



Energideklarering av bostadsbyggnader

Metoder för besiktning och beräkning

Version 2 • Reviderad januari 2007



Förord

Föreliggande arbete baseras på underlaget i form av tekniska delrapporter till den huvudrapport, *Energideklarationer av flerbostadshus – Förslag till svensk metodik*¹, som genomförts på uppdrag av Energimyndigheten i samråd med *Utredningen om byggnaders energiprestanda* (N 2003:12).

Diskussionerna i huvudrapporten utgjorde underlag för de förslag som lämnades i N 2003:12. Därefter har en lag skrivits, en förordning antagits och slutligen föreskrifter tagits fram som därmed reglerar vad som gäller för energideklarationsarbetet för bostäder. I den processen har flera av de förslag som lämnades i ett tidigt skede tappat aktualitet.

Föreliggande rapport, som behandlar metodik för beräkning och besiktning, har dock fortfarande hög aktualitet, eftersom de berör de mer fysikaliska faktorerna.

Eje Sandberg, ATON Teknikkonsult, har varit projektledare för arbetet och ansvarat för metodik för flerbostadshus, medan metodiken för småhus har Agneta Persson, ÅF-Process, ansvarat. Lotta Bångens, ATON Teknikkonsult, har arbetat som projektsekreterare samt med belysningsavsnittet. Projektet har även engagerat en rad arbetsgrupper med följande personer:

- Per Wickman, ATON Teknikkonsult, ventilation
- Farhad Basiri, Meta, fastighetsautomation
- Jens Lars, Elspargruppen, värmeproduktion
- Nikolaj Tolstoy, WSP, klimatskärm
- Per Forsling, Meta, värmedistribution och varmvatten
- Per Levin, Carl Bro, klimatskärm
- Per-Olof Carlsson, ACC, klimatskärm
- Ronny Axelsson, Vega Energi AB
- Johan Lindberg, Vega Energi AB

Rapporten färdigställdes ursprungligen i juni 2005 och har under årsskiftet 2006/2007 reviderats av Eje Sandberg på uppdrag av Boverket. Den har därmed uppdaterats på aktuella beräkningsstandarder, beaktat inkomna synpunkter på olika avsnitt och kompletterats.

Ett fälttest för flerbostadshus genomfördes i december 2005, där metodiken i denna rapport tillämpades på ett antal flerbostadshus².

Stockholm den 31 januari 2007

¹ Finns att hämta på www.aton.se

² Fälttest – Energideklarationer av flerbostadshus. www.aton.se

Innehåll

1	Utgångspunkter för metodval	4
2	Beräkningsmetodik	5
3	Besiktningsmetodik och åtgärdsförslag	6
4	Areor och persontäthet	7
5	Definitioner och begrepp	8
6	Hushållsel	9
7	Fastighetsel	18
8	Varmvattensystem	31
9	Värmesystem	46
10	Ventilation	63
11	Byggnadsautomation	89
12	Klimatskärm	104
13	Värmeproduktion	144

1 Utgångspunkter för metodval

En utgångspunkt för metodbeskrivningen i denna rapport var målsättningen att för alla bostadsbyggnader, som ska energideklareras, borde tillämpas en gemensam metodik för att beräkna byggnadernas energiprestanda, beskriva byggnadernas förutsättningar för olika åtgärdsförslag, samt för att beräkna och beskriva lönsamheten för enskilda åtgärdsförslag och åtgärds paket.

Det innebär att det skulle vara möjligt för husägaren att veta vad en energideklarationsinsats innehåller och att resultat och förslag ska bli likvärdiga oavsett vilken certifierad expert som väljes.

En annan utgångspunkt för deklarationsarbetet för bostadsbyggnader var att kostnaden för besiktning och deklarerat skulle kunna hållas på en mycket låg nivå samtidigt som nyttan av arbetet skulle vara så hög som möjligt.

Dessa utgångspunkter motiverade en metodik med mycket långt driven standardisering av såväl beräkningsmetoder som besiktningsmetodik, att de åtgärdsförslag som föreslås inte alltid är färdigprocessade utan kan fungera som förslag på åtgärder värda att gå vidare med. Därför har metodiken i denna rapport exemplifierats med ett stort antal åtgärdsförslag som kan kalkyleras med enkla underlag. Förhoppningen är att denna metodik skulle kunna utgöra en grund för fortsatt kontinuerlig utveckling och uppdatering av åtgärds kostnader, teknikprestanda etc.

Samma synsätt på metodval bör även kunna vara tillämpligt för enklare lokalbyggnader, men då skulle be-

skrivningarna och åtgärdsförslagen i denna rapport behöva kompletteras.

I det tidigare arbetet diskuterades möjligheterna att under övergångsperioden 2006–2009 kunna välja ett förenklat deklarationsförfarande med syftet att förhindra en belastningspuckel för alla obligatoriska deklARATIONER under bara något år. Som underlag för den förenklade deklARATIONEN utarbetades en översiktlig beskrivningsnivå, nivå 1, som i princip gjorde det möjligt att skjuta upp besiktningen på plats. Nu har den lag som tagits av riksdagen inte lämnat någon sådan möjlighet, men nivå 1-beskrivningen kan ändå vara ett stöd och användas:

- som en inledande beskrivning för att underlätta energiexpertens planering och offertarbete eller
- då energiexperten bedömer att inga lönsamma åtgärder kan förväntas.

Beskrivningsnivå 2 är den nivå som rekommenderas i normala fall. I vissa avsnitt har den i sin tur delats upp i en del som passar för förvaltningsorganisationen att arbeta med och en del som passar för en expertbaserad insats.

Beskrivningsnivå 3, avser kompletterande analyser, mätningar, med mera som innebär kompletterande fördjupningar och som kan rekommenderas av besiktningsförrättaren, till exempel om en pannkontroll bör genomföras. Denna nivå kan också vara aktuell för validering vid nyproduktion.

Beskrivningsnivån bör också väljas utifrån den bedömda sparpotentialen för respektive systemdel.

2 Beräkningsmetodik

I denna utredning har schablonvärden och metodförslag anpassats till den förenklade beräkningsmetodik som beskrivs i ISO/DIS 13790 och då baserat på månadsmedelvärden.

I övrigt diskuteras de olika metodalternativ som redovisats i de olika utkasterna till beräkningsstandarder som tagits fram inom CEN kopplade till energideklarationsdirektivet. Dessa olika arbetsutkast har nu fått mer slutgiltig prEN numrering. I samband med uppdateringen av rapporten har om möjligt prEN numren använts. Någon detaljerad kontroll huruvida väsentliga ändringar har genomförts i dessa som påverkar rapportens förslag till beräkningsmetodik har inte kunnat göras.

Dessa standarder redovisar ofta ett antal alternativa metoder. Förutom att redovisa de mest väsentliga av dessa i denna rapport har om möjligt också rekommendationer på lämplig metod lämnats liksom vägledning hur denna kan användas.

Rapportens utgångspunkt har varit att beräkningsmetoder inte bara ska kunna användas då en energibalanskalkyl behöver göras, utan inte minst för att visa hur åtgärdernas energibesparingar kan beräknas. Jämförelser mellan olika produkter på marknaden underlättas om samma uttryck för effektivitets- och prestandatal används. Att referera till denna beräkningsmetodik underlättar då kommunikationen.

3 Besiktningsmetodik och åtgärdsförslag

Med en relativt liten insats borde det vara möjligt att kunna lämna någorlunda kvalificerade förslag och täcka in alla de olika kompetensområden som direktivet omfattar. Detta var tanken bakom metodarbetet, att kunna utgöra första steget, grunden.

Besiktningsarbetet ska vara som en modern bil. Enkel att köra, men med sofistikerad teknik under huven. I de olika delavsnitten diskuteras framför allt tekniken under huven. Med där finns även underlaget för att kunna ta fram vägbeskrivningen, besiktningsmallarna, nödvändig förarkompetens, körtid och underlag till kravspecifikation för motor och hjälpsystem.

