

## Samarbete mellan energisamordnare och byggherre



Det är inte helt självklart att ta sig an att energioptimera en ny byggnad men genom ett strukturerat tänkande och tydliga instruktioner är det genomförbart. Vi har i detta kapitel lyft fram de delar i ett hus som påverkar energianvändningen och inneklimatet.

Byggherren och energisamordnaren kan följa formuläret på webbsidan. Detta tar upp alla delar i en byggnad som påverkar energianvändningen och de har klassificerats utifrån hur den kan påverka energianvändningen. Det går också att skriva ut protokollet som fungerar som minneslista eller kravspecifikation som bifogas övriga programhandlingar.

Syftet är att det ska fungera som en hjälp för byggherren och energisamordnaren för att

- Inte glömma bort några delar av eller system i huset och övrig utrustning som påverkar energianvändningen.
- Få reda på vilka energi- och inneklimatrelaterade utredningar som var och en av projektörerna och vilket merarbete det egentligen innebär för dem att göra analyserna.
- Som byggherre kan man hänvisa projektörerna till "Handledning för arkitekten", "Handledningen för Byggnadskonstruktören" och "Handledning för Installationskonstruktören" som konkret visar hur undersökning av energibesparande åtgärder ska genomföras. Där beskrivs några av de beräkningshjälpmedel som finns tillgängliga för just dessa uppgifter.
- Det kommer också att underlätta kommunikationen av energi och inneklimatfrågor av alla inblandande i nybyggnadsprojektet och risken minskar att energirelaterad information förloras eller att någon fråga glöms bort helt och hållet.

# Innehållsförteckning

<b>Innehållsförteckning</b>	<b>2</b>	
<b>1 Stöd till kravspecifikationen</b>	<b>4</b>	
1.1.1 Uppgifter om huset och dess verksamhet .....		5
1.2 Generell klassning av system och komponenter		6
1.2.1 Motstridiga krav som behöver prioriteras .....		7
1.3 Något om lönsamhetsberäkningar		8
1.3.1 Payoff-metoden .....		8
1.3.2 LCC-metoden .....		9
<b>2 Projektinformation</b>	<b>11</b>	
2.1 Energi- och inneklimatklasser		11
2.1.1 Inneklimat vintertid .....		11
2.1.2 Inneklimatet sommartid .....		13
2.2 Tomten påverkar energianvändningen		14
2.3 Tillgängliga energislag		15
2.4 Mikroklimat: sol- och vind på tomten		15
<b>3 Inneklimat, aktivitet och användning</b>	<b>16</b>	
3.1 Precisering av lufttemperatur vintertid		16
3.2 Precisering av lufttemperatur sommartid		16
3.3 Brukarnas förmodade beteende		17
3.3.1 Vädring .....		17
3.3.2 Varmvattenanvändning .....		18
3.3.3 Verksamhetsel eller hushållsel .....		18
3.3.4 Personbelastning .....		18
3.4 För garage, lager eller motsvarande		19
<b>4 Klimatskal och stomme</b>	<b>20</b>	
4.1 Kort om energi, klimatskal och stomme		20
4.2 Klimatskalets och stommens utformning		21
4.2.1 Kontroller under byggtiden .....		27
<b>5 Värmesystem</b>	<b>28</b>	
5.1 Kort om värmesystem		28
5.1.1 Värmeeffektbehov .....		28
5.1.2 Basvärmekälla .....		29
5.2 Distributionssystemens energiklass		30
5.2.1 Rörens isolering .....		30
5.2.2 Förläggning av värmerör .....		30
5.2.3 Cirkulationspumps eleffektivitet .....		30
5.3 Rumsvärmare		31
5.4 Styr-, regler och mätsystem		31
5.4.1 System för individuell mätning och debitering .....		32
<b>6 System för komfortkyla</b>	<b>34</b>	
6.1 Kort om komfortkylsystem		34
6.2 Minimering av kylbehov		36
6.3 Eventuellt solskydd		37
6.3.1 Solskyddsglas .....		37
6.3.2 Inre eller mellanliggande solskydd .....		37
6.3.3 Yttre solskydd .....		38
6.4 Komponenter i komfortkylsystem		38

6.5	Kylkälla	39
6.6	Rumsystem	39
6.7	Energiklass på styr-, regler- och mätsystem	40
6.8	Prioriteringsordning vid motstridiga krav mellan energianvändning och inneklimat	40
<b>7</b>	<b>Ventilationssystem</b>	<b>41</b>
7.1	Kort om ventilationssystem	41
7.2	Ventilationssystem och energi	42
7.3	Olika typer av ventilationssystem	42
7.4	Mer om frånluftssystem	45
7.5	Mer om till- och frånluftssystem i bostäder	47
7.6	Mer om FTX-system i lokaler	49
7.7	Prioritering vid motstridiga krav	51
<b>8</b>	<b>Tappvarmvattensystem</b>	<b>52</b>
8.1	Kort om tappvarmvattensystem	52
8.2	Tappvarmvattnets generella energiklass	52
8.3	Värmekällor för varmvattenberedning	53
8.4	Begränsning av varmvattenanvändning	54
8.5	Utformning av distributionssystem och varmvattencirkulation	55
8.5.1	Kollektiv mätning varmvattenanvändning.....	55
8.5.2	Värmeisolering av rör.....	55
8.5.3	Förläggning av varmvattenrör.....	55
8.5.4	Väntetid på varmvatten.....	55
8.5.5	Eleffektivitet hos cirkulationspumpar.....	56
8.5.6	Handdukstork ansluten till VVC.....	56
<b>9</b>	<b>Elutrustning</b>	<b>57</b>
9.1	Kort fakta om elutrustning	57
9.2	Elutrustningens och elsystemets generella energiklass	58
9.3	Verksamhetens elutrustning inomhus	58
9.3.1	Vitvaror – kyl- och frys samt diskmaskiner.....	58
9.3.2	Vitvaror – tvättmaskin och tork.....	58
9.3.3	Elvärme i badrumsgolv.....	58
9.3.4	Elvärmad handdukstork i badrum.....	59
9.3.5	Belysning i lokalers verksamhetsdelar.....	59
9.3.6	Kontorsapparater el motsvarande.....	60
9.3.7	Individuell elmätare för varje brukarenhet.....	61
9.4	Fastighetsgemensam elutrustning inomhus	61
9.5	Fastighetsgemensam elutrustning utomhus	63

# 1 Stöd till kravspecifikationen

För att lätt hitta i handledningen så följer den indataformulärets flikindelning som nedan. Till frågorna finns informationsrutor som innehåller kort fakta och konsekvenser av de beslut som kan fattas. Resten av texten i handledning är mer grundläggande förklaringar till hur olika system, komponenter eller byggnadsdelar påverkar energianvändning eller inneklimat.

Byggherrens ställningstaganden kan grupperas under följande rubriker vilka har sin motsvarighet i flikarna i det webbaserade indataformuläret på [www.energilotsen.se](http://www.energilotsen.se):

## 1. Projektinformation

- Administrativa uppgifter som byggnadens verksamhet, projektdeltagare, kontaktuppgifter.
- Byggherrens kravnivå på energianvändning och inneklimat.
- Byggnadens geometri såsom höjd, antal våningar, antal lägenheter eller rumstyper, storlek och zoner.

## 2. Tomtförutsättningar

Yttre faktorer som påverkar energianvändning som vindutsatthet, tillgång till sol, tillgängliga energislag och relevanta planbestämmelser.

## 3. Inneklimat, aktivitet och brukare

Byggnadens förväntade användning som inomhustemperatur under sommaren och under vintern, varmvattenanvändning, vädringsfrekvens och persontäthet.

## 4. Klimatskal och stomme

- Klimatskalets generella energiklass och vilka kontroller som ska genomföras, speciella krav på klimatskalets utformning, rumshöjd, husets geometri och solskydd.
- På detaljnivå kan krav anges på U-värden, lufttäthet, köldbryggor och stommens värmelagrande egenskaper.

## 5. Värmesystem

- Värmesystemets generella energiklass.
- Värmekällor och eventuella driftegenskaper.
- Energiklass på distributionssystemet och eventuellt krav på rördragning, pumpar och rörisolering.
- Typ av rumsvärmare
- Egenskaper hos styr- och reglersystem

## 6. Komfortkylsystem

- Komfortkylsystemets generella energiklass
- Krav på att kyleffektbehovet ska minimeras
- Eventuella krav på solskydd, kylkälla, typ av distributionssystem och energiklass,
- Rumsystem och styr- och reglersystem.

## 7. Ventilationssystem

- Ventilationssystemets generella energiklass.

- Typ av ventilationssystem
- Utformning av system, återvinning, ventilationsflöde, forceringsmöjlighet, fläktars eleffektivitet, energiklass på kanalisering och kanaltäthet

### 8. Tappvarmvattensystem

- Tappvarmvattensystemets generella energiklass
- Värmekällor för varmvattenberedning
- Sätt att minska varmvattenanvändningen
- Utformning av distributionssystemet, mätsystem, eleffektivitet hos cirkulationspump, handdukstork etc

### 9. Elutrustning

Elutrustningens generella energiklass och klass på alla elkrävande apparater inomhus och utomhus.

#### 1.1.1 Uppgifter om huset och dess verksamhet

Administrativa uppgifter	Namn och adressuppgifter Fastighetsbeteckning
Husets användning och utformning	Typ av verksamhet i byggnaden Byggnadens storlek Antal lägenheter för bostäder Ev egna önskemål om husets exteriör Antal våningar Brukarnas beteende
Kommunens krav	Tillåten byggyta Tillgängliga energislag Ev krav på husens exteriör Ev maximal hyra Ev maximal energianvändning
Yttre förhållande	Solläge Vindutsatthet
Krav på energi och inneklimat	Klassning av byggnadens energianvändning Klassning av inneklimatet vintertid Förtydligande av inomhustemperatur Klassning av inneklimatet sommartid Förtydligande av inomhustemperatur och dess varaktighet
Egenskaper hos klimatskal och stomme	Husets geometri, flervåningshus, radhus, enkelkorridor, dubbelkorridor Rumshöjd Fönsterstorlek Typ av solavskärmning U-värde hos fönster. Glaset solskyddsegenskaper U-värde hos ytterväggar, tak och grund. Lufttäthet hos klimatskalet. Om köldbryggorna ska undersökas och reduceras. Metod för kontroll av lufttäthet Kontroll av köldbryggor. Stommens värmetröghet och åtkomlighet
Ventilationssystem	Typ av ventilationssystem: självdrag, frånluft, till- och frånluft etc. Centralt eller lokalt ventilationssystem Typ av återvinning eller temperaturverkningsgrad Forceringsmöjlighet av ventilationsflöde i t ex våtutrymme. Basventilationsflöde Styrning och reglering av ventilationsflöde Schema för ventilationens drift Temperaturen på tilluften

	<p>Fläktens SFP, ett mått eleffektiviteten</p> <p>Val av aggregatstorlek med LCC-energi för lägsta årskostnad.</p> <p>Kanalernas lufttäthet</p> <p>Kanalernas isolertjocklek</p>
Värmesystem	<p>Vilken typ av basvärmekälla/or som ska användas.</p> <p>Vilken typ av tillsatsvärmekälla som ska användas.</p> <p>Egenskaper hos en eventuell värmepump</p> <p>Hur rummen ska värmas – radiatorer, luftvärme, konvektorer etc</p> <p>Hur mycket värmerören ska isoleras.</p> <p>Var rören ska placeras för att minimera värmeförlusterna.</p> <p>Eleffektiviteten hos cirkulationspumparna</p> <p>Funktioner hos styr- och reglersystemet</p> <p>Placeringen av temperaturgivarna</p> <p>Om värmeanvändningen ska mätas och debiteras individuellt.</p>
Komfortkylsystem	<p>Om en utredning ska göras för att minska kylbehovet.</p> <p>Vilka egenskaper ett eventuellt solskyddsglas ska ha.</p> <p>Vilka egenskaper ett eventuellt inre eller mellanliggande solskydd ska ha.</p> <p>Egenskaper på ett eventuellt yttre solskydd</p> <p>Hur solskyddet ska regleras.</p> <p>Vilken typ av kylkälla som ska väljas.</p> <p>Egenskaper hos en eventuell kylmaskin</p> <p>Hur rummen ska kylas.</p> <p>Hur kylningen ska styras och regleras.</p> <p>Om energin för komfortkyla ska mätas separat.</p>
Varmvattensystem	<p>Basvärmekälla/or för varmvattenberedning</p> <p>Eventuell kompletterande tillsatsvärme</p> <p>Om värme i spillvattnet ska återvinnas</p> <p>Om vattenflödet ska begränsas med snålspolande armaturer, så kallad flödesbegränsare</p> <p>Om varmvattnet ska mätas och debiteras individuellt.</p> <p>Om varmvattenanvändningen ska mätas kollektivt för att få noggrann driftstatistik</p> <p>Isolering och placering av distributions- och cirkulationsrören</p> <p>Cirkulationspumparnas eleffektivitet</p> <p>Väntetid på varmvattnet</p> <p>Om handdukstorkarna ska vara anslutna till varmvattencirkulation.</p>
Elutrustning	<p>Energiklass på:</p> <p>Vitvaror i kök</p> <p>Maskiner i tvättstugan</p> <p>Gemensam belysning</p> <p>Eventuell komfortvärme i badrum</p> <p>Elhanddukstorkar</p> <p>Belysning i lokaler</p> <p>Elapparater i lokaler</p> <p>Hissar</p> <p>Elvärmare för annat än huvudsaklig uppvärmning</p> <p>Motorvärmare</p> <p>Utomhusbelysning</p> <p>Yttre elvärmare</p> <p>Separat elmätare till fläktar, pumpar, kylmaskiner etc</p>

Kravspecifikationen är utformad så att det inte går att ställa krav så att det skapas omöjliga kombinationer.

## 1.2 Generell klassning av system och komponenter

### Hållbar utveckling – passivhus

Innebär höga krav på att minska värmeförlusterna genom byggnadens klimatskal samt att passivt ta tillvara på solvärmens, utnyttja internt genererad värme, höga krav på installationssystemen med krav på återvinning och kanske utnyttjande av lokala energikällor som

solfångare och solceller för att minska andelen köpt energi. Ur miljösynpunkt är det en långsiktig hållbar lösning eftersom energianvändningen är så låg.

Budskapet till projektörer och entreprenörer blir att den bästa energieffektiva teknik som går att få tag på ska användas. Projekteringskostnaden och produktionskostnaden ökar, men sett ur ett långsiktigt perspektiv är detta samhällsekonomiskt riktigt.

### Lägsta totala årskostnad, LCC

Byggnadens energianvändning kan minskas kostnadseffektivt i förhållandet till BBRs energihushållningskrav, byggkostnaden ökar men driftkostnader sjunker. Klassen representeras av hus som är energieffektiva men inte så pass att tekniken eller dess tillgänglighet ställs på sin spets. Klimatskalets utformning liksom byggmetoderna kan vara konventionella.

Projekteringsprocessen skiljer sig någon jämfört med den traditionella med att energifrågorna hanteras strukturerat. Byggherren tar aktivt ansvar genom att ge projektörerna (arkitekten, byggkonstruktören och installationskonstruktörerna) i uppdrag att undersöka olika energibesparande åtgärder. Dessutom ska utförandet kontrolleras och energianvändningen verifieras.

Val av denna klass signalerar att projektörer ska ta fram beslutsunderlag som omfattar lönsamhetsbedömningar av energieffektiviserande åtgärder och konsekvenser på inneklimatet. Beslutsunderlaget ska omfatta resultat i form av energibesparing (i kWh) av en åtgärd och merkostnaden (kr) för densamma. Byggherren undersöker lönsamheten med metoder som tar hänsyn till energipris, energiprisökning, kalkylränta, livslängd och eventuella merkostnader för underhåll, dvs som är lämpliga för investeringar med lång livslängd.

Exempel på flerbostadshus är Kv Jöns Ols i Lund som har ett totalt uppmätt behov på 84 kWh/m<sup>2</sup>,A<sub>temp</sub> köpt energi till uppvärmning, varmvatten, fastighetsel och hushållsel, se utvärderingen Kv Jöns Ols i Lund – energisnålt och lönsamt flerfamiljshus med konventionell teknik som finns som nedladdningsbar pdf-rapport på [www.hvac.lth.se](http://www.hvac.lth.se).

Ytterligare ett exempel på genomtänkta tekniska lösningar som resulterat i energieffektiva småhus finns på Bo01-området i Malmö. Detta så kallade LB-huset har ett totalt uppmätt behov på 88 kWh/BRA köpt energi till uppvärmning, varmvatten och drift- och hushållsel. Huset är byggt med traditionell teknik fast lite bättre i allt – och det räcker långt. För mer information se [www.byfy.lth.se](http://www.byfy.lth.se).

### Lägsta investeringskostnad

Om ambitioner är låg byggkostnad uppfylls Boverkets krav på energihushållning och en i de flesta fall lönsam energibesparingspotential kommer inte att utnyttjas.

#### 1.2.1 Motstridiga krav som behöver prioriteras

Olika kriterier kan ge lösningar som råkar i konflikt. Främst gäller detta krav på värmesystem och komfortkylsystem. Fastighetsägaren eller brukarna av huset kan betrakta hög inomhustemperatur som bra inneklimat medan det fördyrar värmesystemet. Dessutom ökar energianvändningen och därmed driftkostnaden. Förslagsvis kan någon av de nedanstående faktorerna prioriteras om konflikt skulle uppstå.

- Låg investeringskostnad
- Estetiskt goda lösningar (exteriör och interiör)
- God samordning av utrymmen
- Robusthet

- Överskådlighet för både brukare och för förvaltningspersonal.
- Beprövad teknik
- Flexibilitet
- Enkel produktion
- Miljöriktiga lösningar
- Underhållsvänlighet
- Driftsäkerhet

### 1.3 Något om lönsamhetsberäkningar

För att göra en rättvis bedömning av bättre energitekniska egenskaper ska kostnader och besparingar vägas ihop. I lönsamhetskalkylen inkluderas den direkta merkostnaden och besparing men också t ex:

- *Hysesbortfall* till följd av tjockare ytterväggar på grund av kraftigare isolering. Alternativet är att den invändiga arean kan bibehållas och att ytterväggarna flyttas ut.
- Mindre värme läcker ut genom kraftigare isolerade väggar som är tätare och med begränsade köldbryggor vilket minskar kostnaden för värmesystemet. Prisskillnaden mellan två radiatorstorlekar kan inte avfärdas, påverkan på rökostnaden är dock mindre.
- *Högre byggkostnad* genom att tjockare ytterväggar kräver större grundläggning; plattan, källaren eller krypgrunden måste göras större.

#### 1.3.1 Payoff-metoden

Payoff-metoden är en enkel investeringskalkyl som går ut på att se hur lång tid det tar att få tillbaka pengarna för en investering. Ekonomiskt är det ett mycket förenklat beräkningssätt som inte bör användas som underlag för att fatta investeringsbeslut om energibesparande åtgärder vid varken ny- eller ombyggnad.

En nackdel i byggsammanhang är att metoden gynnar kortsiktiga investeringar. Trots detta är den ymnigt använd i byggprojekt där investeringarna ofta har lång livslängd. Olika byggherrar och förvaltare har olika policy vad gäller återbetalningstid men generellt brukar inte åtgärder genomföras om återbetalningstiden är längre än 5 år. En ibland använd tumregel säger att återbetalningstider som motsvarar halva livslängden är acceptabla. Payoff-metoden missgynnar därför energieffektiviserande åtgärder eftersom den inte tar hänsyn till besparingarna efter återbetalningstiden. Till exempel kan energieffektiva fönster ha betalat sig efter 7 år men de kommer att spara energi i ytterligare 23 år då den ungefärliga tekniska livslängden är 30 år. Kostnadsbesparingen de sista 23 åren beaktas inte varvid risk finns att investeringen bedöms som olönsam. Metoden kan dock vara användbar för att grovt sälla bland olika energibesparande åtgärder i ett tidigt skede.

För att använda den krävs

- Kostnaden för investeringen (kr)
- Energibesparingens storlek (kWh)
- Energipris (kr/kWh)

Återbetalningstiden anges vanligen i år och beräknas som

$$\text{Återbetalningstid} = \frac{\text{kostnad för investering}}{\text{årlig besparing}}$$

### 1.3.2 LCC-metoden

LCC-metoden (Life Cycle Cost) gynnar ett långsiktigt tänkande och borde vara självklar att använda för bedömning av energieffektiviserande åtgärder vid husbyggande där de delar av huset som är dyra också har lång livslängd. Stommen i de hus som byggs idag kommer att vara i bruk upp emot hundra år, ytterväggar något kortare och fönster i cirka trettio år. Metoden ger ett säkrare underlag för investeringsbedömningar av åtgärder i byggnader än payoff-metoden.

Följande faktorer inkluderas:

- Merkostnad för investeringen (kr)
- Åtgärdens energibesparing (kWh)
- Åtgärdens förväntade brukstid (år)
- Kalkylränta (%) som är avkastningskravet man har på investeringen.
- Energipris (kr/kWh)
- Energiprisökning (%)
- Underhållsmarknader (kr)
- Kostnad för minskad hyresintäkt (tjockare väggisolering)
- Besparing till följd av mindre värmesystem (endast klimatskalet)

Kriteriet för lönsamhet är att beräknad  $LCC_{\text{Energi}}$  och eventuella kostnader för underhåll  $LCC_{\text{Underhåll}}$  ska vara högre än merkostnaden för investeringen. Åtgärden är då lönsam och bör genomföras. Lönsamhetskriteriet uttrycks som

$$\text{Investeringsmerkostnad} < LCC_{\text{Energi}} + LCC_{\text{Underhåll}} \quad (\text{kr})$$

$LCC_{\text{Energi}}$  är nuvärdessumman av den kostnadsbesparing som åtgärden åstadkommer under byggnadsdelens livstid och beräknas med sambandet nedan. Med  $LCC_{\text{Underhåll}}$  inkluderas extra kostnader för underhåll som åtgärden för med sig jämfört med det ursprungliga alternativet. Det kan gälla underhållskostnader förknippade med värmepumpar, fläktar eller avläsningskostnader etc.

$$LCC_{\text{Energi}} = \text{Nusummefaktor} \cdot \text{Energipris} \cdot \text{Årlig energibesparing} \quad (\text{kr})$$

$$LCC_{\text{Underhåll}} = \text{Nusummefaktor} \cdot \text{Årlig extra underhållskostnad} \quad (\text{kr})$$

Nusummefaktorn är en funktion av både real kalkylränta, real energiprisökning och investeringens förväntade tekniska livslängd, se tabellen nedan. Den ekonomiska kalkylen görs företrädesvis i fast penningvärde eller reala termer, som innebär att de ekonomiska parametrarna ska anges utöver inflationen. Reala kalkylräntan är det förväntade kalkylränta minus inflationen och real energiprisökning är den förväntade energiprisökningen minus inflationen.

