



# **Analys av nära-nollenergikraven i byggregler**

Åsa Wahlström och Ola Larsson

Maj 2018

## Sammanfattning

I det reviderade direktivet om byggnaders energiprestanda (2010/31/EU) finns krav på att "nära nollenergibyggnader" ska vara nybyggnadskrav för alla offentliga byggnader 1 januari 2019 och för alla byggnader 1 januari 2021.

I de byggregler, kallade BBR24, som har varit gällande fram till juli 2017 har energiprestandakravet utgjorts av så kallad köpt energi, dvs. årlig levererad energi till en byggnad för uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och byggnadens fastighetsenergi. Kravnivåerna har varit olika för eluppvärmda och icke eluppvärmda byggnader och dessutom olika för bostäder och lokaler. I juli 2017 kom en ny BBR, kallad BBR25, där energiprestandakravet utgörs av ett primärenergital istället för köpt energi. Det vill säga årlig levererad energi till en byggnad multiplicerad med en primärenergifaktor beroende av vilket energislag som levereras. Kravnivån är densamma oavsett om byggnaden är eluppvärmd eller icke eluppvärmd, men fortfarande olika för småhus, flerbostadshus och lokaler. Istället för klimatzoner infördes en geografisk justeringsfaktor.

Förutom energiprestandakravet finns krav på genomsnittlig värmegenomgångskoefficient ( $U_m$ ) vilken utgör ett vägt genomsnittligt värde för byggnadsskalet. Dessutom finns krav på installerad eleffekt. Byggreglerna specificerar att egenproducerad energi på fastigheten, till exempel solvärme eller el från solceller får tillgodoräknas utan att inräknas i mängden levererad energi. I december 2016 trädde också BEN i kraft som preciserar att fastställande av byggnadens energianvändning ska göras med avseende på normalt brukande och för ett normalår. I samband med denna förändring ändrades också formuleringen på verifiering av krav via mätning.

I mars 2018 presenterade Boverket en remiss på utformning av BBR som ska gälla från år 2021 och tillfullo tillämpas för energihushållningskrav avseende nära-nollenergibyggnader. Förslaget utgår från primärenergital definierat i BBR25 men med andra primärenergifaktorer för olika energislag och skärpta kravnivåer för energiprestanda och  $U_m$ . Eftersom förslaget för BBR 2021 har primärenergifaktorer under 1,0 nämns detta krav som konsekvensenergital i föreliggande rapport.

Föreliggande studie har genomförts med beräkningar av hur olika typhus tekniskt kan utformas för att precis klara de krav som ställs i Boverkets nuvarande byggregler (BBR24 och BBR25) och förslag på kommande byggregler (BBR 2021). Detta för att återspegla hur en byggherre sannolikt, med dagens förutsättningar, skulle uppföra en byggnad om byggherren inte har några ytterligare ambitioner än att uppfylla gällande lagkrav. De undersökta typbyggnaderna är ett småhus, ett flerbostadshus, ett kontor och en skola. För dessa typbyggnader beräknades nettoenergi, köpt energi enligt BBR24, ett primärenergital enligt BBR25 och ett konsekvensenergital enligt förslaget till BBR 2021, samtliga för olika kombinationer av värme- och kylsystem. Resultatet jämfördes med de krav som ställs i dagens byggregler och som föreslås gälla för byggregler år 2021.

Boverkets byggregler, BBR, är i dag det huvudsakliga styrmedlet som samhället har för en god energihushållning och låg miljöpåverkan vid uppförande av nya byggnader. BBR preciserar den lägsta energiprestanda som måste uppfyllas. En målsättning med byggregler är att de ska säkerställa en god bebyggd miljö utan att hindra teknikutveckling och konkurrensneutralitet.

Föreliggande studie kan konstatera att förslaget för BBR 2021:

- Inte uppfyller PBL med avseende på dess definition av nära-nollenergi när det gäller flerbostadshus och kontor. Att fortsatt utredning behövs för att fastställa om skolor uppfyller krav i PBL.
- Småhus kan anses motsvara nära-nollenergikrav under förutsättning att energiprestandakraven kommer att verifieras med mätning.
- Eftersom det är relativt enkelt att uppfylla energiprestandakraven så kommer inte byggreglerna i sig att leda till en ökad användning av förnybar energi. Undantaget är småhus som sannolikt kommer att installera solvärme i de fall som bergvärmepump inte används för uppvärmning.
- Primärenergital som baseras på primärenergifaktorer, geografiska justeringsfaktorer och normalt brukande är svårbegripligt och behöver förtydligas med redovisning av köpt energi.
- Primärenergifaktorer som har värden under 1,0, så kallade konsekvensenergital, riskerar att vara hämmande för energihushållning.
- Begränsning av kylenergianvändning är inte tillräcklig och riskerar en ökad utbyggnad av kylenergiförsörjning.
- Det behöver säkerställas att verifiering av ställda energiprestandakrav kommer att ske genom mätning.

Det kan konstateras att varken den nuvarande BBR25 eller förslaget för BBR 2021 är effektiva styrmedel för att uppfylla samhällets energi- och miljömål genom att främja uppförandet av energieffektiva så kallade nära nollenergibyggnader när det gäller flerbostadshus och kontor. Varken  $U_m$  eller energikrav kommer att leda till att byggnader uppförs med mycket bättre  $U_m$  eller energiprestanda än vad de skulle ha uppförts med utan kravet. Med dagens sämsta standarder på byggnadsdelar och installationer och eventuellt någon enkel åtgärd klaras de satta nivåerna. Med andra ord kommer varken plan- och byggförordningens (PBFs) första punkt som preciserar att en byggnad ska ha en mycket hög energiprestanda (nära-nollenergibyggnad) eller tredje punkt som preciserar att endast en låg mängd värme ska kunna passera igenom det isolerande skiktet att uppfyllas. Andra styrmedel kommer att behövas för att få fastighetsägare att förbättra byggnaders energiprestanda. För skolor innebär förslaget i BBR 2021 att förbättrande åtgärder i viss mån kommer att behövas för att klara kraven men här behövs fortsatt utredning för att fastställa en skärpning av energiprestandakravet. För småhus är energiprestandakravet begränsande vilket innebär en optimering av  $U_m$ , energieffektiva installationer eller komplettering med solvärme.

Byggreglerna blir inte ett styrmedel för ökad generering av förnybar energi i samband med uppförandet av byggnaden. Åtgärder som att installera solvärme eller solexel på byggnaden eller dess tomt kommer inte att behövas för att uppfylla byggreglerna. Undantaget är solvärme för småhus med annan uppvärmning än bergvärmepump som effektivt kan förbättra byggnadens energiprestanda. Installation av solexel kan också vara en åtgärd i skolor.

Det nya begreppet primärenergital är svårt att förstå och tillsammans med den geografiska justeringsfaktorn och normalisering till normalt brukande kan fastighetsägaren lätt misstolka en byggnads driftskostnad. En minskad förståelse kan i förlängningen bidra till att byggreglerna eller energideklarationerna inte tas på allvar.

I Boverkets förslag för byggregler 2021 används konsekvensenergital, dvs ett tal som beskriver att ett bränsle inte har någon alternativ användning eller att bränslet är förnybart och därmed får en primärenergifaktor under 1,0. Konsekvensenergital föreslås både för fjärrvärme och fjärrkyla. Föreliggande utredning konstaterar att det är olämpligt att formulera byggregler med konsekvensenergital eftersom det direkt kan vara hämmande för energihushållning och uppfyllandet av direktivet 2010/31/EU och PBFs tredje punkt som specificerar att endast en låg mängd värme ska kunna passera igenom det isolerande skiktet på en byggnad. Dessutom bör all energi vara lika värdefull att hushålla med vilket förespråkar ett konservativt ställningstagande och primärenergifaktorer under 1,0 skulle därmed kräva specifika faktorer för varje enskilt fjärrvärme- och fjärrkylanät.

Utformning av byggregler i förslaget för 2021 är inte tillräckligt för att säkerställa en god projektering och uppförande av en byggnad med ett lågt kylbehov. Förslaget för BBR 2021 är betydligt mer gynnsamt för kylenergianvändning än jämfört med BBR25 oavsett om komfortkyla förses med kompressorkyla eller fjärrkyla. I BBR25 och tidigare versioner av BBR har kompressorkyla straffats genom uppräknig av elanvändning till kompressorkyla medan förslaget till BBR 2021 istället underlättar fjärrkyla genom en primärenergifaktor långt under 1,0.

Detta kan innebära att lokaler projekteras med ett mindre behov av värme på bekostnad av ett ökat behov av kyla. Att byggnader uppförs med till exempel otillräckligt solskydd eller med fönster med otillräcklig solfaktor eller otillräcklig anpassning av fönsterstorlek och orientering för att minska behovet av komfortkyla. Detta kan i förlängningen orsaka att fler fjärrkylanät byggs eller de befintliga fjärrkylanätens kapacitet ökas med mer kompressorkyla eller absorptionskyla. Ett utökat behov av absorptionskyla kan i förlängningen orsaka en ökad produktion av fjärrvärme med hög temperatur under sommaren. Det behövs en mer fördjupad konsekvensutredning av vad detta kan innebära för energisystemet i stort och hur funktionskrav skulle kunna ställas i byggregler för att begränsa ett ökat kylbehov.

Att verifiera en byggnads energiprestanda har visat sig vara effektivt för att säkerställa att energihushållningskraven uppfylls. För en förståelse av hur mätning efter mätplan ska gå till är det viktigt att energiprestanda presenteras med hjälp av köpt energi för de olika energiposterna och att verifiering sker med myndighetskontroll.

Övergripande bör byggregler ha funktionskrav (ej detaljstyrning) och verifieringskrav (kvalitetssäkring). Föreliggande utredning föreslår därför att byggregler omformuleras. Följande föreslås vid ansökan om bygglov:

1. Krav på specifik energianvändning genom beräkning av primärenergital med ekvation enligt BBR25 och en primärenergifaktor för el och 1,0 för övriga energibärare eller energislag. Beräkningen visar att byggnaden uppfyller krav på primärenergital. Primärenergitalet kan ligga till grund för klassificering i en skala A-G, där minst klass C

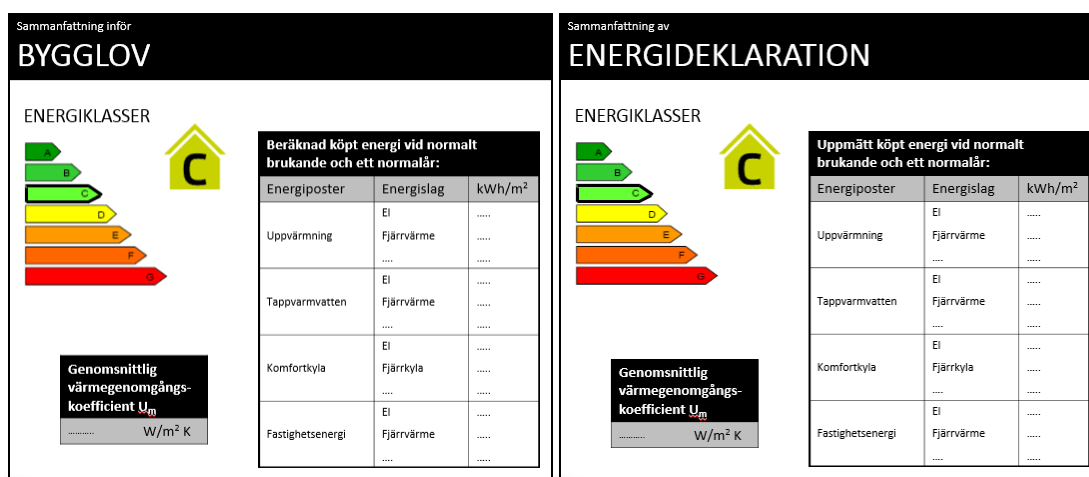
måste uppfyllas. Köpt energi för el och övriga energibärare eller energislag redovisas för varje energipost.

2. Krav på  $U_m$ . Beräkning visar att byggnaden uppfyller krav på  $U_m$  genom att olika byggnadsdelars U-värden specificeras. Här kan komplettering behövas med funktionskrav som begränsar kylbehov.

Följande föreslås vid verifiering:

1. Kontroll av att uppmätt köpt energi under ett år (24 månader efter idrifttagning) inte överstiger redovisad köpt energianvändning vid bygglovsansökan. Detta görs genom inlämning av en energideklaration till Boverket. Denna energideklaration ska upprättas på uppmätta värden under ett års tid även om det finns en tidigare deklARATION som gjorts på beräknade värden för byggnaden. Energideklarationen redovisar tydligt köpt energi för varje energipost medan primärenergitalet kan ligga till grund för klassificering i en skala A-G, där minst klass C måste uppfyllas.
2. Uppförande av byggnadsdelar enligt specifikation med U-värden kontrolleras kontinuerligt i kontrollplanen. Här kan också kontroll av uppförande av till exempel solskydd för att begränsa kylbehovet behövas.

På detta sätt kommer alla tre prioriteter i energitriangeln uppfyllas, dvs minimera energiförluster, tillgodose energibehovet effektivt och använd förnybara energikällor, under förutsättning att kraven formuleras med skarpa nivåer. Redovisning vid bygglovsansökan är ett bra underlag för mätplan.



Exempel på illustration av, i utredningen föreslagen, energiprestanda som lämnas in inför bygglov och vid upprättande av en energideklaration. Primärenergital redovisas i en energiklass och beräknad köpt energi vid normalt brukande och ett normalår redovisas med siffror.

## Förord

I det här projektet har beräkningar genomförts för typbyggnader av småhus, flerbostadshus, kontor och skolor för att analysera hur de nya så kallade nära nollenergireglerna kan komma att påverka val av installationer och egenskaper hos klimatskärmen vid uppförande av nya byggnader och hur en ny systemgräns för energihushållningskraven kan påverka energisystemet. Beroende av hur väl byggreglerna styr mot energieffektiva byggnader kan det påverka behov av andra styrmedel för fortsatta insatser mot energieffektivisering i byggnadsbeståndet.

Projektet har genomförts under hösten 2017 och kompletterats i april 2018 med analys av den remiss på utformning av BBR som ska gälla från år 2021 som Boverket presenterade i mars 2018. Planering och analys av beräkningar har skett i en arbetsgrupp bestående av:

- Åsa Wahlström, CIT Energy Management
- Ola Larsson, WSP Sverige AB
- Per-Erik Nilsson, CIT Energy Management
- Göran Werner; WSP Sverige AB

Projektledare har varit Åsa Wahlström, CIT Energy Management med assistans av Ola Larsson, WSP Sverige AB.

Beräkningar för småhus och flerbostadshus har genomförts av Hans Wetterlund och Ola Larsson WSP Sverige AB och för kontor och skolor av Mari-Liis Maripuu, Tommy Sundström och Åsa Wahlström CIT Energy Management.

Ansvariga hos beställaren Energimyndigheten har varit Sandra Lennander, Sara Akkurt och Tomas Berggren.

Föreliggande rapport är en komplettering som analyserar förslag på BBR i den remiss som utgavs av Boverket i mars 2018, jämfört med en tidigare utredning som analyserat den tidigare remissversionen utgiven i januari 2017.

***Den 9 maj 2018***

***Åsa Wahlström och Ola Larsson***



# Innehållsförteckning

Sammanfattning .....	
Förord .....	iv
Innehållsförteckning .....	v
1 Introduktion.....	1
1.1 Utgångspunkt .....	2
1.2 Mål.....	3
2 Genomförande och förutsättningar .....	4
2.1 Definitioner av systemgränser .....	5
2.2 Beräkning av energianvändning enligt BBR.....	7
2.2 Krav enligt Boverkets byggregler.....	8
2.3 Normaliserad uppmätt energiprestanda.....	9
2.4 Tillvägagångsätt vid beräkningarna .....	10
2.5 Avgränsningar vid beräkningarna.....	11
2.6 Beräkning av solex och solvärme .....	12
2.7 Krav enligt direktivet och PBL.....	14
3 Beskrivning av typbyggnader.....	16
3.1 Småhus .....	16
3.2 Flerbostadshus .....	19
3.3 Kontor .....	20
3.4 Skola .....	25
4 Resultat.....	30
4.1 Småhus .....	30
4.2 Flerbostadshus .....	34
4.3 Kontor.....	36
4.4 Skola .....	39
4.5 Analys av kostnadsoptimala nivåer .....	41
4.6 Sammanfattande resultat.....	43
5 Slutsatser och diskussion.....	45
5.1 Lever de svenska byggreglerna upp till det förändrade syftet? .....	45
5.2 Är någon systemgräns att föredra utifrån ett svenskt perspektiv?.....	47
5.3 Vilka systemgränser är möjliga? .....	49
5.4 Hur bör uppföljning och verifiering ske av att byggregler följs? .....	51
5.5 Övriga reflektioner .....	52
6 Förslag för fortsatt utredning .....	54
6.1 Förslag på presentation i byggregler .....	55
6.2 Övrigt behov av utredning.....	57

# 1 Introduktion

Energi för uppvärmning, kylning, drift och verksamhet i byggnader utgör närmare 40 procent av Sveriges totala energianvändning. Energianvändningen kostar brukarna i Sverige 150 – 200 miljarder kronor per år, vilket motsvarar 15 – 20 000 kronor per invånare enligt [www.iva.se](http://www.iva.se). Energieffektiva byggnader innebär inte bara minskad påverkan på miljön utan också goda möjligheter att få lägre driftskostnader. Det finns goda tekniska möjligheter att bygga nya byggnader energieffektiva och att kraftigt reducera energianvändningen i befintliga byggnader i samband med annan upprustning.

I det reviderade direktivet om byggnaders energiprestanda (2010/31/EU) finns krav på att ”nära nollenergibyggnader” ska vara nybyggnadskrav för alla offentliga byggnader 1 januari 2019 och för alla byggnader 1 januari 2021. Direktivet är övergripande medan exakt hur nybyggnadskrav ska utformas i lagstiftning bestäms av varje medlemsstat. Boverkets byggregler, BBR, är i dag det huvudsakliga styrmedlet som samhället har för energianvändning i nya byggnader där BBR preciserar den lägsta energiprestanda som måste uppfyllas.

De byggregler, kallade BBR24<sup>1</sup>, som har varit gällande fram till juli 2017 (med en övergångsperiod till juli 2018) härstammar i grunden från det första direktivet om byggnaders energiprestanda (EPBD, 2002/91/EG). Enerkiprestandakravet har utgjorts av så kallad köpt energi, dvs. årlig levererad energi till en byggnad för uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och byggnadens fastighetsenergi. Kravnivåerna har varit olika för eluppvärmda och icke eluppvärmda byggnader och dessutom olika för bostäder och lokaler.

I juli 2017 kom en ny BBR, kallad BBR25<sup>2</sup>, där energiprestandakravet utgörs av ett primärenergital istället för köpt energi. Det vill säga årlig levererad energi till en byggnad för uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och byggnadens fastighetsenergi multiplicerad med en primärenergifaktor beroende av vilket energislag som levereras. Kravnivån är därmed densamma oavsett om byggnaden är eluppvärmd eller icke eluppvärmd, men olika för småhus, flerbostadshus och lokaler.

Systemgränsen är vald så att det är till byggnaden levererad energi som räknas både i de äldre byggreglerna (BBR24) och de nyare (BBR25). Dock ingår inte all energi som levereras till byggnaden eftersom kraven inte omfattar hushållsel i bostäder eller verksamhetsenergi i lokaler. Egenproducerad energi på fastigheten dvs. solvärme eller el från solceller får tillgodoräknas utan att inräknas i mängden levererad energi. Värme som olika typer av värmepumpar placerade i byggnaden tar från berg, mark eller uteluft inräknas inte heller i mängden levererad energi. I BBR25 får även egenproducerad vindenergi på fastigheten tillgodoräknas.

Utöver krav på energiprestanda finns krav på genomsnittlig värmegenomgångskoefficient både i de äldre byggreglerna (BBR24) och de nyare (BBR25). Det utgör ett vägt genomsnittligt  $U_m$  för byggnadsskalet inklusive inverkan av köldbryggor. Dessutom finns krav på installerad eleffekt.

En ytterligare förändring som trädde i kraft den 15 december 2016 var att fastställande av

---

<sup>1</sup> Boverkets byggregler – föreskrifter och allmänna råd. BFS 2011: 6 med ändringar tom BFS 2016:13, BBR 24, 23 november 2016.

<sup>2</sup> Boverket byggregler - föreskrifter och allmänna råd. BFS 2011: 6 med ändringar tom BFS 2017:5, BBR 25, 26 juni 2017.



byggnadens energianvändning i byggregler och vid energideklarering preciserades med avseende på normalt brukande och för ett normalår, BEN<sup>3</sup>. I samband med denna förändring ändrades också formuleringen på verifiering av krav via mätning.

I mars 2018 utgav Boverket en remiss på utformning av BBR som ska gälla från år 2021<sup>4</sup> och tillfullo tillämpas för energihushållningskrav avseende nära-nollenergibyggnader. I remissen skärps kravnivåer för primärenergital och  $U_m$  och förändrade primärenergifaktorer föreslås. Fortsättningsvis kallas den BBR 2021 i föreliggande rapport.

Målsättningen med byggreglerna är att de ska styra mot en god bebyggd miljö med hållbara byggnader som har god energihushållning och låg miljöpåverkan. Det är också viktigt att byggreglerna är teknik- och konkurrensneutrala.

## 1.1 Utgångspunkt

Hur hållbara byggnader som kommer att uppföras från 2021 är till stor del beroende av utformning och krav i våra byggregler och hur samhälle, bygg- och fastighetsbransch tolkar dessa. Förslag på utformning av krav som ska gälla från 2021 behöver analyseras.

Det är många aspekter som bör beaktas för en hållbar systemutformning både på lång och kort sikt vid uppförandet av en byggnad. En bra riktlinje för att hantera alla aspekter är att följa prioriteringsordningen i den så kallade energitriangeln:

### 1. Minimera energiförluster

Börja med en välisolerad och tät klimatskärm med få köldbryggor som möjliggör att energiförluster minimeras, dvs. att byggnadens energibehov blir lågt.

### 2. Tillgodose energibehovet effektivt

Förse byggnaden med mycket energieffektiva installationer, dvs. att byggnadens energibehov kan tillgodoses effektivt med en låg energianvändning.

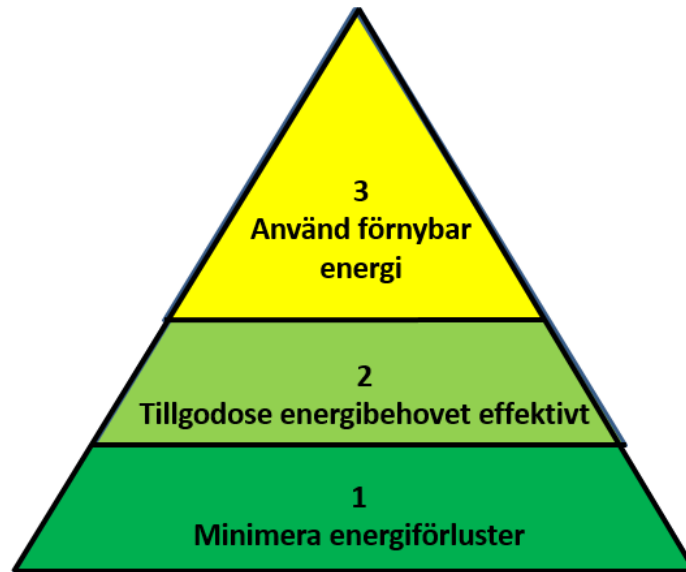
### 3. Använd förnybar energi

Se till att den energi som byggnaden kommer att behöva kan tillgodoses i så stor utsträckning som möjligt med förnybar energi.

---

<sup>3</sup> Boverkets föreskrifter och allmänna råd om fastställande av byggnadens energianvändning vid normalt brukande och ett normalår BFS 2016:12, BEN 1, 23 november 2016.

<sup>4</sup> Boverkets byggregler – föreskrifter och allmänna råd. BFS 2011: 6 med ändringar tom BFS 2018:xx, BBR xx, remissförslag kapitel 9, 7 mars 2018.



Figur 1: Energitriangeln för uppförande av byggnader - prioriteringsordning för att tillgodose en byggnads energibehov

Denna prioriteringsordning avser att i första hand säkerställa att byggnaders energibehov blir lågt, vilket ofta kan ge en bredare flexibilitet av teknikval och ett bredare urval av energibärare. Dessutom ökar möjligheterna av förändring till bättre energibärare längre fram i tiden. I andra hand ska prioriteringsordningen säkerställa att miljöpåverkan från den energianvändning som byggnaden ändå har, blir liten ur ett samhällsperspektiv. Det är viktigt att komma ihåg att under byggnadens livslängd kommer de tekniska installationerna att bytas ut ett flertal gånger.

## 1.2 Mål

Målet med föreliggande studie är att undersöka möjligheter och identifiera konsekvenser av förslag på kommande versioner av BBR.

- Lever de svenska byggreglerna upp till det förändrade syftet? Här avses om byggreglerna leder till att energieffektiva byggnader med ökad användning av förnybar energi uppförs i förhållande till vad som skulle ha uppförts annars.
- Är någon systemgräns att föredra utifrån ett svenskt perspektiv med avseende på möjlig påverkan på de svenska energisystemen (el- eller fjärrvärmesystem), byggnadens kvalitet och tydlighet för fastighetsägarens beslut?
- Vilka systemgränser är möjliga utifrån plan- och byggförordningen (3 kap. §14) och direktivet om byggnaders energiprestanda 2010/31/EU?
- Hur bör uppföljning och verifiering ske av att byggregler följs?