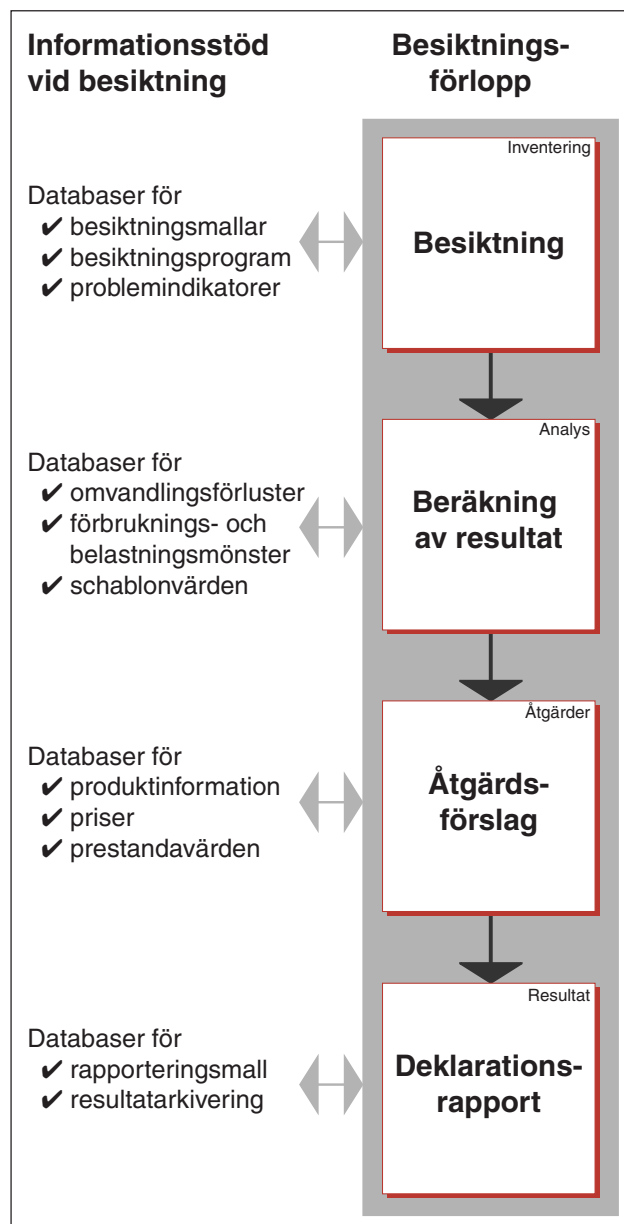
Men, ska ett rationellt och smidigt besiktningsarbete ske krävs en rad verktyg och hjälpmedel som framgår av figuren här intill. Beskrivningarna i denna rapport kan utgöra underlag för delar av dessa verktyg, men ger främst indata. Andra komplement som måste till är energiberäkningsprogram och besiktningshandböcker som ger tydligare anvisningar, etc. Metodrapporten kan utgöra ett bra underlag för dessa redskap liksom för utbildningsarbete och övrig inspiration.

Den genomförda fälttesten¹ ger ytterligare kompletterande erfarenheter.

Utvecklingen av besiktnings- och beräkningsmetodik bör också ses som en process. Erfarenheter och nya kunskaper ska löpande kunna återföras för förbättring av uppskattningar och schablonvärden och för komplettering med ytterligare åtgärdsförslag. Nuvarande version av rapporten är inte heller den en färdig fulländad metodbeskrivning, men en bit på vägen.

För att underlätta för större förvaltare att tillgodogöra sig den information som lämnas via energideklarationerna och dess besiktningsunderlag och åtgärdsförslag, bör informationen ”kodas” och rubriceras på ett sätt som möjliggör sökning och kommunikation mellan olika databaser. I detta avseende föreslås att beställaren ställer krav på en anpassning till branschstandarden FI2, vart efter lämpliga beskrivningsmallar för detta utvecklats inom ramen för Föreningen för Förvaltningsadministration.

¹ Fälttest – Energideklarationer av flerbostadshus. www.aton.se



4 Areor och persontäthet

$Area_{temp}$ uppmätes enklast via byggnadens utsida med avdrag för klimatskärmens tjocklek.

$Area_{temp}$ är i många fall nära identisk med BRA3 beräknad enligt svensk standard, men med avdrag för kalla utrymmen och garage, såvida inte garage är en egen byggnad.

$Area_{temp}$ kan för normala byggnader också överslagsmässigt omräknas från byggnadens totalarea, BTA , med omräkningsfaktorn: 0,95. En enkel överslagsberäkning visar att omräkningsfaktorn varierar mellan 0,91 till 0,97 beroende på vägg tjocklek och om huset är ett smalhus eller tjockhus. För ett välisolerat småhus blir omräkningsfaktorn snarare 0,88. Dessa exempel visar att tillämpning av schabloner för denna omräkning bygger in en osäkerhet i energiprestandatalet på cirka 3 procent (att läggas till övriga osäkerheter) varför en uppmätning i fält rekommenderas där så är möjligt och praktiskt.

I de avsnitt där energianvändningen påverkas av antalet personer i byggnaden, kan personantalet i flerbostadshus hämtas från enkätresultat eller uppskattas med hjälp av de schablonvärden på antalet personer i olika lägenhetsstorlekar som redovisas i avsnittet för varmvatten.

5 Definitioner och begrepp

Begrepp/Förkortning Innebörd

Area _{temp}	Byggnadens area avsedd till att värmas till mer än 10 °C och som är begränsade av klimatskärmens insida (m ²).
BA	Byggnadsautomation, övergripande system.
BBR	Boverkets byggregler.
Byggnadens energiprestanda	Summan av all årlig uppmätt, eller beräknad energi (från leveranspunkten) till fastighetens uppvärmning, drift och varmvattenanvändning dividerat med byggnadens uppvärmda area Areatemp.
CEN	Conseil Européen pour la Normalisation – Den europeiska standardiseringsorganisationen.
Deklarationsbesiktning	Den besiktning som sker av en byggnad för att bestämma dess energiprestanda och föreslå lönsamma åtgärder.
DHC	Datoriserad huvudcentral.
DUC	Datoriserad undercentral.
Energideklaration	Den handling som är resultatet av en energideklarering.
Energideklarering	Själva processen som i slutänden leder fram till upprättande av en energideklaration.
Energiexpert	Den certifierade person som får upprätta en energideklaration och även kan genomföra deklaraionsbesiktningar.
FI2	FI2 är en slags standard för fastighetsinformation mellan IT-system utgiven av Föreningen för förvaltningsinformation.
Inriktningsförslag	Åtgärdsförslag som baseras på en övergripande beskrivning av byggnaden utan att möjlig besparing kunnat kalkyleras eller kostnadsberäknas.
ISO	International Organization for Standardization, det internationella standardiseringsorganet.
Livscykelkostnadskalkyl (LCC)	En kalkyl som beaktar åtgärdens totala kostnader i form av investering, drift och underhåll under åtgärdens ekonomiska livslängd och som beaktar kalkylränta och energiprisutveckling.
Lönsamhet	Åtgärder där projektet ger en högre avkastning än angiven kalkylränta.
Netto energi	Energianvändning före omvandlingsförluster eller energitillskott i pannor, värmepumpar, värmeverk etc.
Normalisering	Korrigerig av energidata för att återspegla ett normalt år och under normal användning.
Normalårskorrigerig	Korrigerig av energidata för att återspegla ett normalt år klimatmässigt.
OVK	Förordningen (1991:1273) om funktionskontroll av ventilationssystem.
Referensvärde	Jämförelsevärde som ska underlätta kundens värderig av energiprestandavärdet.
SCB	Statistiska centralbyrån.
SIS	Swedish Standards Institute.
Uppmätt energiprestanda	Byggnadens energiprestanda, baserat på uppmätt levererad energi.
Åtgärdspaket	En uppsättning åtgärdsförslag som uppskattats som lönsamma i sin helhet.

6 Hushållsel

Innehåll		
1	Sammanfattning	10
2	Befintliga elanvändare	11
2.1	Hushållsel i småhus	11
2.2	Hushållsel i flerbostadshus	13
3	Beräkningsmetodik	14
4	Åtgärdsförslag	15
4.1	Generell åtgärdsmall	15
4.1.1	Vitvaror	15
4.1.2	Belysning	15
5	Inventering	16
5.1	Besiktningsmallar	16
5.2	Tidsåtgång	16
5.3	Kompetenskrav	16
6	Referenser	17



En betydande effektiviseringspotential finns inom området hushållsel vid val av effektivare vitvaror och medvetet energieffektivt beteende.

