.

Det finns sammanfattningsvis en möjlighet att den undersökta skärpningen av kraven för denna typ av elvärmda småhus kan vara samhällsekonomiskt lönsam, men osäkerheterna kräver att frågan studeras grundligt.

Vi har också översiktligt sett på den privatekonomiska lönsamheten (också med nuvärdesmetod) i några alternativ vad gäller energiprisökningar och ränta. Generellt är den privatekonomiska lönsamheten sämre än den samhällsekonomiska. Den undersökta skärpningen är därför inte privatekonomiskt lönsam.



## 7 Nytt mål för energieffektivisering i all bebyggelse

Enligt Ds 2005:51 "Energieffektivisering och energismart byggande" föreslås ett nytt mål för energieffektivisering i bebyggelsen.

Den totala energianvändningen per uppvärmd yta i bostäder och lokaler bör minska med 20 % till år 2020 och med 50 % till år 2050 i förhållande till användningen 1995. Andelen energi från förnybara energikällor ökar kontinuerligt. Målet kommer enligt arbetsgruppens förslag regelbundet att följas upp och prövas mot bakgrund av dess konsekvenser för miljön, ekonomisk tillväxt, konkurrenskraft och kostnader för såväl den offentliga sektorn som för enskilda.

Föreslagen målformulering tar enligt uppgift sin utgångspunkt i vad flera utredningar har framfört som ett realistiskt om än ambitiöst mål. Man konstaterar att den exakta formuleringen av målet kommer först i den kommande energipropositionen och baseras utifrån remissinstansernas synpunkter samt det mål för energieffektivisering som eventuellt fastställs på EU-nivå under remisstiden.

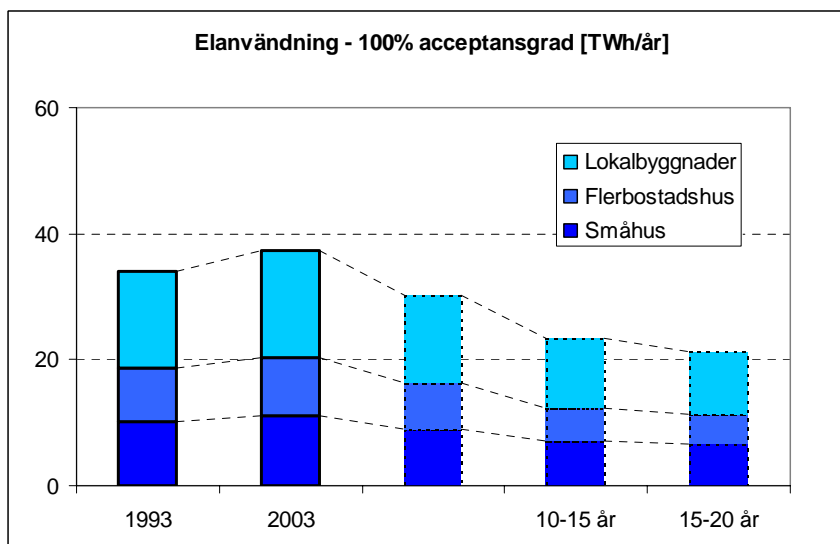
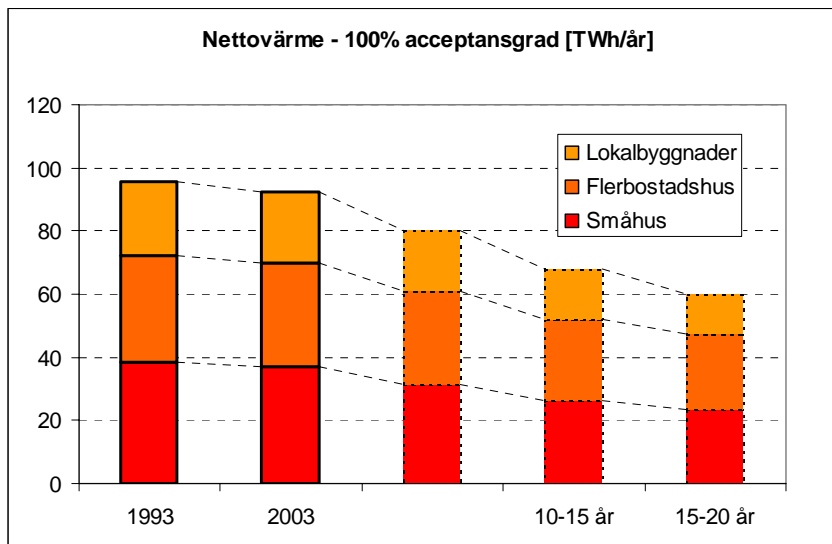
### 7.1 Effektiviseringens utveckling och potential

Ett första observandum som kan göras är att vi redan har avverkat 10 år av den **första** periodens längd på 25 år (1995 – 2020). CEC:s underlagsrapport till Boverkets "Piska och Morot" visar att det tyvärr inte har hänt något alls när det gäller energieffektiviseringen sedan Energikommisionens bedömningar gjordes 1993. Detta skulle innebära att 20 % energieffektivisering enligt departementet skulle kunna uppnås på 15 år istället för de tänkta 25 åren!