## 2 Genomförande och förutsättningar

Studien har genomförts genom beräkningar av hur olika typhus tekniskt kan utformas för att precis klara de krav som ställs i Boverkets nuvarande byggregler och förslag på kommande byggregler. Det vill säga för att återspegla hur en byggherre sannolikt, med dagens förutsättningar, skulle uppföra en byggnad om denna inte har några ytterligare ambitioner än att uppfylla gällande lagkrav.

De byggnadskategorier som undersöks är småhus, flerbostadshus, kontor och skolor. För småhus och flerbostadshus har beräkningar genomförts med programmet IDA-ICE medan beräkningar för skolor och kontor har genomförts med programmet BV2.

Utgångspunkten har varit att undersöka typbyggnader för varje byggnadskategori för att se hur tekniska egenskaper och utformning med nivåer i kravställande kan komma att påverka byggnadens klimattekniska egenskaper och hur de tekniska systemen utformas. Typbyggnaderna i varje byggnadskategori utformades utifrån vanligt förekommande konstruktioner, geometrier och planlösningar. För dessa typbyggnader beräknades nettoenergi, köpt energi, ett primärenergital och ett konsekvensenergital för olika kombinationer av värme- och kylsystem. Resultatet jämfördes med de krav som ställs i dagens byggregler och som föreslås gälla för byggregler år 2021.

De energisystem som undersöktes för de olika byggnadskategorierna redovisas i tabell 2.1. Frånluftsvärmepump ansågs inte vara ett alternativ för lokaler som behöver uppvärmd tilluft och har därför inte undersökts vare sig för kontoret eller skolan. Luftvattenvärmepump har undersökts för både kontoret och skolan men eftersom den inte klarar krav ställda på installerad eleffekt, varken i dagens byggregler eller förslag i på byggregler för år 2021, redovisas inte resultaten.

Tabell 2.1: Undersökta energisystem för de olika byggnadskategorierna.

Byggnadskategori/ energisystem	Småhus	Flerbostadshus	Kontor	Skola
Fjärrvärme	x	x	x	x
Bergvärmepump	x	x	x	x
Luft- /vattenvärmepump	x		(x)	(x)
Frånluftsvärmepump	x	x		
Pelletsanna	x	x		x
Fjärrkyla			x	
Kompressorkyla			x	

För samtliga energisystem har beräkningar gjorts där även solvärme eller solel adderats. Inga beräkningar har gjorts för alternativen oljepanna eller gaspanna eftersom det anses vara osannolika energisystem för uppförande av nya byggnader.

## 2.1 Definitioner av systemgränser

### Nettoenergi

Systemgränsen nettoenergi är ett mått på det energibehov en byggnad har för värme, kyla, tappvarmvatten och apparater. Det vill säga den energi som direkt avges från de tekniska system i byggnaden för uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och apparater utöver det energitillskott som sker med passiv solinstrålning och interna värmertilskott från personer. Systemgränsen innebär att gränsen sätts inom byggnaden. Energi som återvinns inom byggnaden får tillgodoräknas, till exempel värmeåtervinning av ventilationsluft.

Fördelen med systemgränsen nettoenergi är att den beskriver byggnadens energibehov oberoende av vilka tekniska system som tillför energin eller var de tekniska systemen är placerade. Nackdelen är att den inte tar hänsyn till effektiviteten hos byggnadens installationer för produktion av kyla, värme och varmvatten. Exempelvis spelar det ingen roll om du har mer eller mindre energieffektiv värmepump, eller en elpanna. All energi värderas lika.

För varje typbyggnad utgår samtliga beräkningar från att byggnaden i grunden har samma nettoenergibehov. Det vill säga de utgår från samma klimatskärmsegenskaper.

### Köpt energi

Köpt energi avser den energi som levereras till en fastighet. Det vill säga årlig levererad energi till en byggnad för uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och byggnadens fastighetsenergi.

Systemgränsen innebär att gränsen, jämfört med nettoenergi, utvidgas till direkt anslutning till den fysiska byggnaden och omfattar även byggnadens system för energitillförsel.

Fördelen med levererad (köpt) energi är att den beskriver byggnadens behov av tillförd eller köpt energi. Det är en systemgräns som fastighetsägaren kan ha kontroll och bestämma över, och som är enkel att förstå även för en lekman. En nackdel med levererad energi är att omvandlingsförluster som sker i byggnadens interna anläggningar inkluderas medan de som sker i anläggningar utanför byggnaden inte räknas in. Begreppet särskiljer inte heller mellan olika typer av energitillförsel, exempelvis el eller värme, genom att värdera energislag mot varandra.

För varje typbyggnad beräknas levererad energi till byggnaden vilket motsvarar den energi som fastighetsägaren behöver köpa i enlighet med BBR24.

### Primärenergital

Byggnadens primärenergital beräknas genom att den köpta energin delas upp för olika energibärare och multiplicerats med en primärenergifaktor för energibäraren.

Primärenergi definieras i SS-EN ISO 52000-1<sup>5</sup> som energi som inte har genomgått någon omvandling eller förändringsprocess. Primärenergi innehåller både förnybar och icke-förnybar energi och kallas total primärenergi. I den tidigare versionen av standarden fanns också en mer preciserad förklaring till definitionen. För en given energibärare är primärenergi det som krävs för att tillföra en enhet levererad energi genom att beakta den energi som åtgår för utvinning, förädling, lagring, transport, generering, omvandling, transmission, distribution eller annan

---

<sup>5</sup> SS-EN ISO 52000-1:2017, Byggnaders energiprestanda - Övergripande standard om Direktivet om Byggnaders Energiprestanda, EPBD

process nödvändig för att leverera en enhet energi till byggnaden (SS-EN 15603<sup>6</sup>). En total primärenergifaktor är icke-förnybar och förnybar primärenergi dividerad med levererad energi och är därmed alltid över talet 1,0.

Fördelen med primärenergi är att den tar hänsyn till all energianvändning, även energiförluster som sker utanför byggnaden. En primärenergifaktor speglar hur effektivt ett energislag har hanterats från utvinning till byggnaden och är ett mått på dess livscykelenergi. Nackdelen är att den ger ingen beskrivning av påverkan på vår miljö i form av till exempel växthuseffekten eller marknära ozon. En annan nackdel är att en stor del av primärenergianvändningen för el och värme beror på yttre omständigheter som kan ändras över tid, det vill säga utanför vad fastighetsägaren kan ha kontroll och bestämma över. Värdet på primärenergifaktorer bestäms av Boverket.

### **Konsekvensenergital**

Byggnadens konsekvensenergital beräknas genom att den köpta energin delas upp för olika energibärare och multiplicerats med en primärenergifaktor för energibäraren. Om det ansätts att ett bränsle inte har någon alternativ användning, dvs vid en konsekvensanalys av användningen, kan primärenergifaktorer under värdet 1,0 förekomma. Detta kan till exempel gälla energibärare som industriell spillvärme, avfall, returflis, tallbeckolja och bioolja (Miljöfaktaboken<sup>7</sup>), men också biobränsle som inte har producerats i syfte att bli energiråvara till exempel restprodukter från skogs- och jordbruksindustri som grot, bark, spån eller halm<sup>8</sup>.

SS-EN ISO 52000-1<sup>9</sup> definierar också att den totala primärenergifaktorn är summan av den förnybara och den icke-förnybara primärenergifaktorn för en energibärare. I den tidigare versionen av standarden fanns också en mer preciserad förklaring till definitionen. Förnybar energi är energi från källor som inte utarmar resurser, dvs. solenergi, vind, vattenkraft, förnybar biomassa (SS-EN 15603<sup>10</sup>). Den icke-förnybara primärenergifaktorn kan vara mindre än 1,0 om förnybar energi har använts.

Fördelen med konsekvensenergital är att primärenergifaktorer kan ansättas som förutom livscykelenergi kan ge en beskrivning av påverkan på vår miljö i form av till exempel växthuseffekten genom förnybara primärenergifaktorer eller resursanvändning genom primärenergifaktorer för t.ex. avfall. Nackdelen är att faktorer under 1,0 kan ha motsatt effekt på energihushållning. Energi från avfall är lika värdefullt att hushålla med som energi från prima bränslen. Förnybara energikällor som inte används kan komma att användas för andra ändamål.

Det är svårt att bestämma primärenergifaktorer för att beräkna konsekvensenergitalet och inom olika kretsar råder stor oenighet kring vilka primärenergifaktorer som bör användas. I Boverkets

---

<sup>6</sup> SS-EN 15603:2008 Byggnaders energiprestanda – Sammanvägd energianvändning och olika sätt att uttrycka energiprestanda.

<sup>7</sup> Miljöfaktaboken 2011, Uppskattade emissionsfaktorer för bränslen, el, värme och transporter, Värmeforsk, anläggning- och förbränningsteknik 1183, ISSN 1653-1248, april 2011.

<sup>8</sup> Överenskommelse i Värmemarknadskommittén 2017, Om synen på bokförda miljövärden för fastigheter uppvärmda med fjärrvärme med värden för 2017. SBN 978-91-85775-37-8.

<sup>9</sup> SS-EN ISO 52000-1:2017, Byggnaders energiprestanda - Övergripande standard om Direktivet om Byggnaders Energiprestanda, EPBD

<sup>10</sup> SS-EN 15603:2008 Byggnaders energiprestanda – Sammanvägd energianvändning och olika sätt att uttrycka energiprestanda.

remiss på byggregler år 2021 föreslås primärenergifaktorer under 1,0 och fortsättningsvis kallas energiprestandakravet för de föreslagna byggreglerna för konsekvensenergital för BBR 2021.

För varje typbyggnad beräknas primärenergital dels enligt värden satta i BBR25 (dvs 1,6 för el och 1,0 för övriga energislag) och konsekvensenergital enligt remiss för BBR 2021, se tabell 2.2.

När det gäller komfortkyla har BBR särskilda regler för icke eluppvärmda byggnader. Om byggnaden har en installerad eleffekt för uppvärmning och tappvarmvatten som understiger 10 W/m<sup>2</sup> multipliceras elenergi till komfortkyla med 3,0 i BBR24 och 1,875 i BBR25 (detta utöver multiplikation med primärenergifaktorn  $PE_{el}$  för elenergi).

Tabell 2.2: Primärenergifaktorer, ( $PE_i$ ), använda för beräkning av köpt energi enligt BBR24, primärenergital enligt BBR25 och förslag på konsekvensenergital för BBR 2021.

Energibärare	Köpt energi enligt BBR24	Primärenergital enligt BBR25	Konsekvensenergital BBR 2021
El ( $PE_{el}$ )	1,0	1,6	1,85
Fjärrvärme ( $PE_{fjv}$ )	1,0	1,0	0,95
Fjärrkyla ( $PE_{kyl}$ )	1,0 <sup>1</sup>	1,0 <sup>2</sup>	0,62
Biobränsle ( $PE_{bio}$ )	1,0	1,0	1,05
Olja ( $PE_{olja}$ ) <sup>3</sup>	1,0	1,0	1,11
Gas ( $PE_{gas}$ ) <sup>3</sup>	1,0	1,0	1,09

<sup>1</sup> El till komfortkyla i icke eluppvärmda byggnader multipliceras med en faktor 3,0.

<sup>2</sup> El till komfortkyla i icke eluppvärmda byggnader multipliceras med en faktor 1,875.

<sup>3</sup> Inga beräkningar har genomförts för olja eller gas.

## 2.2 Beräkning av energianvändning enligt BBR

Det är levererad (köpt) energi som är utgångspunkten för byggnadens energianvändning i Boverkets byggregler, både i de äldre byggreglerna (BBR24) och de nyare (BBR25). Den köpta energin innefattar årlig levererad energi till en byggnad för uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och byggnadens fastighetsenergi. Hushållsel i bostäder eller verksamhetsel i lokaler ingår inte. Byggreglerna tillåter att energianvändning får reduceras med energi från sol, vind, mark, luft eller vatten som alstras i byggnaden eller på dess tomt och används till byggnadens uppvärmning, komfortkyla, varmvatten och fastighetsenergi.

Fördelen med att exkludera hushålls- eller verksamhetsenergi är att den för fastighetsägaren kan vara svår att ställa krav på eller få ta del av, eftersom den hanteras av brukaren. Nackdelen är att den kan utgöra en stor del av byggnadens totala energianvändning som då inte redovisas eller kravställs, vilket kan leda till att energieffektiviseringsåtgärder förbises och att den totala bilden av byggnadens energibalans förblir obekant.

Nackdelen med att endast den solenergi som byggnaden kan tillgodogöra sig får reduceras från energianvändningen är att det kan vara svårt att avgöra om energin används till det som ingår i Boverkets systemgräns, hushålls-/verksamhetsel eller levereras ut som såld energi.

Beräkning av byggnadens primärenergital görs genom följande ekvation:

$$EP_{\text{pet}} = \frac{\sum_{i=1}^6 \left( \frac{E_{\text{uppv},i}}{F_{\text{geo}}} + E_{\text{kyl},i} + E_{\text{tvv},i} + E_{\text{f},i} \right) \times PE_i}{A_{\text{temp}}}$$

Där

$E_{\text{uppv}}$  är energi för uppvärmning, (kWh/år)

$F_{\text{geo}}$  är geografisk justeringsfaktor

$E_{\text{kyl}}$  är energi till komfortkyla, (kWh/år)

$E_{\text{tvv}}$  är energi till tappvarmvatten, (kWh/år)

$E_f$  är energi till fastighetsenergi, (kWh/år)

$PE_i$  är primärenergifaktor per energibärare

$A_{\text{temp}}$  är byggnadens tempererade area, (m<sup>2</sup>)

## 2.2 Krav enligt Boverkets byggregler

I tabell 2.3 redovisas energiprestandakrav i Boverkets byggregler. För lokaler får ett tillägg göras på energiprestandakravet för att uppnå god luftkvalitet då uteluftsflödet i temperaturreglerade utrymmen av utökade hygieniska skäl är större än 0,35 l/s per m<sup>2</sup>. Tillägget får göras med  $X \cdot (q_{\text{medel}} - 0,35)$  där  $q_{\text{medel}}$  är det genomsnittliga specifika uteluftsflödet under uppvärmningssäsongen och får högst tillgodoräknas upp till 1,0 (l/s per m<sup>2</sup>). Talet X är 70 för icke eluppvärmda och 45 för eluppvärmda byggnader i BBR24 samt 70 för alla lokaler i BBR25 och 40 i förslaget till BBR 2021.

Det så kallade, luftflödestillägget, utgår från det uteluftsflöde som behövs av hygieniska skäl, dvs beroende av verksamhet, fuktillskott, materialemissioner och emissioner från mark och vatten, och är inte det luftflöde som behövs för att bära kyla eller värma för att uppnå termisk komfort. Enligt Arbetsmiljöverkets författningssamling (AFS<sup>11</sup>) är hygieniskt luftflöde minst 7 l/s och person plus 0,35 l/s, m<sup>2</sup>. Med en persontäthet på 20 m<sup>2</sup> per person innebär det ett luftflöde på 0,7 l/s, m<sup>2</sup> under drifttid. Enligt SVEBY<sup>12</sup> ska antalet personer i första hand bestämma hur stort uteluftsflödet i en lokal ska vara. Vid projektering kan det dock inte förutsättas att alla personer sprider sig jämt över de olika rummen och för att åstadkomma bra kvalitet på inomhusluften i kontorsbyggnader samt viss flexibilitet för ändrad verksamhet har värdet 1,3 l/s, m<sup>2</sup> använts som ett medelvärde för olika rum under drifttid för kontoret och 3 l/s, m<sup>2</sup> för skolan (SVEBY). I dessa luftmängder ingår inte luftburen kyla eller värme. Föreliggande projekts beräkningar utgår ifrån att återspegla hur en byggherre sannolikt, med dagens förutsättningar, skulle uppföra en byggnad om denna inte har några ytterligare ambitioner än att uppfylla gällande lagkrav. Därmed har kontoret och skolan CAV-system som kör fullt luftflöde under drifttid och 0,1 l/s, m<sup>2</sup> under nätter.

<sup>11</sup> Arbetsplatsens utformning - Arbetsmiljöverkets föreskrifter om arbetsplatsens utformning samt allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna, AFS 2009:2 med ändringar tom 23 april 2013.

<sup>12</sup> Sveby står för "Standardisera och verifiera energiprestanda i byggnader" och är ett branschöverskridande program som tar fram hjälpmedel för överenskommelser om energianvändning. Utgångspunkt är ett avtal mellan Byggherre och Entreprenör.

Tabell 2.3: Energiprestandakrav i BBR24, BBR25 och förslag till BBR 2021.

Byggnads-kategori	Köpt energi enligt BBR24 för icke eluppvärmda byggnader <sup>1,2</sup> (kWh/m <sup>2</sup> , A <sub>temp</sub> och år)	Köpt energi enligt BBR24 för eluppvärmda byggnader <sup>1,2</sup> (kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> och år)	Primärenergital enligt BBR25 <sup>3</sup> (EP <sub>pet</sub> ) (kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> och år)	Konsekvens-energital enligt förslag BBR 2021 (EP <sub>pet</sub> ) (kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> och år)
Småhus	90	55	90	80
Flerbostadshus	80	50	85	78
Lokaler	70	50	80	65
Kontor med luftflödestillägg	73	52	83	66
Skola med luftflödestillägg	108	74	118	87

<sup>1</sup> Gäller för Linköping, klimatzon III.

<sup>2</sup> El till komfortkyla i icke eluppvärmda byggnader multipliceras med en faktor 3.

<sup>3</sup> El till komfortkyla i icke eluppvärmda byggnader multipliceras med en faktor 1,875.

I BBR finns utöver krav på energiprestanda också krav på genomsnittlig värmegenomgångskoefficient både i de äldre byggreglerna (BBR24) och de nyare (BBR25) samt förslag på skärpningar i BBR 2021, se tabell 2.4.

Tabell 2.4: Krav på genomsnittlig värmegenomgångskoefficient (U<sub>m</sub>) för BBR24, BBR25 och förslag enligt BBR 2021 för olika byggnadskategorier. Kraven är inklusive inverkan från köldbryggor.

	U <sub>m</sub> enligt BBR24 och BBR25 (W/m <sup>2</sup> ,K)	U <sub>m</sub> enligt förslag för BBR 2021 (W/m <sup>2</sup> ,K)
Småhus	0,4	0,3
Flerbostadshus	0,4	0,35
Lokaler	0,6	0,40

Krav på specifik fläkteffekt för från- och tilluft med värmeåtervinning är 2,0 kW/(m<sup>3</sup>,s) för BBR25 och 1,5 kW/(m<sup>3</sup>,s) för förslag i BBR 2021.

## 2.3 Normaliserad uppmätt energiprestanda

I december 2016 trädde Boverkets föreskrift BEN<sup>13</sup> i kraft, vilken föreskriver att fastställande av byggnadens energianvändning vid verifiering av Boverkets byggregler och vid upprättande av energideklarationer ska göras med avseende på normalt brukande och för ett normalår. I juli 2017 trädde BEN<sup>14</sup> i kraft.

För småhus och flerbostadshus fastställs i BEN vilka brukarrelaterade indata som ska användas vid beräkning av byggnadens energiprestanda medan BEN för lokaler preciserar värdet för energianvändning för beredning av tappvarmvatten medan övriga indata är exempel. Införandet

<sup>13</sup> Boverkets föreskrifter och allmänna råd om fastställande av byggnadens energianvändning vid normalt brukande och ett normalår, BFS 2016:12, BEN 1.

<sup>14</sup> Boverkets föreskrifter och allmänna råd om fastställande av byggnadens energianvändning vid normalt brukande och ett normalår, BFS 2017:6, BEN 2.



av BEN har förändrat förutsättningarna för att uppfylla kraven på en byggnads energiprestanda. För bostäder har tidigare en lägre energianvändning för tappvarmvatten kunnat användas med motivering. Med användning enligt BEN blir marginalen mindre för energianvändning för uppvärmning. För lokaler har tidigare en högre energianvändning för tappvarmvatten ofta använts än den som anges i BEN, särskilt för hotell och vårdlokaler, eftersom definitionen mellan vad som är fastighets- eller verksamhetsvarmvatten varit oklar. Med värden enligt BEN ges större utrymme för energianvändning för uppvärmning och kylning. Vidare har andra värden för hushålls- och verksamhetsel använts som ger internvärme i byggnaden och därmed påverkar byggandens uppvärmning- och kylbehov.

I samband med införandet av BEN skärptes BBR med krav på att byggnadens energiprestanda ska verifieras enligt regler i BEN, där det tidigare varit ett allmänt råd. BEN beskriver hur verifiering kan ske dels genom beräkning, dels genom mätning. Denna förändring innebär att när en kommun begär in underlag för slutbesked kan de baseras enbart på beräknade värden och byggärenden som tidigare väntat på mätresultat från den färdiga byggnaden behöver inte längre vara öppna i två år med interimistiska slutbesked.

Boverket har under 2017 haft ett regeringsuppdrag att utreda behovet av ändringar i regelverket eller andra styrdokument så att energihushållningskravet vid nybyggnad uppfylls i större omfattning. Flera rapporter som jämfört projekterad energiprestanda med verkligt utfall visar att i cirka 40 procent av fallen stämmer inte den uppmätta energiklassen med den projekterade<sup>15,16</sup>. Detta belyses ytterligare i Boverkets rapport<sup>17</sup> som konstaterar att mellan 16 och 40 % inte uppfyller kraven. Var i detta intervall verkligheten ligger har Boverket svårt att bedöma.

Boverket föreslår vid redovisning av regeringsuppdraget att det tekniska egenskapskravet gällande energihushållning och värmeisolering för nya byggnader samordnas och regleras med energideklarationssystemet och att Boverket blir tillsynsmyndighet. I byggprocessen hos kommunen lämnas tekniskt underlag, t.ex. energiberäkning, in av byggherren inför kommunens beslut om startbesked. Kommunen kan under byggprocessens gång begära in de nödvändiga handlingar t.ex. vid ändrade åtgärder som påverkar den projekterade energiberäkningen och som behövs inför beslut om slutbesked. Tillsyn över att byggnadsägaren har uppfyllt energiprestandakravet sker genom att en energideklaration upprättas och skickas in till energideklarationsregistret inom två år från det att byggnaden har tagits i bruk. I de fall byggnadsherren inte uppfyller energiprestandakravet utgår en sanktionsavgift.

## 2.4 Tillvägagångsätt vid beräkningarna

Beräkningarna i denna studie har utgått från att återspegla hur en byggherre sannolikt, med dagens förutsättningar, skulle uppföra en byggnad om denna inte har några ytterligare ambitioner än att uppfylla gällande lagkrav. Tillvägagångsätt vid beräkningarna har för samtliga undersökta byggnadskategorier varit följande:

1. En typbyggnad har skapats enligt vanligt förekommande konstruktioner, geometrier och planlösningar. För småhuset skapades två typbyggnader.

---

<sup>15</sup> Skärpta energihushållningskrav – redovisning av regeringens uppdrag att se över och skärpa energireglerna i Boverkets byggregler, Boverket Rapport 2014:19.

<sup>16</sup> Sammanställning av lågenergibygnader i Sverige, Mona Norbäck och Åsa Wahlström, LÅGAN Rapport januari, 2016.

<sup>17</sup> Tillsynen och efter-levnaden av energi-hushållningskravet, Boverket Rapport 2017:22.

2. Typbyggnaden har utformats med byggnadsdelar så att byggreglernas krav på genomsnittlig värmegenomgångskoefficient ( $U_m$ ) för byggnadsskalet inklusive inverkan av köldbryggor precis uppfylls. Här har dock en begräsning gjorts att inte använda sämre prestanda på byggnadsdelar än vad som normalt används vid uppförande av nya byggnader idag.
3. Köpt energi enligt definition i BBR24 har beräknats för typbyggnaden uppvärmd med fjärrvärme och jämförts med kraven i BBR24. I de fall som det inte var möjligt att klara kraven i BBR24 för en fjärrvärmeuppvärmd byggnad förbättrades egenskaper på olika byggnadsdelar och byggnadens  $U_m$  till dess att energikraven kunde uppfyllas.

Dessa typbyggnader har sedan varit utgångspunkt för att se om de klarar krav i BBR25 och förslag på krav i BBR 2021. I samtliga beräkningar har till en början brukarrelaterade data för beräkningarna så långt som möjligt hämtats från BEN2. Dessutom har kontroll gjorts att installerad eleffekt inte överstiger krav i BBR25.

Känslighetsanalyser har genomförts med avseende på olika orter för samtliga byggnadskategorier, annan geometri för småhus och drifttider för kontor.

## 2.5 Avgränsningar vid beräkningarna

Beräkningarna i denna rapport utgår från beräknade värden vilket innebär att projektering, uppförande och drift sker enligt ideala förhållanden. Vid jämförelse av beräknade värden och de kravnivåer som ställs behöver en säkerhetsmarginal tas i beaktande om tydligare krav på mätuppföljning med myndighetskontroll införs.

Analysen är begränsad i avseende på att inga kostnader har beräknats för uppförande av byggnader med dess installationer och efterföljande drift. Inga analyser har heller genomförts för att hitta optimala nivåer med avseende på teknik. Endast tekniska möjligheter för uppfyllande av de nivåer som finns i BBR25 och förslag på BBR 2021 har beaktats.