Tabell 4.1 Nusummefaktor vid olika brukstider och differenser mellan real kalkylränta och real energiprisökning.

Brukstid	Differens mellan kalkylränta och energiprisökning (real kalkylränta – real energiprisökning)					
	-4 %	-2 %	0 %	2 %	4 %	6 %
10 år	12.60	11.19	10.00	8.98	8.110	7.36
20 år	31.56	24.89	20.00	16.35	13.59	11.47
30 år	60.07	41.66	60.00	22.39	17.29	13.76
50 år	167.47	87.29	50.00	31.42	21.48	15.76

60 år	264.51	118.03	60.00	34.76	22.62	16.16
100 år	1456.89	327.01	100.00	43.09	24.50	16.68

Osäkerheter i kalkylen ligger framförallt i att bestämma framtida energiprisökningarna men den kan hanteras genom att kalkylerna kompletteras med en känslighetsanalys för olika utveckling av energipriset. Vad gäller energipris får man också se upp med pris-skillnaden mellan olika bränsleslag.

I beräkningar av ekonomisk isolertjocklek behöver inte underhållskostnaden inkluderas eftersom den sällan påverkas av isolertjocklek. Det kan finnas ytterligare andra kostnader som inte inkluderats just hör som t ex miljöpåverkan.

## 2 Projektinformation

Samla informationen om projektet så underlättas kommunikation om energi- och inneklimat.

### Fastighetens verksamhet

Ex villa, flerfamiljshus, flerfamiljshus med garage, flerfamiljshus med butiksdel, kontor, kontor med lager, skola, sjukhusbyggnad, hotell, restauranger, sportbyggnader, butik, affärscentra, garage, lager.

### Uppvärmad yta, $A_{temp}$

Storleken på byggnaden eller del av byggnaden behöver anges tidigt och i energisammanhang används  $m^2 A_{temp}$ , ofta är den inte helt fastställd så man får vara beredd på att uppdatera den. Med  $A_{temp}$  menas golvarea i utrymme som är avsedda att värmas till mer än  $10^{\circ}C$  och som begränsas av klimatskärmens insida.  $A_{temp}$  är inte alltid intresserant för uthyrare men används som nyckeltal för att jämföra energianvändning både i BBR och i energideklarationerna.

## 2.1 Energi- och inneklimatklasser

För projektörerna kommer val av energi- och inneklimatklass att fungera som kriterium för såväl stora som små beslut och ska redovisas för både vinter- och sommarfallet. Val av klass kommer också att ligga till grund för de egenskaper hos byggnads- och installationstekniska som behövs för energiberäkningar och som ger en fingervisning om t ex U-värden och ventilationsflöden.

Man kan välja olika inneklimatklasser för sommar- och vinter - det är möjligt att ha hög termisk komfort vintertid utan att ha samma höga ambitioner på sommarklimatet. Mest uppenbart blir detta för bostäder där en generell hög inneklimatklass skulle kunna kräva behov av komfortkyla sommartid.

Energianvändning i en byggnad kan inte specificeras utan att också ta ställning till vilket inneklimat som förväntas. Generellt gäller dock att ju mer energieffektiv en byggnad är desto bättre är förutsättningarna för bra inneklimat vintertid. Ex är energieffektiva varmare på insidan vilket medför mindre risk för kallras och kallstrålning, hög lufttäthet innebär att risken för drag minskar osv.

### 2.1.1 Inneklimat vintertid

Inneklimatet vintertid kan i Energilotsen väljas i någon av följande tre klasser:

- Inneklimatklass A vintertid motsvaras av ett inneklimat där antalet klagomål från brukarna på drag, temperatur etc är få. Det går knappt att åstadkomma i byggnader där hög energianvändning tillåts på grund av bland annat klimatskalets kylande inverkan.

- Inneklimatklass B vintertid innebär strängare krav än myndighetskraven. Innetemperaturen får variera mer och i ett större intervall än i klass A men mindre än klass B så man kan räkna med att antalet klagomål på drag, temperatur etc kommer att vara färre. Utformningen av klimatskalet och rumsystemen för klimatisering kommer att väljas och utformas omsorgsfullt.
- Inneklimatklass C vintertid motsvaras av de krav på inneklimat som måste vara uppfyllda enligt Boverket, Arbetsmiljöverket och Socialstyrelsen.

### Myndighetskrav

Inneklimatet är reglerat genom lagar och styrs i detalj av olika myndigheter. För bostäder och arbetsplatser finns minikrav på det termiska klimatet i *Boverkets byggregler, BBR*.

Regler för rumsklimatet på arbetsplatser finns i *Arbetsmiljöverkets föreskrifter AFS 2000:42, "Arbetsplatsens utformning"*. Grundkravet är att "arbetsplatser inomhus, arbetslokaler och personalutrymmen skall ha lämpligt termiskt klimat". Arbetskyddsstyrelsens regler omfattar i princip alla arbetstagare och elever, se vidare tabellen nedan.

*Socialstyrelsen* ger allmänna råd för inneklimat i bostäder och i lokaler för allmänt ändamål där människor vistas mer än tillfälligt, t ex klassrum och lekhallar.

Upplevelsen av inneklimatet beror på flera faktorer i en komplicerad samverkan och kan därför vara svår att sammanfatta i ett mätbart begrepp. I tabell 4.3 redovisas nivåer på termiska klimatet enligt Arbetskyddsstyrelsens regler. Kraven kan vid första anblicken kännas relativt trubbiga men de är kompletterade med krav på att det termiska klimatet ska undersökas närmare om t ex lufttemperaturen avviker för kraftigt. I så fall krävs mätning av *alla* faktorerna och antalet nöjda ska ligga över 90 % vilket i praktiken innebär att inneklimatet ska klara klass C.

Socialstyrelsen har formulerat råd om rekommenderade värden enligt tabellen nedan. I råden anges att de ska kompletteras med en utredning av alla inneklimatfaktorer om lufttemperaturen vintertid är under 20°C eller över 24°C och om golvtemperaturen understiger 18°C. SOSFS anger också riktvärden för bedömning av människors hälsa som för operativ temperatur och golvets lägsta temperatur sammanfaller med BBR.

Det är inte säkert att de fördefinierade klimatklasserna passar alla byggherrar eller verksamheter varför man själv kan plocka ihop delkrav till en egen kombination. Man måste vara tydlig då egna krav ställs eftersom den tekniska utformningen av olika detaljer ska kunna kontrolleras både under projekteringen med beräkningar och under driftskedet med mätningar.

Tabell 4.3 Godtagbara värden för termiska klimatfaktorer vintertid enligt olika regelverk.

Inneklimatfaktor	Krav enligt BBR	Rekommendation enligt SOS	Krav enligt AFS **)
Operativ temperatur	Lägst 18° eller 20°*	20°– 23° eller 22°– 24°*	
Lufttemperatur			Lämpligen 20° – 24° vintertid och 20° - 26° sommartid
Lufthastighet	< 0.15 m/s	< 0,15 m/s	Lämpligen 0.15 – 0.2
Vertikal temperaturdifferens	-	< 3°C	
Strålningstemp asymmetri			
- mot varmt tak	< 5°	< 5°	
- mot fönster	< 5°	< 10°	
Golvtemperatur			
- högsta värde	26°	26°	
- lägsta värde	16° eller 18°/ 20°*	20°	

\*)känsliga grupper

\*\*)börvärde på uppmätt PPD < 10 %, dvs TQ1

### 2.1.2 Inneklimatet sommartid

De flesta lokalbyggnader fungerar som arbetsplatser och lyder därför under arbetsmiljölagar med krav på begränsning av innetemperaturer sommartid. Möjligheterna är stora att skapa ett bra inneklimat utan komfortkyla. Den internt genererade värmen från elapparater kan minimeras, solinstrålningen genom fönster kan reduceras med solskyddsglas och solavskärmning, stommens värmelagrande förmåga kan utnyttjas i kombination med ventilationsdrift, dvs nattkyla.

Inneklimatklass A sommartid kommer att orsaka få klagomål. Normalt kan klassen endast uppnås där var och en har möjlighet att själv bestämma temperaturen. Någon vill ha varmt samtidigt som andra vill ha kallt vilket kan betyda att både komfortkyl- och värmesystemet är igång samtidigt! Inneklimatklass A kan inte alltid förenas med krav på låg total energianvändning.

Inneklimatklass B sommartid innebär att något fler kommer att vara missnöjda. Kravet leder till enklare tekniska systemlösningen med t ex enbart central kylning. Eftersom kraven är modesta finns det stora möjligheter att med passiva byggnadstekniska åtgärder sänka kylbehovet.

Inneklimatklass C sommartid motsvarar krav enligt Arbetsmiljöverket eller råd från Socialstyrelsen. I lokaler kan kraven mycket väl uppfyllas genom att passiva åtgärder.

Tabell 4.4 Godtagbara termiska klimatfaktorer sommartid enligt Inneklimatinstitutets klimatklasser.

Inneklimatfaktor	Krav enligt BBR	Riktvärden enligt SOS	Krav enligt AFS *)
Operativ temperatur	-	26° sommar resp. 24° vinter varaktigt 28° sommar resp. 24° vinter kortvarigt	
Lufttemperatur	-	-	Lämpligen 20° – 26° sommar resp. 20° – 24° vinter
Lufthastighet	-	> 0.15 m/s accepteras då lufttemp >24°	Lämpligen 0.2 m/s
Vertikal temperaturdifferens	-	-	
Strålningstemp asymmetri	-	-	
- mot varmt tak	-	-	
- mot fönster	-	-	
Golvtemperatur	-	-	
- högsta värde	-	-	
- lägsta värde	-	-	

\*) Börvärde på uppmätt PPD < 10 %, dvs TQ1

Arbetsmiljöverkets regler för anger inte en strikt övre temperaturgräns med förklaringen att den upplevda temperaturen beror av flera faktorer. Däremot uttrycks krav på att det termiska klimatet ska undersökas närmare då lufttemperaturen varaktigt överstiger ca +26 °C. Normalt behöver emellertid inte åtgärder vidtas förrän temperaturen varaktigt överstiger ca +30 °C.

I Socialstyrelsen ges som allmänt råd att en utredning ska genomföras om lufttemperaturen sommartid varaktigt överskrider 26° eller kortvarigt överskrider 28°C.

De fördefinierade klasserna kan inte passa alla byggherrar eller verksamheter. Därför kan man plocka ihop delkrav på inomhusklimatet på annat sätt. Till viss del medges detta då differentierade krav ställs på vinterklimatet respektive på sommarklimatet.

## 2.2 Tomten påverkar energianvändningen

Energianvändning hos en byggnad påverkas av yttre förhållanden som utetemperatur, solintensitet, vindförhållande och fuktighet såväl regionalt som den närmaste omgivningen, dvs lokal vindutsatthet och sol/skuggning.

Klimatort ska anges för att få rätt utetemperatur, solinstrålning, fuktighet och vind vilka alla påverkar energianvändningen. Alla orten finns inte med i alla energiberäkningsprogrammen men det går relativt enkelt att ta fram – återförsäljaren brukar ta fram klimatfil för önskad ort. Klimatet ska motsvara ett statistiskt normalår.

I detaljplanen är den maximalt tillåtna byggytan eller utnyttjandegraden given. En byggnads våningsantal påverkar energianvändningen och finns också på detaljplanen. Kommunen kan ha uttryckt krav på husens arkitektoniska utformning som också kan komma att påverka energianvändningen, t ex att endast hus med sadeltak accepteras, en minsta

taklutning uttryckt i grader, orienteringen av husen, om byggnader ska utföras i trä eller puts, taknockens riktning, typ av fasadmaterial, takmaterial, ej utskjutande, ansluta till omgivningens särdrag, tilluft till bostäder får inte tas via gatufasad, befintliga träd ska vara kvar. Kraven kan också gälla estetisk anpassning i känsliga områden.

Byggherren kan också ställa egna krav på husets estetiska utformning t ex att huset ska ansluta till omgivningens särdrag eller om det ska vara udda i sitt sammanhang. Notera den estetisk utformning som kan komma att påverka energianvändning eller inneklimat.

## 2.3 Tillgängliga energislag

Ta reda på vilka energislag som finns tillgängliga och som är tänkbara för uppvärmning, varmvattenberedning och eventuellt för kylning. Det kan också röra sig om energislag som kan vara intressanta att undersöka. Eventuella krav på energislag som ska användas anges längre fram under respektive system, detta är bara en sammanställning av disponibla energislag. Nuvarande energihushållning i BBR påverkar husets utformning kraftigt om det ska värmas med el.

## 2.4 Mikroklimat: sol- och vind på tomten

För energiberäkningarna är det nödvändigt att veta hur soligt det är på tomten eftersom det påverkar byggnadens behov av uppvärmningsenergi eller ökar behovet av kylenergi eller solavskärmning. Byggnadens förutsättningar för både passivt och aktivt utnyttjande av solenergi påverkas av lokala förhållanden.

Vid tveksamhet är det rimligt utgå från söderhorisonten.

- Terrängtyp I betyder att läget är helt fritt och att huset kommer att ligga i sol både sommar och vinter. Horisontavskärmningen är liten, dvs inga andra byggnader, kullar eller vegetation skuggar huset. Typen kännetecknas av få eller inga hinder t ex kuster och stränder vid öppet vatten, utpräglad slättlandskap, kalfjäll.
- Terrängtyp II och III betyder att läget är något skyddat för sol. Det kan finnas byggnader, kullar eller vegetation i närheten men inte så att byggnaden skuggas helt. Kännetecknen är t ex kuperade slättlandskap med spridda träd och enstaka grupper av byggnader, förortsbebyggelse, mindre tätorter.
- Terrängtyp IV betyder att läget är helt skyddat för sol. Byggnaden kommer att ligga i skugga under större delen av året, dvs den motsvaras av tätortsbebyggelse där omgivande byggnader är ungefär lika höga som den planerade byggnaden.

## 3 Inneklimat, aktivitet och användning

Brukarnas beteende beskrivas så gott det går för att öka sannolikheten att den beräknade energianvändningen så småningom ska motsvara den uppmätta under drift. Ju bättre brukarnas beteende kan beskrivas desto lättare kommer det att särskilja energianvändning relaterad till brukarna från byggnadens och installationssystemens funktion. Behovet av energi för värme och varmvatten kan skilja en faktor tre mellan två identiskt byggda flerbostadshus på grund av olika inomhustemperatur, varmvattenanvändning och vädringsfrekvens.

Byggherren är den i byggprocessen som vet bäst vilken typ av hyresgäster eller köpare som man bygger för och därmed vilket brukarbeteende som förväntas. Byggherren är också den som kan fatta beslut om åtgärder som kan påverka brukarna beteende, t ex genom att ge ekonomiska incitament för att spara energi.

Med de energihushållningsreglerna i BBR som började gälla 2006 är det angeläget att redan i ett tidigt skede så noggrant som möjligt ta reda på den förväntade energianvändningen när byggnaden väl är i drift. Energianvändningen ska kunna verifieras efter två års och får inte överskrida kravnivån i de nya energihushållningsreglerna. Speciellt viktigt är det att ha kontroll på

- Lägsta lufttemperatur vintertid
- Lufttemperatur sommartid
- Vädring
- Varmvatten
- Elanvändning
- Antal personer

### 3.1 Precisering av lufttemperatur vintertid

Lufttemperaturen har stor inverkan på resultatet från energiberäkningarna, den påverkar inte bara förlusterna genom klimatskalet utan också på grund av luftläckage, ventilation och vädring. Notera att det dock är den operativa temperaturen som upplevs av brukarna.

Ett sätt för brukarna att acceptera lägre inomhustemperatur vintertid är att de får ekonomisk kompensation, vilket dock oftast kräver mätning och debitering per lägenhet eller hyresgäst. I så fall fordras också att brukarna var och en enkelt ska kunna styra sin inomhustemperatur.

### 3.2 Precisering av lufttemperatur sommartid

Generellt både för bostäder och lokaler gäller att den temperaturnivå som väljs inomhus sommartid kommer att bli avgörande för ansträngningarna med solskydd, eleffektiv utrustning, stomanpassning och ventilationsdrift. Eller så blir den avgörande för storleken på en eventuell kylmaskin och rumsystem.

Krav på låg innetemperatur sommartid ger en onödigt stor och dyr kylanläggning som ofta får gå på dellast med sämre funktion och höga driftskostnader som följd. Dessutom ökar risken att komfortproblem uppstår, ju mer ett rum måste kylas desto svårare är det att hitta ett lämpligt sätt att tillföra kylan. Å andra sidan så minskar arbetsprestationen om det är för varmt inomhus! Det finns alltså flera skäl till att vara omsorgsfull när temperaturkraven inomhus sommartid ska preciseras.

För projektörerna är det svårare att bestämma kyleffektbehov än värmeeffektbehov. Dels saknas ett standardiserat sätt att bestämma dimensionerande utetemperatur sommartid, dels är det svårt att förutsäga storleken på interlasten och solinstrålningen. Ju högre krav som ställs på låg och jämn sommartemperatur desto större risk för att ett komfortkylsystem kommer att behövas. Med för hårda krav kan till och med en lokalbyggnad behöva värmas på natten och kylas på dagen.

Inneklimatklass A innebär få klagomål och det krävs oftast ett komfortkylsystem i lokaler dock inte i bostäder. Men som sagt så kan storleken på komfortkylsystemet begränsas med solskydd, eleffektiva apparater etc.

Konsekvensen av att ställa krav på en låg inomhustemperatur sommartid innebär att komfortkylsystemet blir överdimensionerat, dyrt i investering och dyrt i drift. Istället kan man acceptera att inomhustemperaturen får överstiga en viss nivå under en begränsad tid. Ibland används P25-kravet som innebär att inomhustemperaturen under en "statistisk" juli månad inte ska överskrida 25°C mer än 10 % av arbetstiden dvs ca 17 arbetstimmar. Kravet kan modifieras med annan temperatur, annan period t ex måndag till fredag under hela året eller under vissa månader.

### 3.3 Brukarnas förmodade beteende

Brukarbeteendet har stor inverkan på en byggnads energianvändning. Det kan tyckas vara svårt att på förhand gissa brukarnas beteende, byggherren är den som bäst känner eller kan gissa sig till vilken typ av brukare huset kommer att få.

#### 3.3.1 Vädring

De boendes vädringsvanor spelar stor roll för energianvändningen men är också den brukarparameter som är svårast att uppskatta. Det finns undersökningar som visar att 75 % av boende i lägenheter vädrar dagligen och av dem 85 % för att få frisk luft medan resten för att det är för varmt. Undersökningar visar också att antalet boende som vädrar på grund av värme ökar från 7 % per grad högre innetemperatur. Dessutom vädrar rökare i större utsträckning än icke-rökare och i lägenheter där många bor är behovet av vädring stort.

I lägenheter med individuell mätning och debitering av värmeanvändning minskar förmodligen vädringsfrekvens liksom i hus där värmesystemets funktion kontrolleras regelbundet och där ventilationsflödet kan forceras.

Vädring orsakad av bristfällig ventilation kan också ha sin orsak i ett dåligt injusterat ventilationssystem som får till följd att vissa lägenheter ventileras kraftigt medan andra underventileras. Det är inte ovanligt att boende påverkar ventilationssystemet genom att ändra inställningen på luftdon eller genom att stänga uteluftsventiler. Ett väl injusterat ventilationssystem med behovsstyrt luftflöde och luftdon som är svårmanipulerade minskar vädringen.

### 3.3.2 Varmvattenanvändning

Brukarnas användning av varmvatten påverkar energianvändningen kraftigt i bostadshus men inte i lokalbyggnader. Energimängden som krävs för att bereda varmvatten i ett flerfamiljshus är cirka hälften så stor som behovet för uppvärmning. I kontor och skolor utgör varmvattenberedning endast 5 – 10 % av den totala energianvändningen.

Varmvattenanvändningen beror främst på hushållens sammansättning där barnfamiljer är bestämmande. Den minskar om brukarna får betala för den mängd varmvatten som de själva använder, dvs lägenhets mätning och debitering av varmvatten. Om alla solidariskt delar på kostnaden så finns det inga incitament för att spara. Att varmvattenanvändningen är högre i flerbostadshus än i småhus beror sannolikt på att kostnaden för varmvattenberedning normalt är inkluderad i hyran. Varmvattenförbrukningen påverkas också om tappvattenarmaturerna är utrustade med termostatisk blandare och flödesbegränsare, i så fall minskar vattenanvändningen utan att de boende ändrar sina vanor.

### 3.3.3 Verksamhetsel eller hushållsel

Med hushållsel menas den el som används till matförvaring, matlagning, diskning, klädvård, belysning, brunvaror och övriga småapparater i bostäder. Verksamhetsel i lokaler används till datorer, kopieringsmaskiner, skrivare, scanner, fax, arbetsplatsbelysning, viss allmänbelysning etc. Observera skillnaden mellan verksamhetsel och fastighetsel som omfattar el till fläktar, pumpar, hissar, belysning i allmänna utrymmen osv.

All el som används inomhus genererar internvärme vilket påverkar såväl byggnadens energibalans som inomhusklimat. Vintertid kommer den till stor del till nytta eftersom den minskar behovet av uppvärmningsenergi som ska levereras av värmesystemet. Sommartid bidrar den dock till bekymmer med övertemperatur och/eller ökar behovet av kylning ställer.

Både elanvändningen i hushåll och för lokalers verksamhet har under en lång period ökat trots att vitvaror och kontorsapparater har blivit mer eleffektiva, att nya system för styrning och reglering av effekten har utvecklats liksom standby-lägen. Effektiviseringen har dock motverkats av att antalet apparater ökat. Fastighetsägaren kan i viss utsträckning påverka användningen av hushållsel genom att välja energieffektiva vitvaror till brukarna.

Elanvändningen styrs både av aktivt beteende hos brukarna och med passiva metoder tillhandahållna av fastighetsägaren. Låg användning av verksamhetsel förutsätter att den mäts och debiteras den lokalnyttjare som använder den, dvs motsvarande individuell elmätning i bostäder. Som passiva metoder fungerar eleffektiv belysning som styrs så att den är avstängd då den inte används och annars regleras efter behov, sektionering av kablage för att underlätta central avstängning under ickearbetstid för att minska standbyförlusterna. I vissa fall kan verksamhetselen i lokaler påverkas men det beror på hur avtal och kontrakt är formulerade.