1 Sammanfattning

Detta kapitel har tagits fram av Agneta Persson, ÅF. Lotta Bångens, ATON Teknikkonsult har bidragit med underlaget till de delar av rapporten som handlar om belysning och Eje Sandberg, ATON Teknikkonsult har bidragit med avsnittet om hushållsel i flerbostadshus.

Energianvändningen för hushållsel är starkt beroende av teknisk utrustning och dess prestanda, brukarvanor och hushållstorlek. Det finns dock en miniminivå på den elektriska utrustning som en bostad bör ha enligt vanor och värderingar. Denna miniminivå är en möjlig förklaring till att elanvändningen inte är proportionell mot antalet personer.

En betydande effektiviseringspotential finns inom området hushållsel vid val av effektivare vitvaror och medvetet energieffektivt beteende. Genomsnittsåldern för installerade vitvaror i svenska hushåll bedöms ligga mellan sju och nio år. Vid val av bästa energiklass i samband med byte av vitvaror kan en betydande energieffektivisering uppnås. Åtgärderna innefattar utbyte av befintliga vitvaror. Åtgärderna är sällan lönsamma att genomföra i förtid.

Tidsåtgången för att bedöma status för befintliga vitvaror och belysning är mycket kort. Det erfordras ingen omfattande utbildning för att kunna genomföra dessa bedömningar och kompetenskraven är begränsade.

Avgränsningar: Hushållsel ingår inte i energiprestandatalet men förslag på åtgärder får lämnas i deklARATIONEN.

2 Befintliga elanvändare

2.1 Hushållsel i småhus

*Antal boende per småhus: 2,6 personer.
Hushållsel: 2 500 kWh/år + 800 kWh/person, år.
Värden föreslagna till Boverket i utredning om indata till CEN standarder
Spillvärmeandel av hushållsel: 70 procent.*

Det saknas statistiskt säkra uppgifter om elanvändning för hushållsändamål i Sverige. Det finns en rad olika studier som täcker delar av detta område, men ingen heltäckande studie med tillförlitliga uppgifter finns i dagsläget att tillgå. Dock pågår i Energimyndighetens regi ett projekt med syfte att ta fram sådana uppgifter genom mätning för såväl småhus som lägenheter i flerbostadshus. Resultat från detta projekt förväntas finnas någon gång under år 2007. I avvaktan på dessa resultat föreslås att preliminära uppgifter baserade på redan genomförda studier från Energimyndigheten, Konsumentverket och Elan-projektet används.

Enligt en undersökning som Konsumentverket genomfört (Ekholm 2003) bland 1 000 hushåll uppgick hushållselanvändningen i genomsnitt till 2 400 kWh/år, variationen var mellan 1 800 och 4 400 kWh/år beroende på antal boende och storlek på bostad.

SCB räknar i sina schabloner med en hushållselanvändning på 40 kWh/m², år. Detta är en av utgångspunkterna i Elan-projektet (Bladh 2005) som pekar på en hushållselanvändning år 2000 på i genomsnitt cirka 5 700 kWh/småhus och år respektive cirka 4 600 kWh/lägenhet och år. En viktig sak som konstateras i Elan-projektet är att det finns en miniminivå på den elektriska utrustning som en bostad bör ha enligt vanor och värderingar. Denna miniminivå anges som en möjlig förklaring till att elanvändningen inte är proportionell mot antalet personer. Elan-projektet poängterar vidare att det är en systematiskt högre elanvändning per capita i flerfamiljshus än i småhus och att hushållsstorlekarna är systematiskt mindre.

	Hushållsel/person, MWh/år		Personer i hushållet	
	Småhus	Flerbostadshus	Småhus	Flerbostadshus
1980	1,57	1,81	2,84	1,85
1985	1,66	2,15	2,74	1,72
1990	2,02	2,69	2,61	1,65

Tabell 2.1. Hushållsel per person och genomsnittlig hushållsstorlek 1980, 1985 och 1990. Källa: Bladh 2005.

I en annan undersökning genomförd av Konsumentverket (PM 2003:11) har hushållens elanvändning för mathållning (matlagning, förvaring, diskning och ventilation genom köksfläkt) uppskattats för tre olika storlekar av hushåll. Dessa hushållsstorlekar är 1–2 personer (fördelat på två undergrupper, den ena antas laga lunch hemma medan den andra endast antas värma lunch hemma), 3–4 personer samt hushåll med fler än 4 personer. Sammantaget ger Konsumentverkets beräkningar energianvändning för hushållens mathållning enligt tabell 2.2 och tabell 2.3. (Skillnaden mellan tabellerna är att tabell 2.2 visar uppskattning av energianvändning för hushållsändamål i hushåll utan diskmaskin medan tabell 2.3 visar motsvarande bedömningar för hushåll med diskmaskin.) Observera att energianvändningen för handdisk utgörs av varmvattenenergi och därför inte bokförs som hushållsel.

Energiåtgång per hushåll och år, kWh	Hushållsstorlek (personer)			
	1–2, lagar	1–2, värmer	3–4	>4
Frukost	60	60	121	161
Lunch	230	53	60	73
Middag	323	323	465	628
Kaffe/te	71	71	93	121
Extra matlagning	31	31	66	77
Förvaring	482	482	792	810
Handdisk*	565	565	942	942
Disk, lunch hemma	75	–	–	–
Summa, kWh/år och hushåll	1 838	1 586	2 539	2 811

*Varmvattenenergi, ej el

Tabell 2.2. Hushållens energianvändning för mathållning, energiåtgång per hushåll och år, hushåll utan diskmaskin. Källa: Konsumentverket 2003.

Energiåtgång per hushåll och år, kWh	Hushållsstorlek (personer)			
	1–2, lagar	1–2, värmer	3–4	>4
hushåll med diskmaskin				
Frukost	60	60	121	161
Lunch	230	53	60	73
Middag	323	323	465	628
Kaffe/te	71	71	93	121
Extra matlagning	31	31	66	77
Förvaring	482	482	792	810
Maskindisk*	252	252	330	360
Handdisk**	188	188	377	565
Disk, lunch hemma	226			
Summa, kWh/år och hushåll	1 864	1 461	2 304	2 794

*Inklusive varmvattenenergi, **Varmvattenenergi ej el

Tabell 2.3. Hushållens energianvändning för mathållning, energiåtgång per hushåll och år, hushåll med diskmaskin. Källa Konsumentverket 2003.

Den spillvärmeandel av hushållsel och fastighetsel som kan nyttiggöras i småhus bedöms uppgå till 70 procent.

2.1.1 Matförvaring

Konsumentverket visar i en marknadsundersökning (Eureka 2000) att så gott som samtliga småhushushåll är utrustade med kyl och frys. Det så kallade Elan-projektet har bland annat studerat elanvändningen för matförvaring (Bladh 2005b), även detta projekt visar att nästan alla bostäder har kyl- och frysutrustning. (I vissa fall har småhusen mer än enhet av den ena och/eller den andra av dessa två.) Elan-rapportens beskriver åldern för beståndet av kyl- och frysenheter i svenska hushåll som ett värde mellan prestanda för produkter producerade 1980 och 2002, vilket kan bedömas motsvara en energianvändning motsvarande energiklass C. För ett hushåll i småhus med det genomsnittliga antalet personer på 2,6 personer kan en elanvändning för matförvaring uppskattas till cirka 650 kWh per år baserat på Konsumentverkets bedömningar (se tabell 2.2 och tabell 2.3).

Förslag:

Med utgångspunkt från ovanstående resonemang föreslås att i avvaktan på resultaten från Energimyndighetens mätstudie över hushållselanvändning ansätts normal energianvändning för matförvaring i småhus till 650 kWh/år. Alternativt används energianvändning i enlighet med deklarationsklass C för matförvaring som defaultvärde i beräkningar och värdering av verklig energianvändning, om annan uppgift inte kan styrkas i samband med besiktning.