Eftersom studien utgår från de kravnivåer som finns i BBR25 kan de anses motsvara dagens kostnadsoptimala minimikrav avseende byggnaders energiprestanda i enighet med det reviderade direktivet om byggnaders energiprestanda (2010/31/EU). Kopplingen mellan den kostnadsoptimala nivån för dagens minimikrav (BBR25) och kravnivåerna för nära-nollenergibyggnader (BBR 2021) är att de behöver mötas i slutet av 2020<sup>18</sup>. Kravnivåerna för nära-nollenergibyggnader behöver vara kostnadsoptimala när definitionen träder i kraft.

Boverket har tidigare i en utredning<sup>19</sup> om svensk tillämpning av nära-nollenergikrav undersökt nivåer och föreslår i den utredningen krav på energiprestanda enligt tabell 2.5.

---

<sup>18</sup> 2016 – Implementing the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) – Featuring Country Reports

<sup>19</sup> Förslag till svensk tillämpning av nära-nollenergibyggnader, Boverket, RAPPORT 2015:26, juni 2015.

Tabell 2.5 Förslag på energiprestandakrav för tillämpning av nära-nollenergikrav, Boverket 2015.

	Energiprestandakrav (kWh/m <sup>2</sup> , år)
Småhus	80
Flerbostadshus	55
Lokaler	50
Kontor med luftflödestillägg	51 <sup>1</sup>
Skolor med luftflödestillägg	72 <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Med antagande att luftflödestillägget är uttryckt på samma sätt som i förslag till BBR 2021.

Kravet på energiprestanda baseras på specifik energianvändning vilken beräknas enligt:

$$E_{\text{spec}} = \frac{(E_{\text{el,uppv}} + E_{\text{el,vv}} + E_{\text{el,kyla}}) * 2,5 + E_{\text{el,fast}} + E_{\text{uppv}} + E_{\text{vv}} + E_{\text{kyla}}}{A_{\text{temp}}}$$

Där

Där

$E_{\text{el,uppv}}$  är elenergi till uppvärmning, (kWh/år)

$E_{\text{el,vv}}$  är elenergi till varmvatten, (kWh/år)

$E_{\text{el,kyla}}$  är elenergi till komfortkyla, (kWh/år)

$E_{\text{el,fast}}$  är fastighetsel, (kWh/år)

$E_{\text{uppv}}$  är annan energi än el till uppvärmning, (kWh/år)

$E_{\text{tv}}$  är annan energi än el till tappvarmvatten, (kWh/år)

$E_{\text{el,kyla}}$  är annan energi än el till komfortkyla, (kWh/år)

$A_{\text{temp}}$  är byggnadens tempererade area, (m<sup>2</sup>)

## 2.6 Beräkning av solel och solvärme

Byggreglerna tillåter att energianvändning vid beräkning av byggnaders energiprestanda får reduceras med energi från sol, vind, mark, luft eller vatten som alstras i byggnaden eller på dess tomt och används till byggnadens uppvärmning, komfortkyla, varmvatten och fastighetsenergi. För typbyggnaderna har därför möjligheten att installera solel eller solvärme undersökts i relevanta fall.

För solvärme innebär detta inget större problem eftersom anläggningen har en ackumulatortank som gör att den värme som alstras kan användas inom bygganden men vid ett senare tillfälle. För solel som sällan finns kombinerad med lagringsbatterier innebär en strikt tolkning av byggreglerna att endast den el som används under samma timma som den genereras kan tillgodoräknas i byggreglerna. I en nyligen genomförd rapport visas att för bostäder kommer månadsvis jämförelse av elbehov och generering inte ge ett korrekt resultat av hur mycket solel som kan tillgodoräknas eftersom elbehovet ofta är jämnt distribuerat över dygnet<sup>20</sup>. Enligt rapporten har Boverket gett muntlig information om att det i vissa fall inte är nödvändigt och ekonomiskt försvarbart att beräkna och verifiera tillgodogjord solel på timbasis utan analysen behöver vara tillräckligt bra. Det konstateras i rapporten att det finns ett behov av förtydligande

<sup>20</sup> Tillgodoräkna solel i BBR 25 Mikaela Tarnawski och Charlotta Winkler, BeBo-rapport 2018-01-19.

gällande upplösning och beräkningsresultat samt riktlinjer och rekommendationer kring vad en "tillräckligt bra" analys innebär.

För flerbostadshuset har det antagits att cirka 400 m<sup>2</sup> av takytan (40 %) kan nyttjas för solenergi. På småhusen har halva sadeltaket nyttjas, dvs. 40 m<sup>2</sup>. Solenergianläggningarna antas vara optimala placerade mot söder. Solvärme kan med fördel användas både för varmvattenproduktion och för radiatorvärme. För sol-elen antas 20% verkningsgrad, vilket motsvarar ungefär 200 kWh/m<sup>2</sup> solcell och år. Om elen kan säljas till el-nätet kan anläggningen generera sådan överproduktion att byggnadens hela behov av fastighetsel kan tillgodoses varje timme under dagtid i småhuset. För flerbostadshuset genereras cirka 15 kWh/m<sup>2</sup> per år och fastighetselbehovet är cirka 5 kWh/m<sup>2</sup> per år, vilket gör att fastighetselbehovet dagtid på 2 kWh/m<sup>2</sup> per år för en fjärrvärmeuppvärmd eller pelletsuppvärmd byggnad kan tillgodoses.

Utgångspunkten vid generering av solenergi för kontoret och skolan har varit att nyttja byggnadernas tak där 80 procent av arean antas kunna ge aktiv solenergigenerering i söderläge med en generering av ca 130 kWh per kvadratmeter solceller och år. Därefter har kontrollerats hur mycket genererad solenergi som under dagtid kan användas till uppvärmning, komfortkyla, varmvatten och fastighetsenergi under varje månad.

I typbyggnaden kontor, som har en takarea på 1660 m<sup>2</sup>, kan all produktion användas till fastighetsel för samtliga energisystem. Detta eftersom genererad sol är betydligt mindre än behov av fastighetsel dagtid. Byggreglerna specificerar inte någon prioriteringsordning för om den genererade solelen i första hand skall gå till uppvärmning, kylning eller fastighetsel.

I beräkningarna antas därför att den genererade elen i första hand går till kompressorkyla om byggnaden har det eftersom kompressorkyla ska räknas upp med en faktor beroende av vilken BBR som studeras.

I typbyggnaden skola, som har en takarea på 2240 m<sup>2</sup>, kommer solelinstallationen att generera el som måste exporteras till elnätet. Takarean räcker precis till för att en solelanläggning ska bli så stor att all genererad sol är större än behov av fastighetsel under dagtid i januari månad. Här tolkas beräkningarna att vara "tillräckligt bra" när generering och behov har jämförts dagtid och endast i januari månad genereras ungefär lika mycket el som fastighetselbehovet. Övriga månader har överskott av elgenerering. I själva verket är beräkningarna något överskattade eftersom de inte tar hänsyn till att det här vissa timmar kan vara ett större behov än generering. Med denna lilla förenkling kan hela fastighetselbehovet tillgodoses med solel, vilket innebär att nära 60 procent av den genererade elen exporteras. I de fall som har värmepump kan ytterligare 20 procent användas till fastighetsel, varvid 40 procent exporteras.

För typbyggnaderna kontor och skola används endast 2 kWh/m<sup>2</sup> för produktion av varmvatten. Att installera solvärme för att tillgodose tappvarmvattenenergi ger endast en liten förbättring och därav redovisas inte beräkningar för installation av solvärme.

## 2.7 Krav enligt direktivet och PBL

Direktivet om byggnaders energiprestanda, 2010/31/EU<sup>21</sup>, antogs bland annat av skälet att en minskad energianvändning samt användningen av energi från förnybara energikällor inom bygg- och fastighetssektorn är viktiga åtgärder som krävs för att minska unionens energiberoende och dess utsläpp av växthusgaser. Direktivet 2010/31/EU avser att stödja direktivet om främjande av användningen av energi från förnybara energikällor (2009/28/EG<sup>22</sup>).

Direktivet 2010/31/EU ger en övergripande definition av en nära-nollenergibyggnad medan en exakt definition och hur den ska utformas i lagstiftning bestäms av varje medlemsstat. Direktivet fastställer att en nära-nollenergibyggnad:

- *Är en byggnad som har mycket hög energiprestanda. Nära nollmängden eller den mycket låga mängden energi som krävs bör i mycket hög grad tillföras i form av energi från förnybara energikällor, inklusive energi från förnybara energikällor som produceras på plats, eller i närheten.*

En gemensam allmän ram för beräkning av byggnaders energiprestanda preciseras med fem krav i bilaga 1. De första två kraven preciserar hur energiprestanda kan uttryckas, dvs vilka systemgränser som är möjliga.

1. *En byggnads energiprestanda ska bestämmas på grundval av den beräknade eller faktiska energi som förbrukas för att uppfylla olika behov som är knutna till normalt bruk av byggnaden och ska avspegla energibehoven för uppvärmning och kylning (energi som behövs för att undvika alltför kraftig uppvärmning) för att bibehålla de temperaturförhållanden som byggnaden är avsedd för och hushållens behov av varmvatten.*
2. *En byggnads energiprestanda ska uttryckas klart och tydligt och ska inkludera en energiprestandaindikator och en numerisk indikator för primärenergianvändning, grundad på primärenergifaktorer per energibärare, som kan bygga på nationella eller regionala viktade årsmedelvärden eller ett särskilt värde för lokal produktion.*

I artikel 2, definition 5 definieras primärenergi som energi från förnybara och icke-förnybara energikällor som inte har genomgått någon omvandling.

I april 2017 genomfördes en ändring i plan- och byggförordningen, som definierar det övergripande ramverket för nära-nollenergibyggnader. Plan- och byggförordningen, 3 kap. 14 §, fastställer att för att uppfylla kravet på energihushållning och värmeisolering PBL ska

1. *en byggnad ha en mycket hög energiprestanda (nära-nollenergibyggnad) uttryckt som primärenergi beräknad med en primärenergifaktor per energibärare,*
2. *en byggnad ha särskilt goda egenskaper när det gäller hushållning med el, och*
3. *en byggnad vara utrustad med byggdel bestående av ett eller flera skikt som isolerar det inre av en byggnad från omvärlden så att endast en låg mängd värme kan passera igenom.*

---

<sup>21</sup> Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/31/EU, av den 19 maj 2010, om byggnaders energiprestanda.

<sup>22</sup> Europaparlamentets och rådets direktiv 2009/28/EG, av den 23 april 2009, om främjande av användningen av energi från förnybara energikällor.

Ett förslag till svensk tillämpning av nära-nollenergibyggnader lades fram av Boverket i juni 2015 (Rapport 2015:26<sup>23</sup>). I rapporten konstateras att *levererad energi* eller *levererad (köpt) energi* uppfyller kraven i bilaga 1 enligt direktivet 2010/31/EU, medan *nettoenergi* inte uppfyller detta krav. Vidare uppfyller endast begreppet *levererad (köpt) energi* krav på förnybar energi enligt direktivet 2010/31/EU och förnybarhetsdirektivet. Primärenergiaspekter kan beaktas i systemgränserna *levererad energi* och *levererad (köpt) energi*.

---

<sup>23</sup> Förslag till svensk tillämpning av näranollenergibyggnader, Definition av energiprestanda och kvantitativ riktlinje, Boverket Rapport 2015:26.

### 3 Beskrivning av typbyggnader

#### 3.1 Småhus

För att definiera ett typiskt småhus har projektet beaktat den officiella statistiken från SCB som har insamling av bostadsarea för nyproducerade småhus. SCB redovisar genomsnittlig bostadsarea för småhus de senaste fem åren enligt tabell 3.1. SCB definierar bostadsarea som arean i en bostadslägenhet begränsad av omgivande väggars insidor, vilket för småhus motsvarar  $A_{temp}$ .

Tabell 3.1: Underlag från SCB, småhus

Färdigställande [år]	Bostadsarea [m <sup>2</sup> ]
2011	147
2012	150
2013	150
2014	149
2015	147
2016	146

SCB har ingen information om utformningen på dessa småhus, dvs. antalet våningar vilket har stor påverkan på byggnadens formfaktor som i sin tur påverkar möjligheten att uppnå energikraven. Projektet har istället erhållit information från Trä- och Möbelföretagen (TMF). Fördelningen mellan småhus och dess våningar är följande enligt TMF:

- 40 % av småhuset har 1-plan
- 60 % av småhuset har 1,5- eller 2-plan

Utifrån ovanstående information har två olika typhus definierats för beräkningarna på småhus. Ett småhus 1-plan på 120 m<sup>2</sup> och ett småhus i 1,5-plan på 140 m<sup>2</sup>, se figur 3.1 och 3.2. De olika småhusen har olika formfaktor vilket påverkar energianvändningen i stor utsträckning.



Figur 3.1: Illustration av småhus i 1-plan



Figur 3.2: Illustration av småhus i 1,5-plan

För småhusen kunde energikraven i BBR24 eller BBR25 inte uppnås om huset har ett  $U_m$  som är enligt miniminivå på kravet ( $0,4 \text{ W/m}^2, \text{K}$ ). Byggnadsdelar har därför förbättrats tills det att energikravet i BBR24 för en fjärruppvärmd byggnad uppnås ( $90 \text{ kWh/m}^2$ ). Värderna för klimatskärm, installationer och brukarrelaterade indata som har använts i beräkningarna för 1-plans respektive 1,5-plans småhusen redovisas i tabell 3.4 och 3.5. För att sedan klara föreslagna krav för BBR 2021 är en möjlig åtgärd att förbättra  $U_m$  ytterligare, vilket är redovisade i tabell 3.2 respektive 3.3. För BBR 2021 är kravet på  $U_m$   $0,3 \text{ W/m}^2, \text{K}$ .

Tabell 3.2: U-värden för olika byggnadsdelar för småhuset i 1 plan.

Byggnadsdel	U-värde BBR25 ( $\text{W/m}^2, \text{K}$ )	U-värde BBR 2021 ( $\text{W/m}^2, \text{K}$ )
U ytterväggar	0,15	0,11
U vindsbjälklag	0,10	0,10
U golv mot mark	0,18	0,18
U fönster	1,00	0,80
U dörrar	1,00	1,00
$U_m$	0,22	0,20

Tabell 3.3: U-värden för olika byggnadsdelar för småhuset i 1,5 plan.

Byggnadsdel	U-värde BBR 25 ( $\text{W/m}^2, \text{K}$ )	U-värde BBR 2021 ( $\text{W/m}^2, \text{K}$ )
U ytterväggar	0,15	0,15
U vindsbjälklag	0,15	0,13
U golv mot mark	0,18	0,18
U fönster	1,00	0,80
U dörrar	1,00	1,00
$U_m$	0,24	0,22



Tabell 3.4: Indata för beräkningar av 1-plans småhus

Parameter	Värde	Källa
Ort, klimatzon BBR	Linköping, klimatzon III	
Klimatfil normalår	Linköping	
g-värde glas	0,55	
A <sub>temp</sub>	120 m <sup>2</sup>	
Köldbryggor	15%	
Byggnadens lufttäthet vid 50 Pa	0,3 l/s,m <sup>2</sup>	
<b>Installationer</b>		
Princip värme	Fjärrvärme	
Inomhustemperatur	21 °C	BEN2
Luftflöden	0,35 l/s,m <sup>2</sup>	BBR
Drifttid ventilation	0-24	
Ventilationsprincip	CAV	
Vädringsförluster	4 kWh/m <sup>2</sup>	BEN2
SFP-tal	1,5 kW/(m <sup>3</sup> ,s)	
Tilluftstemperatur vinter	19 °C	
Temperaturverkningsgrad VVX	75 %	
<b>Internlaster</b>		
Hushållsel	30 kWh/m <sup>2</sup>	BEN2
Tappvarmvatten	20 kWh/m <sup>2</sup>	BEN2

Tabell 3.5: Indata för beräkningar av 1,5-plans småhus

Indata	BBR24-BBR25	Kommentar
Ort, klimatzon BBR	Linköping, klimatzon III	
Klimatfil normalår	Linköping	
Byggnadsorientering	antas i beräkningarna	
g-värde glas	0,55	
Solavskärmning		
A <sub>temp</sub>	139 m <sup>2</sup>	
Köldbryggor	15%	
Byggnadens lufttäthet vid 50 Pa	0,3 l/s,m <sup>2</sup>	
<b>Installationer</b>		
Princip värme	Fjärrvärme	
Inomhustemperatur	21 °C	BEN2
Luftflöden	0,35 l/s,m <sup>2</sup>	BBR
Drifttid ventilation	0-24	
Ventilationsprincip	CAV	
Vädringsförluster	4 kWh/m <sup>2</sup>	BEN2
SFP-tal	1,5 kW/(m <sup>3</sup> ,s)	
Tilluftstemperatur vinter	19 °C	
Temperaturverkningsgrad VVX	75 %	
<b>Internlaster</b>		
Hushållsel	30 kWh/m <sup>2</sup>	BEN2
Tappvarmvatten	20 kWh/m <sup>2</sup>	BEN2

### 3.2 Flerbostadshus

För flerbostadshuset har ett relativt generellt flerbostadshus legat till grund för beräkningarna. Byggnaden är på 6 128 m<sup>2</sup> (A<sub>temp</sub>), 62 lägenheter fördelade på 6 plan och uppfördes 2014.



Figur 3.3: Illustration av typbyggnad för flerbostadshus

För att göra beräkningar så att byggnaden precis klarar krav i BBR har byggnadens utrustats med byggnadsdelar med U-värden för fönster, vägg, tak och bottenplatta så att ett U<sub>m</sub> på 0,4 W/m<sup>2</sup>,K uppnås. Energikraven i BBR24 eller BBR25 kunde då uppnås för en fjärrvärmeuppvärmd byggnad. Värden för klimatskärm, installationer och brukarrelaterade indata som har använts i beräkningarna redovisas i tabell 3.6 och 3.7. I BBR 2021 antas U<sub>m</sub>-kraven att skärpas till 0,35 W/m<sup>2</sup>,K vilket också redovisas i tabell 3.6.

Tabell 3.6: U-värden för olika byggnadsdelar för flerbostadshuset.

Byggnadsdel	U-värde BBR 25 (W/m <sup>2</sup> ,K)	U-värde BBR 2021 (W/m <sup>2</sup> ,K)
U ytterväggar	0,18	0,15
U vindsbjälklag	0,13	0,13
U golv mot mark	0,10	0,10
U fönster	1,28	1,04
U dörrar	1,5	1,00
U <sub>m</sub>	0,40	0,35

Tabell 3.7: Indata för beräkningar av flerbostadshus

Indata	BBR24-BBR25	Kommentar
Ort, klimatzon BBR	Linköping, klimatzon III	
Klimatfil normalår	Linköping	
Byggnadsorientering	antas i beräkningarna	
g-värde glas	0,55	
Solavskärmning	Balkonger	
Atemp	6128 m <sup>2</sup>	
Köldbryggor	18%	
Byggnadens lufttäthet vid 50 Pa	0,3 l/s,m <sup>2</sup>	
<b>Installationer</b>		
Princip värme	Fjärrvärme	
Inomhustemperatur	21 °C	BEN2
Luftflöden	0,5 l/s,m <sup>2</sup>	Beräknat utifrån projekteringsflöde i kök och badrum och blandad storlek på lägenheter.
Drifttid ventilation	0-24	
Ventilationsprincip	CAV	
Vädringsförluster	4 kWh/m <sup>2</sup>	BEN2
SFP-tal	1,5 kW/(m <sup>3</sup> ,s)	
Tilluftstemperatur vinter	19 °C	
Temperaturverkningsgrad VVX	75 %	
<b>Internlast</b>		
Hushållsel	30 kWh/m <sup>2</sup>	BEN2
Tappvarmvatten	25 kWh/m <sup>2</sup>	BEN2

### 3.3 Kontor

Beräkningarna för kontorsbyggnaden utgår från ett typiskt kontor med kontorslandskap som byggdes 2011. Alla fasader har stora glaspartier (50 % av fasadarean är fönster). Typbyggnaden har inget garage. Både värme och tappvarmvatten produceras med fjärrvärme och värmen distribueras via radiatorsystemet. Byggnaden ventileras via ett FTX-system. Vattenburen komfortkyla distribueras via kylbafflar och kyla produceras med fjärrkyla. Det finns processkyla med fläktluftkylare i serverrum, telerum, datarum.

För att göra beräkningar så att byggnaden precis klarar krav i BBR har byggnaden utrustats med byggnadsdelar med U-värden för fönster, vägg, tak och bottenplatta som kan förekomma idag, men som har sämre prestanda än dagens vanligen använda byggnadsdelar. Detta för att komma upp i  $U_m$  på 0,6 W/m<sup>2</sup>,K, vilket är kravet enligt BBR25. Typhuset var från början 7 våningar högt men för att komma upp i  $U_m$  0,6 behövdes ett 12 våningars typhus. Originalhuset hade också en dubbel glasfasad på södersida för solavskärmning och viss förbättring av U-värdet, vilken i typbyggnaden har tagits bort och ersatts av en extra beläggning på glaset för solavskärmning. För ett 7 vånings kontorshus kunde maximalt  $U_m$  på 0,45 W/m<sup>2</sup>,K uppnås då byggnadsdelar baserades på isoleringsgrad och prestanda utifrån den standard som normalt används idag för byggnader som inte har några särskilda energihushållningskrav.

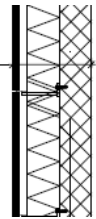
Typbyggnadens konstruktion är huvudsakligen betong. I beräkningar har tre olika konstruktionstyper för fasad antagits. Konstruktionstyp F1 används på bottenplan, konstruktionstyp F2 på plan 1 till 11 och konstruktionstyp F3 på plan 12. Fasadkonstruktion

redovisas i tabeller 3.8, 3.9 och 3.10. Takets konstruktion redovisas i Tabell 3.11 och bottenplattas konstruktion i Tabell 3.12.

Tabell 3.8: Fasadkonstruktion typ 1: Bottenplan

Skikt	Tjocklek (mm)	$\lambda_{\text{huvudmaterial}}$ (W/m,K)
Natursten	30	2,4
Luftspalt	35	0,26
Cellplast S80	150	0,038
Betong	150	1,7

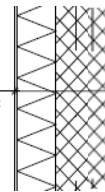
30 STEN ENL. A  
INFÄSTNING ENL. STENSÄTTARE  
VID 190 TILL BTG: SE a-a  
35 LUFT  
150 CELLPLAST S80x  
150 BETONGx



Tabell 3.9: Fasadkonstruktion typ 2: Plan 1 – 11

Skikt	Tjocklek (mm)	$\lambda_{\text{huvudmaterial}}$ (W/m,K)
Puts	10	1
Cellplast	150	0,038
Betong	200	1,7

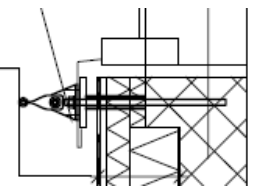
10 TUNNPUTS  
150 CELLPLASTx  
200 BETONGx



Tabell 3.10: Fasadkonstruktion typ 3: Plan 12

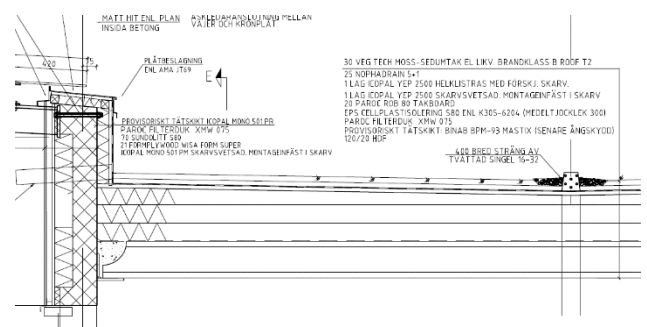
Skikt	Tjocklek (mm)	$\lambda_{\text{huvudmaterial}}$ (W/m,K)
Formplywood WISA	21	0,14
Sundolit S80	40	0,038
Sundolit S80	100	0,038
Betongelement	130	1,7

VID TERRASS: RF-PLÅT  
ICOPAL TÄTSKIKT LIKA PLAN  
21 FORMPLYWOOD WISA FORM SUPER  
40 SUNDOLITT S80  
100 SUNDOLITT S80  
PAROC FILTERDUK XMW 075  
PROV. TÄTSKIKT



Tabell 3.11: Takkonstruktion

Skikt	Tjocklek (mm)	$\lambda$ (W/m,K)
Sedumtak	30	1
Dräneringslager Nophadrain 5+1	25	0,26
Takboard Paroc ROB80	20	0,038
Cellplast S80	200	0,038
Däckelement (håldäck) HD/F 120/20	200	1,7



Tabell 3.12: Bottenplattans konstruktion

Skikt	Tjocklek (mm)	$\lambda$ (W/m,K)
geotextil		
makadam	150	1,4
cellplast	200	0,031
betong	260	1,7

Använda U-värden redovisas i tabell 3.13. För att komma ned i  $U_m$  0,4 W/m<sup>2</sup>,K, vilket är föreslaget för BBR 2021, har typkontoret förbättrats. Mängden isolering har ökat på fasadkonstruktion typ 1 och typ 3 och för konstruktionstyp 2 har en standardbetongkonstruktion använts (se tabell 3.13). Vidare har bättre fönster valts, se tabell 3.14.