### 3.3.4 Personbelastning

I bostäder påverkar persontätheten behovet av varmvatten, värme, luftväxling och elanvändning i hushållen och för fastighetens drift. I lokaler påverkar den i första hand behovet av luftväxling men också behov av värme, kyla, verksamhetsel och fastighetsel.

Förutsättningarna för att uppnå hög noggrannhet hos beräkningar av energianvändningen gynnas av att brukarbeteendet kan beskrivas så detaljerat som möjligt. Ju mer man vet om

när och i vilken utsträckning byggnaden används desto enklare blir det för projektörerna att beräkna energibehovet.

### 3.4 För garage, lager eller motsvarande

I lokaler som garage, lager etc. ställs sällan krav på en viss temperatur. I garage är det till exempel vanligt att det får bli så varmt som det kan bli av belysningen som tänds då och då och av ventilationsluften som kanske håller en viss temperatur. Den variant som används kommer att påverka byggnadens totala energianvändning och ska därför anges.

## 4 Klimatskal och stomme

I detta avsnitt förklaras egenskaper hos klimatskal och stomme som har stor påverkan på energianvändning och inneklimat. Här får man hjälp att på ett systematiskt sätt själv avgöra hur detaljerade krav som ska ställas utan att fundera på om någon viktig fråga försummas.

### 4.1 Kort om energi, klimatskal och stomme

Klimatskalet fungerar som skydd mot väder och vind och liksom andra delar av en byggnad kan det väljas, utformas och dimensioneras så att det fungera mer eller mindre energieffektivt. Med tanke på att klimatskalet och stommen är den del av en byggnad som kommer att stå längst bör de energitekniska egenskaperna väljas med omsorg. I och för sig så ökar energieffektiviserande åtgärder investeringskostnad eller byggkostnaden, men de långsiktiga vinsterna att minska energiförlusterna är stora både samhällsekonomiskt och privatekonomiskt.

Ett energieffektivt klimatskal för med sig positiva mereffekter på inneklimatet. Temperaturerna på insidan av tak, väggar, fönster och golv blir högre varvid komforten kan upprätthållas även om lufttemperaturen sänks någon grad, vilket i sin tur gynnar energianvändningen ytterligare. Dimensionerande effekt på värmesystemet påverkas både av isoleringsgraden och av stomvalet. Gynnsamma val ger mindre och därmed billigare värmesystem. Även förutsättningar för att ventilationssystemet skall fungera som avsett ökar med ökad lufttäthet hos klimatskalet, då vindens påverkan minskar.

Följande delar av klimatskalet eller delarnas energitekniska egenskaper påverkar energianvändning och inneklimat i byggnaden:

- Byggnadens form och orientering
- Fönsterstorlek
- Yttreväggarnas isoleringsgrad
- Grundens isoleringsgrad
- Vind/takets isoleringsgrad
- Fönsterpartiars isoleringsgrad
- Dörrars och portars isoleringsgrad
- Lufttäthet
- Konstruktiva köldbryggor
- Geometrisk köldbryggor

Den övergripande energiklass på klimatskalet som väljs här kommer att ligga till grund för projektörernas arbete med att utforma och välja byggnadsdelar på komponent- och systemnivå. Att minska energiförlusterna genom klimatskalet har hög prioritering bland energibesparande åtgärder vid nybyggnad. Klimatskalet ska stå i många år så den totala minskningen i energianvändning blir stor. Dessutom är just åtgärder i klimatskalet svåra och dyra att förbättra i efterhand. Klimatskalet energieffektivitet kan energiklassas efter lägsta investeringskostnad, lägsta totala årskostnad, LCC eller som motsvarar hållbar utveckling.

Klassen ”Hållbar utveckling” innebär att huset isoleras kraftigt. Vid en viss isolertjocklek ger dock en ytterligare ökning endast marginell minskning av energiförlusterna. Klimatskalet ska vara så tätt som det överhuvudtaget går och köldbryggor reducerade. Man bör uppmärksamma att tjockare ytterväggar kan komma att inkräkta på den invändiga ytan vilket kan ha betydelse på den totala ekonomin i drift.

Klass ”Lägsta totala årskostnad, LCC”. LCC är en lönsamhetsmetod som tar hänsyn till byggnadsdelarnas livslängd, merkostnad, energiprisökning, avkastningskrav, underhållskostnad, kostnadseffekter från värmesystemet, eventuellt intäktsbortfall och kostnad för större grundläggning osv.

Klassen lägsta investering betyder att huset isoleras så att det klarar dagens BBR-krav. Byggekostnaden blir relativt låg men de årliga kostnaderna för driften blir höga. Det är fel att tolka BBRs krav som det ekonomiskt gynnsammaste.

## 4.2 Klimatskalets och stommens utformning

Husets form och klimatskalets utformning påverkar energibehovet för både uppvärmning och kylning. Arkitektens primära uppdrag är att rita ett funktionellt och estetiskt tilltalande hus, men det går att kombinera dessa egenskaper med energieffektivitet. På detta sätt skapar arkitekten dessutom bra förutsättningar för ingenjörernas arbete med att välja och utforma de tekniska systemen.

I byggherrespecifikationen dokumenteras om det i arkitektens uppdrag ingår att undersöka alternativa utformningar av huset, i så fall är det följande som ska undersökas:

- Rumshöjd
- Fönsterstorlek och fönsterplacering
- Solavskärmning
- Eventuellt husets form

Dvs faktorer som på något sätt påverkar energianvändningen för uppvärmning, komfortkyla eller påverkar det termiska inneklimatet. eller energiberäkningar Som underlag för dessa undersökningar kan tidiga skisser användas.

### Rumshöjd

Normal rumshöjd i nybyggda bostäder är 2.4 – 2.5 m och i kontorsrum 2.7 m. Högre rumshöjd förknippas med ofta med högre kvalitet men man ska tänka på att det ökar energibehovet för uppvärmning eftersom ytterväggsarean ökar. Men å andra sidan kan den högre höjden ge positiva effekter sommartid – om materialet på ytterväggs insida är värmetrögt. Energiförbehovet för kylning minskar under sommarmånaderna om ventilations drift kombineras med stora exponerade ytor av t ex betong.

Effekter av energiförbehov för värmning och kylning av högre rumshöjd kan beräknas av arkitekten i samarbete med energisamordnaren. Överslagsmässigt ökar energianvändningen för uppvärmning med ca 1 % om rumshöjden ökar från 2.4 till 2.7 m i ett flerbostadshus. I en villa är ytterväggarna större i förhållande till golvytan varvid motsvarande ökning blir något större.

Inomhusmiljön påverkas positivt av hög rumshöjd som ökar luftvolymen och det blir dessutom lättare att tillföra ventilationsluften dragfritt.

### Utredning om husets form

Om möjligt ska man försöka utnyttja att husets form påverkar energianvändning. Det är inte säkert att det är möjligt att påverka formen på huset som i mångt och mycket bestäms av tomten och som dessutom kan vara knuten till styrande planbestämmelser. Men har man fria händer så bör och kan husformen eller egentligen hustypen utredas. I hus med stor omslutande yta i förhållande till golvyta kommer transmissionsförlusterna genom väggar, tak och grund att bli förhållandevis stort. Den mest energieffektiva formen är den kubiska och den minst effektiva är ett smalt och platt hus. Beräkningarna är enkla för arkitekten att genomföra med energiberäkningsprogram.

### Fönsterstorlek och fönsterplacering

Fönster är den del av klimatskalet som både sommar och vinter har störst påverkan på energibehov och inneklimat, de påverkar:

- Energianvändning för uppvärmning
- Energianvändning för kyla eller
- Övertemperatur inomhus sommartid
- Kallras
- Operativ temperatur

Numera är möjligt att räkna på allt detta med datorprogram som inte kräver en alltför stor arbetsinsats, dessutom är de tillgängliga och lämpliga för både arkitekter och ingenjörer. I respektive handledning finns direkta anvisningar till lämpliga beräkningsverktyg och hur de används.

Fönsterstorleken kan begränsas, men inte mer än till vad som är tillåtet med tanke på dagsljusstyrkan inomhus. Enligt BBR måste fönster vara så stora att åtminstone 10 % av golvarean motsvaras av glas, dvs hela fönsterytan reducerad med karm och båge. Om byggnadsdelar eller andra byggnader skärmar av dagsljuset mer än 20 grader, bör glasarean ökas. Lämplig fönsterglasarea kontrolleras med en standardiserad förenklad metod.

Arbetsmiljöverket formulerar i AFS dagsljuskravet på ungefär samma sätt som Boverket i BBR som att tillgången till dagsljus beror bl.a. av fönstrens utformning, orientering, storlek och placering i höjd. För arbetsrum som har mindre djup än 6 – 8 m kan väggfönster ge tillfredsställande dagsljus om fönsterglasarean uppgår till ca 10 % av golvarean. Större glasarea kan behövas t ex om andra byggnader skärmar av dagsljuset. Andra lösningar kan bli aktuella för höga eller djupa rum.

Arkitekten bör utreda:

- Energibehovet för uppvärmning beräknas och jämförs med energibehovet för en annan fönsterstorlek.
- Övertemperaturen sommartid eller energibehovet för att kyla till en viss temperatur.

Som byggherre kan man ställa som krav att fönster inte ska vara större än att de upptar en viss andel av fasadytan. Den kan redovisas på flera sätt:

- fönsterarea (glasarea + karm och båge) per invändig golvyta eller
- fönsterarea (glasarea + karm och båge) per yttre fasadyta.

Det finns ingen begränsning uppåt i hur stora fönster som kan användas, visst släpper stora fönster in ljus och ger utsikt men ju större de är desto svårare är det att klara inneklimatet både vinter och sommar och också BBRs energihushållningsregler.

### Fönsters U-värde

Fönster finns i U-värden från ca 0.65 W/m<sup>2</sup>,K och uppåt. Se dock upp med definitionen av U-värde för fönster där glasyta, karm och båge i sig har olika U-värde. Glastillverkare anger oftast endast glasdelens U-värde, medan fönstertillverkare anger hela konstruktionens, dvs glas, karm och båge.

Ett energieffektivt fönster ger många fördelar. Förutom att de minskar energiförlusterna blir den invändiga ytan varmare och risken för kallstrålning och kallras minskar. Ibland kan det trots fördelarna vara svårt att få tag på energieffektiva fönster. Fönstertillverkare tillhandahåller inte alltid fönster under vissa U-värden – trots att det finns efterfrågan! Som skäl anges att problem kan uppstå med yttre kondens. På [www.energimyndigheten.se](http://www.energimyndigheten.se) finns listat de fönstertillverkare som kan leverera energieffektiva fönster.

Klara fuktiga höstnätter kan temperaturen på glasets utsida sjunka så kraftigt att fukten i uteluften faller ut på glaset. I praktiken är inte detta något problem för brukarna. Titt som tätt skymts utsikten av regnblöta fönster också utan att det upplevs som ett problem. Utan information kan en del uppleva yttre kondens som bekymrande tills man får veta att det är ett tecken på att fönster fungerar som de ska. SP har undersökt fenomenet och kommit fram till att det inte finns anledning att avstå från energieffektiva fönster av kondensskäl.

En nackdel med energieffektiva fönster är att de behåller sin värmeisolerande förmåga även sommartid och kan därmed orsaka kraftiga övertemperaturer som till och med leder till termiska sprickor i fönsterkonstruktionen. Övertemperaturen går att räkna fram i ett tidigt skede, arkitekten kan göra det överslagsmässigt och installationskonstruktören med större noggrannhet, detta förklaras mer i kapitlet ”6 Komfortkylsystem”.

Tabell 4.5 Exempel på U-värde för hela fönsterkonstruktioner.

	U (W/m <sup>2</sup> K)
<b>Tvåglasfönster</b>	
Kopplade bågar	2.7
Luftfylld	2.9
Argonfylld	2.7
Luftfylld och ett LE	2.1
Argonfylld och ett LE	1.9
<b>Treglasfönster</b>	
Kopplade bågar	1.9
Luftfylld	2.2
Argonfylld	2.1
Luftfylld och ett LE	1.8
Argonfylld och ett LE	1.6
Luftfylld och två LE	1.5
Argonfylld och två LE	1.4
<b>Tvåglasfönster + ett glas</b>	
Kryptonfylld och LE	1.0

### Solavskärmning

Arkitekten ska tidigt få reda på vilken huvudtyp av solskydd som beställaren föredrar. Dessa är

- Solskyddsglas belagda med reflekterande skikt
- Tonade eller ofärgade solskyddsglas som absorberar solvärme
- Fast eller rörligt solskydd utomhus
- Rörligt solskydd invändigt
- Rörligt solskydd mellan glasrutor

Solskyddet påverkar husets utseende och är dyrt att installera i efterhand. Ju tidigare arkitekten vet om och i så vilken typ av solskydd som byggherren accepterar desto större är möjligheterna att skapa fungerande och estetiskt tilltalande lösningar. Inre solavskärmning kan räcka om komfortkraven är små. Arkitekten kan då välja t ex solskyddande persienner, gardiner etc. Yttre solavskärmning är effektivast eftersom solvärmnen hindras från att ta sig in i huset, men den får också estetiska konsekvenser på exteriören. Yttre solskydd är markiser, markisoletter, utvändiga persienner, etc. Solskyddsglas är också effektiva om inte fönstren är för stora. Tänk på att fönster med lågt g-värde kan missfärga dagsljuset och öka kravet på belysning. Tonade eller speglade solskyddsglas påverkar gestaltningen exteriört. Vissa solskydd kan hindra värmeinstrålningen vintertid som leder till att behovet av uppvärmningsenergi ökar. Som tur är står solen olika högt under året så ett fast solskydd som är effektivt under sommaren hindrar inte den önskade instrålade värmen från vintersolen.

Om kraven på komfort sommertid är höga blir det kanske nödvändigt att installera komfortkyla. Arkitekten kan försöka utnyttja byggnadsdelar som solskydd t ex takfot och utskjutande balkonger.

Arkitekten kan göra överslagsmässiga jämförelser av olika solskydd med de beräkningsprogram som redovisas i "Handledningen för arkitektens energi och inneklimatundersökningar". Beräkningarna ger inte ett exakt svar men de har tillräcklig noggrannhet för att visa om ytterligare utredningar kommer att krävas eller om inomhusklimatet ligger i riskzonen.

#### **U-värde för fasad-, tak och grundkonstruktioner**

Som byggherre kan ställa detaljerade krav på konstruktionsdelars U-värde. Ett U-värde är det sammansatta värmeledningstal som har korrigerats för köldbryggor i form av fästordningar, eventuella springor och spalter samt för fukt och blåst. Det motsvaras i princip det som tidigare kallades  $U_p$ -värdet, det praktiska U-värdet. Ju lägre ett U-värde är desto mer värmeisolerande är byggnadsdelen. Utifrån den energiklass som är vald på klimatskalet kommer U-värden att föreslås som dock inom vissa ramar går att ändra på.

U-värde för fasadväggar som ska klara BBRs energikrav hamnar runt 0,2 – 0,23 W/m<sup>2</sup>K för väggar. Det går inte att ange ett exakt U-värde eftersom det påverkas av om verksamheten är bostäder eller lokaler, fönsterandelen värmelaster från användningen. Motsvarande för vindsbjälklag är runt 0.18 W/m<sup>2</sup>K. Tak isoleras i princip alltid mest eftersom isoleringen inte tar utrymme i anspråk som kunde användas till annat. Yttertaget kyls ner rejält på grund av värmestrålning mot himlen klara vinternätter så ur byggnadsfysikalisk synpunkt är det riktigt. U-värde för grunden kan ligga runt 0.25 W/m<sup>2</sup>K i ett motsvarande BBR-hus. Tjockleken på grundisolering är mer krävande för jord måste schaktas undan för isoleringen. I hus med golvvärme är det mycket viktigt med extra utredning av isoleringens tjocklek, den är omöjlig att bättra i efterhand.

I de hus som byggs för att klara klassen "Hållbar utveckling – passivhus" ligger U-värden på ca 0.1 W/m<sup>2</sup>K för väggar och grund, 0.08 W/m<sup>2</sup>K för tak och 0.9 W/m<sup>2</sup>K för fönster och dörrar.

Isolering enligt klassen "Lägsta årskostnad, LCC" dvs den ekonomiska isoleringen är tjockare än den i klassen Lägsta investering. Var precis den hamnar måste utredas för varje objekt men i takt med ökade energipriser förskjuts den mer och mer mot Hållbar utveckling.

### **Stommens värmetröghet**

Byggherren kan ge projektörerna i uppdrag att undersöka konsekvenser av olika värmetröga stommar på energianvändningen för både värme- och kylenergi och effekter på inneklimatet. Arkitekten kan i samarbete med energisamordnaren undersöka konsekvenser på energianvändning för olika värmetröga stomalternativ genom att beräkna energibehovet för sitt förslag och med alternativen lätt, tung eller medel som stommens värmetröghet.

Stommens värmetröghet är en kombination av dess värmeackumulerande och värmeledande förmåga samt densiteten. Parametern som inkluderar egenskaperna kallas värmeeffusivitet, tidigare sa man termisk tröghet och den avgör för hur stommen kan påverka energianvändning och inneklimat. Populärt uttrycks värmetröghet som lätt eller tung stomme vilket inte är helt fel då densiteten har stor inverkan. Materialparametern värmeeffusivitet avgör hur ”tungt” ett byggnadsmaterial är, dvs hur bra det är på att snabbt laddas med värme och förmågan att lagra den.

En konstruktionsdel är sammansatt av flera material och skillnaden mellan lätt eller tung stomme saknar en väldefinierad gräns. En lätt konstruktion kan representeras av en bärande konstruktion av regler (tunnplåt eller trä) och lätta bjälklag, en mellantung/lätt av tunga bjälklag, lägenhetsskiljande konstruktioner och lätta utfackningsväggar. En tung konstruktion med exponerade betongytor i bjälklag, innerväggar och ytterväggar.

### **Stomme och värmebehov**

Om man studerar effekten på årsbasis så visar studier att stommen har betydelse när det gäller att minska behovet av energi för uppvärmning. Studierna pekar på en minskning med 5-10 %, storleken beror på verksamhetstyp, hur välisolerat klimatskalet är och samspelen mellan byggnad och installationer.

Storleken på värmesystemet påverkas i desto högre utsträckning. Installationskonstruktören använder begreppet tidskonstant som är ett mått på just byggnadens värmetröghet. Ju tyngre hus desto längre blir tidskonstanten och därmed mindre dimensioner på värmesystemet. En lätt byggnad reagerar snabbt på väderomslag och värmesystemet måste därför klara låga utomhustemperatur även om dess varaktighet är kort. En tung byggnad reagerar långsammare och kylan tränger in först efter en längre sammanhängande kall period då medeltemperaturen ute är högre än medeltemperaturen under kortare perioder.

### **Stomme och behov av energi för komfortkyla**

Energibehovet för komfortkyla kan reduceras om stommen är tung, eller så kanske det till och med är möjligt att undvika kylsystem överhuvudtaget. Driften av ventilationssystemet måste i så fall anpassas så att den utnyttjar den värmelagrande förmågan. Ventilation med sval nattluft under de varma månaderna kyler ner huset, kyla som sitter kvar i väggarna länge dagen efter. Under dygnet hinner inte värmen tränga in mer än någon decimeter i konstruktionen så det lönar sig inte att satsa på väldigt kraftiga konstruktioner för den här sakens skull. En förutsättning för den positiva effekten är i stället att det ”tungt” materialet i bjälklag, innerväggar och ytterväggar exponeras för inomhusluften. Det får alltså inte täckas i för stor utsträckning med ytskikt eller beklädningsmaterial. Innetemperaturen måste dessutom tillåtas variera några grader.

Det finns också idag väl beprövade sätt att aktivera stommens värmetröghet för att på så sätt ytterligare öka potentialen. Principen går ut på att aktivt föra in vatten eller luft i betongstommen för att kyla eller värma luften och på så vis minska behovet av energi för

uppvärmning eller kylning. Ett exempel på en teknisk lösning som bygger på principen med kyld luft är Termodeck och principen med vattenkylda bjälklag är Climafloor.

### Byggnadens lufttätethet

Klimatskalets lufttätethet är ett mått på den oönskade luftväxlingen i ett hus och ska inte förväxlas med byggnadens erforderliga luftväxling för att skapa bra luftkvalitet via ventilationen. Ett otätt klimatskal ökar energianvändningen genom att kall uteluft sugts eller trycks in och att motsvarande mängd uppvärmd inomhusluft sugts eller trycks ut. Den termiska komforten påverkas av draget som vanligtvis kan lokaliseras till golv- och takvinklar samt mellan fönster och yttervägg.

I hus som ska ventileras med mekaniskt till- och frånluftsventilation, FTX-system är lufttätetheten ännu viktigare än i ett frånluftsventilerat hus, F-system. Tryckskillnaden mellan ute och inne är liten vid FTX-ventilation som ibland också kallas för balanserad ventilation. Tätheten påverkar också uppkomst av fuktskador om fuktig rumsluft tillåts tryckas ut genom väggarna där risk finns för kondensation.

Storleken på byggnadens lufttätethet går inte att beräkna utifrån ritningar och beskrivningar. Däremot kan konstruktören styras till att utforma lufttäta konstruktioner och entreprenören styras till att vara noggrann vid montering. Lufttätetheten kan däremot mätas med beprövade metoder som finns för tryckprovning för att bestämma luftläckagets storlek och klimatskalet kan termograferas för att lokalisera läckorna.

Enligt BBR ska byggnaden vara så lufttät att kravet på byggnadens specifika energianvändning och installerad eleffekt för uppvärmning uppfylls. Den kvantifieras inte i BBR men tidigare lufttätetskrav för bostäder var 0,8 l/s,m<sup>2</sup> vid 50Pa och 1,6 för lokalbyggnader.

Riktvärden kan därför vara 0,8 l/s,m<sup>2</sup> vid 50Pa som ett lägsta krav, 0,5 LCC-klassen och 0,3 för motsvarande passivhus.

### Köldbryggor

Köldbryggor är de delar av klimatskalet som är väsentligt sämre isolerade än resten. Det råder en del begreppsförvirring just om köldbryggor, man glömmer att det finns både konstruktiva och geometriska.