2.1.2 Tvätt och torkutrustning

Enligt utredningar som Konsumentverket låtit genomföra (Johansson 2004, Eureka 2000) har nästan samtliga småhus (98 procent) egen tvättmaskin. Elan-projektet (Bladh 2005c) ger också en uppgift om att i stort sett samtliga småhus har tillgång till egen tvättmaskin. Elan-projektet uppskattar att det genomsnittliga årliga antalet tvätt- och torkomgångar per hushåll år 2000 var 137 (en minskning från 1980 då motsvarande siffra uppskattas ha varit 229 tvätt/torkomgångar per år).

Den genomsnittliga åldern på tvättmaskiner installerade i svenska hushåll uppskattas i Elan-projektet år 2000 ha varit sju år och medelåldern för torkutrustning uppskattas till åtta år. Elan-projektet tar även upp de problem som ligger i att bedöma energianvändningen för tvätt och tork till följd av bland annat val av tvättemperatur och fyllnadsgrad av tvättmaskinen. I verkligheten är medeltemperaturen för alla tvättar sannolikt högst 50 grader, dvs lägre än de 60 grader som utgör testproceduren i Konsumentverkets och maskinens fyllnadsgrad är inte alltid 100 procent. Vi föreslår därför att Konsumentverket ges i uppgift att genomföra en studie som ger mer rättvisande uppgifter om hushållens energianvändning för tvätt. Studien bör bland annat ta hänsyn till tvättemperatur, fyllnadsgrad och typ av tvätt (blandad tvätt).

Elan-projektet uppskattar den årliga energianvändningen för tvätt och torkutrustning enligt tabell 2.4.

Hushållstyp	Tvätt	Tork	Tvätt + tork
1-personshushåll, hyreslägenhet	100	130	230
2-personershushåll, bostadsrätt	140	250	390
2-barnsfamilj, villa	270	430	700

Tabell 2.4. Bedömd elanvändning, kWh per år, i hushåll för tvätt och tork. Källa: Elan-projektet 2005.

Med utgångspunkt från Elan-projektets uppskattning av medelålder för installerad tvätt- och torkutrustning i svenska hushåll föreslås att energiklass C används för beräkning av normal energianvändning i småhus, om annan uppgift inte kan styrkas i samband med besiktning. Vår bedömning är att energianvändningsnivån för tvätt- och tork för småhus kan beskrivas som:

$$E_{tt} = 150 + 150 \times \text{antal personer (kWh/år)} \text{ (ekv 1)}$$

För ett normalhushåll i småhus med 2,6 personer blir det 540 kWh per år.

Förslag:

I avvaktan på resultaten från Energimyndighetens mätstudie över hushållselanvändning föreslås att normal energianvändning för tvätt och tork i småhus ansätts till 540 kWh/år (baserat på Elan-projektets uppgifter om utrustningens ålder och antal tvättar samt Konsumentverkets underlag om apparatinnehav), om inte skäl för annan bedömning finns vid besiktningen.

2.1.3 Matlagning

Förslag:

I avvaktan på resultaten från Energimyndighetens mätstudie över hushållselanvändning föreslås att normal energianvändning för matlagning i småhus ansätts till:

$$E_{\text{matlag}} = 400 + 100 \times \text{antal personer (kWh/år)} \quad (\text{ekv 2})$$

Detta förslag baseras på hushållsstorlek och Konsumentverkets underlag om apparatinnehav och energianvändning (Johansson 2003). För ett normalt småhus med 2,6 personer innebär det 660 kWh per år i energianvändning för matlagning.

2.1.4 Disk

Enligt Konsumentverkets utredningar (Johansson 2004, Eureka 2000) är tre fjärdedelar av alla småhus utrustade med diskmaskin. Utöver disk i maskin sker en del av disken för hand. Majoriteten av diskmaskiner är i småhus bedöms vara anslutna på varmvattenkranen. Tyvärr kan inte Konsumentverkets testresultat användas som underlag utan korrigeringar eftersom de enbart redovisar energiåtgången vid kallvattenanslutna diskar. Dessutom är dessa testvärden beräknade för en fyrapersoners familj och inte för en statistisk familj på 2,6 personer, och osäkerheten beroende på beteendefaktorn är hög.

Förslag:

I avvaktan på resultaten från Energimyndighetens mätstudie över hushållselanvändning föreslås att normal energianvändning för disk i småhus ansätts till 200 kWh/år elenergi, om inte skäl för annan bedömning finns vid besiktning en. Utöver detta antas ett behov av cirka 100 kWh varmvattenenergi för diskmaskinen samt cirka 300 kWh varmvattenenergi för handdisk. Energibehovet för varmvatten ingår inte i hushållselen, utan hamnar i kategorin tappvarmvatten.

2.1.5 Belysning i småhus

De punkter där belysning i hushåll har flest användningstimer är:

- hall
- trapphus/hisshall
- utebelysning
- vardagsrum.

För småhus är de belysningspunkter med långa drifttider främst:

- fasta armaturer inomhus i hall
- utvändiga belysning.

Genomsnittlig användningstid för belysning inomhus är cirka 1 300 tim/år för de mest frekvent använda armaturerna (DELIGHT 1998). I genomsnitt används ungefär 1 100 kWh per hushåll och år i Sverige för belysning inomhus

(Energimyndigheten, Fyra frågor om lågenergilampor). Användningstiden ute uppskattas till cirka 4 000 tim/år.

I avvaktan på bättre statistikunderlag, till exempel resultatet av Energimyndighetens pågående mätstudie över hushållselanvändning, föreslås att för småhus anta schablonvärdet 1 100 kWh/år och hus för belysnings inomhus (Energimyndigheten, Fyra frågor om lågenergilampor).

För utomhusbelysning föreslås att energianvändningen uppskattas genom schablonvärden för drifttider beroende på typ av styrning samt typ av ljuskälla. Utan specifikation antas glödlampa med 40 Watts effekt. För ospecificerade data blir då resultatet enligt tabell 2.5.

	Låg	Medel	Hög
Antal armaturer	1–2	3–5	> 5
Energianvändning, kWh/år	150	400	800

Tabell 2.5. Föreslagna schabloner för elanvändning för utomhusbelysning för småhus.

Där specifika data finns på reglermetod föreslås användning av schablonvärden för drifttider enligt tabell 2.6.

Manuell tändning	2 500 h
Dagsljusreglering	4 000 h
Närvarostyrd	300 h

Tabell 2.6. Förslag till schablonvärden för drifttider för utomhusbelysning för småhus.

2.2 Hushållsel i flerbostadshus

Vid beräkning av energianvändning i flerbostadshus finns behov av att använda ett schablonvärde för hushållsel.

Uppskattningen i Elan-projektet för år 2000 på 4 600 kWh/lägenhet och årbaseras på SCBs schabloner för hushållsel om 40 kWh/m², år. Detta är en mycket grovt uppskattad siffra och förefaller vara en allt för hög uppskattning.

Ett antal uppföljningar av energianvändningen i flerbostadshus uppförda i Stockholm efter 1990 indikerar väsentligt lägre nivå för hushållsel. Uppföljningarna i MEBY-projektet anger nivån 2 200 kWh per lägenhet och år förutsatt att inte elvärmare ingår. I avvaktan på resultaten från Energimyndighetens mätstudie föreslås följande schablonvärden för hushållsel för flerbostadshus exklusive ventilationsfläktar, matförvaring och tvätt:

$$E_{\text{hushåll, flerbostadshus}} = 1\,040 \times n + 300 \times m \quad (\text{ekv 3})$$

där

n = antal lägenheter

m = antal personer.

Som referensvärde används då för tvätt och tork 160 kWh per person och för matförvaring 526–730 kWh per lägenhet, det högre värdet för större hushåll och det lägre värdet för lägenheter med 1–2 rum och kök.

Belysning i flerbostadshus behandlas i den underlagsrapport som behandlar fastighetsel.

3 Beräkningsmetodik

I avvaktan på resultaten från Energimyndighetens mätstudie över hushållselanvändning föreslås hushållselanvändning för normalt bruk i småhus (för energiprestanda) uppgå till 2 500 kWh/år + 800 kWh/person, år. Om besiktningsförrättaren ser att andra värden bör läggas in ska detta enkelt kunna göras, till exempel om småhuset har vitvaror av bättre energiklass installerade. När det gäller bedömning av energianvändning för kyl- och frysskåpens energiklasser refereras till Konsumentverkets informationsskrifter.