Tabell 3.13: Fasadkonstruktion typ 2 för att nå  $U_m$  0,4 W/m<sup>2</sup>,K: Plan 1-11

Skikt	Tjocklek (mm)	$\lambda_{\text{huvudmaterial}}$ (W/m,K)
Natursten	30	2,4
Fingerspalt	10	0,26
Skalmursskiva	150	0,034
Skalmursskiva	120	0,034
Betong	150	1,7

Tabell 3.14: U-värden för olika byggnadsdelar för typkontoret med betongkonstruktion där köldbryggor ingår med påslag på 20 %.

Byggnadsdel	U-värde BBR25 (W/m <sup>2</sup> ,K)	U-värde BBR 2021 (W/m <sup>2</sup> ,K)
U fasad	0,28	0,14
U tak	0,19	0,11
U bottenplatta (med mark)	0,09	0,07
U fönster	1,2	0,85
$U_m$ (medelvärde)	0,59	0,39



Figur 3.3: Illustration av fasad med 50 % glasad area, vilket har använts för att representera typkontoret.

Det 12 våningar höga kontoret (44 meter) har en  $A_{temp}$  på 19 399 m<sup>2</sup> och en omslutningsarea på 12 082 m<sup>2</sup> varav fönster och dörrar har en area på 4511 m<sup>2</sup>. Fasaden har därmed en glasyta på 50 %.

För övriga indata har värden använts som är enkla att nå eftersom beräkningarna utgår ifrån att göra en typbyggnad som precis klarar byggreglerna. Indata för klimatskärm och installationer ges i tabell 3.15.

Tabell 3.15: Indata för typkontorets klimatskärm och installationer

Parameter	Värde	Källa
Klimatskärmens lufttäthet, q50	0,6 l/s,m <sup>2</sup>	
Temperaturverkningsgrad (% vid balanserat luftflöde)	70 %	Antagen för FTX med plattvärmväxlare
Specifik fläkt effekt, SFP	2,0 kW/(m <sup>3</sup> /s) BBR25 1,5 kW/(m <sup>3</sup> /s) BBR 2021	Antagen, värdet bör ej överstigas enligt råd i BBR
Luftdistribution	CAV i kontor, VAV i mötesrum	Ritningar
Tilluftstemperatur	Utetemperaturkompenserad tilluft: +19°C vid utetemp över +15°C och 20°C vid utetemp under -20°C	Antagen
VVC-förluster	2 kWh/m <sup>2</sup> år	Bergqvist <sup>24</sup>
Årsverkningsgrad för värmeproduktion med fjärrvärme	0,98	Antagen
Årsverkningsgrad för värmeproduktion med pelletspanna	0,87	Antagen
Kylproduktion, kompressorkyla	COP 2,5	Distribution av komfortkyla med vattenburna kylbafflar
Bergvärmepump	Årsmedelvärmefaktor 3,3	Huvudsakligen värmeproduktion
Luftvattenvärmepump	Årsmedelvärmefaktor 2,5	Antagen
Fastighetsbelysning	1,4 kWh/m <sup>2</sup> år	Antagen
Maskiner i fastighetsel (blir värme)	0,9 kWh/m <sup>2</sup> år	Huvudsakligen styr- och reglerutrustning
Extra elförbrukare i fastighetsel (blir ej värme)	7,5 kWh/m <sup>2</sup> år	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 hiss drar ca 1 MWh/år och våningsplan (Sveby, Vasakronan, Kone). Kontoret har 8 hissar.</li> <li>• Hängrännor. Ca 200 meter med 18 W/m halva året.</li> <li>• Fasadbelysning 20W/m<sup>2</sup> på ca 300 m<sup>2</sup>.</li> <li>• Dörrar mm 0,2 kWh/m<sup>2</sup>.</li> </ul>

För brukarindata ska, enligt BEN2, 2 kWh/m<sup>2</sup> Atemp och år användas för kontor. För övriga brukarindata preciserar BEN2 att vid beräkning av byggnadens energianvändning för lokaler ska brukarindata väljas utifrån den verksamhet som är avsedd att bedrivas i lokalen. När det inte går

<sup>24</sup> Bergqvist Bengt, "VVC-förluster i kontor och lokaler", Energi & Miljö Nr 10, oktober 2017.

att få fram uppgifter om brukarindata för avsedd verksamhet till exempel vid upprättandet av en energideklaration får standardiserade värden användas där exempel ges i BEN2. Eftersom det i de flesta praktiska fall är svårt att vid projekteringstillfället förutse ett annat kontorsbrukande än ett standardiserat har värden från BEN2 använts, se tabell 3.16.

Tabell 3.16: Brukarindata för kontorslokaler enligt BEN2

Parameter	Delparameter	Delparameter	Värden
Innetemperatur	Lägsta lufttemperatur (°C)		21 <sup>4</sup>
			23 <sup>4</sup>
Solavskärmning	Beteendestyrd avskärmning (avskärmningsfaktor)		0,71 <sup>3</sup>
Tappvarmvatten	Energi (kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> år)		2/η <sub>tv</sub> <sup>1</sup>
Verksamhetsenergi	Energi (kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> år)	Årsschablon	50
	Internlast (%)	Möjlig att tillgodogöras	100
Personvärme	Persontäthet (m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> /person)		20
	Tid (h/d/v) <sup>2</sup>		9/5/47
	Effektavgivning (W/person)		108

<sup>1</sup> η<sub>tv</sub> är årsverkningsgraden hos värmekällan för produktion av tappvarmvatten.

<sup>2</sup> Timme per dygn/dygn per vecka/veckor per år.

<sup>3</sup> Här är det oklart vad som avses. I beräkningar har extra beläggning på glaset på söder fasad och invändiga persienner använts, som ger g<sub>sys</sub> 0,36, vilket motsvarar g<sub>glas</sub> på 0,5 och g<sub>solskydd</sub> 0,71 enligt BEN2.

<sup>4</sup> Här har antagits att värden avser lägsta vinter- respektive högsta sommartemperatur.

Ytterligare brukarbeteendeparametrar har antagits, se tabell 3.17.

Tabell 3.17: Antagna brukarindata för kontorslokaler

Parameter	Värde	Källa/antagande
Drifftid ventilationssystem	10h/5dagar/52 veckor	Drifftiden är satt med påslag en timme innan lokalen belastas med personer. Eftersom semester sällan sker samtidigt för samtlig personal antas drifftiden vara 52 veckor.
Högsta tillåten innetemperatur sommartid	26°C	
Påslag för vädring	0 kWh/m <sup>2</sup> år	BEN2 rekommenderar att ett påslag på 4 kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> år bör göras för vädring om inte ett annat värde kan motiveras. Eftersom det sällan förekommer vädring i moderna kontor har dock inget påslag antagits.
Luftflöde, genomsnittligt flöde inkl. forcering	1,3 l/s m <sup>2</sup>	SVEBY

### 3.4 Skola

Beräkningarna för skolan utgår från en typisk mellan- och högstadieskola för 540 elever som byggdes 2015. Byggnaden är belägen i tätort och för typbyggnaden är fönsterarean 43 procent av fasadarean.

Både värme och tappvarmvatten produceras med fjärrvärme och värmen distribueras via radiatorsystemet. Byggnaden ventileras via ett FTX-system.

Skolan har 4 våningsplan, en tempererad area på 6139 m<sup>2</sup> och en omslutningsarea på 7461 m<sup>2</sup>, varav fönster och dörrar har en area på 1292 m<sup>2</sup>. Fasaden har därmed en glasyta på 43 %.

För att göra beräkningar så att byggnaden precis klarar krav i BBR har byggnadens utrustats med byggnadsdelar med U-värden för fönster, vägg, tak och bottenplatta som kan förekomma idag men som har sämre prestanda än vanligen använda komponenter. Detta för att komma upp i U<sub>m</sub> på 0,6 W/m<sup>2</sup>,K, vilket är kravet enligt BBR25 och U<sub>m</sub> 0,45 W/m<sup>2</sup>,K vilket förväntas bli kravet i BBR 2021. Trots det blev U<sub>m</sub> 0,35, dvs betydligt bättre än det krav som finns i BBR25 och även mycket bättre än det krav som förväntas i BBR 2021. Att använda ännu sämre byggnadsdelar ansågs inte vara möjligt med dagens byggteknik varför beräkningarna har utförts för dessa, se tabell 3.25.

Typbyggnaden har fyra olika konstruktionstyper för fasad, som redovisas i tabeller 3.18- 3.21. Taket har lättkonstruktion och består av två olika konstruktionstyper som redovisas i tabell 3.22 och tabell 3.23. Bottenplattans konstruktion visas i tabell 3.24.

Tabell 3.18: Fasadkonstruktion typ 1: våning 1,2 och 3 med fasadskiva av fibercement

Skikt	Tjocklek (mm)	$\lambda_{\text{huvudmaterial}}$ (W/m,K)
Fasadskiva	4,5	0,3
Luftspalt m. liggande läkt	34	0,26
Luftspalt m. stående läkt	28	0,26
vindskydd		
celulosafiber m. stående lättreglar	150	0,039
väggelement av betong	150	1,7

Tabell 3.19: Fasadkonstruktion typ 2: våning 1 med träpaneler

Skikt	Tjocklek (mm)	$\lambda_{\text{huvudmaterial}}$ (W/m,K)
fasad panel	22	0,14
Luftspalt m. liggande läkt	34	0,26
Luftspalt m. stående läkt	28	0,26
vindskydd		
celulosafiber m. stående lättreglar	150	0,039
väggelement av betong	150	1,7



Tabell 3.20: Fasadkonstruktion typ 3: våning 4

Skikt	Tjocklek (mm)	$\lambda_{\text{huvudmaterial}}$ (W/m,K)
Fasadskiva	4,5	0,3
Luftspalt m. liggande läkt	34	0,26
Luftspalt m. stående läkt	28	0,26
vindskydd		
cellulosafiber m. stående lättreglar	150	0,039
Diff.-broms	0,4	0,17
mineralull m. träregel	70	0,036
luftspalt m. träregel	50	0,26
plywoodskiva	12	0,13
gips	13	0,22

Tabell 3.21: Fasadkonstruktion typ 4 (källarväggar)

Skikt	Tjocklek (mm)	$\lambda_{\text{huvudmaterial}}$ (W/m,K)
fiberduk		
dränerande material	200	1,4
cellplast	150	0,037
betongvägg	260	1,7

Tabell 3.22: Takkonstruktion typ 1

Skikt	Tjocklek (mm)	$\lambda$ (W/m,K)
Cellulosafiber	100	0,039
Cellulosafiber	150	0,039
Plastfolie		
Luftspalt	28	0,26
gips	26	0,22

Tabell 3.23: Takkonstruktion typ 2

Skikt	Tjocklek (mm)	$\lambda$ (W/m,K)
plåt	0,6	20
underlagspapp	0,4	
plywoodskiva	24	0,13
mineralull	45	0,039
Mineralull	170	0,039
Mineralull	45	0,039
gips	13	0,22

Tabell 3.24: Bottenplattans konstruktion

Skikt	Tjocklek (mm)	$\lambda$ (W/m,K)
Geotextil		
sprängsten	150	1,4
cellplast	200	0,037
betong	200	1,7
golvbeläggning	20	

Tabell 3.25: U för olika byggnadsdelar för typskolan med betongkonstruktion där köldbryggor ingår med påslag på 15 %.

Byggnadsdel	U-värde (W/m <sup>2</sup> ,K)
U fasad	0,19-0,27
U tak	0,18
U bottenplatta (med mark)	0,12
U fönster	1,2
U <sub>m</sub>	0,35



Figur 3.4: Illustration av typskolan.

För övriga indata har värden använts som är enkla att nå eftersom beräkningarna utgår ifrån att göra en typbyggnad som precis klarar byggreglerna. Indata för klimatskärm och installationer ges i tabell 3.26.

Tabell 3.26: Indata för typskolans klimatskärm och installationer

Parameter	Värde	Källa
Klimatskärmens lufttäthet, q50	0,6 l/s,m <sup>2</sup>	
Temperaturverkningsgrad (% vid balanserat luftflöde)	70 %	Antagen för FTX med plattvärmväxlare
Specifik fläkt effekt, SFP	2,0 kW/(m <sup>3</sup> /s) BBR25 1,5 kW/(m <sup>3</sup> /s) BBR 2021	Antagen, värdet överstiger inte råd i BBR
Luftdistribution	CAV	Ritningar
Tilluftstemperatur	Utetemperaturkompenserad tilluft: +18°C vid utetemp över +20°C och 20°C vid utetemp under -20°C	
VVC förluster	2 kWh/m <sup>2</sup> år	Bengt Bergqvist
Årsverkningsgrad för värmeproduktion med fjärrvärme	0,98	
Bergvärmepump	Årsmedelvärmefaktor 3,3	Huvudsakligen värmeproduktion
Luftvattenvärmepump	Årsmedelvärmefaktor 2,5	
Årsverkningsgrad för värmeproduktion med pelletspanna	0,87	
Extra elförbrukare i fastighetsel (blir ej värme)	4 kWh/m <sup>2</sup> år	<ul style="list-style-type: none"> <li>•1 hiss drar ca 1 MWh/år och våningsplan (Sveby, Vasakronan, Kone). Skolan har 2 hissar.</li> <li>•Hängrännor. Ca 200 meter med 18 W/m halva året.</li> <li>•Fasadbelysning 20W/m<sup>2</sup> på ca 30 m<sup>2</sup>.</li> <li>•Dörrar mm 0,2 kWh/m<sup>2</sup>.</li> </ul>

För brukarindata ska, enligt BEN2, 2 kWh/m<sup>2</sup> A<sub>temp</sub> och år användas för skolor. För övriga brukarindata preciserar BEN2 att vid beräkning av byggnadens energianvändning för lokaler ska brukarindata väljas utifrån den verksamhet som är avsedd att bedrivas i lokalen. När det inte går att få fram uppgifter om brukarindata för avsedd verksamhet till exempel vid upprättandet av en energideklaration får standardiserade värden användas där exempel ges i BEN2. Eftersom det i de flesta praktiska fall är svårt att vid projekteringstillfället förutse ett annat skolbrukande än ett standardiserat har värden från BEN2 använts, se tabell 3.27.

Tabell 3.27: Brukarindata för grund- och gymnasieskolorenligt BEN2

Parameter	Delparameter	Kök och matsal	Idrott dusch, m.m	Klassrum, grupprum m.m.	Övriga utrymmen, teknikrum, förråd mm
Innetemperatur	Lägsta lufttemperatur (°C)	22	22	22	18
Solavskärmning	Beteendestyrd avskärmning (avskärningsfaktor)	0,65	0,65	0,65	0,65
Tappvarmvatten	Energi (kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> år)	$2/\eta_{\text{tvv}}^1$	$2/\eta_{\text{tvv}}^1$	$2/\eta_{\text{tvv}}^1$	$2/\eta_{\text{tvv}}^1$
Verksamhetsenergi	Årsschablon (kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> år)	22	22	22	0
	Belysning (W/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> )	5.0	5,0	5,0	0
	Tid (h/d/v) <sup>2</sup>	10/5/44	10/5/44	10/5/44	0
	Utrustning (W/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> )	5.0	5,0	5,0	0
	Tid (h/d/v) <sup>2</sup>	10/5/44	10/5/44	10/5/44	0
Personvärme	Persontäthet (m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> /person)	15	15	15	0
	Tid (h/d/v) <sup>2</sup>	6/5/44	6/5/44	6/5/44	
	Effektavgivning (W/person)	80	80	80	0

<sup>1</sup>  $\eta_{\text{tvv}}$  är årsverkningsgraden hos värmekällan för produktion av tappvarmvatten.

<sup>2</sup> Timme per dygn/dygn per vecka/veckor per år.

<sup>3</sup> Här är det oklart vad som avses. I beräkningar har extra beläggning på glaset på söder fasad och invändiga persienner använts, ger  $g_{\text{sys}}$  0,33, vilket motsvarar  $g_{\text{glas}}$  på 0,5 och  $g_{\text{solskydd}}$  0,65 enligt BEN2.

Ytterligare brukarbeteendeparametrar har antagits, se tabell 3.28.

Tabell 3.28: Antagna brukarindata för skolan

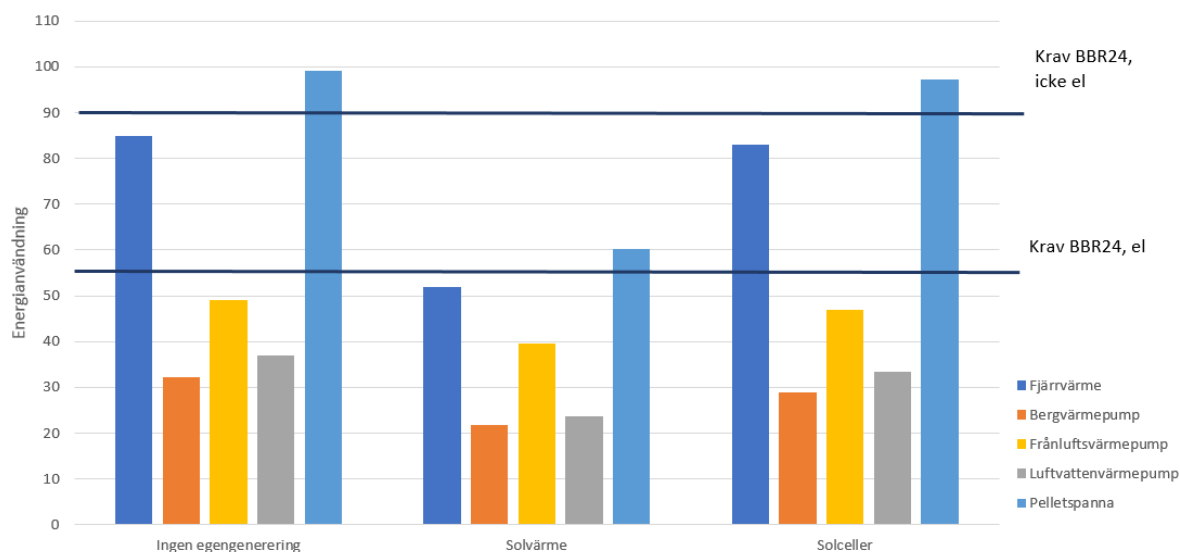
Parameter	Värde	Källa/antagande
Drifftid ventilationssystem	10h/5dagar/44veckor	Drifftiden är satt med påslag en timma innan lokalen belastas med personer. Sveby
Högsta tillåten innetemperatur sommartid	26°C	Antagen
Påslag för vädring	2 kWh/m <sup>2</sup> år	BEN2 rekommenderar att ett påslag på 4 kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> år bör göras för vädring om inte ett annat värde kan motiveras. Eftersom det sällan förekommer vädring pga av ljudskäl i moderna skolor har påslaget halverats, vilket motsvarar vädring under raster.
Luftflöde, genomsnittligt flöde inkl. forcering	3,0 l/s m <sup>2</sup>	SVEBY

## 4 Resultat

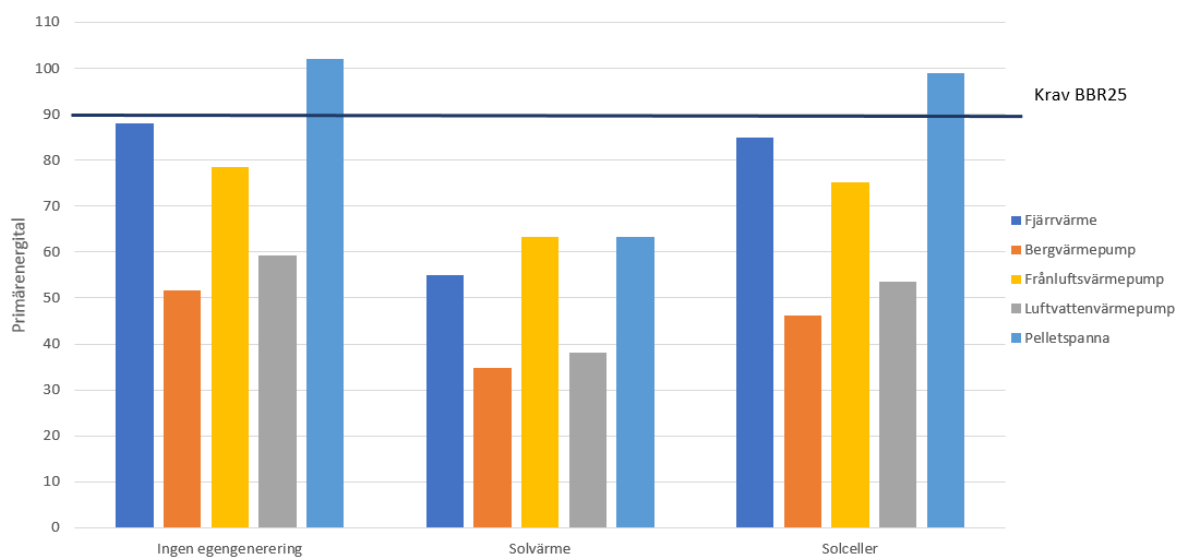
### 4.1 Småhus

#### Småhus – 1 plan

För att klara kravet i BBR24 mätt i kWh/m<sup>2</sup> måste småhuset ha en bättre klimatskärm jämfört med kravet på U<sub>m</sub> i BBR24 och BBR25 (0,40 W/m<sup>2</sup>,K). U<sub>m</sub> behöver vara 0,22 W/m<sup>2</sup>,K för att energikravet på 90 kWh/m<sup>2</sup> ska klaras för en fjärrvärmeuppvärmd byggnad. Med detta U<sub>m</sub> klarar alla kombinationer av energisystem, förutom pelletsspanna och pelletsspanna i kombination med solceller, kraven för BBR24 och BBR25, se figur 4.1 respektive 4.2.

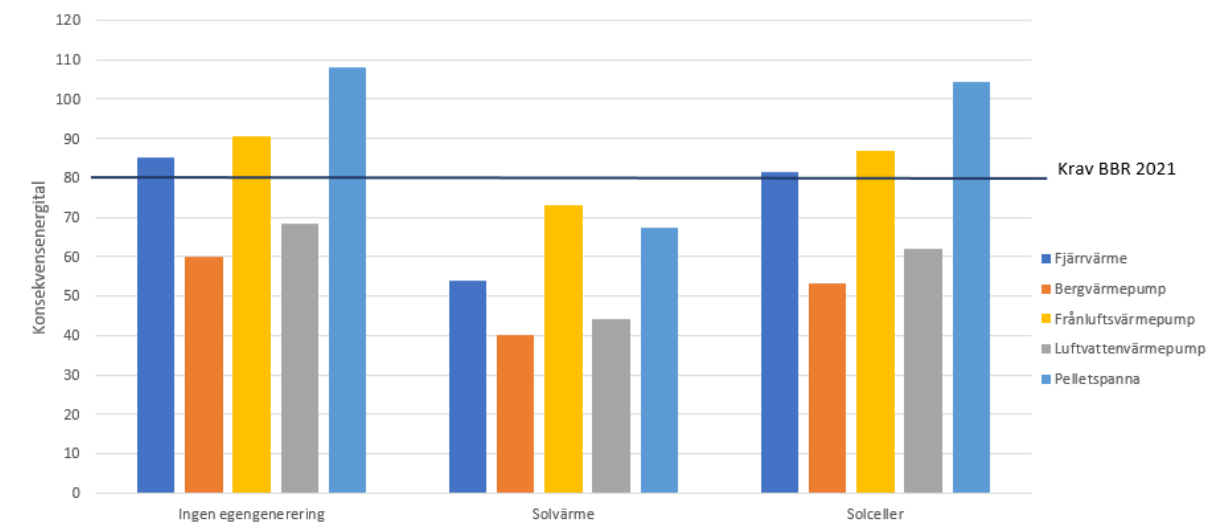


Figur 4.1: Köpt energi för olika energisystem i ett 1-plans småhus, BBR24. Där fjärrvärme och pellets Spanna ska jämföras med kravet för icke eluppvärmda byggnader och övriga energisystem med kravet för eluppvärmda byggnader.



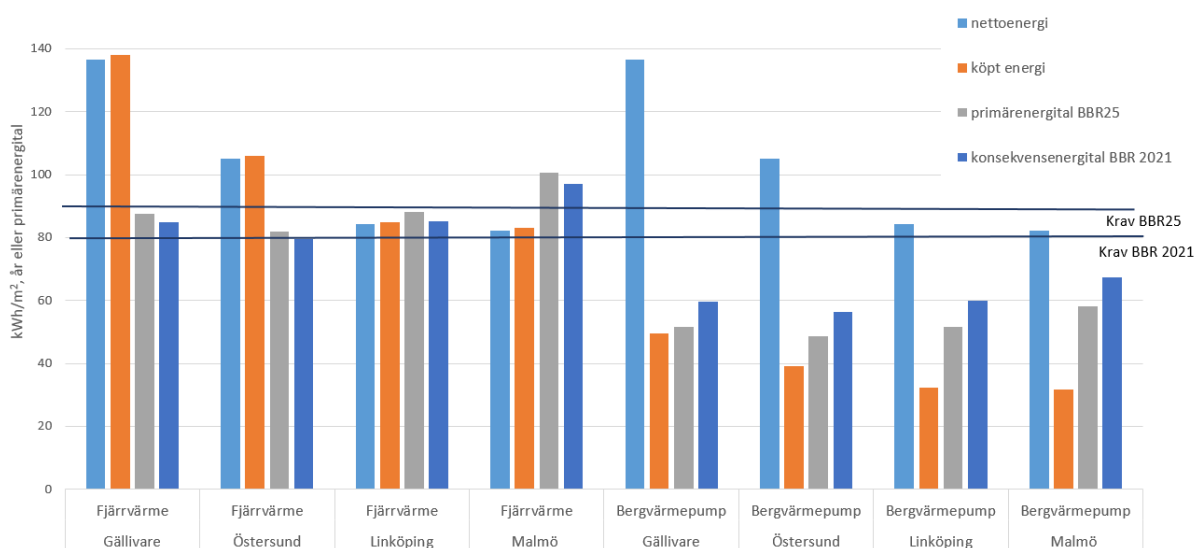
Figur 4.2: Primärenergital för olika energisystem i ett 1-plans småhus, BBR25

Samma byggnad, 1-plans småhus med  $U_m 0,22 \text{ W/m}^2, \text{K}$  kommer i princip klara kraven för BBR 2021 om uppvärmning sker med fjärrvärme, se figur 4.3. Till exempel kan förbättringar i klimatskärmen ned till ett  $U_m$  under  $0,2 \text{ W/m}^2, \text{K}$ , bättre värmeåtervinning eller tappvarmvattenåtgärder behövas för att säkert klara kravet. Som för BBR24 behöver pelletsspannan kombineras med solvärme för att klara kraven. Frånluftsvärmepumpen kommer att behöva en ännu bättre klimatskärm eller kombineras med solvärme för att klara kraven.