*Konstruktiva köldbryggor* kallas de termiska försvagningar som är ”inbyggda” i konstruktionen. De kan utgöras av stål- eller träreglar i en så kallad lättvägg med isolering, eller kramlorna som håller ihop skikt i klimatskalet. Dessa *ingår* i väggens praktiska genomgångskoefficient U-värden eller U-värden som det kallades tidigare.

*Geometriska köldbryggor* uppkommer där stommens delar ansluter till klimatskalet eller i anslutning av två hela konstruktionsdelar:

- Alla hörn där utsidan är större än insidan
- Bjälklagsanslutning i yttervägg
- Bärande vägg som ansluter i yttervägg
- Anslutning källargolv och källarvägg
- Anslutningen mellan grund och yttervägg
- Anslutning mellan yttervägg och tak
- Infästning av fönster
- Anslutningen yttervägg och dörr
- Fönstersmygar

- Infästning av utkragad balkong

Enligt energihushållningsregler i BBR ska köldbryggorna redovisas, vilket är nytt från och med 2006. Dessförinnan fanns inget motsvarande krav och konsekvensen blev ofta att de glömdes bort. Detta var ett stort misstag eftersom energiförlusterna genom köldbryggorna kan utgöra 20 - 25% av de totala förlusterna genom klimatskalet. Så stora energiförluster innebär också att det blir kallt på de invändiga golv-, vägg och takytorna. Merkostnaden för att reducera köldbryggor är inte hög, det handlar mest om att konstruktören ska påminnas om kontrollen, speciellt viktig är den i så kallade tunga hus, dvs murade eller i betong.

Köldbryggorna uttrycks i ett förlusttal i W/K som används i en energiberäkning så att effekten av köldbryggan tolkas som en ökad energianvändning i kWh/m<sup>2</sup>. Oftast kan byggnadskonstruktören reducera de geometriska köldbryggorna utan att byggkostnaden påverkas.

#### 4.2.1 Kontroller under byggtiden

Klimatskalets energitekniska egenskaper bör kontrolleras med tryckprovning och termografering för att bekräfta att byggnaden är utförd enligt bygghandlingarna. Kontrollerna är beprövade men trots detta har de endast använts i mycket begränsad omfattning de senaste åren. Fram till i början av 90-talet användes de frekvent.

Överhuvudtaget är hög lufttätethet den mest kostnadseffektiva energibesparande åtgärd som kan genomföras.

##### **Tryckprovning**

En tryckprovning sker under ett senare skede av byggtiden av hela eller delar av huset. Metoden "Blower door" är standardiserad och går i princip ut på att alla öppningar för önskad ventilation stängs eller tejpas: tilluftsdon eller uteluftsventiler och frånluftsdon. En fläkt placerad i dörrhålet skapar ett kraftigt över- respektive undertryck samtidigt som respektive luftläckageflöde mäts genom fläkten. Stora byggnader kan tryckprovas med ventilationssystemens egna fläktar. Tryckprovningen kan kompletteras med termografering för att lokalisera eventuella otätheter.

##### **Termografering**

Innebär att klimatskalet fotograferas med en värmekamera som avslöjar både köldbryggor, luftläckor och byggslarv. Fotografering med värmekamera som avslöjar egentligen både köldbryggor, luftläckor och byggslarv

##### **Mätning av ytemperatur**

Ett alternativ till termografering kan vara att utomhustemperatur och invändiga ytors temperatur mäts så att köldbryggorna kan kontrolleras.

## 5 Värmesystem

I detta avsnitt förklaras hur värmesystemets utformning påverkar energianvändning samt vilka undersökningar på energibesparing och kostnader man som byggherre kan kräva av projektörerna. Avsnittet är kopplat till kravspecifikation för energi och inneklimat.

Egentligen skulle det räcka att ställa krav på värmesystemets övergripande energiklass, utifrån denna kan vvs:aren välja, utforma och dimensionera värmesystemet. Som byggherre ska man utnyttja möjligheterna att ställa krav antingen på klass eller på utförandet av vissa komponenter t ex:

- Vilken typ av basvärmekälla/or som ska användas
- Vilken typ av tillsatsvärmekälla som ska användas
- Egenskaper hos en eventuell värmepump.
- Hur ska rummen värmas
- Hur mycket ska värmerören isoleras
- Var rören ska placeras för att minimera värmeförlusterna
- Hur effektiva ska cirkulationspumparna vara
- Funktioner hos styr- och reglersystemet.
- Var ska temperaturgivarna placeras?
- Individuell mätning och debitering av värmeanvändningen

### 5.1 Kort om värmesystem

Värmesystem kan liksom andra delar av en byggnad också väljas, utformas och dimensioneras mer eller mindre energieffektivt. Även i ett värmesystem fördyra energibesparande åtgärder initialt men driftkostnaderna sjunker och de flesta åtgärderna är lönsamma. Värmesystemet som helhet består av fyra huvuddelar:

- **Värmekälla/värmekällor:** fjärrvärme, el, förbränningspanna, solfångare, värmepump etc.
- **Distributionssystem:** vattenburet rörsystem, elledning eller kanaler för luftburen värme.
- **Rumsapparater:** radiatorer, konvektorer, luftvärme, golvvärme, takvärme etc.
- **Styr-, regler- och mätsystem:** princip för styrning av framledningstemperatur, termostatventiler, individuell mätning av värme etc.

Delsystemen eller komponenter inom varje huvuddel enligt ovan kan kombineras ihop i ett stort antal väl fungerande men mer eller mindre energieffektiva och anpassningsbara värmesystem.

#### 5.1.1 Värmeeffektbehov

Det kan vara idé att begära en grundlig utredning om byggnadens värmeeffektbehov för att göra vvs:aren uppmärksam på att huset är bättre isolerat, har mindre köldbryggor och är mer lufttätt än vanligt. Ju lägre värmeeffektbehov desto mindre blir radiatorerna, rören och värmekälla. Ett mindre värmesystem kan hjälpa till att finansiera kraftigare isolerat klimatskal.

Värmeeffektbehovet styrs av dimensionerande vinterutetemperatur, DVUT som i sin tur bestäms av byggnadens tidskonstant och klimatorten. Tidskonstanten ska beräknas med en metod som inkluderar väggarnas isoleringsförmåga, densitet, area, värmekapacitet och densitet hos materialet innanför isoleringen.

### 5.1.2 Basvärmekälla

Basvärmekällan är den som används för huvudsaklig uppvärmning. Tänk på att Boverket med BBR16 låtit skärpa kraven för både levererad energi och för installerad effekt för hus som värms med el oavsett om det är direktverkande, värmepump, elpanna etc.

För hus i område med fjärrvärme är det förmodligen mest lämpligt. Fjärrvärme är idag det vanligaste energislaget för uppvärmning och varmvattenberedning i tätorter. Miljövinsterna är stora om fjärrvärme kan utnyttjas eftersom den till stor del produceras av förnyelsebar energi eller spillvärme. Storskalig värmeproduktion ger miljömässiga fördelar.

I vissa fall kan förbränningspanna för olja, gas, ved, pellet etc eller en elpanna vara ett alternativ. Någon av dessa bränsleslag kan vara alternativ i områden där det inte finns eller inte passar att ansluta till fjärrvärmenätet. För gaseldning krävs närhet och anslutning till naturgasledning. Nyinstallation av enbart oljeeldad värmepanna är inte vanlig av både kostnads- och miljöskäl, dessutom behövs en utrymmeskrävande oljetank. Icke fossila bränslen kan vara pellet, ved eller flis. Pelletpannorna har utvecklats till att kräva ett minimum av arbete med påfyllning och askning, men även dessa kräver ett utrymme till ett bränsleförråd.

Huset kan värmas med t ex en värmepump ansluten till berg, mark, grundvatten, sjövattnet, uteluft eller frånluft. En värmepump behöver en energikälla som inte nödvändigtvis behöver är ”varm”. Energin i berg, marklager, grundvatten, sjövattnet eller uteluft duger. Eller så kan värmen i frånluften utnyttjas. Huvuddelarna i en värmepump är en elkrävande kompressor, två värmeväxlare varav en som tar upp energi (förångaren) och en som avger energi (kondensorn). En värmepump karakteriseras av en värmefaktor som beskriver hur mycket energi (eller effekt) den levererar i förhållande till den energi (eller effekt) som krävs för att driva den. I köpt el kan även ingå el till cirkulationspumpar och kringutrustning ingå.

Värmefaktorn hos en och samma värmepump varierar med temperaturerna i kondensorn och i förångaren, ju större temperaturskillnaden är mellan den hämtade gratisenergin och temperaturen i värmesystemet eller till varmvattenberedaren desto lägre blir värmefaktor. Värmepumpstillverkarna uppger därför värmefaktorn vid en viss utomhustemperatur, t ex +2°C och en approximation av den då nödvändiga framledningstemperaturen. Värmepump dimensioneras sällan för att klara husets maximala värmeeffektbehov utan måste kompletteras med tillsatsvärmning.

Det finns beprövade system antingen för endast beredning av varmvatten eller kombinerade solfångare som både bereder tappvarmvatten och värmer huset. Det krävs lämpligt orienterade ytor med passande lutning och plats för en ackumulatortank inomhus. Om huset är anslutet till fjärrvärme kan det istället utnyttjas som ”ackumulator”. Vintertid måste solfångarsystemet kompletteras med annan värmekälla t ex förbränningspanna. Tekniken är beprövad men kräver lämpligt lutande (tak)ytor orienterade i huvudsak mot söder.

Som tillskottsvärmekälla till värmepump eller solvärme kan en förbränningspanna för olja, gas, ved, pellet etc eller en elpanna/elpatron fungera.

## 5.2 Distributionssystemens energiklass

Det vanligaste sättet att värma ett hus är med ett vattenburet system som i sin tur ansluter till radiatorer, konvektorer, golvvärme etc. Luftburna system förekommer ofta i passivhus där ventilationssystemet även utnyttjas som värmedistributionssystem. Vid direktverkande el utgörs "distributionssystemet" av elledningar vilket naturligtvis omöjliggör flexibilitet mellan energikällor.

Distributionssystemets energieffektivitet påverkas av

- val av cirkulationspumpar
- rör- och komponentisolering
- rörens placering för att spillvärmens kan nyttiggöras.

### 5.2.1 Rörens isolering

Vattnet i ett vattenburet system och därmed rören blir under den kallaste delen av året ca 55°C. Dåligt isolerade rör orsakar stora värmeförluster. Rummen längst bort från värmekällan kan få svårare att värma till önskad temperatur om inte temperaturen från värmekällan höjs. Kraftig isolering av rören kräver större utrymme och större håltagning vilket ställer krav på tidiga beslut och samordning under projektering och montering.

Tidigare BBR hade som krav att temperaturfall maximalt fick bli 1°C i värmerören och med en maximal okontrollerad värmeavgivning till rummet på 25 % av den till rummet tillförda värmeeffekten. Dessutom fick inte ytemperaturen på värmeapparaternas isolering överstiga 35° vid 20°C lufttemperatur. Numera är kravet borttaget men ingår i det allmänna funktionskravet på levererad energianvändning per tempererad kvadratmeter. Isolering som uppfyller Boverkets tidigare funktionskrav är inte ekonomiskt optimal. Isoleringstjocklek ska istället beräknas med LCC-metoden.

### 5.2.2 Förläggning av värmerör

Även rörens placering påverkar energianvändningen. Värmerör som hamnar i ytterväggarna för att inte synas värmer på fel ställe och i värsta fall måste framledningstemperaturen höjas och orsakar därmed ännu större energiförluster.

Traditionellt hamnar värmestammarna innanför ytterväggarna där de enkelt når och kan fördela värmevattnet till radiatorer eller konvektorer. Anslutningsledningarna blir korta eftersom stammarna placeras nära värmarna. Arrangemanget kan innebära problem med att få plats med rörisoleringen och därmed avges värmen på fel ställe. I värsta fall måste framledningstemperaturen höjas med ofrivilliga energiförluster som följd.

Värmeförlusterna från rören är minst om de kan förläggas i centrala schakt där spillvärmens trots allt kommer huset till godo. Antalet rörmeter blir något för att anslutningsledningarna ska dras ut från de centrala schakten till värmarna vid ytterväggarna.

### 5.2.3 Cirkulationspumps eleffektivitet

Cirkulationspumpar energimärks på samma sätt som vitvaror. En pump i energiklass A är mycket energieffektiv, medan en G-märkt pump är sämst. Klasserna tar bland annat hänsyn till om pumparna arbetar behovsanpassat. Den traditionella cirkulationspumpen

kommer att hamna i kategori D som har ett fast varvtal dygnet runt – oavsett om värmebehovet är stort eller litet. Byggherren kan välja någon av dessa klasser som kommer att bytas ut mot A till G när energimärkningen i klasser träder ikraft. Bästa tillgängliga teknik är cirkulationspumpar styrda för variabelt differenstryck och system som stoppar pumpen när det inte längre finns något värmebehov, detta motsvarar energimärkning klass A. Pumpstorleken väljs på ett ekonomiskt korrekt sätt, dvs med en lönsamhetsmetod som tar hänsyn till livslängd, kalkylränta, energiprisökning och underhållskostnader.

### 5.3 Rumsvärmare

Värmare avger värmen på olika sätt och svarar olika snabbt på signaler från styr- och regler-system vid belastningsändring så det har viss betydelse för energianvändningen.

Vattenburna radiatorer är de vanligaste slutapparaterna i ett värmesystem. De värmer både genom strålning till rumsytorna och genom konvektion till rumsluften. Radiatorer tillverkas i standardmått för att passa in under fönstren. I de fall fönsterbröstningen är låg ersätts radiatoren med en konvektor som trots mindre framsida klarar ett stort värmebehov på grund av en större inre yta. Ur energisynpunkt är det inte effektivt att placera radiatorer eller konvektorer framför fönsterglasat eftersom fönstrets värmeisolerande förmåga är betydligt sämre än väggkonstruktionens.

Golvvärme innebär att vattenrör eller slangar gjuts in i betong eller arrangeras i träbjälklag på värmespridande plåtar. Golvet fungerar som en stor ”radiator” fast med låg ytemperatur. I princip kommer hela golvkonstruktionen att hålla samma temperatur varvid det krävs rejält med isolering under bottenbjälklaget för att begränsa värmeförlusterna nedåt. Golvvärmens är ett trögt värmesystem som endast långsamt svarar på en ändring av värmebelastningen i rummet. I och för sig kan ett varmt golv innebära att lufttemperaturen i ett rum kan sänkas med bibehållet inneklimat. Samtidigt finns också en risk att fötterna vänjer sig vid den högre golvtemperaturen och kräver värmning även då det inte är nödvändig. Golvvärme i flervåningshus kan komma att fungera som ofrivillig takvärme i lägenheten under om inte bjälklaget isoleras

I lokaler med hög takhöjd som hallbyggnader kan vattenburen takvärme vara lämplig. Takvärmepaneler värmer i huvudsak genom strålning mot rumsytorna varmed inte hela luftvolymen behöver värmas.

Luftvärme innebär att ventilationsluften utnyttjas både för den nödvändiga luftväxlingen och för att tillföra värme. Systemet var vanligt i nybyggda villor i slutet på 80-talet, idag används det passivhus. Ur energisynpunkt är det effektivt eftersom det ger stora möjligheter till snabb anpassning av värmeförlust genom temperaturhöjning av tilluften.

Direktverkande el förekommer som radiatorer och konvektorer samt som golv- och takvärme. Investeringskostnaden är låg och förlusterna små. Dock saknas helt flexibiliteten att använda andra energikällor än just el. Tänk på att hus som ska värmas med direktverkande elradiatorer ska klara både ett hårt energikrav och dessutom ett effektkrav.

### 5.4 Styr-, regler och mätsystem

Styr- och regler-system och dess funktion har stor påverkan på behovet av värmeenergi. Generellt gäller att ju snabbare framledningstemperaturen i ett vattenburet system kan regleras desto bättre. Dessutom finns styrfunktioner som stänger av värmesystemet sommartid t ex genom säsongsstyrning av cirkulationspumpen.

För att ett värmesystem ska fungera optimalt krävs att det är injusterat, dvs styrventiler ska vara ställda så att rätt vattenflöde når respektive värmare.

Temperaturen i huset regleras genom att framledningstemperaturen (från värmekälla till värmarna) i vattenburna system eller tilluftstemperaturen anpassas efter behov, ju lägre utetemperatur desto högre framledningstemperatur. Ibland sker också en extra korrigering av framledningstemperaturen efter frånluftstemperaturen som kan antas vara representativ som medeltemperatur för huset. Framledningstemperaturen kan också regleras enbart efter returtemperaturen. Eller styras efter väderprognoser, om kallare väder är på väg gör sig värmesystemet berett på detta.

I varje rum ställer brukarna in önskad rumstemperatur som därefter regleras med hjälp av termostater. Elektronisk värmereglering kompletterad med termostatventiler gynnar en energieffektiv drift av ett värmesystem. Likaså att temperaturgivaren i rummet är placerad på innervägg.

Det finns ett flertal olika avancerade system, vissa kan till och med vara svåra för både driftspersonal och brukare att utnyttja.

#### 5.4.1 System för individuell mätning och debitering

Så här långt kan värmesystemet fungera som ett självreglerande, nästan passivt system. Nästa steg är att påverka hur brukarna använder det. Genom att komplettera med ett mätsystem för lägenhetsvis/lokalvis debitering av värmekostnaden skapas ett incitament för brukarna att minska sin värmeanvändning.

Syftet med individuell mätning och debitering av värme är incitamentet som skapas för brukarna att sänka inomhustemperaturen och att inte ska vädra slentrianmässigt. Inomhustemperaturen sjunker i genomsnitt någon grad i de lägenheter där månadskostnaden påverkas. Införande av individuell mätning påverkar inte bara de tekniska installationerna, den orsakar också administrativt merarbete med insamling och bearbetning av mätdata och debitering.

Om man är osäker kan projekteringsgruppen få i uppgift att reda ut effekterna av mätsystem i det aktuella huset och med aktuella brukare. Dvs om det är lönt och i så fall med vilken metod den individuella mätningen ska ske. Observera att det finns samordningsvinster med ett gemensamt mätsystem för värme och varmvattenanvändning. Det finns också olika avancerade system för visning av värmeanvändning för brukarna. I kostnaderna ska även avläsningskostnader och underhållskostnader inkluderas. Det finns två principiellt olika mätsystem: värmemängdsmätning eller komfortmätning.

##### *Värmemängdsmätning*

Mätning av den värme som tillförs lägenheten. Det behövs en mätare per lägenhet eller per verksamhetsdel som mäter vattenflöde och vattentemperaturer till värmesystemet och tolkar detta som en energimängd. Det är genomförbart vid nybyggnad där samtliga radiatorer i en lägenhet eller verksamhetsdelen kan försörjas från samma värmeledning. Ett annat sätt är att mäta avgiven värme med en mätare på varje radiators frontyta som känner av och registrerar radiatorns yttemperatur och rumstemperatur. De ger egentligen inte energimängden direkt utan endast ”skaldelar”, som används för att fördela husets totala värmekostnad mellan lägenheterna.

##### *Komfortmätning*

Rumstemperaturen mäts och i principen betalar man för hur varmt man har i lägenheten. En representativ lägenhetstemperatur beräknas med mätvärden från temperaturgivare i placerade i lägenhetens olika rum.

Observera att ingen av metoderna är helt rättvis. Om två grannar har olika varmt kommer den varmare lägenheten att värma den svalare och får därmed betala mer. Om däremot värmekostnaderna fördelas efter temperatur i lägenheterna kan man vädra bort mycket värme utan att det kostar något extra – temperaturen mäts ju som låg. Man får också betala mer om solen lyser in eller om mycket värme genereras i lägenheten från hushållsapparater. Metoderna kan också tyckas vara orättvisa för boende i lägenheter med många yterväggar och med ett tak, t ex hörnlägenheter på översta våningen. Men korrigeringsfaktorer finns så de behöver inte betala orättvist mycket på grund av läget.

Generellt gäller att ju mer välisolerat huset är desto svårare är det att få lönsamhet av individuell mätning av värme. Kostnaden för systemen varierar beroende på hur avancerade de är, så det finns anledning till utredning. De enklare systemen registrerar endast temperatur eller värmemängd men brukarna har ingen möjlighet att direkt kontrollera hur mycket värme de gör av med.

## 6 System för komfortkyla

I detta avsnitt förklaras de för byggherren viktigaste energi- och inneklimatrelaterade parametrarna vid utformning av komfortkylsystem vid nyproduktion. Här får man hjälp att på ett strukturerat sätt själv avgöra hur detaljerade krav som ska ställas utan att fundera på om någon viktig fråga försumrats.

Som byggherre kan du själv ställa krav på delar i system för komfortkyla eller överlämna åt installationskonstruktören att undersöka

- Egenskaper som eventuella solskyddsglas ska ha.
- Egenskaper som eventuella inre eller mellanliggande solskydd ska ha.
- Egenskaper som eventuella yttre solskydd ska ha.
- På vilket sätt solskyddet ska regleras.
- Vilken typ av kylkälla som ska väljas.
- Egenskaper hos en eventuell kylmaskin.
- Hur rummen ska kylas.
- Hur kylningen ska styras och regleras.
- Om energin för komfortkyla ska mätas separat.

### 6.1 Kort om komfortkylsystem

Med komfortkylsystem menas det installationssystem som håller rumstemperaturen på önskad nivå under den varmare delen av året. I de flesta lokalbyggnader genereras mycket internvärme som tillsammans med solinstrålning skapar övertemperaturer. Ett komfortkylsystem står i konflikt med att byggnadens energianvändning ska vara låg men samtidigt kan det vara enda sättet att tillfredsställa höga krav på inomhusklimatet. Men val och utformning kan påverkas så att det inte blir så energikrävande och det finns stora möjligheter att helt bygga bort behovet av komfortkyla.

Komfortkylsystem som helhet består av några huvuddelar som i sin tur kan byggas ihop på flera olika sätt:

- Kylkällan till exempel eldriven kylmaskin, fjärrkyla, evaporativ kyla, frikyla.
- Distributionssystemet som kan vara ett vattenburet rörsystem eller så utnyttjas ventilationssystemets kanaler för transport av kyld luft.
- Rumsapparater kan vara kylbafflar, strålningstak, fönsterapparater eller lokala så kallade fan-coilapparater.
- Styr-, regler- och mätsystemen kan vara princip för styrning av framledningstemperatur, lokalt reglera rumstemperaturen, individuell mätning av kyla etc.

Så här projekerar VVS:aren system för komfortkyla.