En översyn och revidering av de nedan föreslagna värdena föreslås genomföras när Energimyndighetens studie har presenterats.

Ändamål	Schablonvärde, kWh/år	Alternativ, kWh/år
Matförvaring	650	Alternativ vid besiktning (t ex klass A kyl/frys)
Tvätt/tork	540	Alternativ vid besiktning (t ex klass A tvättmaskin)
Disk	200	Alternativ vid besiktning (t ex klass A diskmaskin)
Matlagning	660	Alternativ avvaktar Energimyndighetens pågående studie
Övrig hushållselanvändning	2 000	Alternativ avvaktar Energimyndighetens pågående studie

Tabell 3.1. Föreslagna schablonvärden för hushållsel i småhus för ett normalhushåll med 2,6 personer.

Övrig elanvändning (ej fasta installationer) föreslås inte ingå i beräkningen.

4 Åtgärdsförslag

De vanligaste åtgärderna för hushållens apparater, förutom pumpar och fläktar, kommer att vara:

- Byte av utrustning för matförvaring (kyl, frys, kyl/sval, kyl/frys).
- Byte av tvättmaskin.
- Byte av torkskåp eller torktumlare.
- Byte av diskmaskin.
- Byte till kompaktlysrör/lågenergilampor ute/inne (vilket gärna kan testas av besiktningsförrättaren vid besiktning en).
- Närvarostyrning för utebelysning.
- Närvaro- samt dagsljusstyrning för utebelysning.

Åtgärderna är enkla att göra. I vissa fall kan den enskilda småhusägaren själv genomföra åtgärden (till exempel byte av kylskåp), medan i andra fall kommer el- och vvs-kompetens att erfordras för installation av nya vitvaror.

Åtgärderna på belysningssidan bedöms ofta vara lönsamma. För hushållens vitvaror bedömer vi att det i de flesta fall inte kommer att vara lönsamt att genomföra ett förtida utbyte, detta gäller samtliga typer av vitvaror. Det är därför aktuellt att göra lönsamhetsbedömningarna för samtliga vitvarutyper utifrån merkostnader för en energieffektivare modell i samband med utbyte. När det gäller kalkyl för den minskade energianvändningen bör Konsumentverkets värden för energianvändning för olika energiklasser ligga till grund för beräkningarna. Observera att Konsumentverkets energidata avser en familj på fyra personer för disk, tvätt och torkutrustningens årsvärden och inte en genomsnittsfamilj på 2,6 personer.

4.1 Generell åtgärdsmodell

Åtgärderna beskrivs generellt enkelt genom att beskriva vilken utrustning som ska bytas, beräknad besparing och beräknad merkostnad. I åtgärdsmodellen beskrivs även åtgärdens lönsamhet.

4.1.1 Vitvaror

Den minskade elanvändningen kan beräknas som:

$$B_{\text{vitvara}} = E_{\text{vitvara, befintlig}} - E_{\text{vitvara, ny}} \quad (\text{kWh/år})$$

Minskad spillvärme kan öka värmeenergianvändningen med:

$$Q_{sp} = 0,7 \times B \times \text{daga } 365 \quad (\text{ekv } 4)$$

där

daga = antalet uppvärmningsdagar

Ekvationen gäller dock inte för utebelysning.

Merkostnaden för den nya energieffektiva vitvaran beräknas som:

$$\Delta I = I_{\text{vitvara marknadsgenomsnitt}} - I_{\text{vitvara vald energiklass}}$$

4.1.2 Belysning

De vanligaste åtgärderna för belysning i småhus bedöms vara:

- Byte till kompaktlysrör/lågenergilampor ute/inne.
- Närvarostyrning för utebelysning.
- Närvaro- samt dagsljusstyrning för utebelysning.

Här redovisas åtgärdsbeskrivning som exempel för en av dessa åtgärder. Åtgärdsbeskrivningar på övriga förslag i åtgärdslistan föreslås tas fram i kommande utredningar.

Åtgärdsnamn: Installation av närvarodetektorer för utebelysning istället för ljusstyrning.

Kortfattad beskrivning: Armatur med glödljus vid garageuppfart som tänds automatiskt på kvällen (ljusstyrd) och släcks på morgonen. Sommartid endast tänd nattetid.

Kalkyleringsmodell energibesparing:

$$B = E_{\text{före}} \times T_{\text{drift före}} - E_{\text{efter}} \times T_{\text{drift efter}}$$

där

B = besparingen i kWh/år

$E_{\text{före}}$ = installerad effekt före åtgärd i kW

$T_{\text{drift före}}$ = drifttid före åtgärd i timmar per år

E_{efter} = installerad effekt efter i kW

$T_{\text{drift efter}}$ = drifttid efter åtgärd i timmar per år.

Åtgärds-kostnad: 600 SEK inklusive installation.

Åtgärdens förutsättningar: Detektorn kan placeras så att inte förbipasserande bilar eller gångtrafikanter tänder armaturen.

Åtgärdens varaktighet: 10 år.

Beräkningsexempel:

$$\text{Besparing} = 0,060 \times (4\,000 - 300) = 210 \text{ kWh/år}$$

5 Inventering

5.1 Besiktningsmallar

Ett protokoll för vitvaror som kan användas vid besiktning av småhus kan ha en enkel utformning i stil med:

Matförvaring	Antal	Energiklass	Volym	Status
Kyl				
Frys				
Komb Kyl/frys				
Komb Kyl/sval				
Diskmaskin	Antal	Energiklass	Status	Anslutning
Typ				☐ Kallv ☐ Varmv
Tvätt, tork	Antal	Energiklass	Volym	Status
Tvättmaskin				
Torktumare				
Belysning	Glödlampor	CFL	Reglering	
Inne, antal ¹				
Ute, antal				

Torkskåp är inte energiklassade. För dessa får antaganden om elanvändning göras. Samtidigt som tidigare studier visar att torkskåp drar mer energi än tumlare vid test, så drar de ofta mindre i praktiken eftersom de används utan att elvärmaren är påslagen under delar av året.

¹Avser ljuspunkter med lång drifttid.

5.2 Tidsåtgång

Tidsåtgången för att bedöma energiklass och status för befintliga vitvaror och belysning är mycket kort. För en van besiktningsförrättare bedöms tidsåtgången uppgå till cirka 10 minuter per småhus vid besiktningstillfället.

5.3 Kompetenskrav

Det erfordras ingen omfattande utbildning för att kunna genomföra dessa bedömningar och kompetenskraven är begränsade.

6 Referenser

Bladh, M, 2005. Hushållens elförbrukning – storlek och trender, Elan-projektet, April 2005.

Bladh, M, 2005b. Hushållens användning av kyl- och frysenheter – Prestanda, innehav, typer, cirka 1980–2000, Elan-projektet.

Bladh, M, 2005c. Hushållens användning av tvätt- och torkmaskiner – Tillgång, prestanda, användning cirka 1980–2000, Elan-projektet, April 2005.

DELight, 1998. ECU Research Report 19.

Ekholm, F, 2003. Opublicerad rapport, Konsumentverket.

Energimyndigheten, Fyra frågor om lågenergilampor.

PM 2003:11, Hushållens energianvändning för mathållning – Energianvändning vid matlagning, förvaring, diskning och ventilation genom köksfläkt, ISBN 97-7398-834-0, Konsumentverket, 2003.

Eureka, 2000. Hushållsapparater, Konsumentverket. (Eureka marknadsfakta AB 2000).

Johansson, M, 2004. Energifrågor i hushållen 2004, Konsumentverket.