Figur 4.3: Konsekvensenergital för olika energisystem i ett 1-plans småhus enligt förslag för BBR 2021

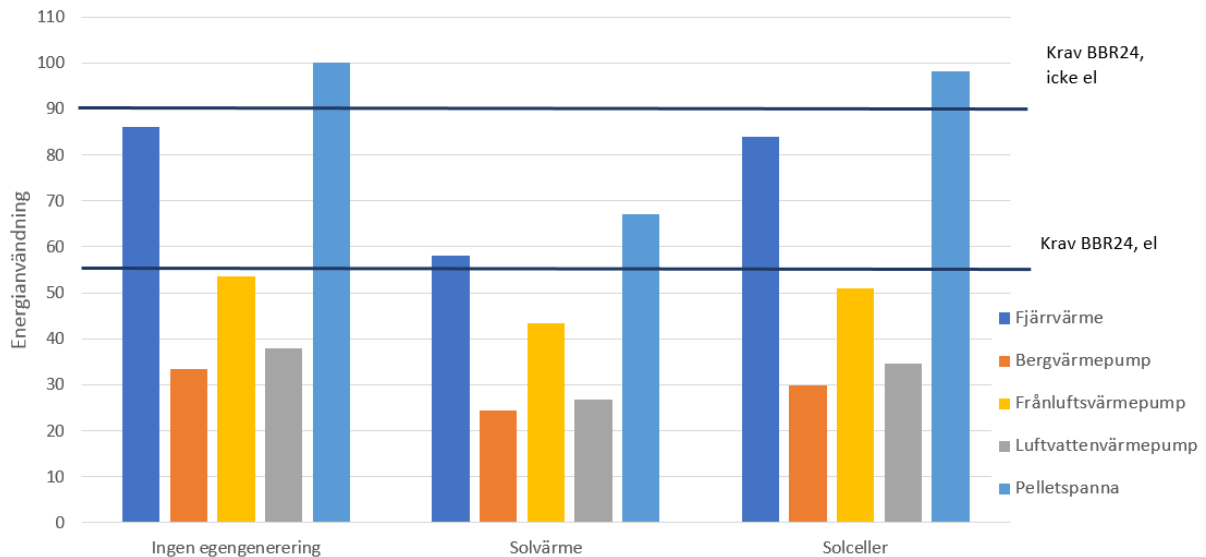
Resultatet har testats genom att jämföra beräkningar för 1-plans småhuset ( $U_m = 0,22 \text{ W/m}^2, \text{K}$ ) för 4 olika klimat, Gällivare ( $F_{geo}$  är 1,9), Östersund ( $F_{geo}$  är 1,5), Linköping ( $F_{geo}$  är 1,0) och Malmö ( $F_{geo}$  är 0,8). För att klara kraven i Malmö med en fjärrvärmeuppvärmd byggnad behövs ytterligare åtgärder, se figur 4.4.



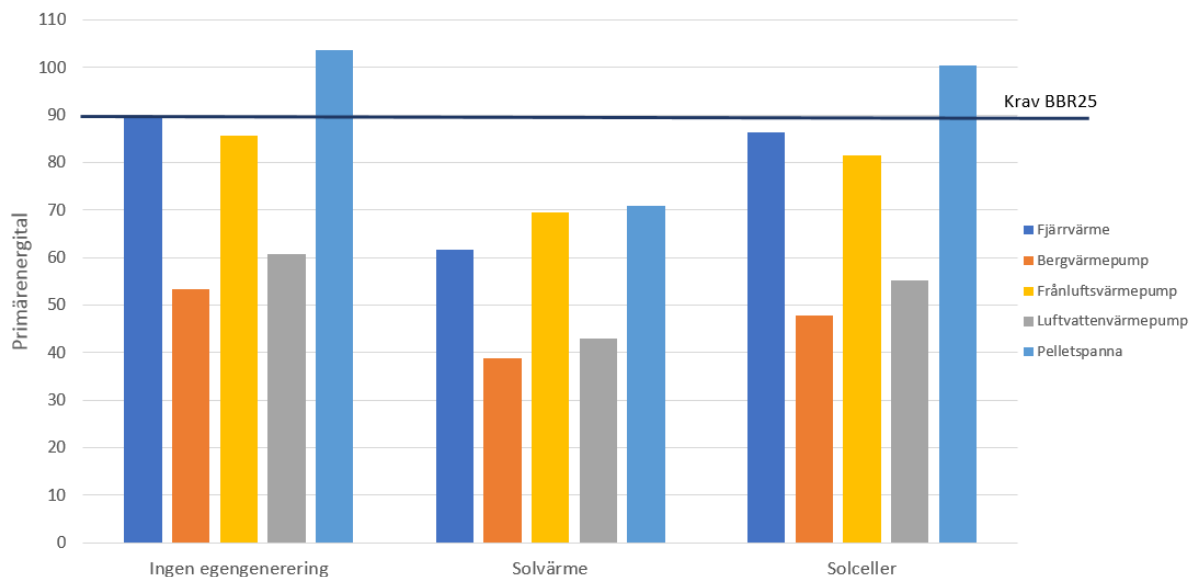
Figur 4.4: Nettoenergi, köpt energi, primärenergital enligt BBR25 och konsekvensenergital enligt BBR 2021 för 1-plans småhus med  $U_m 0,22 \text{ W/m}^2, \text{K}$  uppvärmd med fjärrvärme och bergvärmepump på fyra olika orter.

## Småhus – 1,5 plan

För att klara kravet i BBR24 mätt i kWh/m<sup>2</sup> måste småhuset ha en bättre klimatskärm jämfört med kravet på U<sub>m</sub> i BBR24 och BBR25 (0,40 W/m<sup>2</sup>,K). U<sub>m</sub> behöver vara 0,24 W/m<sup>2</sup>,K för att energikravet på 90 kWh/m<sup>2</sup> ska klaras för en fjärrvärmeuppvärmd byggnad. Med detta U<sub>m</sub> klarar alla kombinationer av energisystem, förutom pelletspanna och pelletspanna i kombination med solceller, kraven för BBR24 och BBR25, se figur 4.5 respektive 4.6.



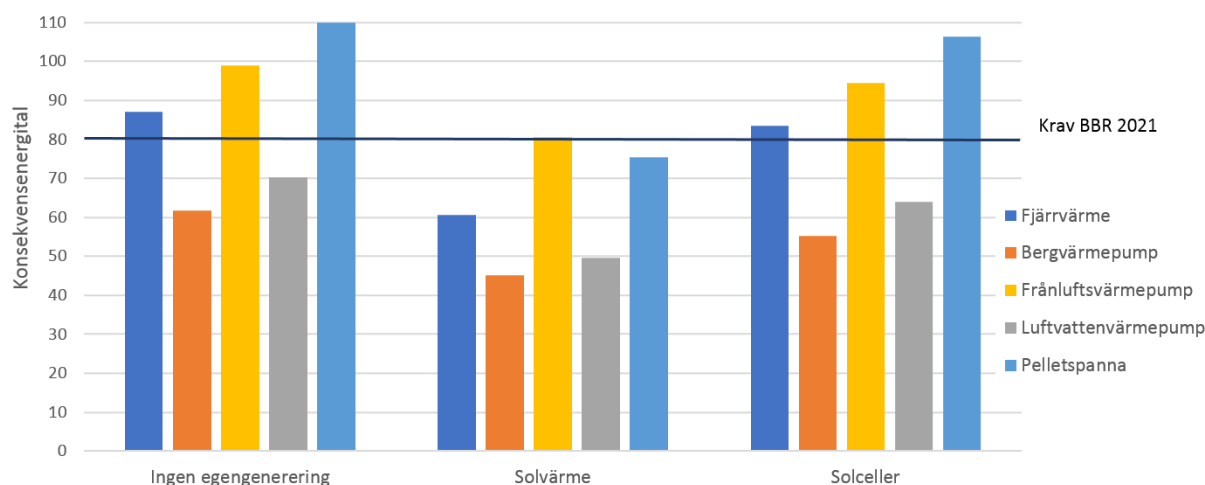
Figur 4.5: Köpt energi för olika energisystem i ett 1,5-plans småhus, BBR24. Där fjärrvärme och pelletspanna ska jämföras med kravet för icke eluppvärmda byggnader.



Figur 4.6: Primärenergital för olika energisystem i ett 1,5-plans småhus, BBR25

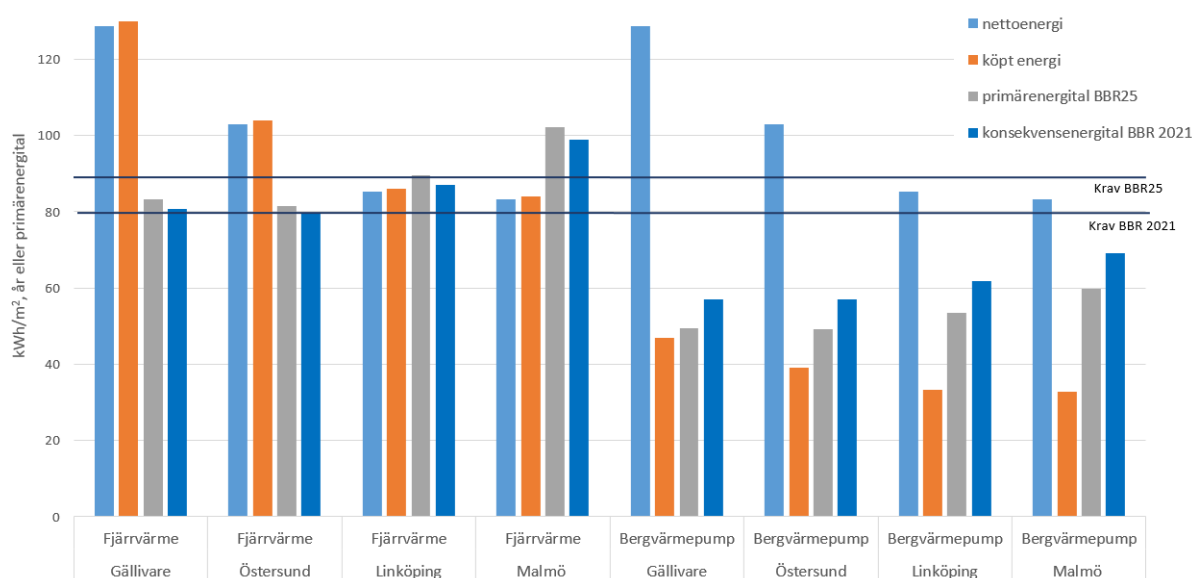
Samma byggnad, 1,5-plans småhus med U<sub>m</sub> 0,24 W/m<sup>2</sup>,K kommer inte att klara kraven för BBR 2021 om uppvärmning sker med fjärrvärme, se figur 4.7. Förbättringar i klimatskärmen ned till ett U<sub>m</sub> under 0,22 W/m<sup>2</sup>,K behöves för att säkert klara kravet. Alternativt är en byggnad med

sämre klimatskärm ( $U_m = 0,3 \text{ W/m}^2, \text{K}$ ) uppvärmd med fjärrvärme i kombination med solvärme. Som tidigare förslag behöver pelletsplanan kombineras med solvärme för att klara kraven. Frånluftsvärmepumpen kommer att behöva en ännu bättre klimatskärm ( $U_m$  på ca  $0,21 \text{ W/m}^2, \text{K}$ ) eller kombineras med solvärme för att klara kraven.



Figur 4.7: Konsekvensenergital för olika energisystem i ett 1,5-plans småhus enligt förslag för BBR 2021,  $U_m 0,24 \text{ W/m}^2, \text{K}$

Resultatet har testats genom att jämföra beräkningar för 1,5-plans småhuset ( $U_m = 0,24 \text{ W/m}^2, \text{K}$ ) för 4 olika klimat, Gällivare ( $F_{\text{geo}}$  är 1,9), Östersund ( $F_{\text{geo}}$  är 1,5), Linköping ( $F_{\text{geo}}$  är 1,0) och Malmö ( $F_{\text{geo}}$  är 0,8). För att klara kraven i Malmö med en fjärrvärmeuppvärmd byggnad behövs ytterligare åtgärder, se figur 4.8.



Figur 4.8: Nettoenergi, köpt energi, primärenergital enligt BBR25 och konsekvensenergital enligt BBR 2021 för 1,5-plans småhus med  $U_m 0,24 \text{ W/m}^2, \text{K}$  uppvärmd med fjärrvärme och bergvärmepump på fyra olika orter.

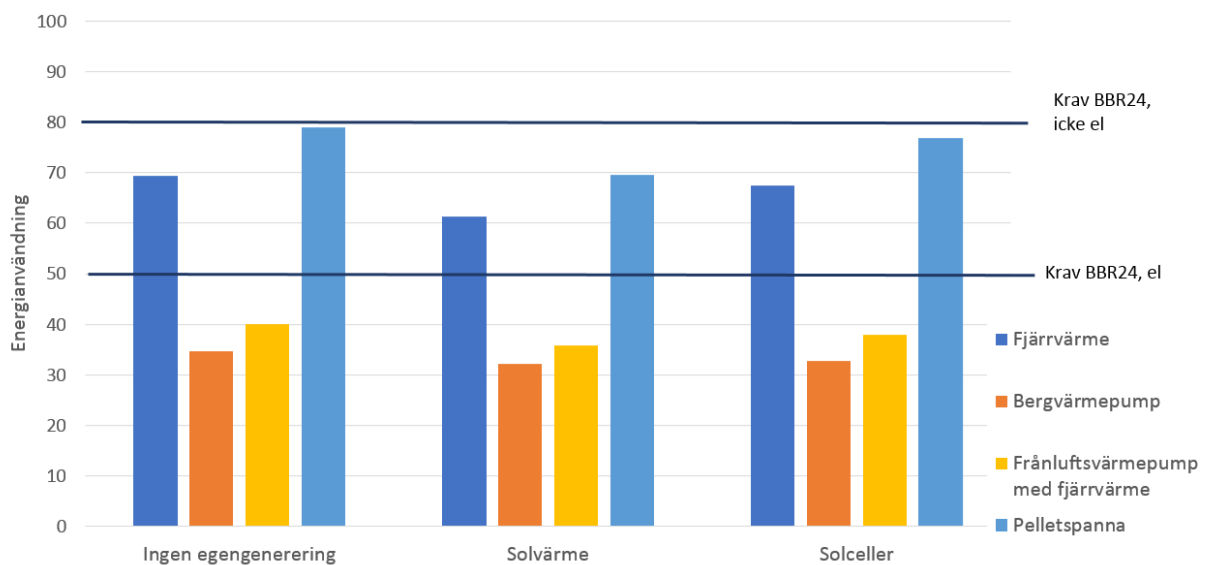


## 4.2 Flerbostadshus

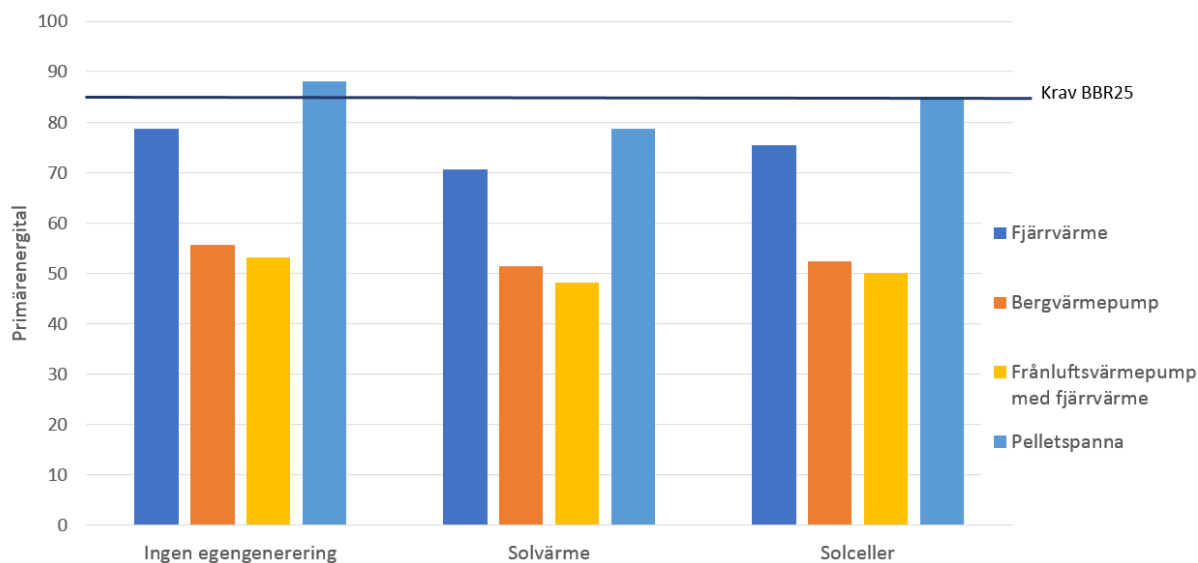
För flerbostadshuset är inte energiprestandakravet styrande som för småhusen.  $U_m$ -kravet för flerbostadshus är  $0,4 \text{ W/m}^2, K$  och om klimatskärmen för flerbostadshuset har ett genomsnittlig  $U_m$  samt tekniska installationer av relativt låg kvalitet visar beräkningarna att det inte är några svårigheter att uppnå varken  $U_m$  kravet eller kravet på köpt energi i BBR24. Med detta  $U_m$  klarar alla kombinationer av energisystem energikraven för BBR24 och alla kombinationer av energisystem förutom pelletspanna kraven för BBR25, se figur 4.9 respektive 4.10.

Luftvattenvärmepumpen valdes att exkluderas från beräkningarna av flerbostadshusen då det inte ansågs vara ett rimligt eller vanligt uppvärmningssätt.

Energisystemet som baseras på frånluftsvärmepump har kombinerats med fjärrvärme för spetsuppvärmning de kallaste vinterdagarna. Det går inte att kombinera med elpatron eftersom det inte klarar kravet på installerad eleffekt som finns i BBR25 och BBR 2021.

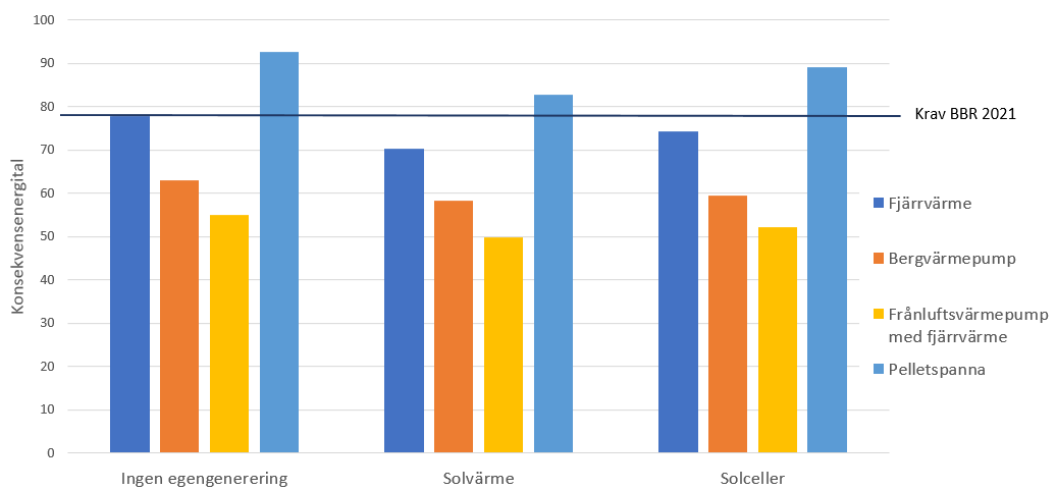


Figur 4.9: Köpt energi för olika energisystem i ett flerbostadshus, BBR24. Där fjärrvärme och pelletsanna ska jämföras med kravet för icke eluppvärmda byggnader. Bergvärmepump och frånluftsvärmepump ska jämföras med krav för eluppvärmd byggnad.



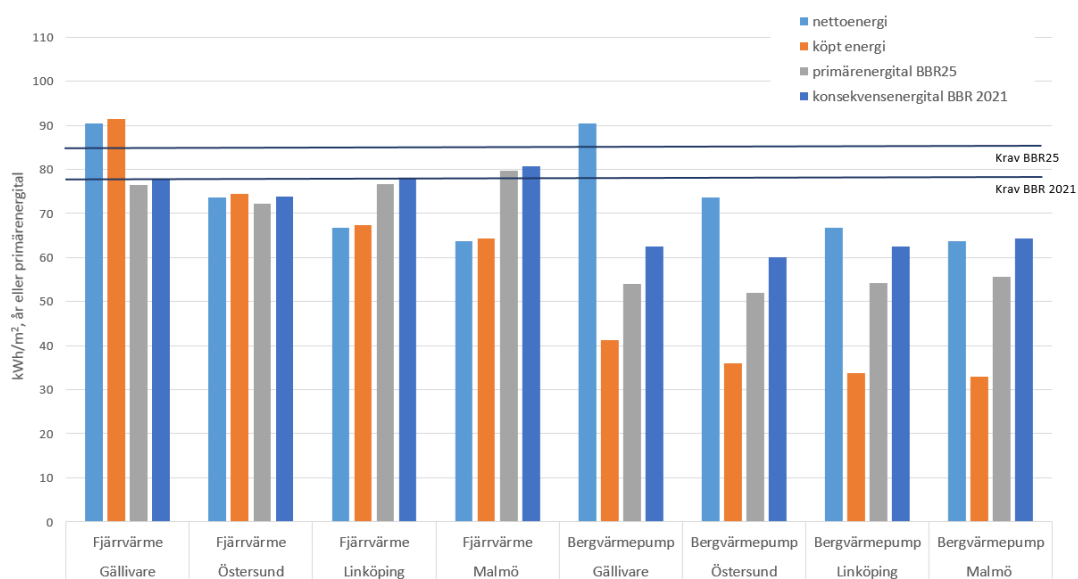
Figur 4.10: Primärenergital för olika energisystem i ett flerbostadshus, BBR25.

För BBR 2021 har flerbostadshusets  $U_m$  förbättrats till  $0,35 \text{ W/m}^2, \text{K}$  i enlighet med förslaget på de skärpta kraven i BBR 2021. Beräkningar av konsekvensenergital för BBR 2021 visar att alla kombinationer av energisystem förutom pelletsanna och pelletsanna med solceller klarar kraven för BBR 2021, se figur 4.11.



Figur 4.11: Konsekvensenergital för olika energisystem i flerbostadshuset enligt förslag för BBR 2021.

Resultatet har testats genom att jämföra beräkningar för flerbostadshuset ( $U_m = 0,35 \text{ W/m}^2, \text{K}$ ) för 4 olika klimat, Gällivare ( $F_{\text{geo}}$  är 1,9), Östersund ( $F_{\text{geo}}$  är 1,5), Linköping ( $F_{\text{geo}}$  är 1,0) och Malmö ( $F_{\text{geo}}$  är 0,8). För att klara kraven i Malmö med en fjärrvärmeuppvärmd byggnad behövs ytterligare åtgärder, se figur 4.12.



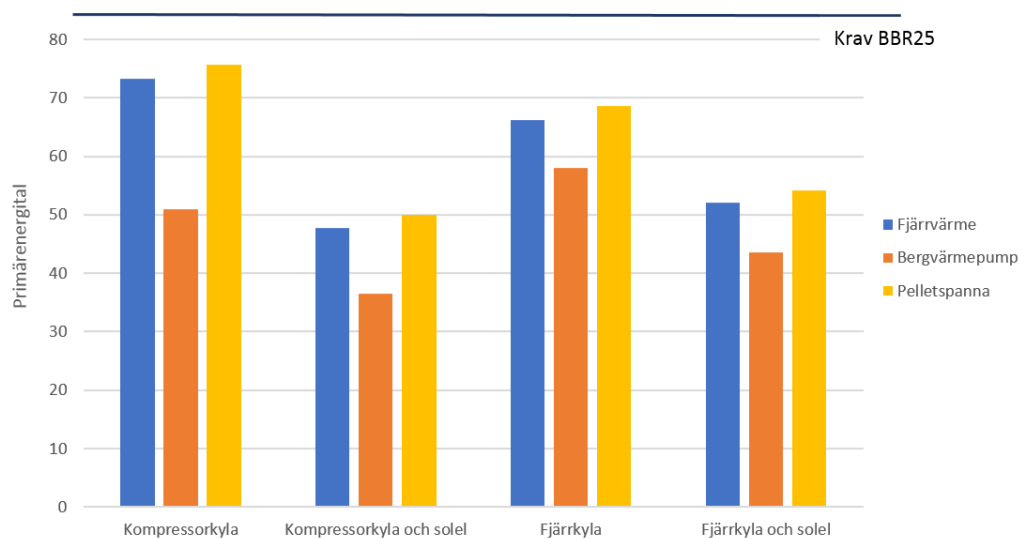
Figur 4.12: Nettoenergi, köpt energi, primärenergital enligt BBR25 och konsekvensenergital enligt förslag på BBR 2021, för flerbostadshus med  $U_m$  0,35 W/m<sup>2</sup>,K på fyra olika orter.