1. **Den temperaturnivå som** accepteras inomhus under sommaren bestäms, ju lägre desto större blir kylbehovet.
2. **Kylbehovet minskas i första hand genom att:**
  - Förhindra solinstrålning
    - Fönsterstorlek och orientering.
    - Passivt solskydd som takfot, balkonger
    - Fast yttre solskydd

- Solskyddsglas
- Rörligt yttre solskydd
- Inre eller mellanliggande solskydd
- Minska den inre värmebelastningen med eleffektiva apparater som anpassas och eleffektivt styrd belysning.
- Kylning med nattluft och genom att stommens värmetröghet utnyttjas. För att detta ska fungera måste följande fyra villkor vara uppfyllda:
  - Stommen måste vara tung, dvs värmetrög som t ex betong.
  - Ventilationen måste vara igång under natten. Även om det är sommar är temperaturen tillräckligt låg under natten för att den ska kyla stommen. Naturligtvis måste hänsyn tas till extrabehovet av fläktel vid noggrannare beräkningar av lönsamheten av nattkyla. Fläktarna behöver dock inte vara igång hela natten, det räcker tills temperaturen inomhus sjunkit till en viss nivå.
  - Den svala ventilationsluften nattetid måste komma åt den tunga stommen så den får inte täckas med ytskikt eller beklädningsmaterial i för stor utsträckning.
  - Brukarna måste acceptera att temperaturen inomhus varierar något under dagen. Den kommer att vara låg under morgonen och förmiddagen och stiger allt eftersom stommen värms.

### 3. Kyl så gott det går med sval ventilationsluft

Den ventilation som tillförs för att hålla luften ren kan också i viss utsträckning utnyttjas för kylning genom att sänka tilluftstemperaturen. Begränsning ligger i att tillförsel av luft under cirka 15°C ökar risken för drag i vistelsezonen. Kylningen av tilluften sker centralt i luftbehandlingsaggregatet i fläktrummet. Alla rum som är anslutna till samma ventilationsaggregat får acceptera samma tilluftstemperatur så det kan bli svårt att få alla nöjda.

### 4. Om inte klimatkraven kan uppfyllas väljs antingen en annan typ av ventilations-system – ett så kallat VAV-system ...

I detta kan ventilationsflödet anpassas efter behov, när innetemperaturen börjar stiga ökar ventilationsflödet och därmed den kylande effekten. Ett VAV-system skiljer sig från det vanliga ventilationssystemet med konstant flöde (CAV-system) genom att kanalerna är något större, det finns spjäll med motorer till de rum som behöver kyla och fläktmotorerna ska kunna styras för att ändra ventilationsflödet. Förutsättningarna för att många ska bli nöjda är stor.

### 5. ... eller så installeras ett vattenburet kylsystem.

Ett ventilationssystem som inte klarar att tillföra tillräcklig mycket kall luft kompletteras med ett vattenburet komfortkylsystem. I de rum som behöver kylas kommer då att finnas speciella kylelement placerade i taket eller under fönster. Kylbafflar eller kylpaneler kallas kylelement i taknivå medan de som är placerade under fönster kallas fönster- eller induktionsapparater. Med ett vattenburet system kan temperaturen sommartid regleras så att man till och med i varje rum kan få den temperatur man önskar. Förutsättningarna för att få många nöjda brukare är stor.

### Bra att veta om sambandet mellan inneklimatklass, kyleffektbehov och komfortkylsystem.

Behovet av att installera ett komfortkylsystem påverkas därmed av följande:

- Vald elutrustning. Låg eleffektivitet för elapparater och belysning ger stort tillskott av värme och därmed ökar kylbehovet.
- Vald inneklimatklass. Vid stränga krav på inneklimatet sommartid kan komfortkylsystem behöva installeras. I princip påverkar inneklimatet behov på komfortkylsystem på följande sätt.

- För att klara inneklimatclass C sommartid behövs sällan ett speciellt komfortkylsystem. Men det kan krävas att värmelasten minskas genom solskydd och/eller val av eleffektiva apparater.
- Inneklimatclass B sommartid kan också uppfyllas utan kylsystem. Men reduktion av värmelasterna kommer att krävas med solskydd, eleffektiva apparater och anpassning av ventilationsdriften.
- För att klara inneklimatclass A krävs både reduktion av kylbehovet och i princip alltid ett komfortkylsystem.
- Krav på solskydd, fönsterstorlek och stomtyp påverkar också utformningen.

Detta gäller både att minska kylbehovet och energiklass på komponenter och på styr- och reglersystem.

- minska kyleffektbehovet eller kanske till och med ifrågasättas.
- Kylkällor med olika verkningsgrader kan undersökas.
- Rören eller kanalerna i distributionssystemen kan förläggas och isoleras på olika sätt,
- styr- och reglersystemen är olika energieffektiva.

## 6.2 Minimering av kylbehov

Möjligheterna är stora att i ett tidigt skede beräkna hur kyleffektbehovet påverkas av olika åtgärder. Beräkningarna måste ske med datorprogram som tar hänsyn till internt genererad värme, sol, ventilation och byggnadens termiska egenskaper. I första hand är det alltså kyleffektbehovet som analyseras eller vilka övertemperaturer som en vald estetisk/teknisk lösning för med sig.

Utredningskravet gäller inte bara lokalbyggnader utan även bostäder. I bostäder som har mindre värmelaster än kontor bör komfortkylsystem undvikas, istället gäller utredningen att få reda på hur hög övertemperatur kan bli och dess varaktighet. Framför allt finns det stora möjligheter att beräkna övertemperatur vid en viss systemlösning och effekten av olika passiva åtgärder.

I ”Handledningen för arkitektens energi- och inneklimatutredningar” finns beskrivet både lämpliga beräkningsverktyg och hur arkitekten använder dem för att i ett tidigt skede studera till exempel effekter av olika solskydd.

Även övriga projektörerna ska vara medvetna om och utreda möjligheterna att med passiva åtgärder minska kylbehovet. Det innebär anpassning av fönsterstorlek och dess orientering, bruk av eleffektiva apparater, solskydd, stomtyp och nattkyla. Det finns mycket att vinna på dessa tidiga beräkningar av kyleffektbehovet som påverkar storleken på alla delkomponenter och därmed investeringskostnaden och kylenergibehovet och därmed driftskostnaderna.

Valet innebär att arkitekt, byggnadskonstruktör och installationskonstruktörerna antingen beräknar behovet för kylning eller storleken på övertemperaturer. Tanken är att man som byggherre ska få underlag för beslut om olika passiva åtgärder uttryckt i sparad energi, reducerad effekt eller minskning av övertemperatur i grader. Ett ”ja” rekommenderas. Det tar inte lång tid för projektörerna att göra denna utredning men den kan spara mycket energi och många klagomål.

## 6.3 Eventuellt solskydd

Ett effektivt sätt att minska behovet av komfortkyla eller minska riskerna för övertemperatur är att installera någon form av solavskärmning. Under ”4 Klimatskal och stomme” fick arkitekten reda på om solskydd accepterades och också vilken huvudtyp. Här finns möjlighet att mer detaljerat precisera egenskaperna hos tänkbara solskydd om utredningen visar att det kommer att behövas.

I princip står valet mellan följande huvudtyper eller med olika kombinationer:

- solskyddsglas
- yttre solskydd
- inre eller mellanliggande solskydd

Överhuvudtaget gäller att yttre solskydd är effektivare än mellanliggande eller inre.

Solinstrålningen kan skärmas eller hindras med

- Solskyddsglas belagda med skikt som reflekterar tillbaka solstrålningen.
- Solskyddsglas som absorberar solvärme, kan vara tonade eller ofärgade
- Fasta solskydd placerade utomhus
- Automatiskt styrda solskydd utomhus
- Manuellt styrda placerade utomhus
- Automatiskt styrda placerade invändiga
- Manuellt styrda placerade invändiga
- Automatiskt styrda placerade mellan glasrutor
- Manuellt styrda placerad mellan glasrutor

### 6.3.1 Solskyddsglas

Om solskyddsglas prioriteras kan byggherren ställa krav på att det ska ha vissa energi- eller inneklimate (termiska) relaterade egenskaper. Arkitekten bör få veta byggherrens synpunkter så tidigt som möjligt eftersom solskyddsglas kan påverka fasadens utseende.

Solskyddsglas hindrar en del av solvärmens från att nå in i rummet. Glasfärgen kan vara neutral eller tonad (brons, gråa, gröna, blå etc.). De kan också vara belagda med lågemissionsskikt eller med speglande glas. Dagsljusinsläppet kan minska vilket kan få betydelse på val och utformning av belysning. Utvecklingen av solskyddsglas går dock snabbt och det finns numera rutor som släpper in mycket ljus samtidigt som de är bra på att skärma av solvärmens.

Tyvärr reduceras solvärmeinstrålningen inte bara under sommaren när det är önskvärt utan också under vintern då den minskar uppvärmningsbehovet. Men även här går utvecklingen framåt och det finns rutor som både skyddar mot sol och som har bra värmeisolerande egenskaper.

### 6.3.2 Inre eller mellanliggande solskydd

Om inre eller mellanliggande solskydd prioriteras finns här möjlighet att ställa detaljerade krav på energi- och termiska inneklimategenskaper. Solskydd som monteras innanför fönsterglasen är i första hand ett komplement till ett utvändigt, men har en god ljusregleringsförmåga.

Inre solskydd kan vara gardiner, persienner, rullgardin eller screen som dras för fönstret antingen manuellt av brukarna eller automatiskt efter solintensitet. Fasadens utseende på-

verkas inte på samma sätt som med ett utvändigt, men ju tidigare arkitekten får veta byggherrens önskemål desto större blir möjligheterna att alla blir nöjda.

Styrningen kan ske manuellt av brukarna eller automatiskt efter solintensitet.

### 6.3.3 Yttre solskydd

Om yttre solskydd är aktuellt finns här möjlighet att ställa särskilda krav på detta men endast som avser energi- och termiska inneklimategenskaper. Arkitekten bör få veta byggherrens synpunkter så tidigt som möjligt eftersom yttre solskydd i hög grad påverkar fasaden och byggnadens utseende. Här anges också om det ska vara fast eller rörligt.

Speciella skärmtak kan monteras som skuggar fönster kan fungera som yttre fasta solskydd men också takutsprång, balkonger, speciella skärmtak etc. Se upp med att de fasta solskydden kan reducera dagsljusmängden och kräva mer belysning och att de ska utformas så att de inte hindrar den lågt stående solen vintertid. Konsekvenser av ett fast solskydd ska undersökas med avseende på termiskt inneklimat och uppvärmningsenergi vintertid. Yttre solskydd skuggar fönster sommartid men kanske också under vintern vilket därmed kan öka behovet av uppvärmningsenergi.

Alternativet är rörligt solskydd som markis, markisolett, fasadpersienn eller screen som fälls ut antingen manuellt av brukarna eller automatiskt efter solintensitet. Fönstermarkisen är det vanligaste solskyddet, markisolett är en typ av fönstermarkis för höga fönster där övre delen är parallellt med fönstret och den nedre delen fälls ut som en markis. Fasadpersienn består av grova lameller som löper i skenor för att klara av hård vind. Screen fungerar som en utanpåliggande rullgardin med tunn nästan genomskinlig duk. Rörliga solskydd kan styras av brukarna eller automatiskt efter solintensitet. Styrningen för rörligt solskydd kan dessutom ske med olika upplösning, ifrån varje fönster separat till hela fasaden. Alternativen är manuell styrning av brukarna eller automatiskt efter solintensitet. Styrningen för rörligt solskydd kan ske med olika upplösning, antingen för varje fönster eller för hela fasaden

## 6.4 Komponenter i komfortkylsystem

Om det trots ansträngningarna med att minimera kylbehovet ska finnas ett komfortkylsystem så kan det naturligtvis väljas och utformas så att det blir olika energieffektivt. Energifklassen här avser distributionssystemet inklusive cirkulationspumpar, isolering, mät och injusteringsmöjligheter etc. Distributionssystemet fördelar det kylda vattnet ut i byggnaden till kylbatteriet i luftbehandlingsaggregatet i ventilationssystemet och till eventuella kylelement i rummet.

Installationskonstruktören kan utforma distributionssystemet och dess delar så att det blir mer eller mindre energieffektivt. Rör och komponenter kan påverkas liksom cirkulationspumparnas effektivitet och möjligheter att justera vattenflöden och mäta vattentemperaturen. Isoleringmaterial och isoleringstjocklek för kylvattenrör bestäms i första hand av att ytkondens inte ska uppstå. Cirkulationspumparna ska vara tryckstyrda och att de ska stoppas automatiskt när det inte längre finns något kylbehov. Pumpens storlek väljs på ett ekonomiskt korrekt sätt, dvs med en lönsamhetsmetod som tar hänsyn till livslängd, kalkylränta, energiprisökning och underhållskostnader.

## 6.5 Kylkälla

Om det ska finnas ett kylsystem finns det möjlighet för byggherren att uttrycka speciella krav och önskemål som gäller den kylkälla som ska användas och hur effektiv den ska vara.

Om fjärrkyla finns tillgängligt är det förmodligen den mest lämpliga kylkällan. Produktionen sker med större kylmaskiner eller från en värmepump som primärt levererar värme. Fjärrkylan kan anslutas direkt till komfortkylsystemet, till kylbatteriet i luftbehandlingsaggregatet eller växlas över till ett husinternt cirkulationssystem.

Med frikyla menas kyla som varken är fjärrkyla eller genererad av en lokal kylmaskin. Den kan utgöras av kallt vatten från en närbelägen sjö eller av ventilation med kall nattluft. En effektiv typ av frikyla bygger på att bjälklagen i huset kyls ner nattetid av golvförlagda slingor med vatten som kylts med kall nattluft. Vintertid utnyttjas golvslingorna för värmedistribution.

Den vanligaste kylmaskinen är eldriven kompressorkyla och är det alternativ som bör väljas i sista hand. Funktionen är som en värmepump – fast tvärtom, här är det den kalla sidan som utnyttjas. Byggnadens elanvändning ökar kraftigt om en kylmaskin väljs.

Kylningssätt som bygger på det faktum att kylning sker då ventilationsluft befuktas. Kräver vissa förutsättningar för att fungera och är inte så vanligt för komfortkylning.

### Kylmaskinens driftegenskaper

En kylmaskin karakteriseras av kylfaktorn som ibland benämns ibland COP (coefficient of performance) och som beskriver hur mycket energi (eller effekt) den levererar i förhållande till den energi (eller effekt) som krävs för att driva den. Kylfaktorn beror i huvudsak på hur effektivt komponenterna i själva apparaten fungerar. Huvuddelarna är den elkrävande kompressorn, två värmeväxlare en kylande (förångaren) och en som avger värmen (kondensorn).

## 6.6 Rumsystem

Som byggherre/beställare kan man ha önskemål om att rummen ska kylas på ett speciellt sätt. Rummet kan kylas med luft, när temperaturen stiger så ökar ventilationsflödet eller så kyls det med kylande vattenelement. Dessa två huvudalternativ benämns VAV-system eller vattenburen kyla.

### Vattenkyla med kyltak eller fönsterapparater

Ett så kallat kyltak består av vattenkylda element placerade i taknivå som antingen kyler genom strålning eller genom konvektion och kallas därefter strålningspanel respektive kylbaffel. En strålningspanel är vattenkyld och tar emot värmestrålning från rummets varma ytor. En baffel är ett vattenkyld element som ibland kan vara förvillande likt släckt belysningsarmatur. Rummet kyls genom luft rörelser kring baffeln, så kallad egenkonvektion. En annan typ av bafflar ansluts till tilluften som kyls efter behov.

En annars vanlig lösning i kontorslokaler är fönster- eller induktionsapparater i dessa är kylbatterier placerade bakom en inklädnad under fönster. Tilluft blandas med rumsluft som kyls över batteriet och för ut kylan i rummet. Fönsterapparaterna kan också användas för värmning varvid radiatorer inte behövs.

### Vattenkyla i bjälklag

Detta är ett system som bygger på att bjälklagstemperaturen hålls i princip konstant året runt. Sommartid kommer det då att verka kylande och vintertid värmande. Systemet för-

utsätter tung stomme, dvs betongbjälklag som har stor värmeackumulerande förmåga. Golvet/taket kyls nattetid till 18 - 19°C av vatten som sin tur kylts av sval nattluft eller sjövattnet. Systemet är mycket energieffektivt men brukarna måste acceptera att temperaturen är något lägre under förmiddagarna än på eftermiddagen.

### **Luftburen kyla**

Luftburen kyla är kallas också VAV-system (variabelt luftflöde). Ju större behov av kyla desto mer ventilationsluft blåses in som dessutom är kyld till 15 °C.

Fancoil-apparater är kylbatterier där rumsluften kyls genom att den cirkuleras med hjälp av en fläkt över kylaren som ansluts till ett vattenburet kylsystem. Apparaterna kan också användas för värmning.

## **6.7 Energiklass på styr-, regler- och mätsystem**

För att kylsystemet ska fungera optimalt krävs att det är injusterat, dvs fasta ventiler är ställda i läge så att rätt vattenflöde når respektive värmare. Styr- och regler-systemet ska hålla eller anpassa rumstemperaturen.

Temperaturen på kylbäraren hålls relativt konstant under året då en kylmaskin används och den kylande effekten i rumsapparaterna sker genom att vattenflödet ändras. För energieffektiv drift ska cirkulationspumpen vara avstängd under perioder när kylning inte efterfrågas. Möjligheterna att reglera temperaturen bestäms egentligen av vald inneklimatklass. Om klass A är vald, det vill säga fler än 90 % ska vara nöjda med inneklimatet krävs individuell reglering av rumstemperaturen vilket kan innebära att värmning och kylning kan krävas samtidigt, dock inte i samma rum.

### **Mätning av kylenergi behovet**

Anges om det ska finnas separata mätare för att hålla kontroll på hur mycket energi som åtgår just för kylning. För att följa upp energianvändningen i den färdiga byggnaden bör den mätas separat för respektive post. Man får ett mått på kylsystemets effektivitet och verksamhetens behov av kyla genom att mäta eventuell kompressorel till kylmaskin och/eller hur mycket kylenergi som levereras. Detta ger en möjlighet till att följa upp driften och lättare få kontroll av både systemets och kylkällans effektivitet.

## **6.8 Prioriteringsordning vid motstridiga krav mellan energi-användning och inneklimat**

Olika kriterier kan ge lösningar som råkar i konflikt. Främst gäller detta värmesystem och komfortkylsystem. Brukarna av huset kan betrakta låg inomhustemperatur som bra inneklimat medan det fördyrar kylsystemet vars storlek måste anpassas. Dessutom ökar energianvändningen och därmed driftskostnaden. Här har man som byggherre chans att tänka igenom och fatta beslut om hur motstridiga krav ska prioriteras. Förslagsvis kan någon av nedanstående faktorer prioriteras om konflikt skulle uppstå.

- Hög komfort
- Låg driftskostnad
- Låg investeringskostnad
- Annat kan vara t ex låg yttre miljöbelastning, estetik, driftsäkerhet, krav på underhåll

## 7 Ventilationssystem

I detta avsnitt förklaras de för byggherren viktigaste energi- och inneklimatrelaterade parametrarna vid utformning av ventilationssystem vid nyproduktion. Här får man hjälp att på ett strukturerat sätt själv avgöra hur detaljerade krav som ska ställas utan att fundera på om någon viktig fråga försummas. Avsnittet är direkt kopplat till indataformuläret för Energilotsens kravspecifikation för energi och inneklimat.

Kraven i detta avsnitt gäller i första hand ventilationssystemets övergripande energiklass men man kan också ställa krav på systemdels- eller komponentnivå. Det senare är möjligt vid "Eget val". Om man bara ställer det övergripande energikravet rekommenderas i alla fall att byggherren aktivt kontrollerar indataformuläret, det kan finnas system, komponenter delar och klassificeringar som man inte tidigare har tänkt på.

Som byggherre kan man ställa ytterligare krav på följande delar i ventilationssystemet eller överlämna åt installationskonstruktören att undersöka

- Vilken typ av ventilationssystem ska användas? Självdrag, frånluft eller till- och frånluft?
- Hur ska ventilationssystemet utformas? Centralt fläkt/aggregat eller lokalt i varje lägenhet?
- Vilken typ av återvinning ska väljas och hur effektiv ska den vara?
- Hur stort är basventilationsflödet?
- Ska ventilationsflödet kunna forceras för att undvika fuktproblem i våtutrymme?
- Hur ska ventilationsflöde styras och regleras? Efter fukt, koldioxid, närvaro, tid etc?
- Kanske kan ett driftschema för ventilationen upprättas redan nu?
- Hur hög ska tilluftstemperaturen vara? Det påverkar möjligheterna till effektiv ventilation men också risken för att drag ska uppstå.
- Fläktens SFP som är ett mått på hur eleffektiv fläkten ska vara.
- Val av aggregat eller fläkt med lägsta kostnad enligt kriteriet LCC-energi fläkt?
- Hur täta behöver kanalerna vara?
- Hur mycket ska kanalerna isoleras?

### 7.1 Kort om ventilationssystem

Systemets primära syfte är att utifrån krav på luftkvaliteten tillföra frisk luft och föra bort använd luft. Tilluften ska tillföras där människor vistas längst, t ex vardagsrum, sovrum, arbetsrum, klassrum etc. Frånluften ska föras bort där den är mest förorenad som i våtrum, kök, kopieringsrum, toaletter etc. Dessutom ska ventilationssystemet skapa ett undertryck i huset för att inte fuktig rumsluft trycks ut i klimatskalet och orsaka fuktskador.

Den minsta accepterade storleken på ventilationsflödet beror på hygienkraven för den verksamhet som bedrivs och regleras i Boverkets BBR och Arbetsmiljöverkets AFS och med råd från Socialstyrelsens SOFS. Därutöver kan ventilationsflödet ökas för att föra bort överskottsvärme efter krav på termiskt klimat. Ventilationsflödet begränsas på sätt vis av svårigheten att tillföra den dragfritt.

De vanligaste typerna för ventilation är:

- Självdrag, ev fläktförstärkt
- Frånluft med eller utan återvinning med frånluftsvärmepump
- Till- och frånluft med återvinning, ibland utan

I praktiken begränsas valet av den valda övergripande energiklass, t ex kan inte självdrag önskas om den övergripande energiklassen är ”hållbar utveckling” är vald.