7 Fastighetsel i flerbostadshus

Innehåll		
1	Sammanfattning	19
2	Fastighetens elanvändning	20
2.1	Belysning	20
2.2	Tvätt och torkutrustning	21
2.3	Elvärmare	22
3	Beräkningsmetodik	23
3.1	Övriga apparater	23
3.2	Belysning	23
3.3	Tvätt och tork	24
3.4	Elvärmare utanför klimatskal	25
4	Åtgärdsförslag	26
4.1	Åtgärdslista på lönsamma åtgärder	26
4.2	Belysningsåtgärder	26
4.2.1	Armaturer med inbyggd närvarodetektor	26
4.2.2	Armaturer och akustisk närvarodetektor	27
4.2.3	Generell åtgärdsmodell – belysning	27
4.3	Åtgärder i tvättstugan	27
4.3.1	Utbyte av tvätt- och torkutrustning	27
4.4	Styrning av elvärmare	27
5	Inventering	28
5.1	Belysning	28
5.2	Tvättstuga	28
5.3	Elvärmare	28
5.4	Tidsåtgång	28
5.5	Kompetenskrav	28
7	Referenser	29
	Bilagor	29
	Bilaga 1 Energiåtgång för tvätt och tork för tvättstugor	29



Trapphusen är den del av flerbostadshuset där det finns störst energisparpotential.

1 Sammanfattning

Detta kapitel har tagits fram av Lotta Bångens, ATON Teknikkonsult AB (belysningsåtgärder) och Eje Sandberg, ATON Teknikkonsult AB.

I kapitlet ges anvisningar för beräkning av byggnadens elanvändning för fastighetsdrift. I dessa anvisningar framgår också andelen av denna elanvändning som bedöms leda till spillvärme som ska ingå i byggnadens energibalans.

För tre delområden, belysning, tvättutrustning i tvättstugor och yttre elvärmare har inventeringsanvisningar, beräkningsmetodik och åtgärdsförslag utarbetats och beskrivits.

Dessa beskrivningar visar på metodiken och ligger till grund för att uppskatta tidsåtgång för besiktningsarbete och kompetenskrav.

Ytterligare åtgärdsförslag kan utvecklas, speciellt inom området belysningsstyrning.

Avgränsningar: Denna teknikdel behandlar endast fastighetens elanvändning, inte hushållens.

2 Fastighetens elanvändning

Fastighetsel har för flerbostadshus föreslagits ingå i byggnadens energiprestanda. För att ta fram åtgärdsförslag ska fastighetselen fördelas på belysning, ventilation med mera enligt en beräkningsmodell.

Modellen ska hantera både elåtgång och andel möjlig spillvärme. Hur spillvärme ska kvantifieras hanteras inte i utkastet till ny CEN-standard, varför vi här föreslår egna schablonvärden.

Det saknas statistiskt säkra uppgifter om elanvändning för fastighetsdrift i Sverige. Som restpost i den officiella statistiken blir uppskattningarna ganska grova. Eftersom energiprestanda föreslås baseras på uppmätt elenergi till fastigheten så kommer framöver statistiska data om flerbostadshusens elanvändning att erhållas i samband med att dessa deklarationer lämnas.

För att kalkylera elanvändningen vid nyproduktion hänvisas helt till MEBY-rapporten (se referenser *Kravspecifikationer-MEBY*) som var framtagen med syftet just att underlätta kalkylering av energianvändningen i byggnadens olika skeden och där specifika åtgångstal för vanliga installationer i nya flerbostadshus finns beskrivna.

För befintliga flerbostadshus är variationen och teknisk status på de olika installationerna betydligt större vilket ger en stor spridning vad gäller elanvändningen.

En del uppgifter om inventering och beräkning av elanvändning och åtgärdsförslag finns i delstudierna: ventilation, samt värmesystem (pumpdrift). I denna rapport beskrivs följande delområden mer i detalj:

- belysning
- tvättstugor
- elvärmare (takvärmare, markvärmare).

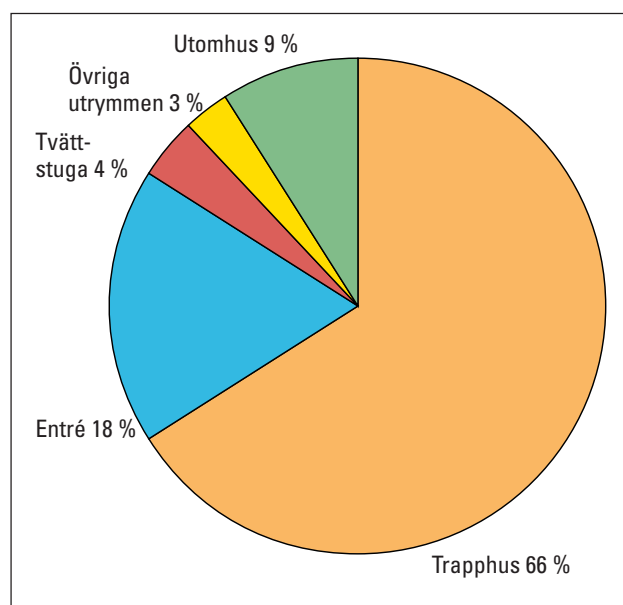
Tillsammans med fläktdrift och pumpdrift (se kapitlen *Ventilation* samt *Värmesystem*) har därmed merparten av fastighetens elanvändning beskrivits. Till detta får man uppskatta en tillkommande restpost "Övrig el" enligt anvisningarna i avsnitt 3 *Beräkningsmetodik*.

2.1 Belysning

Det finns få studier angående belysning i flerbostadshus genomförda. Mest omfattande vad gäller antal objekt är den sk ELIB-studien som baseras på besiktningar av cirka 400 flerbostadshus (*Bostadsbeståndets tekniska egenskaper*, SIB TN:29).

Resultaten är begränsat användbara då de inte omfattar tvättstugor, garage med flera och studien använde en fix drifttid för trappautomaterna som då (för 15 år sedan) var dominerande i beståndet. I NUTEKs rapport från 1995 (Sandberg 1995) uppskattas elanvändningen för belysning i beståndet till mellan 150–400 kWh/lägenhet, där den lägre nivån avser byggnader uppförda före 1960. I rapporten diskuteras ELIB-studiens resultat mer ingående. För trapphusbelysningen finns en mycket stor spännvidd vad gäller elanvändningen från äldre byggnader med glödlampor och trappautomater som ger helt mörka trappor utom de minuter då trappautomaten är aktiverad, till moderna trapphus som uppfyller högt ställda krav på bra belysningsmiljö med belysning från moderna och effektiva ljusarmaturer, men som i stort sett brinner dygnet runt och därför ger avsevärt högre elanvändning.

För byggnader efter 1990 finns den mest detaljerade genomgången i MEBY-rapporten och dess underlagsrapport.



Figur 2.1 Exempel på belysning i enskild byggnad. Källa: Meby-projektet.

2.1.1 Relationer mellan areatyper i flerbostadshus

Typ av area	Fördelning av uppvärmd area	Summa area, flerbostadshus, milj m ²
Boarea BOA	76 %	158,4
Varmgaragearea LOA	2 %	3,3
Lokalarea LOA	8 %	17,7
Avgår: Ej uppvärmd uthyrbar area	–1 %	
Summa BOA(t)+LOA(t)	85%	179,4
Övrig uppvärmd area (trapphus, källare etc)	15%	
All BRA(t)	100%	

Tabell 2.1. Källa: Anders Göransson, Profu, Definitioner för bättre energistatistik, Underlag – förslag – diskussioner vid workshop, 2004-06-29.

Statistiken visar att cirka 15 procent av flerbostadshusens area är "Övrig uppvärmd area". Detta stämmer väl överens med data från MEBY-projektet där kvoten lägenhetsyta/totalyta är cirka 0,8, se tabell 2.1.

Fördelning mellan trapphus, källare mm inom denna grupp finns att hämta från MEBY-projektet. Där finns underlag från fyra projekt av fördelningen av övriga ytor (dock ingår inte garage). Om denna fördelning även är tillämplig på äldre byggnader är inte analyserat.

	Medel, m ² /lgh	Areafördelning, %
Trapphus	6,1	36
Entré	1,1	6
Tvättstuga	0,8	5
Övriga utrymmen	9,0	53
Totalt	17	100

Tabell 2.2. Ytor olika kategorier i fyra MEBY-objekt. Kategorin "Övriga utrymmen" är framförallt källare och förråd där drifttiderna är korta.

2.1.2 Befintliga belysningsystem

Vid inventering är det viktigt att notera om trapphus är mörka eller ljusa. Mörka trapphus är ofta tända dygnet runt, om inte trappautomater används eller närvarodetektorer är installerade. Vanliga befintliga system redovisas i tabell 2.3.