När det gäller det långsiktiga målet på 50 % till 2050 bedömer vi det som orealistiskt, inte minst med tanke på hur effektiviseringsarbetet hittills har bedrivits i Sverige. Det kan inte nog understrykas att det är mycket stor skillnad på att, i enskilda och speciella objekt, uppnå energieffektiviseringar på 40 – 50 % än att kunna realisera detta i **hela** bebyggelsen inklusive nybyggandet.

Vid en senare mer precis målformulering är det av största vikt *dels* att ta lärdom av erfarenheterna från energieffektiviseringsarbetet allt sedan Sveriges första energisparplan från 1978, *dels* den lärdom man kan dra från CEC:s utvärdering i underlagsrapporten vad som faktiskt har uppnåtts sedan 1993.

I vår tidigare nämnda rapport ställdes uppskattade energisparpotentialer i förhållande till nuvarande nettovärmebehov och elanvändning i bebyggelsen. I figurerna nedan redovisas den möjliga utvecklingen av nettovärme i bebyggelsen på 15-20 års sikt med antagandet att den teknisk-ekonomiska potentialen skulle kunna utnyttjas fullt ut (100 % acceptans).



När det gäller nettovärmebehovet beräknas den sammanlagda teknisk-ekonomiska energisparpotentialen i bostadshus och lokalbyggnader uppgå till drygt 30 TWh eller nära 35 % medan den teknisk-ekonomiska energisparpotentialen med avseende på **elanvändningen** i bostadshus och lokalbyggnader beräknas uppgå till drygt 15 TWh eller drygt 40 %.

Med utgångspunkt från vårt resonemang om **acceptans** för att genomföra möjliga åtgärder kommer således endast en del av den uppskattade teknisk-ekonomiska potentialen att kunna infrias. Hur stor del beror på en rad faktorer som verklig energiprisutveckling, ekonomiska styrmedel, genomslag för energideklarationer, krav på byggnaders energiprestanda, skärpta byggregler osv.

Vår utvärdering av utvecklingen 1993 till 2003 visade på en lägre acceptans än vad som antogs av Energikommisionen trots att de ekonomiska förutsättningar varit något bättre än vad Energikommisionen antog.

Om inga särskilda krav ställs, om inga incitament för den enskilde fastighetsägaren tillskapas, om energideklarationer får ett lågt genomslag och styrmedlen är ineffektiva i övrigt

bedömer vi att acceptansen kommer att förbli fortsatt låg, kanske i storleksordningen 10 %. Vi bedömer det som realistiskt att acceptansen skulle kunna öka till i storleksordningen 20-30 % på 10 - 20 års sikt, naturligtvis under förutsättning att något radikalt sker.

Denna tidsperiod på 10 till 20 år motsvarar den tidshorisont som återstår för vilken det föreslagna effektiviseringsmålet på 20 % har skisserats.

## 7.2 Vad blir genomfört i verkligheten?

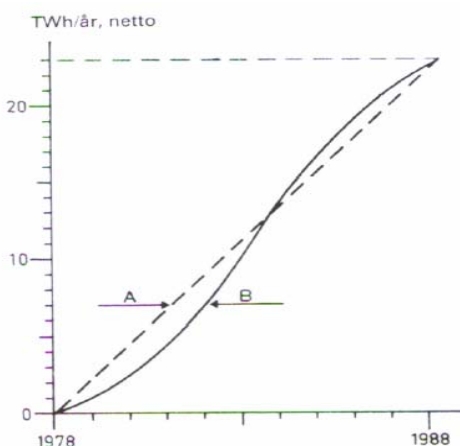
Vilken acceptans skulle då erfordras för att nå det föreslagna effektiviseringsmålet på 20 %? I vår underlagsrapport har vi gjort en överslagsmässig beräkning som visar att, med ett antagande om **30 % acceptans**, uppgår energisparpotentialerna till knappt 15 % eller drygt 10 TWh nettovärme respektive drygt 10 % eller 5 TWh el, vilket vi anser vara en mer realistisk uppskattning på 10-20 års sikt.