Ventilationssystemet kan liksom andra delar av en byggnad också väljas, utformas och dimensioneras så att det blir mer eller mindre energieffektivt. Som helhet består systemen av följande fyra huvuddelar:

- Eventuella fläktar med luftbehandlingsaggregat där luften behandlas efter krav på renhet och temperatur dessutom kan värmen i frånluften återvinnas.
- Kanalsystem, ibland ett för tilluft och ett för frånluft.
- Rumsutrustning som utgörs av tilluftsdon eller eventuellt uteluftsventiler, överluftsanordning/don eller frånluftsdon.
- Styr-, regler- och mätsystem för styrning av tilluftstemperatur och luftflöden. Består av givare för temperatur, närvaro, koldioxid, tryck, fukt etc samt de reglerande eller styrande apparaterna.

Generellt är ventilationen av en byggnad energikrävande. All uteluft som tas in i huset ska värmas till rumstemperatur oavsett om det sker i rummen eller i ett luftbehandlingsaggregat. Dessutom är fläktmotorer och styrutrustning elkrävande.

## 7.2 Ventilationssystem och energi

Här väljs ventilationssystemets övergripande energiklass. Inmatningen kan avslutas efter detta val om typ av ventilationssystem, utförande eller utformning inte spelar någon roll av andra skäl än just energi (och till viss del inneklimat). Projektörernas arbete med att välja och utforma systemet kommer att baseras på de klasser som redan är valda.

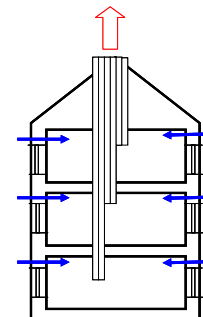
Klassen ”Lägsta totala årskostnad, LCC” innebär att beslut om val av ventilationssystem och dess energitekniska egenskaper fattas först efter lönsamhetsbedömningar. Kanalsystemet kan utformas och isoleras på flera sätt liksom luftbehandlingsaggregatet och dess enskilda komponenter samt styr- och reglerystemen.

Klassen ”Lägsta investering” innebär att alla delarna i ventilationssystemet väljs så att de uppfyller kravet på hygienisk luftkvalitet och termiskt inneklimat (i huvudsak drag när det gäller ventilationssystem). Installationskonstruktören kommer att utforma systemet så att BBR-kraven uppfylls vad gäller effektivitet och värmeförluster – men inte mer. Konsekvensen blir att en lönsam energisparpotential inte utnyttjas.

## 7.3 Olika typer av ventilationssystem

### Självdragsystem, typ S

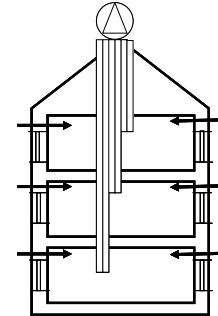
Då det är varmare inne än ute stiger inomhusluften, och den naturliga drivkraften som uppstår utnyttjas för att evakuera luften från huset genom frånluftskanaler. Varje frånluftsdon ansluts till en egen frånluftskanal för att inte frånluften ska spridas till andra rum via ventilationssystemet. Antalet kanaler blir därmed stort i ett vanligt flerfamiljshus. Frånluftsdon ska finnas i kök, badrum och övriga våtutrymme samt



klädkammare. Friskluften eller uteluften som den numera kallas tas in genom uteluftsventiler i fasaden i vardagsrum och sovrum.

Ventilationsflödet varierar över året, det är stort och kan orsaka dragproblem under vintern. Under sommaren då temperaturskillnaden mellan ute och inne är liten blir också ventilationsflödet begränsat vilket ökar risken för fuktproblem. Det är svårt eller omöjligt att skapa ett energieffektivt självdragsystem för bostäder då det är omöjligt att återvinna värmen i frånluften.

Fläktförstärkt självdrag, typ FFS fungerar som ett självdragsystem under vintern. Det finns en enkel frånluftsfläkt, oftast på taket i frånluftskanalernas mynning som går igång då den termiska drivkraften inte räcker till. Uteluften tas in genom uteluftsventiler i fasaderna. Även i detta system är det i praktiken omöjligt att återvinna värmen i frånluften. Byggherren kan ha synpunkter på den eldrivna fläktens effektivitet och hur den ska styras.

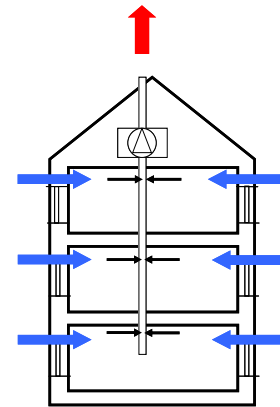


### Frånluftssystem i bostäder, typ F

I ett frånluftssystem evakueras inomhusluften med hjälp av fläkt som är kontinuerlig i drift. Drivkraften är större än i ett självdragsystem varför både antalet frånluftskanaler och deras dimensioner kan reduceras. Luften sugas in i huset genom uteluftsventiler i fasaden till sovrum, vardagsrum och andra boningsrum. Frånluftsdon placeras i kök, badrum, klädkammare och eventuella övriga våtrum.

Frånluftssystemet är en vanlig ventilationslösning i just bostäder. Lokaler som har stort behov av luftväxling kan inte ventileras med typ F på grund av svårigheterna med att tillföra stora mängder utetempererad luft dragfritt.

Värmen i frånluften kan återvinnas eftersom fläkten dimensioneras för att klara av det extra motstånd som ett återvinningsbatteri åstadkommer. Ventilationssystem kallas typ FVP om en värmepump återvinner värmen.

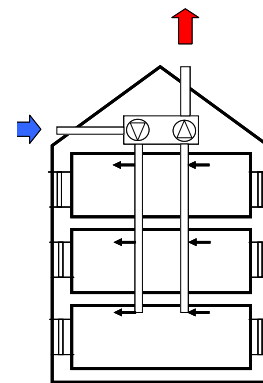


### Till- och frånluftssystem i bostäder, FTX

I ett till- och frånluftssystem tillförs och bortförs ventilationsluften av fläktar anslutna till ett kanalsystem för vardera tilluft och frånluft. En fläkt suger centralt in uteluft som värms och filtreras i ett tilluftsaggregat varefter den fördelas i huset via tilluftskanaler och tilluftsdon. Kanalsystemet för frånluft evakuerar luften med hjälp av en frånluftsfläkt. I så gott som samtliga anläggningar finns också möjlighet att ta tillvara på värmen i frånluften genom att den förvärmer tilluften. Med återvinning kallas ventilationssystem för typ FTX annars FT eller FTVP om en värmepump återvinner värmen.

Skälen till att installera ett FTX-system i bostäder kan vara att uteluften inte är så ren så att det är rimligt att ta in den direkt i vistelserummen.

Även om en bostad ventileras med ett FTX-system placeras tilluftsdonen i sovrum, vardagsrum och andra boningsrum och frånluftsdonen i kök, badrum, klädkammare och eventuella övriga våtrum. Värmeväxlaren, den dubbla uppsättningen fläktar, kanaler och don leder till att systemet är underhållskrävande. Fläktarna och höga tryckfall i donen kan dessutom orsaka oönskat ljud. Väljs, utfor-



mas, dimensioneras och sköts systemet är dock förutsättningarna goda att det blir energieffektivt.

I lokalbyggnader ska tilluftsdonen placeras där människorna stadigvarande vistas dvs i rum som används för arbete, samlingslokaler, personalrum etc. Frånluftsdon placeras i toaletter, kök, våtutrymme, kopieringsrum, duschrum, städtrum, garage, röktrum, förråd etc. För lokaler är det oftast nödvändigt att välja ett till- och frånluftssystem där verksamheten ställer höga krav på luftväxling antingen för att hålla luften ren eller för att föra bort värmeöverskott. Det är dock inget krav! Det finns exempel på skolor och kontor etc som ventileras med andra system och som karakteriseras av stor rumsvolym och att ventilationssystemet utgör en välintegrerad del av byggnaden i högre grad än konventionellt.

### Ventilationsflöde i bostäder

Storleken på ventilationsflödet påverkar både energianvändningen för uppvärmning och el till fläkten. Även inneklimatet påverkas genom att ju mer tilluft som tillförs desto högre luftkvalitet men samtidigt ökar risken för dragproblem. Storleken på ventilationsflödet påverkar också dimensionerna på ventilationssystemet och alla dess komponenter.

Ventilationsflödet för bostäder bestäms som det största av två alternativ beräknade enligt BBR. I rum som används ska uteluftsflödet vara 0.35 l/s, m<sup>2</sup> golv vilket motsvarar cirka 0.5 oms/h om rumshöjden är 2.4 m. BBR anger också att frånluftsfödet i respektive kök, badrum, toaletter, tvättstuga etc bör uppgå till mellan 10 och 15 l/s. Då utemperaturen sjunker under vissa brytpunkter så reduceras ventilationsflödet i steg.

### Årstidsstyrning

Årstidsstyrning är ett sätt att reducera energianvändningen genom att dra ner luftväxlingen under den kalla årstiden. Vintertid är uteluften torrare än under sommaren så ett mindre ventilationsflöde klarar att torka ut våtutrymmena. Åtgärden står dock i konflikt med andra hygieniska aspekter på inomhusmiljön och bör utredas speciellt. Enligt BBR får luftflödet reduceras till 0,1 l/s,m<sup>2</sup> när rummen inte används bara det inte medför hälsorisker eller att skador på byggnaden uppstår.

I små lägenheter med både ett kök eller pentry och ett badrum, kan det summerade frånluftsfödet bli så stort att luftomsättningen fördubblas jämfört med BBR:s minikrav så är det ofta i studentlägenheter eller äldre bostäder. Luften inomhus upplevs som torr och dragrisken ökar då mycket luft tillförs genom uteluftsventiler. För denna typ av lägenheter är det idé att undersöka möjligheter och konsekvenser av årstidsstyrning.

Flödesreduceringen vintertid sker effektivast genom att fläkten regleras med frekvensomvandlare eller stegvis. Ventilationsflödet kan styras i flera steg här anges två brytpunkter.

I kök är det naturligt att kunna forcera ventilationen vid matlagning men det kan också finnas skäl till att möjliggöra forcering i våtutrymmen. Särskilt angeläget är det om den gemensamma tvättstugan ersätts med tvättmaskin och torktumlare/torkskåp i respektive lägenhets badrum. Forceringen kan antingen skötas manuellt av brukarna med ett timerur, eller automatiskt efter fukthalten i badrummet vilket dock kan kräva utredning av fuktgivarens egenskaper och underhåll. För eleffektiv ventilation är det bättre ju tidigare ventilationsprojektören kan påverka utformningen av kanalsystem och fläktar. Normalt ökar ventilationsflödet från 10 till cirka 30 l/s per enhet under forceringen. Det kan vara rimligt att anta att i en normallägenhet forceras ventilationsflödet i genomsnitt 1 – 2 timmar dagligen sammanlagt.

Ventilationsflödet, förutom i köket också kan också forceras i våtrum med automatisk start och avstängning efter behov. Eftersom fukthalten är kritisk är det lämpligt att styra efter denna. Fuktgivare ökar underhållsbehovet.

## 7.4 Mer om frånluftssystem

Ett frånluftssystem kan utformas efter två principer om huset har två eller flera lägenheter. Antingen med gemensamma frånluftsfläktar, ett så kallat centralt system. Eller med en frånluftsfläkt per lägenhet, ett så kallat decentraliserat system.

Med ett centralt system ventileras hela huset med en eller några större och gemensamma frånluftsfläktar. En stor fläkt är mer effektiv än flera små, uttryckt som erforderlig effekt per luftflöde. Underhållsarbetet underlättas och det blir tydligt vem som har ansvar för fläktens och en eventuell värmepumps skötsel. Kanalsystemet är också centralt och gemensamt vilket kräver schakt som kan komma att reducera brukarnas boyta.

El till den gemensamma fläkten kommer att utgöra en del av fastighetselen. Styrsystemet kan förenklas om ventilationsflödet ska årstidsanpassas i syfte att spara uppvärmningsenergi vintertid. Återvunnen värme i frånluften kan också utnyttjas bättre eftersom den kan samutnyttjas i hela huset.

I ett decentraliserat system har varje lägenhet ett eget kanalsystem och egen frånluftsfläkt. Genom avtal måste formuleras vem som har hand om underhåll och skötsel av ventilationssystemet, om det är de boende själva så måste de få noggranna instruktioner och när, vad och hur systemet ska skötas. Försummat underhåll av ventilationssystem kan ge upphov till andra typer av problem.

Som nämndes är små fläktar inte lika effektiva som stora, så sett ur hela husets perspektiv så ökar den totala elanvändningen för ventilationen med småfläktar. Ur samhällets synvinkel är detta sämre men å andra sidan ser inte fastighetsägaren elanvändningen till fläktarna eftersom de är kopplade till hushållselen.

Det är möjligt att återvinna frånluftsvärmen även i ett detta system, men den kommer inte att kunna utnyttjas lika effektivt som i ett med central utformning.

### Återvinning av värme i frånluftssystem

Frånluften innehåller mycket värmeenergi som kan utnyttjas i ett frånluftssystem, dock endast med en frånluftsvärmepump. Värmen kan utnyttjas till följande:

- Endast för att bereda tappvarmvatten. Återvinningen utnyttjas inte fullt ut, men å andra sidan får man ett enkelt system.
- Endast för att värma vatten till värmesystemet. I detta fall utnyttjas inte heller värmepumpen fullt ut, den kommer inte att vara igång på sommaren då huset inte har något uppvärmningsbehov, men å andra sidan är systemet enkelt.
- Till att både bereda varmvatten och att värma vatten till värmesystemet som oftast är den mest kostnadseffektiva systemlösningen.

Återvinning är inte ”gratis”, användningen av el ökar om en värmepump installeras.

Alternativet innebär att värmen i frånluften inte ska återvinnas, dvs frånluften som lämnar huset kommer att hålla aktuell innetemperatur som brukar ligga mellan 20 och 25°C. Avluftstemperaturen sänks till normalt under 10°C, dock finns nu tillgängligt frånluftsvärmepumpar som sänker avluftstemperaturen till under -15°C. Enligt tidigare BBR-regler var det accepterat att inte återvinna värmen i frånluften under förutsättning att delkravet

på effektiv värmeanvändning var uppfyllt. Numera är värmeåtervinning i princip nödvändigt för att klara aktuella energikrav i BBR.

Ett annat sätt att spara energi är att tillämpa utetemperaturstyrning som innebär att ventilationsflödet minskas när det blir kallare. Förutsättningarna för en frånluftsvärmepump kan i viss utsträckning försämrats.

### Fläktens eleffektivitet

Med genomtänkt kanalutformning och fläktval kan elbehovet för ventilation reduceras märkbart. Ju lägre lufthastighet i kanaler och aggregat desto mindre blir luftmotståndet och därmed eleffektbehovet. I praktiken betyder detta att både luftbehandlingsaggregat och kanaler bör ha stor dimension. Mot detta talar den direkta kostnaden för ventilations-systemet men kostnad för utökad schaktutrymme och inkomstbortfall för mindre bostads-yta. I vilket fall som helst är det bäst att kontrollera flera olika storlekar med LCC-metod åtminstone för luftbehandlingsaggregatet.

Att ställa krav på fläktens SFP-tal är ett sätt att tydliggöra att fläkten ska fungera eleffektiv i det system som den ska arbeta i. Fläktarnas eleffektivitet mäts med det så kallade SFP-talet. Det står för Specific Fan Power och anger den totala fläkteffekten i förhållande till ventilationsflödet, kW/m<sup>3</sup>/s definierat som det största av tillufts- och frånluftsflo- det. Ju lägre SFP-tal desto mindre elenergi kommer att krävas för ventilationen.

Ventilationsbranschen har klassificerat frånluftsflyktar i de olika energiklasserna enligt tabellen nedan vars SFP-tal inte bör överskridas. SFP-värde påverkas av aggregat, fläkt- motor, fläkttyp, kanalstorlek och utformning av ventilationssystemet. Även i BBR:s ener- gihushållningsregler finns minikrav på SFP-värden.

Tabell 4.6 Klassificering av fläktars eleffektivitet i SFP (kW/m<sup>3</sup>/s)

Energiklass	FVP	F
Klass: Hållbar utveckling	0.4	0.2
Lägsta totala årskostnad, LCC	0.8	0.4
Lägsta investering om flödet > 200 l/s	1	0.5
Lägsta investering om flödet < 200 l/s	1.3	0.8
Lägsta investering för t ex villor	1.6	1

Att ställa krav på fläktens SFP-tal är ett sätt att tydliggöra att fläkten ska fungera eleffektiv i det system som den arbetar i. För att uppfylla SFP-kravet avgör installationskon- struktören själv fördelningen av tryckfallen över kanalsystemet och över luftbehandlings- aggregatet. För att vara säker på att luftbehandlingsaggregatet optimeras i sin helhet kan man också ställa krav på att aggregatet eller fläkten dessutom ska LCC-beräknas. För in- stallatörens del innebär det att flera aggregatstorlekar undersöks. Livscykelkostnad på- verkas kraftigt av aggregatstorleken vid stora luftflöden och långa drifttider. Bara på nå- gra få år kan den högre kostnaden för ett större aggregat ha tjänats in.

### Kanalernas täthet

Även kanalernas lufttäthet påverkar energianvändningen. Ju mer kall luft som läcker in i frånluftskanalen desto mer sjunker temperaturen på den frånluft som når en värmepump och ju mindre värme kommer att kunna återvinnas. Ventilationsbranschen uttrycker kan- naltätheten i klasserna A, B, C och D enligt VVS AMA. Där klass A gäller för synligt

förlagda kanaler i den lokalen som betjänas, klass B för rektangulära kanaler och för cirkulära kanaler i kanalsystem med mindre omslutningsarea, detta är BBRs kravklass. Klass D är tätaste enligt VVS AMA.

### **Kanalers isolering**

Otillräcklig isolering av kanalerna innebär att temperaturen på ventilationsflödet faller och mindre värme kommer att kunna återvinnas.

Lägsta totala årskostnad, LCC innebär att flera olika isolertjocklekar undersöks och den som ger lägst totala årskostnad väljs. Den ekonomiska isolertjockleken ska bestämmas med metod för investeringsbedömning som passar komponenter med lång livslängd och där hänsyn tas till investeringskostnad, energiprisökning, kalkylränta, energibesparing och förväntad livslängd. Krav på god energihushållning leder oftast till tjockare isolering än krav på avskiljning i brandteknisk klass. Observera att BBR:s krav på isolering är en mininivå, inte den ekonomiskt optimala. Isolering enligt BBR:s krav som innebär att temperaturen på ventilationsluften inte får sjunka mer än 3°C i kanaler för tilluft, återluft och frånluft anslutna till värmeåtervinnare eller värmepumpinstallation. Billig, men inte energioptimal.

## **7.5 Mer om till- och frånluftssystem i bostäder**

### **Centrala aggregat och kanalsystem**

Ett FT(X)-system i ett bostadshus kan i princip utformas efter två principer om det består av två eller flera lägenheter. Antingen ventileras hela huset med ett eller flera gemensamma till- och frånluftsfläktar eller aggregat i ett så kallat centralt system. Eller med ett FT(X)-aggregat per lägenhet, ett så kallat decentraliserat system.

Med ett centralt system ventileras hela huset med ett eller några större och gemensamma till- och frånluftsaggregat. Ett stort aggregat är mer eleffektivt än flera små, uttryckt som erforderlig eleffekt per luftflöde. Underhållsarbetet underlättas och det blir tydligt vem som har ansvar för aggregatens skötsel. Kanalsystemet är också centralt och gemensamt vilket kräver schakt som kan komma att reducerar brukarnas boyta.

Elanvändningen för att driva de gemensamma fläktarna ingår i posten fastighetsel. Styrsystemet för fläktarna förenklas om ventilationsflödet ska årstidsanpassas för att spara uppvärmningsenergi vintertid.

### **Ett aggregat i varje lägenhet, dvs decentraliserat system**

Decentraliserat system innebär att varje lägenhet har sitt eget kanalsystem och luftbehandlingsaggregat med tillufts- och frånluftsfläkt och övriga komponenter för luftbehandlingen. Detta inkluderar också en eftervärmare, oftast en elvärmare som värmer till erforderlig tilluftstemperatur. I avtalet mellan fastighetsägare och brukare måste dock noga formuleras vem som har hand om underhåll och skötsel av ventilationssystemet. De boende måste få noggranna instruktioner om när, vad och hur systemet ska hanteras. Missköta ventilationssystem kan ge upphov till andra typer av problem, speciellt om de stängs av helt och hållet på grund av buller och drag.

En fördel ur förvaltersynpunkt är att schaktytor som annars används för ventilationskanaler frigörs till uthyrningsbar yta.

### Återvinning av värme i FTX

Den återvunna värmen kan endast användas till förvärmning av tilluften, den kan inte med konventionella metoder utnyttjas till värmesystemet eller till varmvattenberedning om inte en värmepump installeras.

Återvinning är inte helt ”gratis”, användningen av fläktenergi ökar om en återvinnare installeras, om det vill sig riktigt illa till och med så mycket att värmeåtervinning inte lönar sig ekonomiskt. Som byggherre kan man antingen peka ut att en viss typ av värmeåtervinnare ska användas eller enbart ange en lägsta accepterad temperaturverkningsgrad. Återvinnarna beskrivs här enbart kortfattat med fördelar och nackdelar och eventuellt vad de får för konsekvenser på huset i övrigt

Temperaturverkningsgraden ligger mellan 45 och 87 % beroende på typ. Begreppet temperaturverkningsgrad används för att beskriva hur bra värmeåtervinnaren som apparat fungerar och är ett mått på förmågan att höja temperaturen på tilluften i förhållande till det teoretiskt möjliga. Den kan vara, men är sällan ett mått på hur mycket energi som kan återvinnas under ett helt år, detta kallas istället årsmedelverkningsgrad. Det kan vara värt att speciellt kontrollera den temperaturverkningsgrad som presenteras i produktkatalogerna, hur den är mätt och vad den egentligen innebär.

I en plattvärmeväxlare där frånluften värmer tilluften genom att de passerar var sin sida om tunna plåtar varmed inga föroreningar överförs från frånluft till tilluft. Ibland kallas de korsväxlare eftersom tillufts- och frånluftsströmmar byter plats i vertikalled. Den har inga rörliga delar, men kräver att både tilluftskanal och frånluftskanal ansluter till samma fläktrum. Temperaturverkningsgrader är cirka 50 – 60 % för enkelplattvärmeväxlare men kan uppgå till mer än 80 % för en dubbel.