Trapphusen är den del av flerbostadshuset där det finns störst energisparpotential. Det är en relativt stor yta,

styr- och reglerteknik finns och energianvändningen idag kan vara hög. Garage kan också ha hög besparingspotential. Förslag på åtgärder kommer i denna rapport begränsas till trapphus. Åtgärder för garage får utredas senare.

Effektiva belysningslösningar omfattar en rad olika aspekter, som belysningsstyrka, bländning, luminans, kontrast, färgåtergivning, flimmer och belysningsstyrning och bör anpassas till byggnadens förutsättningar och vad rumsenheten används till, men också färgval på väggar kan behöva anpassas till den valda belysningslösningen. Det är därför inte möjligt att exakt ange vilken effektivitet en energieffektiv belysningslösning ska ligga på, men bör kunna understiga 8 Watt/m² utom för tvättstugor. I Energimyndighetens pamflett "Programkrav, belysning i flerbostadshus" ges närmre information.

I denna rapport begränsas informationen till hur energianvändningen ska beräknas, samt till åtgärder som avser effektiv styrning och reglering.

2.2 Tvätt och torkutrustning

Utvecklingen mot väsentligt effektivare tvätt- och torkutrustning har möjliggjort lönsamma åtgärder i form av maskinparksutbyte i tvättstugor, även av fullt fungerande apparater.

De effektivare tvättmaskinerna sparar vatten och elenergi. De har också centrifugering med höga varvtal vilket i nästa steg sparar energi för torkningen.

Enligt en utredning som Konsumentverket låtit genomföra (*Energifrågor i hushållen 2004*) har ungefär vart tredje hushåll i flerbostadshus (hyresrätt) tillgång till egen tvättmaskin. I MEBY-projektet antogs att hushåll med större tvättbehov i större utsträckning har tvättmaskiner och att därmed uppskattningsvis halva tvättbehovet i flerbostadshus skulle ske med egna maskiner. ELAN-projektet (Bladh 2005) uppskattar att det genomsnittliga årliga antalet tvätt- och torkomgångar per hushåll år 2000 var 137 stycken (en minskning från 1980 då motsvarande siffra uppskattas ha varit 229 tvätt/torkomgångar per år). ELANs uppskattning för år 2000 ger med antagandet om 2,5 kg tvätt per omgång och cirka 1,7 personer per lgh, cirka 200 kg tvätt per person, vilket helt stämmer med tidigare antagande i MEBY-projektet.

Utrymme	Styrning	Ljuskälla	Effekt	Drifttid tim/år
Trapphus	Trappautomat	Glödljus/lysrör	30–60 W/plan	Mörka trapphus cirka 700 h
				Ljusa trapphus cirka 350 h
	Trappautomat + tidur	Lysrör	30–60 W/plan	Alt 1. 3 000 h Alt 2. 1 armatur 8 760 h + 1 armatur 350 h
Entréer	Dagsljus	Glödljus/lysrör	30–60 W/plan	4 000 h
	Trappautomat	Glödljus/lysrör	30–60 W/plan	Mörk trapphall 700 h Ljus trapphall 350 h
Tvättstuga	Manuell	Glödljus/lysrör	15 W/m ²	1 000 h
Ute		Glödljus/kompaktlysrör, Hg ?		4 000 h

Tabell 2.3. Vanliga systemen i befintliga flerbostadshus. Med "mörk" avses trapphall utan fönster.

Tvättvolymen fördelas för flerbostadshus på tvättstuga och eget hushåll enligt följande schabloner. T_v , kg/år, i tvättstugan beräknas enligt följande ekvation:

$$T_v = Person \times 200 \times Kvot \quad (ekv 1)$$

där

$Person$ = antal personer i byggnaden.

200 = antal kg tvätt per person och år

$Kvot$ = andel tvätt i tvättstugan (resten tvättas i lägenheterna).

Andel tvätt i tvättstugan beror på tvättstugans tillgänglighet enligt tabell 2.4.

Tvättstugans placering	$Kvot$
I samma byggnad	0,50
I byggnad bredvid	0,40
I området	0,25
Med en tvättstuga i området avses en placering längre bort än byggnaden bredvid.	

Tabell 2.4. Tvättandel i tvättstuga jämfört med tvätt i lägenheten och dess beroende på tvättstugans placering.

Källa: MEBY.

2.2.1 Inventeringsmetodik

För bestämning av indata beskrivs tvättstugans läge enligt tabell 2.4.

2.3 Elvärmare

Fastighetsel som används för elvärmning utanför klimatskalet ska kvantifieras. I energibalanser ger dessa inte spillvärme. Här avses elvärmare för stuprör, takrännor, gångstigar, garagedfarter, etc. Dessa installationer kan ha höga installerade effekter, bristande reglersystem, felaktiga inställningar eller defekta funktioner som ger höga elåtgångstal. Vidare saknas alltid strategisk övervakning som larmar när dessa börjar dra orimligt hög elåtgång.

3 Beräkningsmetodik

Fastighetens elanvändning för drift av pumpar och fläktar ges i respektive delrapport. Elanvändning för belysning, tvättstuga och yttre elvärmare inventeras och beräknas enligt anvisningar i denna rapport under respektive avsnitt.

Elanvändning för hissar, motorvärmare, inre elvärmare och övrig fastighetsel inventeras och beräknas i samband med energibesiktning, nivå 2 för att erhålla rätt uppskattning av spillvärme som kan ingå i energibalansen, men också vid projekteringskalkylering eller då energiprestanda baseras på beräknad energianvändning. Åtgärdsförslag för dessa delområden beskrivs däremot inte i denna delutredning.

3.1 Övriga apparater

Hissar

Eldrifft för hissar: 200 kWh/lgh för hydraulhissar, 50 kWh/lgh för direktdrivna varvtalsreglerade linhissar.

El till belysning: 600 kWh/år, hiss om ostyrt, 60 kWh/år, hiss om närvaro/aktivitetsreglerad.

Av el till hissdrift antages 50 procent bli spillvärme.

Motorvärmaruttag

$$El_{motorvärmaruttag} = X \times Y \text{ (kWh/uttag, år)}$$

där

X = antal uttag

Y = 240 kWh/år för tidsstyrda uttag och
1 400 kWh/år för uttag utan styrning.

Av denna el blir 0 procent spillvärme.

Inre elvärmare

$$El_{elvärmare} = \text{Drifftid} \times \text{installerad effekt}$$

Drifftiden uppskattas utifrån reglermetod.

Av inre elvärmare antages 100 procent bli tillgänglig värme när värmebehov föreligger.

Övrig fastighetsel

$$El_{övrig} = 3,4 \text{ kWh/m}^2 \text{ BRA}_t \text{ (defaultvärde)}$$

Spillvärme från övrig fastighetsel uppskattas till 80 procent.

3.2 Belysning

I utkast till CEN-standard för belysning finns en ”snabbmetod” för beräkning av årlig energianvändning. Flerbostadshus nämns inte speciellt i utkastet, och schablonvärden finns inte framtagna. Metoden skulle kunna vara användbar speciellt för att räkna fram potentialen för åtgärdsförslagen. Eftersom schablonvärden saknas för flerbostadshus och metoden är tidskrävande, föreslås att CEN-metoden inte användas i dagsläget. När modellen är klar och utvecklad även för flerbostadshus kan den dock tillämpas.

Förslag till beräkningsmetodik att användas tills vidare ges i det följande. Elanvändningen Q_{bel} under ett år för belysning:

$$Q_{bel} = P_{bel1} \times T_{bel1} + P_{bel2} \times T_{bel2} + P_{bel3} \times T_{bel3} + \dots \quad (\text{ekv 2})$$

där

P_{bel} = genomsnittlig eleffekt under drifttiden per kategori av belyst utrymme inklusive driftdonens elåtgång

T_{bel} = drifftid per kategori under årets timmar.

I trapphus där en grupp av armaturerna har en egen matning eller styrstrategi (till exempel ständigt lysande) kan armaturerna grupperas även om de finns i samma utrymme. Typiska drifftider varierar självklart med antalet lägenheter per trapphus, antal boende, etc. Det är dock inte möjligt att med säkerhet fastställa drifftider som påverkas av de boendes beteende, varför ett antal typiska drifftider lämnas i tabell 3.1. (Dessa värden är preliminära erfarenhetsvärden som behöver stämmas av).