### 4.3 Kontor

Beräkningar för typkontoret visar att luftvattenvärmepumpen inte klarar kravet på installerad eleffekt och är därför inget alternativ.

Ett kontor som byggs med enkla byggnadsdelar som kan förekomma idag, men som har sämre prestanda än dagens vanligen använda byggnadsdelar, samt tekniska installationer av relativt låg kvalitet har inga problem att klara dagens byggregler enligt BBR25, se figur 4.13.

Om typkontoret istället byggs med vanligt förekommande byggnadsdelar så är det fortfarande inga problem att klara krav på  $U_m$  som föreslås för BBR 2021 (0,4 W/m<sup>2</sup>K) och ej heller krav på energiprestanda i varken BBR25 eller BBR 2021.



Figur 4.13: Primärenergital enligt BBR25 för typkontor med olika energisystem.  $U_m$  0,59 W/m<sup>2</sup>K och brukardata enligt BEN2.

Enligt BEN2 kan värdet 50 kWh/m<sup>2</sup> användas för verksamhetsel och internvärme från personer 108 W. Detta ger stora tillskott av internvärme vilket minskar byggandens energibehov för uppvärmning och ökar byggnadens energibehov för kyla. En alternativ bedömning har gjorts för internvärme från människor, belysning och maskiner i kontoret. Detta är helt förenligt med byggreglerna som specificerar att indata i energiberäkningen ska överensstämja med byggnadens och installationernas egenskaper i den färdiga byggnaden (2 kap. 1 §, BEN2).

### Effektavgivning från personer

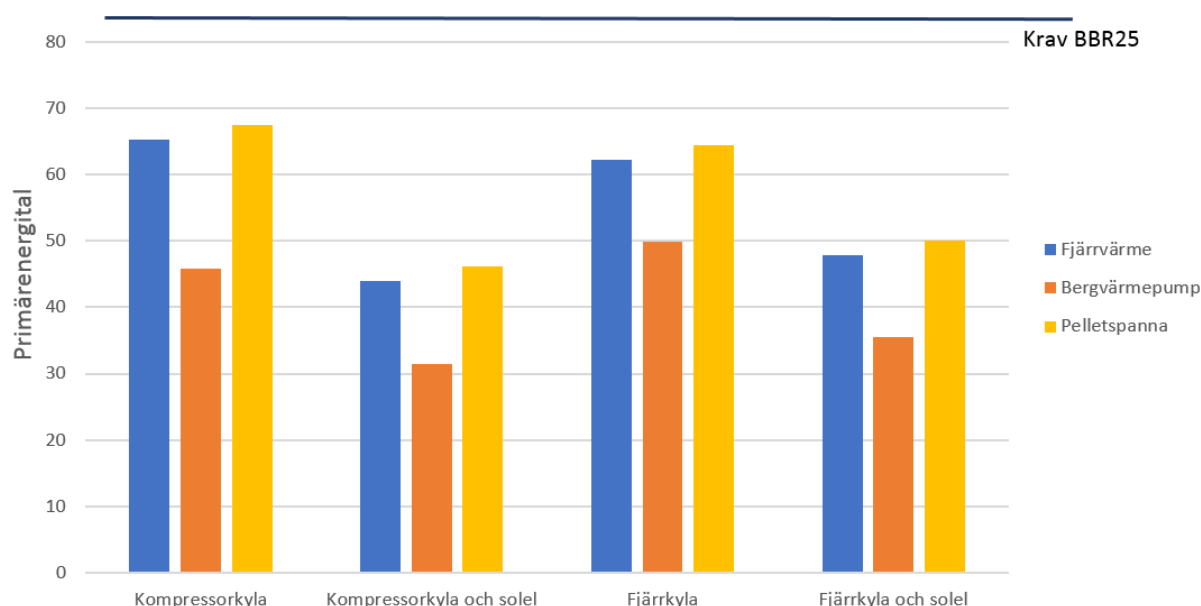
BEN2 anger värdet 108 W per person. Detta värde härstammar förmodligen från ASHRAE fundamentals 2009 och innefattar både sensibel och latent värmegenerering. För att nyttja den latent värmegenereringen till internvärme behöver den fukt som genereras kondensera och värmen tillvaratas vilket sällan sker i svenska kontor. Effektavgivning på 74 W per person motsvarar det sensibla värmetillskottet.

### Normal verksamhetsel i ett nybyggt kontor

Ett antagande görs att varje person har maskiner motsvarande 40 W (datorer m.m.) dagtid och 2 W nattetid. Detta ger en effekt på 1,8 W/m<sup>2</sup> dagtid och 0,1 W/m<sup>2</sup> nattetid. Belysning antags enligt BELOKs kravspecifikation 8 W/m<sup>2</sup> i kontorsrum och 5 W/m<sup>2</sup> i korridorer<sup>25</sup>. Ett antagande att 20 % av ytan är korridorer ger en effekt på 7,5 W/m<sup>2</sup> dagtid och 0,5 W/m<sup>2</sup> nattetid.

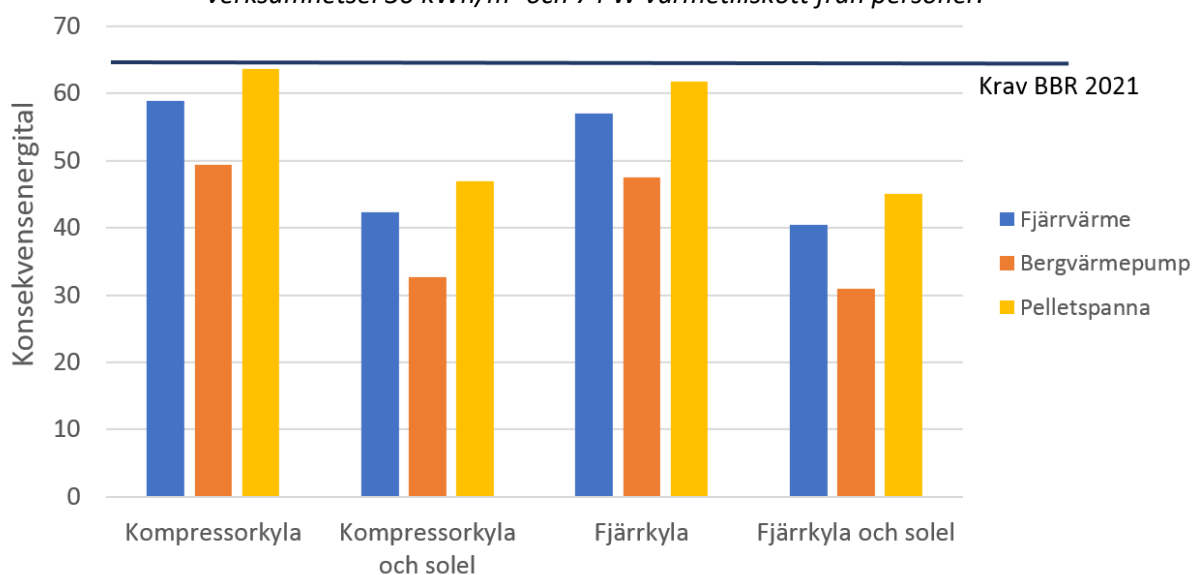
Sammantaget ger detta en verksamhetsel på ca 30 kWh/m<sup>2</sup>. Notera att en byggnad när den uppger verksamhetsel också har adderat el till serverrum. Serverrum ger dock inget bidrag till internvärme som påverkar BBR-energin utan kyls bort med processkyla. Därför har denna elanvändning inte beaktats som värmetillskott vid beräkningarna.

Nya beräkningar har därför gjorts med verksamhetsel på 30 kWh/m<sup>2</sup> och bara sensibelt värmetillskott från personer. Typkontoret har inga problem att klara BBR25 eller förslaget för BBR 2021, se figur 4.14 för BBR25 och figur 4.15 för BBR 2021.



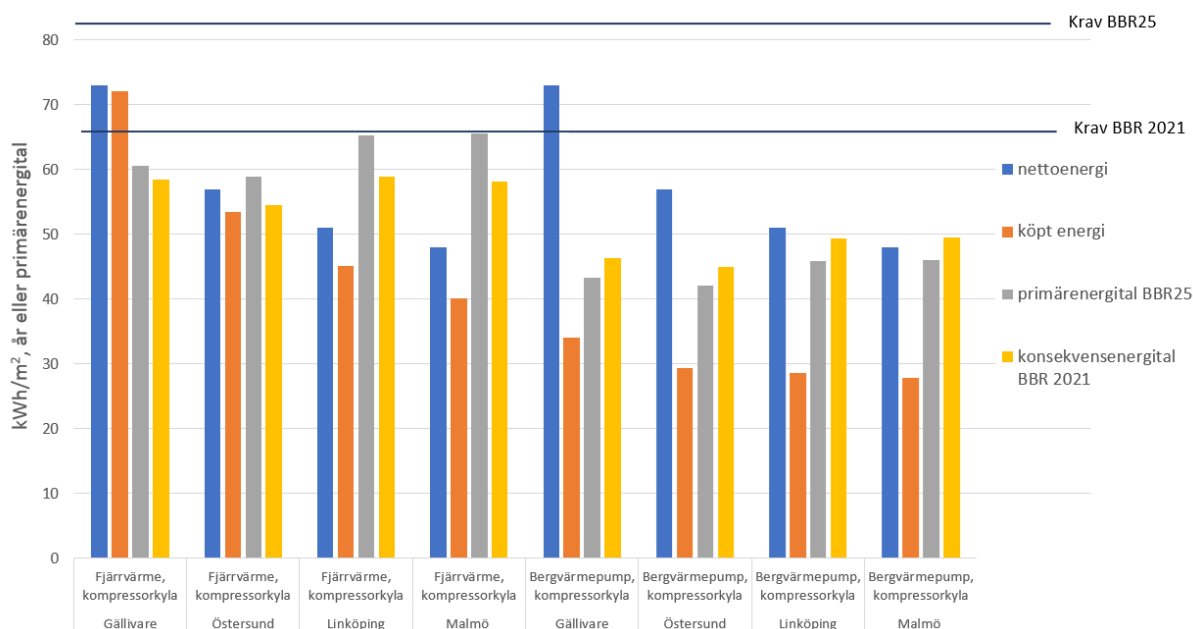
<sup>25</sup> Energikrav för lokalbyggnader, BELOK rapport, version 6, september 2015.

Figur 4.14: Primärenergital enligt BBR25 för typkontor med olika energisystem.  $U_m=0,39 \text{ W/m}^2, K$ , verksamhetsel  $30 \text{ kWh/m}^2$  och  $74 \text{ W}$  värmertilskott från personer.



Figur 4.15: Konsekvensenergital enligt BBR 2021 för typkontor med olika energisystem.  $U_m=0,39 \text{ W/m}^2, K$ , verksamhetsel  $30 \text{ kWh/m}^2$  och  $74 \text{ W}$  värmertilskott från personer.

Resultatet har testats genom att förlänga driftiden vilket visar att någon liten åtgärd kan behövas för att klara fjärrvärme med kompressorkyla. Resultatet har också testats genom att jämföra beräkningar för typkontoret för 4 olika klimat, Gällivare ( $F_{geo}$  är 1,9), Östersund ( $F_{geo}$  är 1,5), Linköping ( $F_{geo}$  är 1,0) och Malmö ( $F_{geo}$  är 0,8)., se figur 4.16.



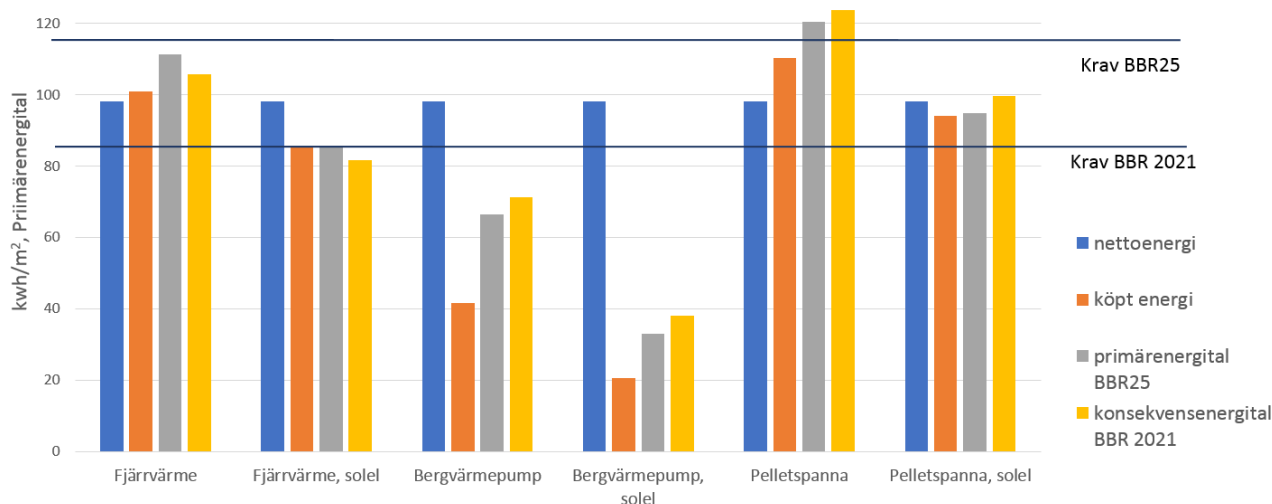
Figur 4.16: Nettoenergi, köpt energi, primärenergital enligt BBR25 och konsekvensenergital enligt BBR 2021 för olika installationer i typkontoret placerade på olika orter.  $U_m = 0,39 \text{ W/m}^2, K$ , verksamhetsel  $30 \text{ kWh/m}^2$  och  $74 \text{ W}$  värmertilskott från personer.

## 4.4 Skola

Beräkningar för typskolan visar att luftvattenvärmepumpen inte klarar kravet på installerad eleffekt och är därför inget alternativ.

Typskolan som antas vara byggd med enkla byggnadsdelar som kan förekomma idag, men som har sämre prestanda än dagens vanligen använda byggnadsdelar, har ett  $U_m$  på  $0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$  och klarar därmed den skärpta nivån på  $U_m$  föreslagen för BBR 2021. Med tekniska installationer av relativt låg kvalitet har typskolan inga problem att klara dagens byggregler enligt BBR25, se figur 4.17, med undantag av uppvärmning med pellets.

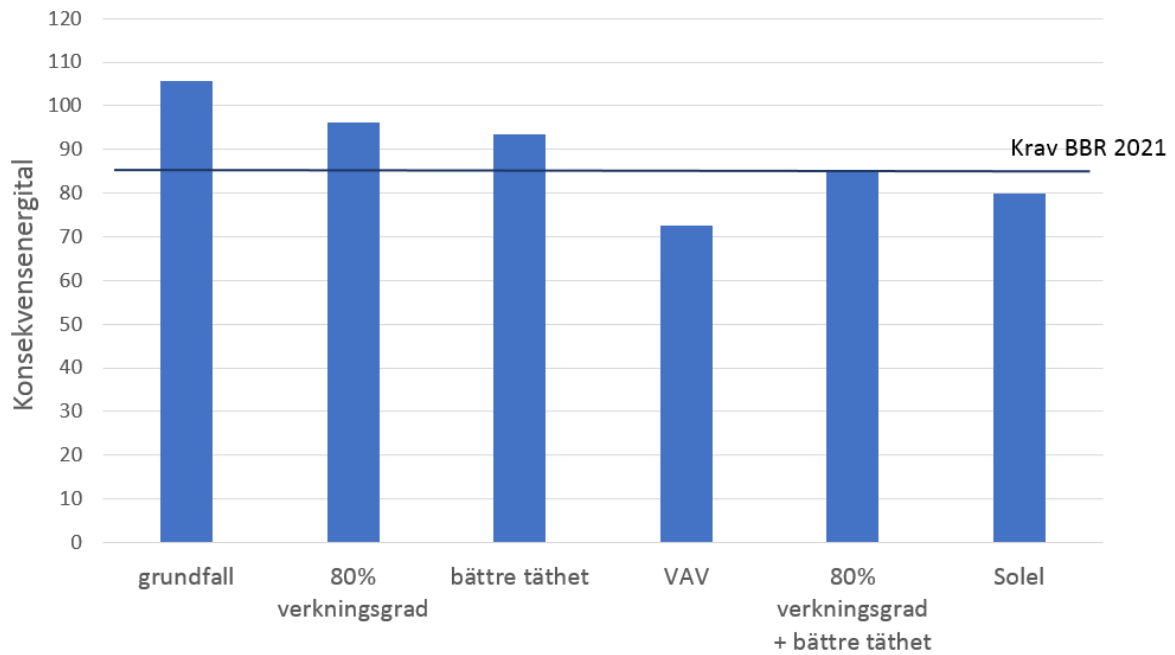
För skolor innebär förslaget för BBR 2021 en rejäl skärpning av energiprestandakravet. Dels sker en skärpning av själva kravnivån och dels sker en skärpning i beräkning av luftflödestillägget. Typbyggnaden som tidigare klarade BBR25 kommer inte att klara kraven vid uppvärmning med fjärrvärme eller pellets, se figur 4.17.



Figur 4.17: Nettoenergi, köpt energi, primärenergital enligt BBR25 och konsekvensenergital enligt BBR 2021 för olika uppvärmningssystem i en typskola med  $U_m$   $0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$  och brukardata enligt BEN2.

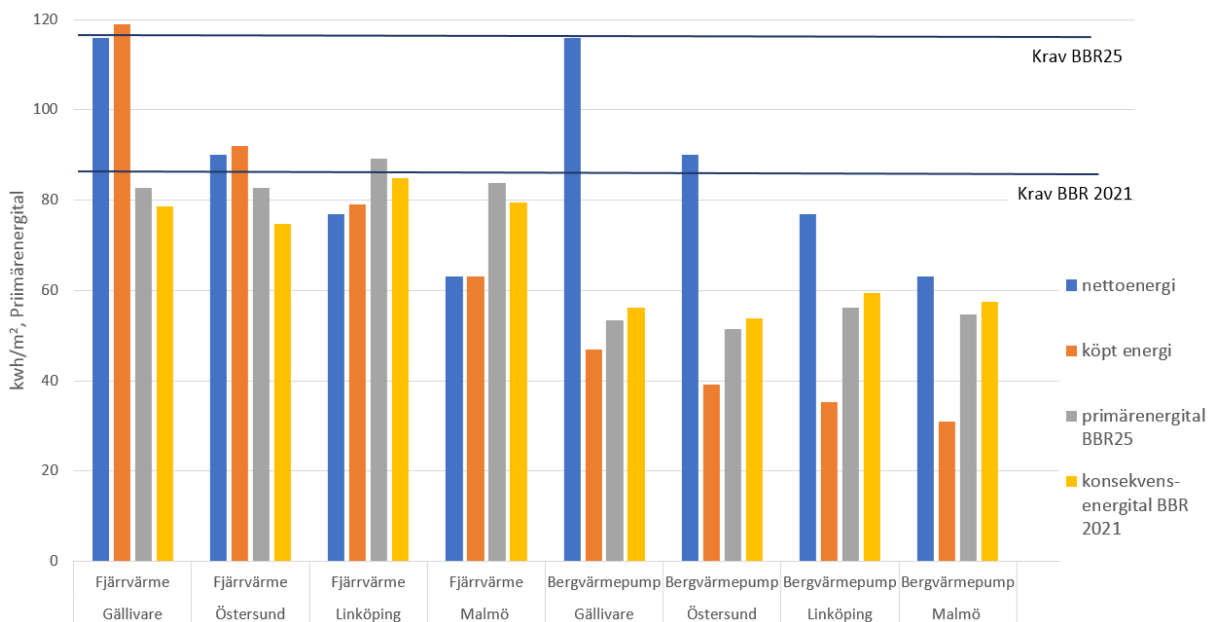
En typskola som värms med fjärrvärme behöver göra några åtgärder för att klara energiprestandakravet i förslaget för BBR 2021. I figur 4.18 visas hur energiprestanda för typskolan kan förbättras med till exempel bättre verkningsgrad på värmeåtervinningen (80 %) eller bättre täthet ( $q_{50} = 0,3 \text{ l/s,m}^2$ , vilket är det värde som rekommenderas av BELOK<sup>26</sup>). Dessutom testades om variabelt luftflöde (VAV) används istället för konstant luftflöde (CAV) med antagande om ett genomsnittligt ventilationsflöde på  $2,0 \text{ l/s,m}^2$ . Alternativt kan solceller installeras. Uppvärmning med bergvärmepump har inga problem att klara kraven medan pelletspanna behöver kombineras med till exempel installation av solceller.

<sup>26</sup> Energikrav för lokalbyggnader, BELOK rapport, version 6, september 2015.



Figur 4.18: Konsekvensenergital enligt förslag för BBR 2021 för typskola med  $U_m$  0,35 W/m<sup>2</sup>,K och BEN2, uppvärmd med fjärrvärme och olika energieffektiviserande åtgärder.

Resultatet har testats genom att jämföra beräkningar för typskolan för 4 olika klimat, Gällivare ( $F_{geo}$  är 1,9), Östersund ( $F_{geo}$  är 1,5), Linköping ( $F_{geo}$  är 1,0) och Malmö ( $F_{geo}$  är 0,8), se figur 4.19.



Figur 4.19: Nettoenergi, köpt energi, primärenergital enligt BBR25 och konsekvensenergital enligt förslag för BBR 2021 för typskola uppvärmd med fjärrvärme och bergvärmepump.  $U_m = 0,35$  W/m<sup>2</sup>,K, 80 % verkningsgrad för värmeåtervinning och lufttäthet  $q_{50} = 0,3$  l/s,m<sup>2</sup> och BEN2.

## **4.5            Analys av kostnadsoptimala nivåer**

Föreliggande studie är begränsad i avseende på att inga kostnader har beräknats för uppförande av byggnader med dess installationer och efterföljande drift. För att ändå göra en bedömning av hur resultatet står sig i förhållande till kostnader vid uppförande av byggnader och vad som kan vara en kostnadsoptimal nivå har en jämförelse genomförts med Boverkets utredning 2015 om en svensk tillämpning av nära-nollenergibygnader (se kapitel 2.4). Resultat visa i tabell 4.1.



Tabell 4.1, Jämförelse av beräknad energiprestanda och krav för förslag i BBR 2021 samt för Boverkets utredning 2015 för ett antal olika byggnader.

S	Energiprestanda enligt förslag i BBR 2021, Konsekvensenergital	Krav i förslag i BBR 2021	Energiprestanda enligt utredning av Boverket 2015 $E_{spec}$	Krav i utredning av Boverket 2015
Småhus <sup>1</sup> , fjärrvärme	82	80	81	80
Småhus <sup>1</sup> , bergvärmepump	59	80	70	80
Flerbostadshus <sup>2</sup> , fjärrvärme	78	78	67	55
Flerbostadshus <sup>2</sup> , bergvärmepump	63	78	62	55
Kontor <sup>3</sup> , fjärrvärme, kompressorkyla	59	66	51	51
Kontor <sup>3</sup> fjärrvärme, fjärrkyla	57	66	50	51
Kontor <sup>3</sup> , bergvärmepump, kompressorkyla	49	66	44	51
Kontor <sup>3</sup> , bergvärmepump, fjärrkyla	48	66	44	51
Skola <sup>4</sup> , fjärrvärme	85	87	76	72
Skola <sup>4</sup> , bergvärmepump	61	87	61	72

<sup>1</sup> 1,5-plan,  $U_m = 0,22 \text{ W/m}^2, K$

<sup>2</sup>  $U_m = 0,35 \text{ W/m}^2, K$

<sup>3</sup>  $U_m = 0,39 \text{ W/m}^2, K$ , verksamhetsel 30 kWh/m<sup>2</sup> och 74 W värmestillskott från personer

<sup>4</sup>  $U_m = 0,35 \text{ W/m}^2, K$ , 80 % verkningsgrad för värmeåtervinning och lufttäthet  $q_{50} = 0,3 \text{ l/s, m}^2$

I tabell 4.1 visas att för småhuset som nästan klarar kravet i förslag till BBR 2021 ligger på samma nivå i jämförelse med Boverkets utredning 2015. För denna typbyggnad är den kostnadsoptimala nivå som Boverket fastställde 2015 i samma nivå som kravet i förslaget för BBR 2021.

Typbyggnaden för flerbostadshuset som precis klarar kravet i förslag till BBR 2021 skulle däremot inte ha klara kravet i Boverkets utredning 2015. För denna typbyggnad är den kostnadsoptimala nivån i Boverkets förslag 2015 skarpare än kravet i förslaget till BRR 2021. För typkontoret finns god marginal till kravet i förslag till BBR 2021 medan kravet i Boverkets utredning 2015 ligger på ungefär samma nivå som energiprestandan för typbyggnaden. För denna typbyggnad är den kostnadsoptimala nivån i Boverkets förslag 2015 skarpare än kravet i förslaget till BRR 2021.