En roterande värmeväxlare som består av ett rotorhjul med ett stort antal små kanaler. Hjulet är till hälften placerat i tilluftskanalen och till hälften i frånluftskanalen och roterar så att det växelvis är i endera kanalen. Inte bara värme utan också föroreningar kommer att till viss del överföras från frånluften till tilluften. Typen kräver att kanalerna placeras tillsammans och temperaturverkningsgrader är hög cirka 70 – 80 %.

Batterivärmeväxlare består av två batterier; ett värmeupptagande som placeras i frånluften och ett värmeavgivande i tilluften. Däremellan cirkulerar en värmebärande vätska med hjälp av en pump. Till- och frånluftskanaler eller aggregat behöver inte sammanföras i samma rum och temperaturverkningsgrader är cirka 50 – 60 %.

En heatpipe som till hälften är placerad i frånluften och till hälften i tilluften. Värme hämtas genom att ett köldmedium förångas i frånluftsdelen, stiger upp i värmeväxlaren till tilluften som värms då ångan kondenserar. Temperaturverkningsgrad är låg, cirka 45 – 55 %.

### Tilluftens temperatur

Energimässigt är det bra med låg tilluftstemperatur men det upplevs lätt som dragigt och den orsakar klagomål. För varm tilluft kan orsaka kortslutning och dålig ventilationseffektivitet.

### Fläktar, aggregat och kanalsystem

Med genomtänkt kanalutformning och fläktval kan elbehovet för ventilation reduceras märkbart. Ju lägre lufthastighet i kanaler och aggregat desto mindre blir luftmotståndet och därmed eleffektbehovet. I praktiken betyder detta att både luftbehandlingsaggregat och kanaler bör ha stor dimension. Emot detta talar den direkta kostnaden för ventilationssystemet men kostnad för utökad schaktutrymme och inkomstbortfall för mindre bo-

stadsyta. I vilket fall som helst är det bäst att kontrollera flera storlekar med LCC-metod åtminstone för luftbehandlingsaggregatet.

Ventilationsbranschen har klassificerat fläktar i de olika energiklasserna enligt tabellen nedan vars SFP-tal inte bör överskridas. SFP-värde påverkas av aggregat, fläktmotor, fläkttyp, kanalstorlek och utformning av ventilationssystemet. Även i BBR:s energihushållningsregler finns minikrav på SFP-värden.

Tabell 4.7 Klassificering av fläktars eleffektivitet i SFP (kW/m<sup>3</sup>/s)

Energiklass	FTX
Klass: Hållbar utveckling	0.8
Lägsta totala årskostnad, LCC	1.6
Lägst investering om luftflödet är > 200 l/s	2
Lägst investering om luftflödet är < 200 l/s eller om ventilationsflödet varierar kraftigt.	2.5
Lägst investering för villor och då värmeåtervinningen är effektiv	3.3

### Undersökning av aggregatets LCC

Att ställa krav på fläktens SFP-tal är *ett* sätt att tydliggöra att fläkten ska fungera eleffektiv i det system som den arbetar i. För att klara SFP-kravet kan installationskonstruktören själv avgöra fördelningen av tryckfallen över kanalsystemet och över luftbehandlingsaggregatet. För att vara säker på att luftbehandlingsaggregatet optimeras i sin helhet kan man ställa krav på att detta också ska LCC-beräknas. För installatörens del innebär det flera aggregatstorlekar undersöks. Livscykelkostnad påverkas kraftigt av aggregatstorleken vid stora luftflöden och långa drifttider. Bara på några få år kan den högre kostnaden för ett större aggregat ha tjänats in.

### Kanalernas täthet

Även kanalernas lufttäthet påverkar energianvändningen. Ju mer kall luft som läcker in i frånluftskanalen desto mer sjunker temperaturen på den frånluft som når en eventuell värmepump och ju mindre värme kommer att kunna återvinnas. För tilluftskanalerna gäller motsvarande, men där är det inte önskvärt att tilluft läcker ut i huset på fel ställe. Tilluften är både värmd och filtrerad vilket är kostnadskrävande. Ventilationsbranschen uttrycker kanaltäthet i klasserna A, B, C och D enligt VVS AMA.

## 7.6 Mer om FTX-system i lokaler

### Ventilationsflöde i lokalbyggnader

Storleken på ventilationsflödet påverkar energianvändningen för både uppvärmning och el till fläkten. Även inneklimatet påverkas genom att ju mer tilluft som tillförs desto högre luftkvalitet men samtidigt ökar risken för dragproblem. Storleken på ventilationsflödet påverkar också dimensionerna på ventilationssystemet och alla dess komponenter.

I lokaler bestäms det minsta accepterade luftflödet av hygieniska skäl av BBR, AFS och till viss del SOS. I princip kommer alltid tilluftsflödet och inte kraven på frånluftsflöde att bestämma luftväxlingen för lokaler. Liksom för bostäder gäller minsta BBR:s krav på lägst accepterade tilluftsflöde till 0.35 l/s, m<sup>2</sup> golv i rum som används. I samlingslokaler tillkommer krav som är relaterat till antal personer, enligt BBR ska minst 7 l/s, person

tillföras. Arbetsmiljöverket kräver något större luftflöde nämligen 7 l/s, person plus 0.35 l/s, m<sup>2</sup> för stillasittande arbete. Ventilationsflödet får inte understiga dessa minikrav men det finns inga myndighetskrav som hindrar ett större flöde.

Vanligtvis bestäms ventilationsflödet antingen av

- krav på god luftkvalitet eller
- krav på det inte får bli för varmt i lokalerna

Här anges storleken på ventilationsflödet om det ska vara större än minikraven i BBR, SOSFS eller AFS. Ventilationens primära uppgift är att tillföra frisk luft och föra bort föroreningar. I lokaler där personerna är den huvudsakliga föroreningskällan är det bortförandet av lukter som normalt dimensionerar ventilationsbehovet. I detta avsnitt rör kraven endast luftkvaliteten. Eftersom lukt inte går att mäta används istället koldioxidhalten som en indikator på just dålig lukt. Men det är inte bara människan som förorenar luften. Emissioner från möbler, inredningsmaterial, apparater och verksamheten kan också ställa krav på luftflödet för att erhålla en viss luftkvalitet.

Olika beställare, förvaltare, hyresgäster eller installationskonstruktörer har sina erfarenheter om vilket ventilationsflöde som ger hög luftkvalitet och få klagomål. Tilluftsflöden på upp emot 40 l/s, person förekommer och kan finnas dokumenterade i tekniska policydokument. Även krav på flexibilitet att ha möjlighet att ändra verksamheten och utnyttja lokalrum på annat sätt kan avgöra storleken på ventilationsflödet som systemet ska dimensioneras efter. Man vill t ex kunna öka persontätheten i utan att behöva bygga om ventilationssystemet.

### **Central fläkt och kanalsystem**

Den vanligaste systemlösningen av ventilationssystem i lokaler är att ventilationen är central så till vida att byggnaden ventileras med ett eller flera till- och/eller frånluftsaggregat. Antalet luftbehandlingsaggregat styrs av verksamhetens behov av behandling av tilluften. Ur energisynpunkt är ett stort aggregat att föredra framför flera små. Följande alternativ kan man ta ställning till i indataformuläret:

Innebär att antalet luftbehandlingsaggregat ska minimeras, dock inte så till den grad att det påverkar möjligheterna till energieffektiv drift. Ventilationen ska zonerats så att det blir möjligt att delvis och periodvis kunna stänga av. Med detta alternativ lämnar man i övrigt över till installationskonstruktören att anpassa antal aggregat för optimal drift.

### **Tilluftens temperatur**

Energimässigt är det bra med låg tilluftstemperatur men det upplevs lätt som dragigt och den orsakar klagomål. För varm tilluft kan orsaka kortslutning och dålig ventilationseffektivitet.

### **Driftschema för ventilationen**

Forcering av ventilationsflödet påverkar energianvändningen, ju mer ventilationsluft som ska värmas desto mer uppvärmningsenergi kommer att krävas. Projektören kommer att vara intresserad av att få besked om brukarnas forceringsvanor och forceringsflödet. I vissa lokaler, där verksamheten är känd, kan driftschema för ventilationen preciseras redan i detta skede. Schemat upprättas separat men här anges att det ska upprättas och också vad man kommer att kalla det.

### **Styrning och reglering av ventilation (behovsanpassning)**

Energimässigt är det en stor fördel om ventilationsflödet kan styras och regleras efter behov. Speciellt i lokaler som används kort tid per dygn och med varierande beläggning, t

ex gymnastiksal, samlingsalar, matsalar, kök, klassrum etc. Styrning mellan normalstort och lågt flöde sker antingen med tidur, manuellt med timer, efter koldioxidhalten eller efter närvaro.

Ventilationsflödet forceras manuellt vid behov och stängs av automatiskt efter en viss tid, metoden kan vara aktuell i samlingsalar, konferensrum eller liknande. Ventilationsflödet kan regleras efter koldioxidhalten, närvaro eller temperatur.

Ett FTX-system av typen CAV kan endast i viss mån reglera temperaturen med. I så fall blir det fråga om en annan typ av ventilationssystem som också används för klimatisering.

### **Fläktar och kanalsystem**

Med genomtänkt kanalutformning och fläktval kan elbehovet för ventilation reduceras märkbart. Ju lägre lufthastighet i kanaler och aggregat desto mindre blir luftmotståndet och därmed eleffektbehovet. I praktiken betyder detta att både luftbehandlingsaggregat och kanaler bör ha stor dimension. Detta ökar både kostnaden för ventilationssystemet och för större schaktutrymme och ökar inkomstbortfall för mindre lokalyta. I vilket fall som helst är det bäst att kontrollera flera storlekar med LCC-metod åtminstone för luftbehandlingsaggregatet.

I ventilationssystem där ventilationsflödet forceras vid behov bör fläktar med konstanta varvtal t ex hel/halvfart i väljas i första hand. I ventilationssystem med variabelt luftflöde för klimativering bör varvtalsstyrning av fläktmotorerna ske med frekvensomformare (även kallade frekvensomriktare, frekvensomvandlare). I så fall kan luftflödet varieras steglöst med tiden eller styrs av t ex temperaturgivare, närvarogivare eller mätutrustning för CO<sub>2</sub>-halt. Att installera en frekvensomformare medför en högre investeringskostnad, varför lönsamheten måste bedömas från fall till fall. Då stora aggregat behövs samt när luftbehovet bedöms variera i betydande grad bör denna typ av flödesreglering installeras.

### **Undersökning av aggregatets LCC**

Att ställa krav på fläktens SFP-tal är *ett* sätt att tydliggöra att fläkten ska fungera eleffektivt i det system som den arbetar i. För att klara SFP-kravet kan installationskonstruktören själv avgöra fördelningen av tryckfallen över kanalsystemet och över luftbehandlingsaggregatet. För att vara säker på att luftbehandlingsaggregatet optimeras i sin helhet kan man ställa krav på att detta också ska LCC-beräknas. För installatörens del innebär det flera aggregatstorlekar undersöks. Livscykelkostnad påverkas kraftigt av aggregatstorleken vid stora luftflöden och långa drifttider. Bara på några få år kan den högre kostnaden för ett större aggregat ha tjänats in.

## **7.7 Prioritering vid motstridiga krav**

Olika kriterier kan ge lösningar som råkar i konflikt. Främst gäller detta värmesystem och komfortkylsystem. Brukarna av huset kan betrakta låg inomhustemperatur som bra inneklimat medan det fördyrar kylsystemet vars storlek måste anpassas. Dessutom ökar energianvändningen och därmed driftskostnaden. Här har man som byggherre chans att tänka igenom och fatta beslut om hur motstridiga krav ska prioriteras. Förslagsvis kan någon av nedanstående faktorer prioriteras om konflikt skulle uppstå.

Hög komfort, Låg driftskostnad, Låg investeringskostnad

*Annat* kan vara t ex låg yttre miljöbelastning, estetik, driftsäkerhet, krav på underhåll

## 8 Tappvarmvattensystem

I detta avsnitt förklaras de för byggherren viktigaste energi- och inneklimatrelaterade parametrarna vid utformning av tappvarmvattensystem vid nyproduktion. Här får man hjälp att på ett strukturerat sätt själv avgöra hur detaljerade krav som ska ställas utan att fundera på om någon viktig fråga försumrats. Avsnittet är direkt kopplat till indataformuläret för Energilotsens kravspecifikation för energi och inneklimat.

Kraven i detta avsnitt gäller i första hand tappvarmvattnets övergripande energiklass men man kan också ställa krav på systemdels- eller komponentnivå. Det senare är möjligt vid ”Eget val”. Om man bara ställer det övergripande energikravet rekommenderas i alla fall att byggherren aktivt kontrollerar indataformuläret, det kan finnas komponenter, delar och klassificeringar som man inte tidigare har tänkt på.

Som byggherre kan du själv ställa ytterligare krav på följande delar i tappvarmvattensystemet eller överlämna åt installationskonstruktören att undersöka

- Vilken/a typ av basvärmekälla/or som ska användas för varmvattenberedning
- Och eventuellt vilken tillsatsvärmekälla den ska kompletteras med
- Om värmen i spillvattnet ska återvinnas
- Om vattenflödet ska begränsas med snålspolande armaturer, s.k. flödesbegränsare
- Om varmvattnet ska mätas och debiteras individuell
- Om varmvattenanvändningen ska mätas kollektivt för att få noggrann driftstatistik
- Isolering och placering av distributions- och cirkulationsrören
- Cirkulationspumparnas eleffektivitet
- Väntetiden på varmvattnet
- Om handdukstorkarna ska vara anslutna till varmvattencirkulation

### 8.1 Kort om tappvarmvattensystem

Varmvattensystemet kan liksom andra delar av en byggnad väljas, och utformas så att det blir mer eller mindre energieffektivt. Ett enkelt sätt att minska energianvändningen för varmvattenberedning skulle kunna vara att sänka temperaturen på varmvattnet. På grund av risk för tillväxt och spridning av legionellabakterien i varmvattensystem är det dock viktigt att krav och rekommendationer för varmvattentemperaturen följs!

Varmvattensystemet som helhet består av följande huvuddelar:

- Värmekälla/värmekällor till exempel fjärrvärme, el, förbränningspanna, solfångare, värmepump etc.
- Distributionssystemet; rör för distribution av tappvatten och ofta också en cirkulationsledning med cirkulationspump för varmvatten.
- Rums- eller slutapparater utgörs av tappvattenarmaturer, dvs kranar eller blandare.
- Styr-, regler- och mätsystem för styrning av temperaturen, blandningsventiler, individuell mätning av värme etc.

### 8.2 Tappvarmvattnets generella energiklass

Välj generell energiklass för tappvarmvattensystemet enligt nedan, därefter är det frivilligt att gå vidare och ställa ytterligare krav på tappvarmvattensystemets utformning eller

komponenter. Om inte så kommer projektörerna att välja och utforma systemet utifrån den energiklassen.

### 8.3 Värmekällor för varmvattenberedning

Basvärmekällan är den huvudsakliga värmekällan för varmvattenberedning. Observera att det här gäller endast varmvattenberedning, värmekälla för uppvärmning specificeras under **Värmesystem**. I normalt brukar man hitta en gemensam lösning.

Om huset är beläget i område med fjärrvärme är det förmodligen mest lämpligt. I så fall kommer det att behövas en undercentral med plats för en värmeväxlare för varmvattenberedning och eventuellt en för värmesystemet. I lokalbyggnader kan dessutom tillkomma en värmeväxlare för luftvärmebatteriet i ventilationsaggregatet. I småhus ersätts undercentralen med en abonnentcentral.

I områden som saknar fjärrvärme måste annan värmekälla för varmvattenberedning väljas. En vanlig lösning är elpatroner eller värmepump. Den senare kräver i sin tur en värmekälla som t ex berg, mark, grundvatten, sjövattnet, uteluft eller frånluft.

Det finns färdiga effektiva solfångarepaket för värmning av endast varmvatten eller så kallade kombinerade solfångare för både tappvarmvatten och värmesystemet. Förutsättningen är att det finns ytor med rätt orientering och lutning för applicering av solfångarna och plats inomhus för en ackumulatortank. Vintertid måste solfångare kompletteras med annan värmekälla t ex förbränningspanna eller el.

För varmvattenberedning kan också förbränningspanna för olja, gas, ved, pellet etc användas. Av kostnadsskäl försöker man att använda samma värmekälla både till värmesystemet och till varmvattenberedning.

#### Tillskottsvärmekälla

Vissa basvärmekällor som solvärme eller värmepump dimensioneras sällan för det hela varmvattenbehovet och behöver därför kompletteras. Observera att det här gäller endast varmvattenberedning, värmekälla för uppvärmning specificeras under "Värmesystem". Normalt brukar man hitta en gemensam lösning.

Som tillskottsvärmekälla till en värmepump eller solvärme kan en förbränningspanna för olja, gas, ved, pellet etc eller en elpanna/elpatron fungera. Av kostnadsskäl försöker man att använda samma värmekälla både till värmesystemet och till varmvattenberedning.

#### Återvinning av spillvattenvärme

Med en spillvattenvärmeväxlare tas en del av värmeenergin till vara i spillvattnet som förvärmer blivande tappvarmvatten. Värmeväxlaren består av ett spillvattenrör omgivet av ytterligare ett rör, där tappvattnet strömmar i motsatt riktning. För att apparaten ska bli kostnadseffektiv krävs relativt stora spill- och tappvattenflöden. Allt spillvatten från huset måste samlas i en och samma servisledning vilket kan ge konsekvenser på spillvattenrörens förläggning.

Spillvattenvärmeväxlarens lönsamhet minskar om det finns fler energieffektiviserande åtgärder i varmvattensystemet, t ex solfångare, snålspolande armaturer och individuell mätning och debitering av varmvatten. För att en solfångaranläggning ska fungera effektivt får inte det inkommande vattnet ha förvärmats. Snålspolande armatur och individuell mätning och debitering av varmvatten sänker vattenförbrukningen vilket påverkar de tillgängliga flödena negativt för värmeväxlarens effektivitet.

Byggherren kan överlåta åt installationsprojektören att utreda om det är möjligt att använda spillvattenvärmeväxlare och i så fall om det är kostnadseffektivt.

## 8.4 Begränsning av varmvattenanvändning

Energibehovet till varmvattenberedning beror på varmvattenförbrukningen, tappvarmvattnets temperatur och hur energieffektivt det kan beredas och distribueras. Den största energivinsten ligger i att minska varmvattenförbrukningen vilket kan ske med passiva eller aktiva åtgärder. De passiva innebär att vattensnåla armaturer installeras medan aktiva metoder innebär att brukarna förmås att ändra sitt beteende t ex genom att varmvattenanvändningen mäts och debiteras.

### Utrustning som begränsar varmvattenanvändningen

Varmvattenförbrukningen minskar om armaturen har termostatblandare och/eller flödesbegränsare. Termostatblandarens funktion är att hålla jämn temperatur på vattenflödet medan en flödesbegränsare blandar luft i strålen så att den blötande effekten blir densamma som vid normalt vattenflöde. Nackdelen med flödesbegränsare är att tiden ökar för att fylla badkaret.

Termostatblandare är lämpliga för duschar och flödesbegränsaren är lämplig för alla tappställe, möjligtvis badkarsblandaren undantaget. Snålspolande armatur i duschen och i kökskranen kan minska vattenflödet med cirka 25 % och hushållets sammanlagda varmvattenanvändning med cirka 15 %. Totala varmvattenbehovet kan reduceras med ca 20 % och kan ses som ett alternativ eller komplement till individuell mätning av tappvarmvatten.

### System för individuell mätning av varmvattenanvändning

Individuell mätning och debitering ökar brukarnas medvetande om sin varmvattenanvändning. Observera att frågan här endast gäller individuell mätning och debitering av varmvatten. Värmemätning beskrivs under **Värmesystem**.

Med system för individuell mätning och debitering av varmvatten kommer varje lägenhet eller verksamhetsdel att betala för sin egen varmvattenanvändning och därmed finns ett ekonomiskt incitament att ändra sitt beteende. I Sverige är traditionen att alla i en fastighet solidariskt delar på den totala energikostnaden för varmvattenberedning.

För att mätning och debitering inte ska bli dyrt och missvisande ställs vissa krav på systemets utformning. Rören ska förläggas så att det endast finnas en matande varmvattenledning till varje lägenhets kök och badrum. Dessutom ska varmvattencirkulationens anslutningspunkt kontrolleras så att inte brukare långt ifrån varmvattenberedaren måste betala för urtappat avsvolat varmvatten. Alternativt kan speciella vattenmätare användas som tar hänsyn till varmvattentemperaturen.

Totalt sett innebär systemet att byggkostnaden ökar på grund av annorlunda rördragning, för

vattenmätarna och för avläsningssystemet. Driftkostnaden ökar till följd av att avläsningarna ska räknas om och debiteras respektive hyresgäst. Trots detta är det oftast lönsamt. Med det enklaste och billigaste mätsystemet registreras vattenanvändningen i varje lägenhet med ett visst intervall men hyresgästerna kan inte fortlöpande få reda på sin förbrukning. För att kunna följa sin förbrukning krävs visning t ex på display i lägenheten varmed kostnaderna ökar.

## 8.5 Utformning av distributionssystem och varmvattencirkulation

En relativt stor del av den energi som går åt för beredning av varmvatten förloras när tappvarmvattnet distribueras. Spillvärmén kommer visserligen huset till godo men inte när den behövs och inte där den behövs. Värmeförlusterna kan begränsas av isolering och mer eller mindre klok rörförläggning. I viss mån påverkas de också av varmvattentemperatur men den begränsas nedåt av risken för legionellabakteriernas tillväxt.

### 8.5.1 Kollektiv mätning varmvattenanvändning

I de flesta hus finns endast en energimätare för t ex fjärrvärmeanvändning som mäter sammanlagd energianvändning för uppvärmning och varmvattenberedning. Med ytterligare en mätare för till exempel varmvattenanvändningen är det möjligt att få reda på fördelningen på tappvarmvatten och uppvärmningssystemet. Med separerad driftstatistik blir det lättare att särskilja fel och driftstörningar mellan systemen. Sett i det stora hela så är kostnaden för en kompletterande inte hög jämfört med vad den ger i ökad kunskap om husets energiposter.

Innebär att det ska installeras en mätare som kollektivt mäter varmvattnet som används i byggnaden. Med hjälp av den energimätare som mäter totala energianvändningen för både varmvatten och tappvarmvatten blir det då möjligt att dela upp den totala värmeenergin.