Vår sammantagna bedömning av effektiviseringsmålen är att mer realistiska mål är ca 15 % fram till år 2020 och ca 35 % fram till år 2050. Självklart så bygger dock alla målbedömningar på hur effektiva styrmedel som tillskapas.

Vi vill betona att effektiviseringsarbetet naturligtvis inte kommer att ske rätlinjigt utan istället styrs av en rad ganska så komplexa samband. Snarare är det vår bedömning att det kommer att gå trögt i början – det tar tid att ställa om, utforma regelverk, starta informationsaktiviteter etc. – och att man får en utplaning under de sista åren.

Man erhåller då snarare ett S-format än ett rätlinjigt förlopp, även om det tänkta EU:s ”Energitjänstdirektiv” föreslår en bindande årlig energieffektivisering på generellt 1 % för slutanvändning av energi utom för offentliga lokaler där förslaget är 1,5 %. Elintensiv industri är undantagen. Här avses dock energianvändningen totalt sett och inte specifikt för bebyggelsen.

Redan i samband med Energihushållningsdelegationens betänkande SOU 1980:43 ”Program för Energihushållning i befintlig bebyggelse” diskuterades vilket effektiviseringsförlopp som rimligen kunde förväntas. Man kom där fram till att just ett S-format förlopp vore det mest troliga, vilket exemplifieras av nedanstående figur hämtad från just detta betänkande. I denna bedömning låg också att olika insatser rimligen inte kunde avslutas abrupt utan trappades ner i slutet av perioden.



Det som ytterligare styrker detta är utseendet hos de potentialkurvor för bostäder, som redovisas i vår underlagsrapport, där potentialen planar ut vid ökande besparingskostnader, vilket speglar vad som händer med potentialen vid ökande energipriser.

### 7.3 Möjligheter -- drivkrafter -- motkrafter

Vilka möjligheter, motkrafter och drivkrafter kan vi då räkna med?

Vi kan först konstatera att vi i våra förslag i CEC:s underlagsrapport har lyft fram en hel del av det vi anser vara **möjligheter** och **drivkrafter** för en ökad energieffektivisering i bebyggelsen. Exempel på detta är bl.a. följande:

- Långsiktig, stabil och trovärdig energipolitik med helhetssyn
- ”Rätt” utformade styrmedel
- Starkare koppling mellan energieffektivisering och våra globala klimatproblem
- Satsa mer resurser på den befintliga bebyggelsen
- Skärpta byggregler i samband med ombyggnad och renovering i enlighet med det synsätt vi för fram i vår underlagsrapport
- Utnyttja energidirektivet på ett positivt sätt som den ”hävstång” vi diskuterar i vår rapport, i kombination med klassning och därtill hörande incitament.
- Tillfredsställ ett uppdämt utbildningsbehov av drifttekniker. Här kan också fastighetsägarna själva bidra genom att ännu mera motivera och ”statushöja” denna typ av yrkeskategori (när det gäller driftoptimeringsåtgärder kan dessa dessutom göra ”stordåd” när det gäller effektiviseringsarbetet)
- Genomför ett massivt informationsarbete med utnyttjande av all den kunskap som faktiskt redan finns bland informatörer, konsulter och forskare m.fl. Det räcker inte att sprida informationsbroschyrer via Internet utan måste kopplas till praktiska erfarenheter. Nya grepp bör studeras! Visa på goda exempel – och lär av dem!
- Förstärk forskning, utveckling och demonstration kring energianvändning i bebyggelsen och energismart byggande

Exempel på **motkrafter** till en ökad energieffektivisering är den negativa syn på energieffektivisering som inte sällan **felaktigt** framförs på olika sätt. Det kan gälla att tilläggsisolering av klimatskalet med ”automatik” skulle förfula vårt byggnadsbestånd, fuktskador skulle kunna uppkomma samt inomhusklimatet försämrats.

Förvisso kan exempel på felaktigt och/eller dåligt utförda åtgärder hittas i det befintliga beståndet. Vår övertygelse, efter 30 års erfarenheter av aktivt energieffektiviseringsarbete på olika nivåer, är att man självklart kan genomföra tilläggsisoleringar av klimatskalet utan att byggnaderna därför skulle förfulas.

Det gäller dock att ställa rätt krav i samband med projekteringen, beakta arkitektoniska krav på materialval, färgsättning och detaljlösningar både vid konsult- och entreprenadupphandlingen. Effektiva energilösningar innebär normalt högre kvaliteter i byggandet även när det gäller faktorer såsom inomhusklimat, fukt etc.

Samma resonemang kan föras när det gäller inomhusklimatet! Kunskaperna om risker mm finns idag.