Typskolan som precis klarar kravet i förslag till BBR 2021 ligger något över kravet jämfört med Boverkets utredning 2015. För denna typbyggnad är den kostnadsoptimala nivå som Boverket fastställde 2015 i samma nivå eller något skarpare än i förslaget för BBR 2021.

## 4.6 Sammanfattande resultat

### Småhus

För båda varianter av småhus gäller att  $U_m$  måste vara lägre än kravet i BBR för att klara energikravet ( $90 \text{ kWh/m}^2$ ) då värmeåtervinning med relativt låg prestanda används. För att uppnå kraven i BBR24 måste  $U_m$  vara  $0,22 \text{ W/m}^2, \text{K}$  för typsmåhuset i ett plan respektive  $0,24 \text{ W/m}^2, \text{K}$  för typsmåhuset i 1,5 plan. Om typsmåhusen ska värmas med pelletspanna behöver den kombineras med solvärme.

För att klara kraven för BBR 2021 med uppvärmning med fjärrvärme, frånluftsvärmepump eller pelletspanna måste de kombineras med fler energieffektiviserande åtgärder. Det kan till exempel vara en bättre klimatskärm, bättre värmeåtervinning eller tappvarmvattenåtgärder. Det går att klara kraven för BBR 2021 med en klimatskärm i nivå med kravet på  $U_m$  ( $0,3 \text{ W/m}^2, \text{K}$ ) och uppvärmning med fjärrvärme men då behöver energisystemet kombineras med solvärme. För uppvärmning med pelletspanna krävs flera åtgärder i kombination med solvärme. Bergvärmepumpen klarar energiprestandakravet för småhuset med  $U_m$  på  $0,3 \text{ W/m}^2, \text{K}$ .

Eftersom frånluften har begränsat energiinnehåll blir primärenergitalet för småhus uppvärmda med frånluftsvärmepump högt om man använder direkt-el som spets.

### Flerbostadshus

För flerbostadshuset är  $U_m$  inte styrande. Om flerbostadshuset byggs med byggnadsdelar baserade på isoleringsgrad och prestanda utifrån den standard som vanligen förekommer idag för byggnader som inte har några särskilda energihushållningskrav klaras  $U_m$ -kraven i BBR25. Beräkningarna visar att typflerbostadshuset med  $U_m$  enligt kraven i BBR25 har marginal till att klara energikravet för samtliga kombinationer av energisystem med undantag av enbart pelletspanna, som behöver någon form av åtgärd.

För flerbostadshuset skärps  $U_m$ -kravet till  $0,35 \text{ W/m}^2, \text{K}$  i förslag för BBR 2021. Beräkningar av konsekvensenergital för BBR 2021 visar att alla kombinationer av energisystem förutom pelletspanna och pelletspanna med solceller (som behöver fler åtgärder) klarar kraven för BBR 2021.

### Kontor

För typkontoret kan konstateras att det inte har några problem att klara varken  $U_m$ - eller energiprestandakraven i BBR25. Detta med prestanda på byggnadsdelar och installationer som är enkla att nå. I förslag för BBR 2021 skärps kravet på  $U_m$  till  $0,4 \text{ W/m}^2, \text{K}$ , vilket inte heller är något större problem att klara förutom för mycket höga byggnader. Med brukarindata enligt BEN2 eller med en betydligt lägre nivå på internvärme kommer de nya energiprestandakraven enligt förslag för BBR 2021 att kunna uppnås med standardprestanda på installationer.

### Skola

För typskolan kan konstateras att den inte har några problem att klara kraven på  $U_m$  enligt BBR25 eller förslaget på BBR 2021 ( $0,40 \text{ W/m}^2, \text{K}$ ).  $U_m$  i förslaget till BBR 2021 uppnås lätt och var endast  $0,35 \text{ W/m}^2, \text{K}$  med enkla byggnadsdelar som kan förekomma idag, men som har sämre prestanda än dagens vanligen använda byggnadsdelar.

För typskolan kan konstateras att den inte heller har några problem att klara energiprestandakraven i BBR25. För skolor innebär det nya förslaget för BBR 2021 en rejäl skärpning för energiprestandakravet. Dels sker en skärpning av själva kravet och dels sker en skärpning i beräkning av luftflödestillägget som får adderas till kravet.

Typbyggnaden som tidigare klarade BBR25 behöver därmed förbättras för att klara förslaget för BBR 2021 då byggnaden värms med fjärrvärme. Detta kan till exempel åstadkommas med bättre täthet och bättre verkningsgrad för värmeåtervinning i ventilationen. Installation av behovsstyrd ventilation eller solceller är också effektiva åtgärder för att klara kraven.

## 5 Slutsatser och diskussion

### 5.1 Lever de svenska byggreglerna upp till det förändrade syftet?

Här avses om byggreglerna leder till att energieffektiva byggnader med ökad användning av förnybar energi uppförs i förhållande till vad som skulle ha uppförts annars.

#### **Krav på $U_m$ kan i vissa fall leda till bättre klimatskärm**

Det kan konstateras att kravet på  $U_m$  i BBR25 inte kommer att leda till att de undersökta typbyggnaderna uppförs med bättre  $U_m$  än vad de skulle ha uppförts med utan kravet.

För flerbostadshuset, kontoret och skolan uppfylls de krav som ställs genom att använda sig av byggnadsdelar baserade på isoleringsgrad och prestanda utifrån den standard som vanligen förekommer idag. För småhus är energikraven i BBR25 styrande vilket gör att ett betydligt bättre  $U_m$  än vad som krävs behövs för att uppfylla energikraven. Detta gör att  $U_m$ -kravet även här blir verkningslöst.

För  $U_m$  krav i förslaget i BBR 2021 kan det i vissa fall leda till att byggnader uppförs med bättre  $U_m$  än vad de skulle ha uppförts med utan kravet. För mycket höga flerbostadshus eller lokaler med stor andel fönsterarea kommer  $U_m$  att vara begränsande och leda till bättre lösningar med till exempel dubbelfasad, bättre fönster eller begränsning av fönsterarea. För småhus kommer  $U_m$  att vara en begränsande parameter för till exempel uppvärmning med bergvärmepump eller om fjärrvärme används i kombination med solvärme.

#### **Energikravet leder till mer energieffektiva små byggnader**

För småhus kommer byggnadsdelar med bra U-värden att behövas för att energikraven ska kunna uppfyllas. Sannolikt gäller det samtliga byggnader med stor formfaktor, dvs även lokaler i ett plan. Byggreglerna blir därmed sannolikt styrande för små byggnader, till exempel förskolor, att byggas med en kompakt form i två våningar istället för utbredda i ett plan, men här behövs fortsatt utredning. En jämförelse med Boverkets utredning om kostnadsoptimala nivåer visar att för småhus är också kravnivån i förslaget för BBR 2021 i samma nivå som de kostnadsoptimala nivåerna i Boverkets utredning 2015.

Energikravet för småhus i förslaget till BBR 2021 kommer att leda till att uppvärmning med fjärrvärme, pellets eller frånluftsvärmepump kommer att kräva ytterligare åtgärder för att uppfylla kraven. Detta kan till exempel vara installation av solvärme eller bättre klimatskärm.

Det kan konstateras att energikravet i BBR25 inte leder till att mer energieffektiva byggnader uppförs än vad som skulle ha uppförts utan kravet för flerbostadshuset, kontoret och skolan. De föreslagna nivåerna på energikravet uttryckt i primärenergital uppfylls med standardlösningar och installationer med standardprestanda som vanligen förekommer idag, eventuellt i kombination med någon enkel åtgärd. Detta gäller också för flerbostadshus och kontor vid beaktande av energikrav i förslaget i BBR 2021. En jämförelse med Boverkets utredning om kostnadsoptimala nivåer visar att för de undersökta typbyggnaderna är kravnivåerna betydligt skarpare i Boverkets förslag 2015 än i förslaget i BBR 2021.

För lokalbyggnader som skolor som behöver höga luftflöden men som inte har så hög internvärme kommer energikravet att kräva att några enkla åtgärder genomförs. Det kan till

exempel vara en kombination av bättre täthet, bättre verkningsgrad för värmeåtervinning i ventilationen, behovsstyrning av ventilationen, bättre klimatskärm eller installation av solexel.

En jämförelse med Boverkets utredning om kostnadsoptimala nivåer visar att för denna typbyggnad är den kostnadsoptimala nivån som Boverket fastställde 2015 i samma nivå eller något skarpare än i förslaget för BBR 2021. Här behövs fortsatt utredning om kravnivån för skolor eventuellt skulle kunna skärpas ytterligare i BBR 2021.

### **Byggreglerna kan leda till mer installation av solvärme i småhus**

Eftersom det är relativt enkelt att uppfylla energikraven så kommer de inte att leda till ökad användning av förnybar energi. Att installera solexel på byggnaden eller dess tomt behövs inte. Det bedöms vara enklare att göra andra åtgärder som bättre verkningsgrad på FTX, tätare byggnad, behovsstyrning, effektivare fläktar och pumpar med mera än att installera solexel för att uppfylla energikraven i byggreglerna. Så som reglerna är utformade för förnybar energi som alstras i byggnaden eller på dess tomt är det också relativt komplicerat att både beräkna genererad respektive använd el och senare följa upp detta med mätning. Detta eftersom generering och användning behöver ske samtidigt. Installation av solexel på bostäder ger därför endast en liten möjlighet att tillgodoräkna sig solexel eftersom elen genereras på dagtid medan elanvändningen sker under hela dygnet (såvida inte byggnaden förses med batterier). Detta trots att ekvationen för primärenergital möjliggör att tillgodoräkna sig genererade solexel multiplicerat med primärenergifaktorn för el.

Bostäder kan istället tillgodoräkna sig betydligt mer energi genom alstrad värme från en solvärmeanläggning. Detta beror dels på att solvärmeanläggningar har en ackumulatortank vilket gör att beräkningen inte blir lika känslig för att användning och alstring sker samtidigt. Dels är det en av få åtgärder som kan påverka normaliseringsvärdet för tappvarmvatten (BEN2) och på så sätt ge mer utrymme för en högre användning av energi till uppvärmning. Detta gäller inte lokaler även om de skulle ha en hög varmvattenanvändning eftersom normalt brukarvärde enligt BEN2 är 2 kWh/m<sup>2</sup>. Just för småhus kan därmed byggreglerna leda till mer installation av solvärmeanläggningar.

### **Krav för att minimera kylbehov är inte tillräckligt**

Boverkets förslag för BBR 2021 är inte tillräckligt för att säkerställa en god projektering och uppförande av en byggnad med ett lågt kylbehov. I BBR25 och tidigare versioner av BBR har kompressorkyla straffats genom uppräkningsfaktor av elanvändning till kompressorkyla. I förslaget till BBR 2021 underlättas istället fjärrkyla genom en primärenergifaktor under 1,0. Därmed är förslaget för BBR 2021 betydligt mer gynnsamt för kylenergianvändning än jämfört med BBR25 oavsett om komfortkyla förses med kompressorkyla eller fjärrkyla. Detta kan innebära att lokaler projekteras med ett mindre behov av värme på bekostnad av ett ökat behov av kyla. Förutom att primärenergifaktorn behöver ändras behövs fortsatt utredning om hur energianvändning för kyla kan begränsas till exempel på liknande sätt som begränsning sker med  $U_m$  för värmeeffektbehovet.

## 5.2 Är någon systemgräns att föredra utifrån ett svenskt perspektiv?

Här avses om utformning av byggregler med nivåer och systemgräns är att föredra med avseende på möjlig påverkan på de svenska energisystemen (el- eller fjärrvärmesystem), byggnadens kvalitet i ett långsiktigt perspektiv och tydlighet av kostnader och verklig miljöpåverkan för fastighetsägarens beslut.

### Byggreglerna är teknikneutrala

Reglerna för BBR25 och förslaget för BBR 2021 kan betraktas som teknikneutrala när det gäller uppvärmningssystem. Det finns inget i reglerna som leder till att någon uppvärmningsteknik skulle väljas framför en annan eller att någon teknik skulle vara omöjlig att använda. Alla energisystem klarar kraven både för  $U_m$  och energikrav för flerbostadshuset, skolan och kontoret utan problem eftersom de är så pass generösa och det är därmed helt andra faktorer som avgör vilket energisystem som väljs.

För byggnader i ett plan kan det, med avseende på BBR25, ske ett visst val eller en kostnadsoptimering mellan sämre  $U_m$  och bergvärmepump eller bättre  $U_m$  och fjärrvärme. I förslaget för BBR 2021 är  $U_m$  kravet mer begränsat. För småhus krävs att uppvärmningssystem med fjärrvärme, pellets eller med frånluftsvärmepump behöver andra åtgärder som antingen en förbättrad klimatskärm eller installation av solvärme.

I de fall fjärrvärme skulle vara ett alternativ för småhus kommer fjärrvärmesystemet att påverkas av ett lågt effektbehov vintertid på grund av bättre klimatskärm eller ett lågt eller inget effektbehov sommartid på grund av att solvärme installerats. Det sistnämnda är inte alltid önskvärt i fjärrvärmenät som till exempel baseras på kraftvärme, spillvärme eller avfallsförbränning och fjärrvärmenätet kan ha ett behov av att bli av med värme under sommaren.

Det är tuffare krav för uppvärmning med pellets i jämförelse med uppvärmning med fjärrvärme. Dels ligger verkningsgraden för pelletsuppvärmning innanför systemgränsen och del har pellets en högre primärenergifaktor. Uppvärmning med pellets kommer i de flesta fall att behöva kombineras med solvärme. Detta är en tekniskt en bra lösning eftersom pellets spannan då kan stängas av sommartid. Det ger också en miljömässigt bra lösning eftersom pelletsförbränning kan orsaka bildning av marknära ozon i närområdet och sommartid vistas brukare ofta utomhus.

Därmed finns inget i byggreglerna, varken BBR25 eller förslag på BBR 2021, som kommer att påverka el- eller fjärrvärmesystem genom förskjutning från val av en uppvärmningsform till en annan.

Reglerna för BBR25 och förslaget för BBR 2021 kan betraktas som teknikneutrala också när det gäller kylsystem. I BBR25 ska el till kompressorkyla i icke eluppvärmda byggnader multipliceras med en faktor 1,875. I förslaget för BBR 2021 är primärenergifaktorn för fjärrkyla 0,62. När det gäller frikyla från till exempel närliggande sjövatten kan förtydligande behövas för om det ska betraktas som frikyla eller fjärrkyla. Förslaget i BBR 2021 är betydligt mer fördelaktigt för kylenergianvändning än i BBR25, detta i sig kan påverka både el- och fjärrkylasystem och i förlängningen även fjärrvärmesystem under sommarhalvåret.

## **BBR är inte utformad så att projektering sker enligt energitriangeln för flerbostadshus och kontor**

För flerbostadshus och kontor är inte byggreglerna utformade så att en byggherre skulle följa energitriangeln under en projektering. Eftersom både  $U_m$  och energikraven är enkla att uppfylla behöver inte krav 1 och 2 i energitriangeln beaktas (se kapitel 1.1). Eftersom det är enkelt att uppfylla dessa krav behöver inte heller det tredje kravet beaktas eftersom tillgodoräkandet inte behövs av förnybar energi alstrad på byggnaden eller dess tomt.

För småhus uppvärmda med fjärrvärme, pellets eller med frånluftsvärmepump och skolor behöver krav 2 eventuellt i kombination med krav 3 beaktas. För småhus uppvärmda med bergvärmepump kommer  $U_m$  kravet att vara en begränsning.

För att uppfylla alla tre prioriteter i energitriangeln är det naturligt att mer än ett krav behöver sättas. Därav bör fortsatt ett  $U_m$  krav finnas i byggreglerna. I förslaget för BBR 2021 har  $U_m$  kraven skärpts för samtliga byggnadskategorier. För att klara kravet för höga byggnader behöver beaktande ske med avseende på U-värden för byggdelen och andel fönsterarea. Fortsatt utredning behövs för att avgöra om  $U_m$  kraven skulle kunna skärpas ytterligare.

Ett krav på energianvändning bör också finnas med. Här gäller det att beakta punkt 2 i PBL (kap3. §14) att en byggnad bör ha särskilt goda egenskaper när det gäller hushållning med el. Kravet på energianvändning med el behöver därav vara skilt från kravet med övriga uppvärmningsformer. I tidigare byggregler (BBR24 etc.) har kraven varit olika beroende av om byggnaden är eluppvärmd eller icke eluppvärmd, där en icke eluppvärmd byggnad har en installerad eleffekt för uppvärmning som är mindre än  $10 \text{ W/m}^2$ . Detta har praktiskt vållat besvär med optimering av installerad eleffekt som inte har haft någon betydelse för energihushållning. Att använda ekvationen för beräkning av primärenergital som finns i BBR25 är ett bättre tillvägagångssätt för att särskilja krav mellan el och värme samt el och kyla. Detta förutsätter att endast två primärenergifaktorer används, en för el och en för övriga energibärare och energislag. Det förutsätter att ekvationen endast används för beräkning av kravet.

För att uppfylla det tredje kravet i energitriangeln och främja användandet av förnybar energi så behövs förtydliganden eller ändrade instruktioner om tillvägagångssätt för tillgodoräkandet av förnybar energi i byggreglerna.

Att använda konsekvensenergital, dvs primärenergifaktorer under 1,0, strider direkt emot energitriangeln.

### **Energiprestanda bör redovisas i köpt energi**

Tolkning av primärenergital är svårt. Särskilt i orter som ska justeras även med den geografiska justeringsfaktorn. Värdet på primärenergitalet är långt ifrån den köpta energin som fastighetsägaren kan förväntas få betala för. För en skola uppvärmd med fjärrvärme i Gällivare är exempelvis primärenergitalet för BBR25  $83 \text{ kWh/m}^2$  medan den köpta energin är  $119 \text{ kWh/m}^2$  och för samma byggnad i Malmö är primärenergitalet för BBR25  $84 \text{ kWh/m}^2$  medan den köpta energin är  $63 \text{ kWh/m}^2$ , se tabell 5.1. Särskilt svårtolkat är det med konsekvensenergital. Det är också svårtolkat med normaliserad användning där särskilt tappvattenanvändning för bostäder kan skilja sig avsevärt från verklig användning och köpt energi. En lägre förståelse för vad en energiprestanda innebär kan i förlängningen bidra till att byggreglerna eller energideklarationerna inte tas på allvar.

För att fastighetsägare direkt ska kunna göra en koppling till driftkostnader är det viktigt att ha kontroll över faktisk energianvändning, dvs köpt energi. Vid krav på redovisning av primärenergital kommer två beräkningar att behöva genomföras vid projektering av en byggnad. Dels en beräkning av primärenergital för att fastställa om byggnaden klarar energiprestandakraven och dels en beräkning av köpt energi för att fastighetsägaren ska kunna bedöma kommande driftkostnader. Att genomföra och presentera två olika beräkningar kommer att öka kostnader under projektering.

Tabell 5.1: Exempel på olika primärenergital skiljer sig från köpt energi för en skola i Gällivare respektive Malmö, uppvärmd med fjärrvärme eller värmepump.

	Fjärrvärme, Gällivare	Fjärrvärme, Malmö	Bergvärmepump, Gällivare	Bergvärmepump, Malmö
<b>Köpt energi</b>	119	63	47	31
<b>Primärenergital enligt BBR25</b>	83	84	53	55
<b>Konsekvensenergital enligt förslag för BBR 2021</b>	84	85	62	63

### 5.3 Vilka systemgränser är möjliga?

Här avses att analysera vilka systemgränser är möjliga utifrån plan- och byggförordningen (3 kap. §14) och direktivet om byggnaders energiprestanda 2010/31/EU.

#### Byggreglerna uppfyller inte PBF eller energiprestandadirektivet för flerbostadshus och kontor

Utifrån kraven på definition av en nära-nollenergibyggnad (se kapitel 2.6) har Boverket tagit fram en ekvation för beräkning av primärenergital som införts i BBR25. Primärenergitalet i BBR25 utgår från levererad (köpt) energi som multipliceras med en primärenergifaktor och följer därmed direktivet (2010/31/EU) enligt deras egen utredning<sup>27</sup>. BBR25 följer också i princip plan- och byggförordningen, 3 kapitlet, 14 §:

- punkt 1 genom primärenergitalet,
- punkt 2 genom krav på installerad eleffekt och primärenergitalet
- punkt 3 genom krav på  $U_m$ .

Kravet i punkt 1 preciserar en mycket hög energiprestanda (nära-nollenergibyggnad) vilket inte stämmer överens med den nivå som finns i BBR25 eller den som föreslås för flerbostadshus och kontor i BBR 2021. Genom att använda ekvationen i BBR25 med två primärenergifaktorer (el och övrigt) för kravet på energianvändning kan kravet uppfyllas. Det skulle vara en fördel för förståelse och direkt koppling till energiräkningen om även köpt energi bör redovisas för byggregler och energideklarationer.

Kravet på installerad eleffekt, punkt 2, innebär att värmepumpande tekniker som inte fungerar de kallaste vinterdagarna kommer att behöva spetsenergi som måste tillgodoses med ett kompletterande uppvärmningssystem som inte är elbaserat. Särskilda krav för el i ekvationen för beräkning av primärenergital kan uppfylla kravet.

<sup>27</sup> Förslag till svensk tillämpning av näranollenergibyggnader, Definition av energiprestanda och kvantitativ riktlinje, Boverket Rapport 2015:26.



Kravet i punkt 3 preciserar att endast en *låg* mängd värme ska kunna passera igenom det isolerande skiktet. Därmed skulle kravet på  $U_m$  kunna vara betydligt skarpare än i BBR25 och eventuellt något skarpare än för förslaget i BBR 2021 men här behövs mer utredning.

När det gäller direktivet 2010/31/EU så specificeras i definitionen av en nära- nollenergibyggnad att *"den mycket låga mängden energi som krävs bör i mycket hög grad tillföras i form av energi från förnybara energikällor, inklusive energi från förnybara energikällor som produceras på plats, eller i närheten"*. Eftersom det är relativt enkelt att uppfylla energikraven i BBR25 och även för många byggnader enligt förslaget för BBR 2021 så kommer de inte att leda till ökad användning av förnybar energi. Undantaget är småhus där byggreglerna kan leda till mer installation av solvärmeanläggningar, särskilt i småhus som har annan uppvärmning än med värmepumpande teknik.

### **Primärenergifaktorer bör inte ha värden under 1,0**

I föreliggande rapport har systemgränsen konsekvensenergital studerats. Detta tal kan dock inte betraktas att uppfylla direktivet (2010/31/EU) bilaga 1, krav 1 eftersom det är den beräknade eller faktiska energi som ska utgöra byggnadens energiprestanda, dvs oavsett om det finns någon alternativ användning av bränslet eller inte. Vidare definieras primärenergitalet i direktivet som energi från förnybara och icke-förnybara energikällor som inte har genomgått någon omvandling. Därmed är det inte möjligt att ha en primärenergifaktor med ett värde under 1,0.

Att sätta primärenergifaktorer under 1,0 strider också mot PBF som i sin tredje punkt specificerar att endast en låg mängd värme ska kunna passera igenom det isolerande skiktet. PBF ger här en tydlig riktlinje att byggreglerna bör styra mot en god klimatskärm. Att ha primärenergifaktorer under 1,0 kan ha direkt motsatt effekt på energihushållning eftersom en sämre klimatskärm kan väljas.

### **Primärenergifaktor 0,62 på fjärrkyla kan leda till en ökad energianvändning**

Kravet i punkt 1 (plan- och byggförordningen, 3 kapitlet, 14 §) preciserar att en byggnad ska ha mycket hög energiprestanda (nära-nollenergibyggnad). En primärenergifaktor under 1,0 kan direkt leda till att nya byggnader uppförs med ett onödigt stort kylbehov. Välisolerade och täta byggnader som ger bra resultat för ett minskat värmebehov ger på samma gång ett ökat kylbehov. Vid projektering av byggnader som både behöver värme och kyla krävs stor omsorg vid utformning av byggnaden så att solvärmelasten särskilt sommartid begränsas samtidigt som byggnaden behöver god tillgång på dagsljus. Åtgärder som invändigt och utvändigt solskydd, val av fönster avseende solfaktor och anpassning av fönsterstorlek och orientering behöver beaktas för att minska behovet av komfortkyla. En primärenergifaktor på 0,62 gör att dessa åtgärder blir mindre viktiga eftersom det för primärenergitalet inte gör så mycket att kylbehovet ökar. Solskydd är dessutom både en extra kostnad och ofta underhållskrävande varför de inte alltid installeras så som det var föreskrivet vid projekteringen. Vidare är det inte alltid möjligt att köpa in de fönster som projekteras med en kombination av U-värde, g-värde och LT-värde. Tillsammans med de minskade kraven på att energianvändningen ska verifieras finns en övervägande risk att en sådan primärenergifaktor i förlängningen kommer att leda till att nyuppförda byggnader kommer att ha ett stort kylbehov och en ökad kylenergianvändning.