### 8.5.2 Värmeisolering av rör

Varmvattnet håller 50 till 55°C och därmed också rören. I välisolerade rör sjunker inte temperaturen och värmeförlusterna begränsas. I och för sig kommer värmen från oisolerade rör huset till godo, men kan inte alltid tillgodogöras och kan till och med öka kylbehovet. Vid samisolering av VVC-ledningen med distributionsledningen minskar den exponerade ytan och värmeförlusterna minskar kraftigt jämfört med separat isolering. För lokaler, med relativt lågt tappvarmvattenbehov, blir värmeförlusterna relativt sett större än för byggnader med högt tappvarmvattenbehov.

### 8.5.3 Förläggning av varmvattenrör

Värmeförlusterna från ledningssystem är minst om rören förläggas innanför klimatskalet och helst i centrala schakt. Här måste dock risken för vattenskador beaktas. Förläggning av rören i centrala schakt är energieffektivt medan rör som placeras i klimatskalet kommer att orsaka stora värmeförluster

### 8.5.4 Väntetid på varmvatten

Varmvattnet i ledningarna svalnar när tappningen är låg. I en större byggnad med långa vattenledningar kan det därför ta lång tid innan det avsvalnade vattnet tappats ut och det varma vattnet når fram till tappstället. Med varmvattencirkulation, VVC reduceras väntetiden. VVC innebär att vatten cirkulerar genom varmvattenledningen, genom en parallell VVC-ledning och genom varmvattenberedaren. Cirkulationen upprätthålls med en pump som ger ett lågt och konstant flöde. Om vattenflödet och därigenom temperaturen på varmvattnet i olika delar av cirkulationsledningarna är för lågt finns dels risk för tillväxt av legionellabakterier dels en ökad varmvattenförbrukning. Enligt BBR ska varmvatten erhållas utan besvärande väntetid vilket kan motsvara cirka 30 sekunder vid normalflöde.

### 8.5.5 Eleffektivitet hos cirkulationspumpar

Cirkulationspumpar är på väg att energimärkas på samma sätt som vitvaror. En pump i energiklass A är mycket energieffektiv, medan en G-märkt pump inte är speciellt energibesparande. Klasserna tar bland annat hänsyn till om pumparna arbetar behovsanpassat och därmed bara använder den energi som krävs då. Den traditionella cirkulationspumpen kommer att hamna i kategori D där dessa arbetar med ett fast varvtal dygnet runt – oavsett om värmebehovet är stort eller litet. Byggherren kan välja någon av dessa klasser som kommer att bytas ut mot A till G när energimärkningen i klasser träder ikraft.

Cirkulationspumpen bestämmer VVC-flödet som sker med konstant varvtal och konstant tryck. I och för sig utgör elbehovet endast en begränsad del, cirka 1 % av den totala el som krävs för att driva fastigheten men bör väljas efter samma princip som andra pumpar.

### 8.5.6 Handdukstork ansluten till VVC

Det finns tre typer av handdukstorkar som kan används i badrum; elvärmda, anslutna till värmesystemet eller till varmvattencirkulationssystemet.

Handdukstorkar anslutna till värmesystemet torkar enbart under uppvärmningssäsongen. Modellmässigt kan de betraktas som radiatorer för värmning av badrummet till en önskad inomhustemperatur.

Handdukstorkar anslutna till varmvattencirkulationen är en stor energitjuv och bör därför kunna styras eller regleras. Men legionellabakterien kan växa till i stillastående vatten och spridas i hela systemet när handdukstorken sätts igång igen så det finns stor risk för problem. Regleringen är praktiskt genomförbar men kräver intermittent styrning så att varmvatten ej blir stillastående vid långa avstängningar vilket betyder att någon form av elektronisk styrning måste tillgripas. De bör inte kunna stängas av på ett enkelt sätt.

## 9 Elutrustning

I detta avsnitt förklaras de för byggherren viktigaste energi- och inneklimatrelaterade parametrarna vid val av elutrustning vid nyproduktion.

Byggherren kan under här på ett strukturerat sätt notera önskningar och krav som gäller elutrustning; övergripande energiklass, funktion och/eller val av enskilda apparaters effektivitet. I princip alla elkrävande apparater i en byggnad kan klassas utifrån hur effektiva de är och det mönster kommer igen i indataformuläret. Som byggherre kan du själv ställa ytterligare krav på följande delar eller överlämna åt installationskonstruktören att undersöka

- Verksamhetens elutrustning inomhus
  - Vitvaror i kök
  - Vitvaror i tvättstuga
  - Komfortelvärmare i badrum
  - Elhanddukstorkar
- Fastighetsgemensam utrustning inomhus
  - Gemensam belysning i bostäder
  - Belysning i lokaler
  - Elapparater i lokaler
  - Separat energimätning av elkrävande apparater, fläktar, pumpar
  - Hissar
  - Elvärmare ej för huvudsaklig uppvärmning
- Fastighetsgemensam utrustning utomhus
  - Motorvärmare
  - Utomhusbelysning
  - Yttre elvärmare

### 9.1 Kort fakta om elutrustning

Fastighetsel behövs för drift av fläktar, pumpar, värmepumpar, motorventiler, ställdon, styr- och reglersystem, kylmaskin, hissar, gemensamma tvättstugor, belysning av gemensamma utrymmen som trapphus, förråd, utomhusbelysning, motorvärmare etc. Medan verksamhetsel eller hushållsel definieras som den el som är direkt kopplad till brukarna. I hushållsel ingår el till vitvaror, brunvaror, belysning och övriga apparater i hushållet. I verksamhetsel ingår normalt belysning och kontorsapparater.

Just elapparater är speciella, många gånger är det byggherren som står för investeringskostnaden men brukarna får vinsten i form av billigare hushållsel som t ex eleffektiva vitvaror i hyreslägenheter. Eleffektiv utrustning minskar den internt genererade värmen som annars varvid energibehovet för uppvärmning ökar. Sommartid orsakar å andra sidan eleffektiva apparater mindre eller kanske inget behov av komfortkyla. Problem kan dock lösas med klargöranden om vilka förutsättningar som ett visst inneklimatkräver. Överenskommelser i avtal är bra och lyfter frågan om både inneklimat och energianvändning!

Precis som andra delar av en byggnad kan apparaterna och styrningen väljas, utformas så att de blir mer eller mindre energieffektiva. Elapparaternas energieffektivitet beror på

- Apparaternas egna egenskaper

- Apparatens storlek
- Tiden apparaten används
- Reglerbarhet

Krav på effektivitet hos fläktar, cirkulationspumpar, värmepump och kylmaskin anges inte här utan under det system som de betjänar. De är

- Fläktar anges i avsnittet Ventilationssystem.
- Cirkulationspumpar i avsnitten Värmesystem och Varmvattensystem.
- Kylmaskin i avsnittet Komfortkylsystem.
- Värmepumpar i avsnitten Värmesystem och Varmvattensystem.

## 9.2 Elutrustningens och elsystemets generella energiklass

Elsystemets och elutrustningens övergripande energiklass omfattar alla elkrävande apparater i fastigheten *utom* pumpar, fläktar, värmepumpar, kylmaskiner. Man kan sluta inmatningen här om man inte har några speciella särskilda krav på just val av apparater. Projektörernas arbete med att välja och utforma systemet kommer att baseras på de klasser som redan är valda.

## 9.3 Verksamhetens elutrustning inomhus

Här väljs energiklass för den belysning och de apparater som används inomhus antingen i lägenheter eller i verksamheten i lokaler. I princip alla elkrävande apparater i en byggnad kan klassificeras utifrån hur effektiva de är.

### 9.3.1 Vitvaror – kyl- och frys samt diskmaskiner

För vitvaror finns en inarbetad europeisk energimärkning för kylar, frysar, tvättmaskiner, torktumlare och kombinerade tvätt/torkmaskiner samt diskmaskiner. Enligt EU:s riktlinjer skall de vara energimärkta A-G, där A avser de mest energieffektiva produkterna och G de sämsta. De flesta energieffektiva kyl-, frys- och kombiskåpen är dock numera märkta A++ med A+ som näst bäst varvid produktgruppen egentligen är märkt A++, A+, A, B, C.

Nästan inga nya kylskåp håller klass C medan frysboxar deklarerar med klasserna A++ till E. Kriterierna för klassificering av tvättmaskin och torkutrustning är energianvändning, tvätteffekt och restfuktighet. Det finns tvättmaskiner som är effektivare än klass A medan den effektivaste torktumlare klassificeras till klass A.

### 9.3.2 Vitvaror – tvättmaskin och tork

Även tvättmaskin, torktumlare eller torkskåp klassificeras enligt inarbetad europeisk märkning från A till G. Kriterierna är energianvändning, tvätteffekt och restfuktighet. Det finns tvättmaskiner som är effektivare än klass A. Effektivaste torktumlare klassificeras till klass A.

### 9.3.3 Elvärme i badrumsgolv

Komfortelvärme i badrumsgolvet installeras i syfte att öka komforten i byggnader som i övrigt har vattenburet värmesystem, i vissa fall fungerar det också som huvudsaklig badrumsuppvärmning. Golvelvärmens ansluts till hushållselen så den boende betalar själv för extra komforten.

Man bör överväga om komfortgolvelvärme verkligen är nödvändig att installera. Den är en energislukare och eftersom man vänjer sig vid att golvet är varmt så är det igång även under den varma delen av året. Till viss del går det att begränsa energianvändningen med temperaturreglering, styrning med tidur och programmering för kanske en vecka. Sämst ur energisynpunkt är om elvärmen endast har manuell brytning.

#### 9.3.4 Elvärmd handdukstork i badrum

Om man vill ha handdukstorkar i badrummet finns det tre olika typer. Elhanddukstork, anslutning till varmvattencirkulationen, till värmesystemet eller inga handdukstorkar alls.

Den elvärmda har bäst förutsättningarna för att energisnålt torka handdukar året om. Av de elvärmda typerna är den med temperaturreglering och timerstyrning mest effektiv, näst bäst är den som bara har timerstyrning med en fast gångtid och sämst är de som endast har manuell styrning.

#### 9.3.5 Belysning i lokalers verksamhetsdelar

Här finns möjlighet att ställa krav på den energiklass som belysningen ska uppfylla i den aktuella lokalbyggnaden.

I lokaler som också är arbetsplatser ställs krav på bra och fungerande belysning men som också kan vara eleffektiv. Överhuvudtaget är just belysningen energikrävande inte bara för sin uppgift att belysa utan också för att den mesta elenergin för belysning blir till värme i lokalerna. Under vintern kan den utnyttjas för då ersätter den energi från värmesystemet, men under en stor del av året skapar den istället behov av komfortkyla eller skapar motsvarande övertemperaturer.

För att klara låg energianvändning utan avkall på synergonomiska krav och ett bra termiskt inomhusklimat krävs genomtänkt val av

- **Typ och placering av ljuskällor och armaturer**  
Det viktigaste kriteriet är att klara synuppgiften som mycket väl går att kombinera med energisnål drift.
- **Effektstorlek**  
Effekten till ljuskällorna beror på typ t ex lysrör, kompaktlysrör, glödlampor, halogenlampor, lågenergilampor eller urladdningslampor, både styrningsmöjligheter och driftkostnader varierar.
- **Anpassning efter behov**  
Med detta menas att belysningseffekten anpassas efter aktuellt behov t ex med dimmer, skymningsrelä och dagsljussensor. Lokaler med tillräckligt dagsljus behöver ingen tänd belysning och med dagsljusanpassad belysning avses kontinuerlig styrning så att rätt belysningsstyrka upprätthålls, alternativt att armaturerna släcks vid dagsljus över inställd nivå. Dagsljusstyrningen kan ske zonvis, eller på armaturnivå med dagsljusanpassad reglering på varje armatur.
- **Styrning**  
Ett effektivt sätt att spara elenergi är att belysningen bara är tänd när lokalerna används. Detta sker enklast med ett tidur eller med närvarostyrning med hjälp av detektorer som reagerar på rörelse eller värme som tänder belysning då ett rum används. Närvarodetektering kan t ex användas i skolsalar, gymnastiksal, omklädningsrum, korridorer, förråd som används intermittent.
- **Gruppering av belysningen**

Genom att gruppera belysning underlättas möjligheterna att styra tiderna för tänd belysningen centralt, helst ska de utformas så att det är möjligt att förbikoppla med manuell styrning under en viss tid.

Energiklass A innebär att bästa tillgängliga teknik används efter noggrann utredning om ljusbehov. Tekniken omfattar belysningstyp, styrning, anpassning och gruppering.

För energiklass B utreder projektörerna vilket tekniskt system är lämpligt för verksamheten och som ger en långsiktigt låg kostnad utan avkall på ljuskraven. Analyser av merkostnader för energibesparande åtgärder i belysningssystemet ska ske med en lämplig lönsamhetsmetod t ex LCC som ska avgöra belysningstyp och typ av styrning och reglering. Analysen ska ta hänsyn till livslängd, energiprisökning, avkastningskrav och underhållskostnader. Resultat från pay-off-metoden bör inte användas för dessa lönsamhetsbedömningar.

Energiklass C Innebär val och utformning av ospecificerad typ så att belysningsstyrkan och ljusförhållanden klarar myndighetskrav. Den energisparpotentialen som finns vid belysningssystem kommer inte att utnyttjas.

### 9.3.6 Kontorsapparater el motsvarande

Avsnittet gäller elkrävande apparater som datorer, skrivare, kopiatorer, fax etc som ska användas av brukarna/hyresgästerna/lokalanvändarna.

För energi- och inneklimatberäkningarna i lokalbyggnader är det viktigt att veta så mycket som möjligt om elapparaterna. Den mesta av den el de kräver omvandlas till värme som påverkar både behovet av uppvärmningsenergi vintertid och behovet av energi för komfortkyla sommardag.

Apparaterna köps, ägs och används av lokalanvändaren på hans verksamhetstider och el-effektiviteten kan därför vara svår att precisera utan speciella överenskommelser. Som fastighetsägare/hyresvärd kan man skriva in i hyresavtalet att ett bra inneklimat gäller under förutsättningar att energieffektiva apparater används med energieffektiv styrning.

Elenergin till apparaterna minskas dels genom att apparater med låg effekt väljs dels genom att de stängs av eller går ner i sparläge när de inte används eller kan kopplas bort centralt eller zonvis under icke arbetstid. Tekniskt sker detta i nya byggnader med tidur som försörjer arbetsplatsernas stickuttag.

#### **Energiklass A**

Bästa tillgängliga eleffektiva apparater som går ner i sparläge då de inte används och som stängs av helt och hållet under icke arbetstid.

#### **Energiklass B**

Projektörerna att göra en utredning av apparater som ger en långsiktigt låg energianvändning. Analyser av merkostnader för energibesparande åtgärder ska ske med en lämplig lönsamhetsmetod t ex LCC som ska avgöra styrning och gruppering.

#### **Energiklass C**

Ospecificerad typ av elapparater och ingen central styrning. Det finns en energisparpotential för verksamhetsel och eventuellt på behov av kylenergi som inte utnyttjas.

### 9.3.7 Individuell elmätare för varje brukarenhet

I en kontorsfastighet delas elanvändningen upp på fastighetsel och verksamhetsel. Fastighetselen är för gemensam drift och verksamhetselen är lokalanvändarnas egna för datorer, andra apparater, belysning etc. Oftast mäts all el med samma elmätare och kombination med att elen ofta ingår i hyran medför att hyresgästen oftast inte får del av minskade elkostnader om sparåtgärder genomförs. Med modern mätteknik och ny utformning av hyreskontrakt kan brukarnas resultat av sparåtgärder mätas och därmed ge upphov till lägre kostnader.

Individuella elmätare kan ligga till grund för debitering av respektive uthyrd del i lokalbyggnader. Om man bara betalar för den el som används för den egna verksamheten skapas ett ekonomiskt incitament att reducera elanvändningen.

Differentierade mätningar ger också underlag för statistik som kan avslöja om något inte fungerar som det ska i byggnaden. Ju fler mätare som finns desto noggrannare kan driften följas upp.

## 9.4 Fastighetsgemensam elutrustning inomhus

Här ska elenergiklass väljas för den elutrustningen som är gemensam för fastighetens drift. I princip alla de elkrävande apparater klassificeras utifrån hur effektiva de är.

### **Tvätt- och torkutrustning i gemensam tvättstuga**

Gäller krav på utrustning om det ska finnas en gemensam tvättstuga i fastigheten. Möjligheterna att tvätta kan planeras på några olika sätt i ett flerbostadshus. Tvättstugan kan vara gemensam, det kan finnas en gemensam men som är kompletterad med mindre tvätt- och torkmaskiner i lägenheterna eller sker all tvätt och torkning i själva lägenheterna. Här är det endast utrustning i den gemensamma tvättstugan som tas upp.

Fastighetstvättmaskiner klassificeras efter energianvändning per tvätt, kWh/tvätt och restfuktighet i %. Medan torkutrustningen klassas efter kWh/l.

Energiklass A: Energianvändning mindre än 0.35 kWh/tvätt och den ska torkas med evakuerande eller kondenserande torktumlare i kombination med värmepumpsbaserad torkning.

Energiklass B: Energianvändningen ska vara mindre än 0.45 kWh/tvätt och torkning ska ske med valfri metod men den ska vara temperatur- eller fuktstyrd.

Energiklass C: Energianvändningen ska vara mindre än 0.5 kWh/tvätt och torkning ska ske med tidstyrning.

### **Hissar**

Hissar är energikrävande trots att de kanske har kort drifttid. Elenergi behövs för transporten men också för belysning i hissen. Hissar kan antingen vara av linyt eller av hydraultyp där den förstnämnda är den mest energieffektiva. Belysningen kan styras så att den bara är på när hissen används. Detta leder fram till följande energiklasser:

Energiklass A: Linhissar som är direktdrivna och varvtalsreglare och där belysning styrs efter närvaro eller aktivitet.

Energiklass B: Linhissor som är direktdrivna och varvtalsreglerade men med alltid tänd belysning.

Energiklass C: Hydraulhissor med alltid tänd belysning.

### **Belysning i gemensamma utrymmen**

Gäller den energiklass som belysningen ska uppfylla i gemensamma delar av byggnad, dvs i entréer, trapphus, förråd, teknikutrymme, gemensam tvättstuga. För att klara låg energianvändning utan avkall på ljuskvalitet och ett bra termiskt inomhusklimat krävs genomtänkt val av placering av ljuskällor, armaturer, installerad belysningseffekt, anpassning efter behov och styrning

Ett effektivt sätt att spara energi är att belysningen bara är tänd när rummen används och det sker enklast med ett tidur eller med närvarostyrning med hjälp av detektorer som reagerar på rörelse eller värme i utrymmen som används intermittent t ex teknikutrymme, förråd. För att belysning i ljusa trapphus ska vara effektiv bör den vara försedd med dagsljusstyrning och automatik för släckning.

Energiklass A: Bästa tillgängliga teknik används efter noggrann utredning om ljusbehov. Tekniken omfattar belysningstyp, styrning, anpassning och gruppering.

Energiklass B: Projektörerna att göra en utredning om vilket tekniskt system är lämpligt och som ger en långsiktigt låg kostnad och utan avkall på ljuskraven. Analyser av merkostnader för energibesparande åtgärder i belysningssystemet ska ske med en lämplig lönsamhetsmetod t ex LCC som ska avgöra belysning och typ av styrning och reglering. Analysen ska ta hänsyn till livslängd, energiprisökning, avkastningskrav och underhållskostnader. Pay-off-metoden är därför inte att rekommendera.

Energiklass C: Innebär val och utformning av ospecificerad typ så att belysningsstyrkan och ljusförhållanden klarar myndighetskrav. Den energisparpotentialen som finns vid belysningssystem kommer inte att utnyttjas.

### **Elvärmare ej avsedda för huvudsaklig uppvärmning**

Här anges energistatus på andra typer av elvärmare som inte är avsedda för uppvärmning av fastigheten utan för att skapa komfort i delar av huset som kan vara svåra att hålla varma med det ordinarie värmesystem. Det kan vara t ex extra värmning i entréer eller portar

### **Separata elmätare till ventilationssystemet**

Oftast mäts all el till en fastighet med en gemensam elmätare som registrerar verksamhet såväl som fastighetsel. Men ju fler mätare desto större är möjligheterna till noggrann driftuppföljning. Differentierade mätningar ger också underlag för statistik som kan avslöja om något inte fungerar som det ska i byggnaden. Ju fler mätare som finns desto noggrannare kan driften följas upp.

Extra elmätare ökar kostnaden för både installation och drift (avläsningar), men på lång sikt finns mycket pengar att spara på lång sikt.

### **Separata elmätare till ev. värmepumpar och kylmaskiner**

Oftast mäts all el till en fastighet med en gemensam elmätare som registrerar verksamhetsel såväl som fastighetsel. Men ju fler mätare desto större är möjligheterna till noggrann driftuppföljning. Separat elmätare för just elslukande värmepumpar och kylmaskin ökar möjligheterna att kontrollera så att de är så effektiva som förväntats. Ju fler mätare som finns desto noggrannare kan driften följas upp.

Extra elmätare ökar kostnaden för både installation och drift (avläsningar), men på lång sikt finns mycket pengar att spara.

### **Separata elmätare för annan utrustning**

Här anges om det ska finnas separata elmätare för annan utrustning. Oftast mäts all el till en fastighet med en gemensam elmätare som registrerar verksamhetsel såväl som fastighetsel. Men ju fler mätare desto större är möjligheterna till noggrann driftuppföljning.

## **9.5 Fastighetsgemensam elutrustning utomhus**

Här ska elenergiklass väljas för den elutrustning som är gemensam för fastighetens drift men placerad utomhus. I princip kan alla elkrävande apparater i en byggnad klassificeras utifrån hur effektiva de är. Den el som går till elutrustningen utomhus omvandlas också till värme men som inte kan nyttiggöras.

### **Motorvärmare**

Olika motorvärmare är mer eller mindre eleffektiva. Med ett styrsystem kan drifttiden begränsas. Klassificeringen sker efter typ av styrning. Där energiklass A eller B innebär tidsstyrda motorvärmare.

### **Utomhusbelysning**

Utomhusbelysningen kan också utformas att vara mer eller mindre energieffektiv. Den klassificeras efter typ av belysning, reglering och styrning. En effektiv utomhusbelysning är tänd när den behövs och kan regleras av dagsljuset.

### **Yttre elvärmare**

Funktion är att hålla stuprör eller markgångar isfria och ska styras och regleras så att de används minimalt.