## Primärenergifaktorer i byggregler bör begränsas

Direktivet (2010/31/EU) bilaga 1, krav 2 definierar att primärenergifaktorer per energibärare, kan bygga på nationella eller regionala viktade årsmedelvärden eller ett särskilt värde för lokal produktion. Detta stämmer väl överens med att sätta ett värde för el och faktorn 1,0 för övriga energibärare och energislag. "Särskilt värde för lokal produktion" skulle kunna motivera särskilda primärenergifaktorer för olika fjärrvärme- eller fjärrkylanät. Detta skulle dock ha flera nackdelar. Dels skulle det vara svårt att fastställa primärenergifaktorn årsvis för olika lokala nät, dels skulle det vara svårt för byggherren att överväga olika uppvärmnings- och kylsystem beroende av om energimixen i nätet kommer att ändras inom rimlig framtid. En nackdel med att ha samma primärenergifaktor baserat på nationella medelvärden för all fjärrvärme och fjärrkyla är att energibolag som inte ställer om eller effektiviserar sin energiproduktion kommer att åka snålskjuts på de energibolag som aktivt jobbar med omställning. Därmed bör konservativa värden användas, vilket återigen motsäger primärenergifaktorer som ligger under 1,0.

Den konsekvensutredning<sup>28</sup> som Boverket presenterar tillsammans med de föreslagna föreskrifterna för BBB 2021 saknar utredning om hur primärenergifaktorn 0,62 för fjärrkyla har beräknats. Fjärrkyla består vanligen av frikyla, kompressorkyla eller absorptionskyla, eller en kombination av dessa. I ett primärenergiperspektiv är frikyla fördelaktigt medan det spelar mindre roll om kompressorkylan genereras i byggnaden eller centralt. Absorptionskyla drivs ofta av överskottsvärme som finns i fjärrvärmenätet sommartid. Även om flera fjärrkylanät idag har så pass stor mängd frikyla att en låg primärenergifaktor skulle kunna motiveras, som nationellt årsmedelvärde, så är det högst olämpligt att ha primärenergifaktorer under 1,0. Detta hämmar energieffektiviseringsåtgärder för byggnaders solvärmelaster, som blir allt viktigare då byggnaders byggs med mer välisolerade och täta klimatskärmar. Detta kan i förlängningen orsaka att fler fjärrkylanät byggs eller de befintliga fjärrkylanätens kapacitet ökas med mer kompressorkyla eller absorptionskyla. Ett utökat behov av absorptionskyla kan i förlängningen orsaka en ökad produktion av fjärrvärme med hög temperatur under sommaren. Fjärrvärme som kan vara baserad på fossila inhemska eller importerat avfall, som i sin tur hämmar sortering och återvinning av material.

## 5.4 Hur bör uppföljning och verifiering ske av att byggregler följs?

Verifiering via mätning är väsentligt för att kraven ska uppfyllas. Sveriges byggregler, som de är utformade idag, är i ett internationellt perspektiv unika genom att ställa krav på uppmätt energianvändning under ett års tid. I de flesta europeiska länder ställs istället krav på beräknad energianvändning vid projektering av byggnaden. Att beräkna energiprestanda är betydligt enklare att hantera än att mäta den men har nackdelen att det i många fall stämmer dåligt överens med den energianvändning som byggnaden har i kommande drift. Som tidigare nämnts visar flera rapporter, som jämfört projekterad energiprestanda med verkligt utfall, att i cirka 40 procent av fallen stämmer inte den uppmätta energianvändningen med den projekterade.

Att byggnadens energianvändning ska mätas har inneburit att bygg- och fastighetsbranschen har skärpt avtalsförhållande och kommit överens om branschstandarder som reglerar hur verifiering av energianvändningen ska ske (SVEBY, [www.sveby.org](http://www.sveby.org)). Sannolikt har detta lett till en kvalitetssäkring i byggprocessen som har varit positiv för utvecklingen av mer energieffektiva byggnader. Ett installerat mätsystem med hantering av data ökar fastighetsägarens möjligheter

---

<sup>28</sup> Konsekvensutredning BFS 2018:xx, Boverkets föreskrifter om ändring i verkets byggregler (2011:6) – föreskrifter och allmänna råd, BBR, avsnitt 1, 5, 6 och 9, Boverket mars 2018.

att kontinuerligt följa upp driften i byggnaden och minimera energianvändningen. Kravet på mätuppföljning och myndighetskontroll av utfallet har dock försvagats i de senaste byggreglerna. Förslaget i Boverkets rapport<sup>29</sup> att Boverket blir tillsynsmyndighet kan vara effektivt till att åter sätta fokus på uppföljning. Detta kräver dock att energiprestanda redovisas på ett sätt vid bygglovshantering som gör det möjligt att senare följa upp kravet.

Beräkningarna i denna rapport utgår från att projektering, uppförande och drift sker enligt ideala förhållanden och därmed hur byggreglerna skulle efterlevas om krav endast sker på beräknade värden. Om tydligare krav på mätuppföljning med myndighetskontroll införs behöver det finnas en säkerhetsmarginal till krav på nivåer vilket måste beaktas vid eventuell skärpning av nivåerna.

## 5.5 Övriga reflektioner

### Formfaktorn har stor betydelse

Byggnadens formfaktor, det vill säga kvoten mellan byggnadens omslutande area,  $A_{om}$ , och uppvärmda area,  $A_{temp}$ , har stor inverkan på resultatet. Flervåningsbyggnader, med låg formfaktor (0,92), får bättre resultat än byggnader med få våningar. Svårast är att klara kraven för enplanshus (formfaktor 3,5). Dessa byggnader klarar inte energikravet om inte förbättringar görs för  $U_m$ .

I övergång från BBR24 till BBR25 kommer byggnader med hög formfaktor att behöva förbättra  $U_m$  för att klara nya krav, speciellt gäller detta för byggnader med frånluftsvärmepump. Frånluftsvärmepumpen har begränsad kapacitet (maxeffekt) eftersom det endast är energiinnehållet i frånluften som utnyttjas. Dessa system kräver någon form av spetsvärme vilket fördyrar investeringskostnaderna för två uppvärmningssystem.

För riktigt höga byggnader blir det dock svårare att klara kraven på  $U_m$  eftersom andelen fönster av den omslutande arean blir större ju högre bygganden är. Här gäller det att arbeta med bättre U-värden på fönster och att minska fönsterarean. Ett annat alternativ är dubbelfasad.

### Brukarrelaterade data enligt BEN och luftflödestillägg för lokaler

Beräkningarna visar att rekommenderade brukarindata för kontoret (BEN2) kan förbättras. Främst gäller det internvärme från verksamhetsel och personer som i BEN2 är överskattade när det gäller dagens moderna kontor. Värdet i BEN2 härstammar sannolikt från en rapport från SVEBY som i sin tur baserar sig på prestandaberäkningar och mätningar för kontor under 2000-talet<sup>30</sup>. Enkla överslag i föreliggande rapport visar att det hänt mycket i utvecklingen av kontorsutrustning och att en ny utredning behövs för att ta fram mer relevanta värden för internvärme från verksamhetsel. Detta kan underlätta för att ge en tydligare beskrivning av byggnadens energibehov för uppvärmning och kyla. Även om BEN2 specificerar att värden endast är ett exempel så finns en uppenbar risk för att dessa används istället för "verkliga" värden om utfallet blir mer fördelaktigt. Vidare konstateras att rekommendationen för verksamhetsel i skolor är betydligt bättre formulerad. Här preciseras värdet med effekt för belysning och utrustning och endast en årsschablon för årlig energianvändning. Detta gör det enklare att anpassa för byggnadens drifttid.

<sup>29</sup> Tillsynen och efterlevnaden av energi-hushållningskravet, Boverket Rapport 2017:22

<sup>30</sup> Brukarindata kontor, Sveby rapport, 2013-06-05.

I BBR tillåts att göra ett tillägg till energikravet för ett utökat uteluftsflöde på grund av hygieniska skäl. Själva beräkningen av tillägget är tydlig men vad som betraktas som hygieniskt luftflöde är otydligt i anvisningarna. Detta gör att branschen räknar med ett dimensionerande luftflöde och ett CAV-system utan någon behovsanpassning under drifttid. Med dagens styrsystem är det fullt möjligt att med enkel reglering anpassa luftflödet åtminstone i två steg beroende av verksamhetens behov. Därmed skulle ett maxflöde efter byggnadens totala personbelastning kunna vara styrande för beräkning av luftflödestillägget. Även här skulle en utredning behövs angående lämpliga instruktioner för beräkning av luftflödestillägget och rimliga påslag.

### **Geografisk justeringsfaktor**

Känslighetsanalys med att placera typbyggnaderna på olika orter visar att den införda geografiska justeringsfaktorn fungerar relativt väl om avsikten är att en byggnad ska kunna uppföras med samma prestanda oavsett klimat. Dock överskrids energikravet särskilt för småhus i Malmö där justeringsfaktorn kan behöva justeras. Det kan tyckas vara ologiskt att småhus i Malmö behöver vara bättre isolerade än i Gällivare eftersom det är mer kostnadseffektivt att addera isolering i ett kallare klimat än i ett milt.

Ekvationen i BBR för primärenergital som justerar energibehovet geografiskt enbart för uppvärmning är mer avvägt än de krav som tidigare ställts i olika klimatzoner i BBR24 och tidigare versioner där det var enklare att uppföra en byggnad i norr än i söder. Dock kan det vara svårt för en fastighetsägare att förstå resultatet eftersom den primärenergi som redovisas är långt ifrån den energianvändning som fastighetsägaren köper.

### **Krav på installerad eleffekt**

Energisystemet som baseras på frånluftsvärmepump i flerbostadshuset har kombinerats med fjärrvärme för spetsuppvärmning de kallaste vinterdagarna. Det går inte att kombinera med elpatron eftersom det inte klarar kravet på installerad eleffekt som finns i BBR25 och BBR 2021. Detta fördyrar grundinvesteringen och årliga effekttaxor för energi eftersom två värmesystem behöver installeras. Att ha enbart frånluftsvärmepump kräver ett ännu bättre  $U_m$ , bättre årsmedelvärmefaktor på frånluftsvärmepumpen eller andra energieffektiviseringsåtgärder för att minska uppvärmningsbehovet de kallaste vinterdagarna. Detta resultat stämmer väl överens med beräkningar gjorda av Hansson och Jedhammar<sup>31</sup>.

Beräkningar visar att kravet på installerad eleffekt är styrande vilket medför att luftvattenvärmepumpen inte blir ett möjligt alternativ vare sig för flerbostadshuset, kontoret eller skolan eftersom den inte klarar kravet utan att kombineras med fjärrvärme eller pelletspanna som spets för uppvärmning de kallaste vinterdagarna. För en lokal placerad där varken fjärrvärme eller bergvärme finns tillgängligt återstår i princip bara alternativet pelletspanna som då kan behöva kombineras med några åtgärder. För flerbostadshuset kan en kombination av en byggnad med mycket bra  $U_m$  och frånluftsvärmepump vara ett alternativ.

---

<sup>31</sup> Solceller med tillhörande lagringsbatteri i flerbostadshus - Analys av lönsamhet och möjlighet att uppfylla kommande NNE-krav, Frida Hansson och Christian Jedhammar, Examensarbete TVBH-5096, Lunds tekniska högskola 2017.

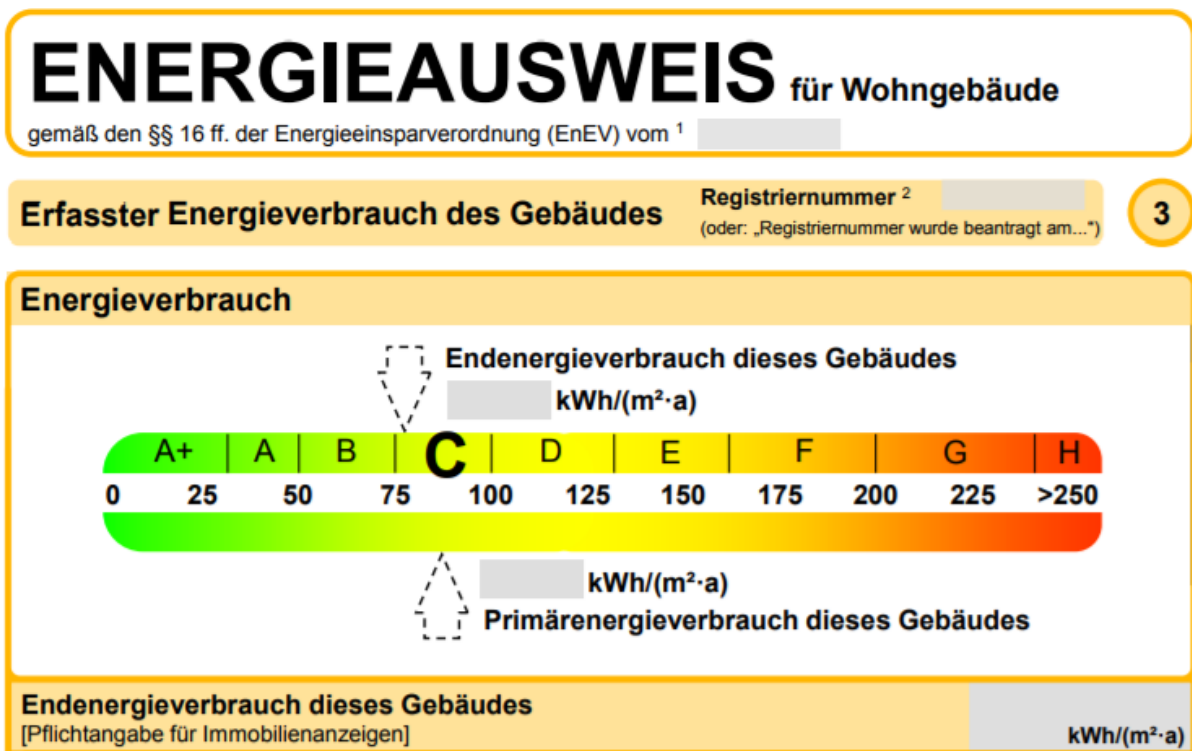
## 6 Förslag för fortsatt utredning

Belok som representerar lokalfastighetsägarna, och tillsammans står för ca 25 % av Sveriges totala area av lokalfastigheter, har i en rapport<sup>32</sup> tagit fram ett förslag på definition av energiprestanda som kan tillämpas vid utformning av energihushållningskrav i byggregler. Belok anser att byggregler bör utformas så att de baseras på två huvudkrav vid uppförande av en ny byggnad eller vid en större renovering av en byggnad. Dessa två krav är:

1. Beräknad nettoenergi vid ansökan om bygglov
2. Uppmätt "köpt" energi under ett år (24 månader efter idrifttagning)

Samma ansats skulle kunna göras för att uppfylla direktivet om byggnaders energiprestanda (2010/31/EU) med en indikator för primärenergianvändning och samtidigt formulera byggregler som är enkla att förstå och följa upp med mätning, vilket har visat sig vara en god kvalitetssäkring av hela byggprocessen.

Enligt energisparförordningen i Tyskland<sup>33</sup> används bild enligt figur 6.1 för att presentera energiprestanda i byggnader. I figuren visas hur energianvändning i kWh per kvadratmeter och år redovisas i samma bild på en övre skala medan primärenergi i kWh per kvadratmeter och år visas på en undre skala.



Figur 6.1: Exempel på illustration av energiprestanda i Tyskland för energianvändning och primärenergi.

<sup>32</sup> Definition av lokalbyggnaders energiprestanda - ett förslag från Belok, Åsa Wahlström och Catrin Heincke, BELOK-rapport, april 2015.

<sup>33</sup> Energieeinsparverordnung Nichtamtliche Lesefassung zur Zweiten Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung vom 18. November 2013, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2013

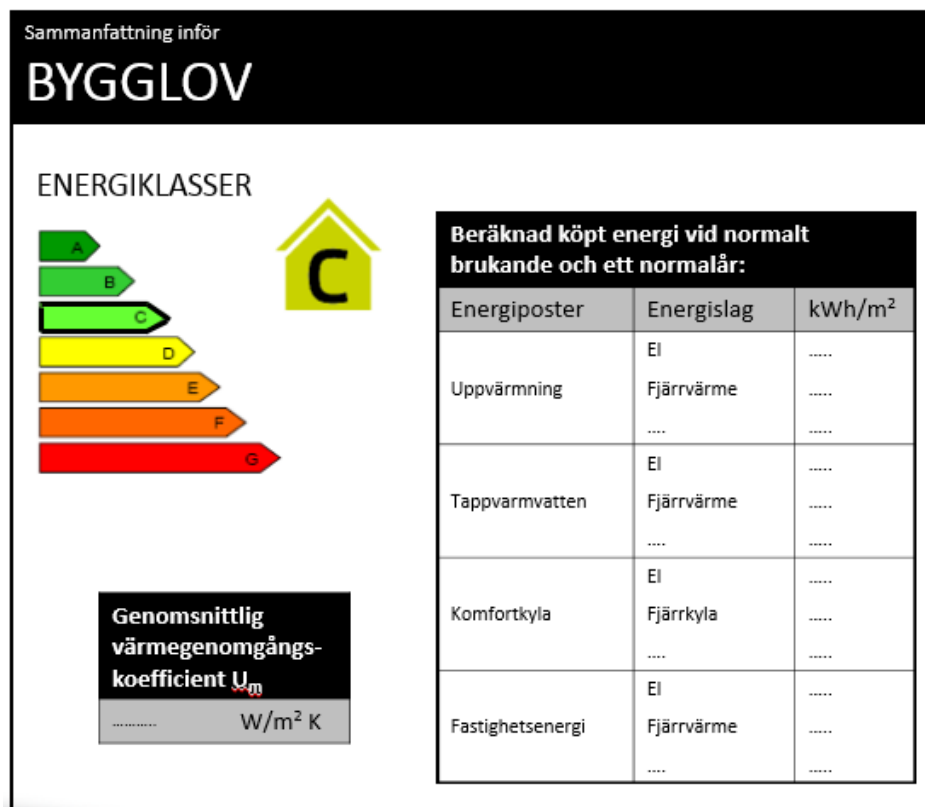
## 6.1 Förslag på presentation i byggregler

Övergripande bör byggregler ha funktionskrav (ej detaljstyrning) och verifieringskrav (kvalitetssäkring).

Följande föreslås vid ansökan om bygglov:

1. Krav på specifik energianvändning genom beräkning av primärenergital med ekvation enligt BBR25 och en primärenergifaktor för el och 1,0 för övriga energibärare eller energislag. Beräkningen visar att byggnaden uppfyller krav på primärenergital. Primärenergitalet kan ligga till grund för klassificering i en skala A-G, där minst klass C måste uppfyllas. Köpt energi för el och övriga energibärare eller energislag redovisas för varje energipost.
2. Krav på  $U_m$ . Beräkning visar att byggnaden uppfyller krav på  $U_m$  genom att olika byggnadsdelars U-värden specificeras. Här kan komplettering behövas med funktionskrav som begränsar kylbehov.

Förslaget illustreras i figur 6.2.



Figur 6.2: Exempel på illustration av energiprestanda som lämnas in inför bygglov. Primärenergi redovisas i en energiklass och beräknad köpt energi vid normalt brukande och ett normalår redovisas med siffror.

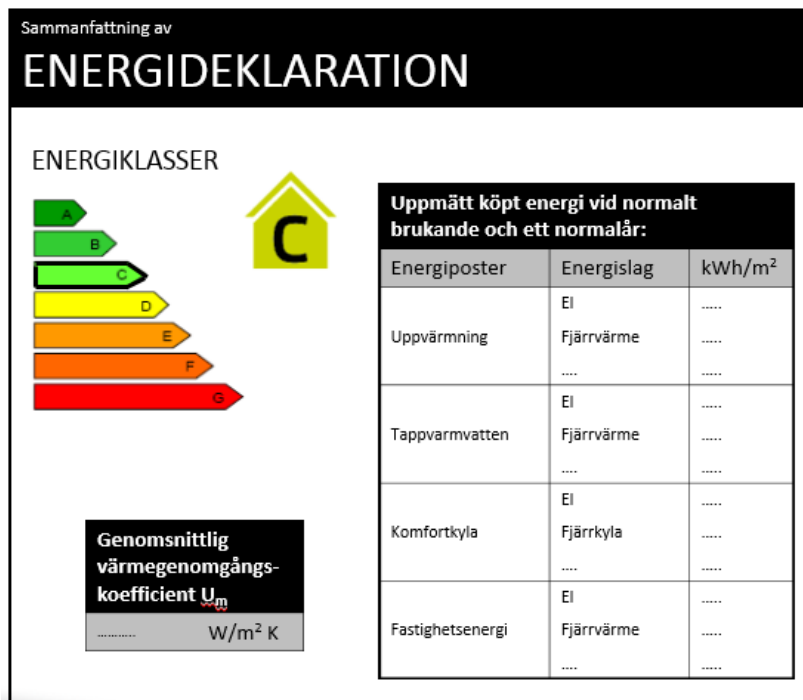
Följande föreslås vid verifiering:

1. Kontroll av att uppmätt köpt energi under ett år (24 månader efter idrifttagning) inte överstiger redovisad köpt energianvändning vid bygglovsansökan. Detta görs genom

inlämning av en energideklaration till Boverket. Denna energideklaration ska upprättas på uppmätta värden under ett års tid även om det finns en tidigare deklaring som gjorts på beräknade värden för byggnaden<sup>34</sup>. Energideklarationen redovisar tydligt köpt energi för varje energipost medan primärenergitalet kan ligga till grund för klassificering i en skala A-G, där minst klass C måste uppfyllas.

2. Uppförande av byggnadsdelar enligt specifikation med U-värden som kontrolleras kontinuerligt i kontrollplanen. Här kan också kontroll av uppförande av till exempel solskydd för att begränsa kylbehovet behövas.

Förslaget illustreras i figur 6.3.



Figur 6.3: Exempel på illustration av energiprestanda som redovisas vid upprättande av en energideklaration. Primärenergi redovisas i en energiklass och uppmätt köpt energi vid normalt brukande och ett normalår redovisas med siffror.

Genom att vara tvungen att redovisa konsekvenser på köpt energi kommer byggherren att värdera olika alternativa lösningar vid projekteringen utgående från vad de innebär ur ett livscykelkostnadsperspektiv. Krav ställs direkt på byggnadens klimatskärm genom  $U_m$  vilket ger konkurrensneutralitet mellan byggherrar och styr mot en långsiktig energihushållning. Vidare styr energikravet mot energihushållning genom att det lönar sig att använda energieffektiva installationer. På detta sätt fås information som ger en förståelse för hur en byggnad fungerar och är därmed till nytta i fastighetsägarens energieffektiviseringsarbete. Användandet av förnybar energi som alstras i byggnaden eller på dess tomt motiveras genom att de inte inräknas i köpt energi. Huruvida punkt 1 och 2 i PBL kapitel 3, 14§, kommer att uppfyllas beror på val av nivå på krav för  $U_m$  och energiprestanda. Huruvida förnybar energi kommer att främjas i större

<sup>34</sup> En energideklaration kan ha upprättats på beräknade värden vid en eventuell försäljning eller uthyrning av byggnaden innan 24 månader efter idrifttagning.

utsträckning beror av hur alstrad energi på byggnaden eller dess tomt kan få tillgodoräknas under ett dygn.

## 6.2 Övrigt behov av utredning

Behov av fortsatt utredning har identifierats för följande områden:

- Hur bör energihushållningskraven i Boverkets byggregler utformas för att vara ett effektivt styrmedel? Fortsatt utveckling av förslag enligt kapitel 6.1 med nivåer för krav på  $U_m$  och energiprestanda särskilt för flerbostadshus och kontor.
- Utredning om hur krav skulle kunna ställas i byggregler för att säkerställa uppförande av byggnader med ett lågt kylbehov. Kan motsvarande krav som för  $U_m$  för värmebehovet ställas med krav på till exempel solvärmelast för byggnader med aktiv kyla?
- Om energikraven i byggreglerna väsentligen skärps särskilt för flerbostadshus och kontor bör en fortsatt utredning göras om hur energisystemen (el, fjärrvärme- eller fjärrkylasystem) kan påverkas.
- Utöka utredningen med att också beakta investerings- och driftskostnader och om det kan leda till att något uppvärmnings- eller kylsystem kommer att ha fördelar som därmed ger en påverkan på energisystemen (el, fjärrvärme- eller fjärrkylasystem).
- Utveckling av riktlinjer och metoder för att uppmätt energiprestanda ska stämma bättre med de som beräknats vid projekteringen. Hur bör köldbryggor, reglerförluster, andra luftflöden, andra temperaturer mm beaktas? Hur ska normaliseringsberäkningar effektivt genomföras? Hur bör säkerhetsmarginaler sättas eftersom det inte kommer att vara ideala förhållanden i verklig drift? Metodutveckling för känslighetsanalyser.
- Hur olika krav på  $U_m$  och energiprestanda kan uttryckas beroende av byggandens formfaktor.
- Hur regler för att tillgodoräkna sig egen generering av solel kan förenklas och eventuellt utökas. Här behöver krav i direktivet 2010/31/EU beaktas. Vad skulle detta kunna ge för konsekvenser för en utökad installation av solel och påverkan på elsystemet?
- Vanligen förekommande nivåer av verksamhetsel i kontorslokaler för att förbättra rekommendationer av värden i BEN och hur de kan uttryckas i effekt. Utredningen bör kopplas till de krav som ställs i Sveby.
- Konsekvens av om krav på installerad eleffekt underlättas för mindre byggnader så att frånluftsvärmepump kan användas utan ytterligare energieffektiviseringsåtgärder eller luftvattenvärmepump utan dubblering av uppvärmningssystem. Hur kan det påverka värmepumpsbranschen i olika geografiska förutsättningar och vilken följdpåverkan kan det få på energisystemen (el- eller fjärrvärmesystem)?