Andra kombinationer är också möjliga med tidursstyrning på alla armaturer eller delar av dessa. Genom avläsning av tidurens inställningar kan faktiska tider anges för befintliga installationer.

Den andel elenergi till belysning som ska medräknas som tillgänglig spillvärme framgår också i tabell 3.1. Underlag för spillvärme från MEBY-projektet.

Utrymme	Styrning	Drifttid, tim/år	Spillvärme, %
Mörka trapphus	Trappautomat	700 h	80
Ljusa trapphus	Trappautomat	350 h	80
Trapphus	Tidur 8 h/dygn + trappautomat	3 000 h	80
Trapphus	50% ständigt lysande	8 765 h	80
	50% trappautomat	350 h	
Ljusa trapphus	Ljusstyrd + trappautomat	4 200 h	80
Trapphus	IR-styrda armaturer	1 500 h	80
Trapphus	IR-styrda utrymmen	1 100 h	80
Trapphus	Akustiskt styrda utrymmen	1 100 h	80
Entréer	Dagsljusstyrning	4 000 h	80
	Alternativ enligt trapphus		80
Tvättstuga	Manuell	1 000 h	20
	Närvaro	500 h	20
Förråd, teknikrum	Manuell/trappautomat	200 h	100
Garage	Ständig belysning	8 765 h	80
Garage	Närvarostyrning via IR		
	eller ljudstyrning	1 500 h	80
Garage	Ospecificerad styrning	3 500 h	80
Ute	Dagsljusstyrning	4 000 h	0

Tabell 3.1. Typiska drifttider och andel tillgänglig spillvärme från belysning. Preliminära värden.

De närvarostyrda armaturerna (IR eller akustiskt styrda) förutsätter HF-drift med reglerbara driftton om inte slita- get på lysrören ska bli för stort (glödlampor går utmärkt att styra on-off). Därför väljs reglerbara HF-don med nedsläckning till exempelvis 1 procent enligt leverantörens anvisningar. För den IR-styrda armaturen (en detektor per armatur) ger detta en genomsnittlig ekvivalent drifttid enligt tabellen. För de IR- eller akustiskt styrda utrymmena (grupp av armaturer) styrs ljuskällan ner till 1 procent redan efter 1–2 minuter och sedan släcks de ner helt efter 1 timma utan upptändning. Den ekvivalenta drifttiden blir därmed lägre.

För flerbostadshus antas att inomhusbelysningen i gemensamma utrymmen är jämnt fördelade under året (approximation).

Med schablonvärden enligt detta kapitel kan elbesparing och tillgänglig spillvärme sedan beräknas vid utbyte till andra effekter och andra styrprinciper.

För att beräkna åtgärdens lönsamhet beaktas såväl elbesparingen och dess kostnader som hur åtgärden påverkar kostnaderna för uppvärmningsenergi.

Minskad spillvärme, Q_{sp} , ökar värmeenergi- användningen:

$$Q_{sp} = Z \times Q_{bel} \times \text{dagar} / 365 \quad (\text{ekv 3})$$

där

Z = andel tillgängligt spillvärme

dagar = antalet uppvärmningsdagar.

Observera att nyttiggjord spillvärme måste beräknas integrerat i byggnadens energibalans, där även hänsyn tas till

byggnadens tidskonstant, etc. I en korrekt kalkyl ska även hänsyn tas till hur underhållskostnaderna påverkas. För belysningsinstallationer kan underhållskostnaden ha stor betydelse för åtgärdens lönsamhet, se exempel i ref (Programkrav). I äldre fastigheter kan det också vara aktuellt med utbyte av kablager. Det i sin tur möjliggör installation av 5-ledare med signalledningar som möjliggör ljud- eller IR-styrning med central tid- och lågnivåinställning.

En rättvisande lönsamhetskalkyl för belysningsåtgärder förutsätter att en likvärdig belysningsmiljö jämförs. Detta är sällan fallet vid utbyte av befintliga armaturer som antingen inte längre anses uppfylla aktuella belysningsbehov eller då ett utbyte krävs av åldersskäl. Skillnaden mellan en trapphall med sparsamma glödljusarmaturer och helmörkt tills man hittar knappen till en modern belysningsmiljö är dramatisk. Men utan en högeffektiv styrstrategi så ökar också energiåtgången dramatiskt. Beräkningsmetodiken i denna rapport kan dock i dessa fall användas för att guida husägaren/installations- ansvarige till ett kostnadsoptimerat val.

3.3 Tvätt och tork

Tvättmaskinens energianvändning beräknas enligt:

$$El_{tvätt} = Tv/2,5 \times El_{maskin} \times K \quad (\text{kWh/år}) \quad (\text{ekv 4})$$

$$VV_{tvätt} = Tv/2,5 \times VV_{maskin} \quad (\text{kWh/år}) \quad (\text{ekv 5})$$

där

Tv = tvättvolymen enligt ekvation 1

$El_{tvätt}$ = tvättmaskinens elanvändning per person

och år vid normalt tvättprogramval

K = korrelation för omräkning av $El_{tvätt}$ till genomsnittlig tvätt vid 50 °C och 2,5 kg fyllnad

El_{maskin} = tvättmaskinens elåtgång per tvätt vid 60 °C och full maskin

$VV_{tvätt}$ = tvättmaskinens varmvattenanvändning per person och år vid normalt tvättprogramval (endast varmvattenansluten maskin)

VV_{maskin} = tvättmaskinens varmvattenanvändning per tvätt

2,5 = omräkningstal för att erhålla antal tvättomgångar per år och person, baserat på normal maskinfyllning om 2,5 kg/tvätt. Oavsett maskinstorlek skiljer sig inte tvättmängden nämnvärt.

Värde för El_{maskin} hämtas från bilaga 1, där marknadens utbud och även äldre förekommande maskiner listats (kan även läggas in i handdator).

Korrelationsfaktorn K sätts till 0,5. Detta värde baseras på att uppvärmningsenergin till 50 grader är cirka 80 procent av den till 60 grader och att tvättmaskiner som fylls till 2,5 kg drar mindre energi per kg tvätt än om maskinen är helt fylld, vilket provningsstandarden förutsätter. Förelagda faktorn är något gynnsam för de minsta apparaterna jämfört med de större, men påverkas också av maskinens reglerteknik för att anpassa till maskinens fyllnadsgrad.

I listan (bilaga 1) anges även restfukthalt, R (liter/tvätt), som ger underlag för beräkning av torkutrustningens energiåtgång, El_{tork} , enligt:

$$El_{tork} = Tv \times Eff_{tork} \times R/60 \quad (kWh/år) \quad (ekv 6)$$

där

Eff_{tork} är torkutrustningens effektivitet (kWh/kg tvätt) vid restfukthalt 60 procent

R = restfukthalt i procent. Om inte tvättmaskinens restfukthalt finns angiven kan schablonvärde (eller dess interpolation) användas enligt tabell 3.2.

Restfukthalt, %	Tvättmaskinskapacitet
Varvtal, r/s	5 kg
500	87
600	
700	
800	66
900	62
1 000	59
1 100	55
1 200	53
1 300	51
1 400	48
1 500	46
1 600	44

Tabell 3.2. Exempel på hjälptabell för att bestämma restfukthalt för maskintvättar med olika centrifugeringsvarvtal.

I det fall tvättstugan har separat centrifug, ska ej hänsyn tas till detta. Beteendestudier visar att flertalet hoppar över centrifugering via separat centrifug. Energiåtgång vid torkning uppskattas enligt värden från tabell 3.3. om inte säkrare värden finns tillgängliga. Vidare antages att 50 procent av tvätten torkas i torkrummet.

Typ av torksystem	Elenergi, kWh/kg tvätt
Torkrum	
Tidsstyrt	3,0
Fuktstyrt	1,6
Kondenserande, kylaggregat	0,4
Torkskåp	
Tidsstyrt	1,2
Fuktstyrt	0,6
”Semi-fuktstyrt”	0,7
Torktumlare	
Tidsstyrt	0,65–0,9
Fuktstyrt	0,5–0,7
Kondenserande, kylaggregat	0,3

Tabell 3.3. Hjälptabell. Torkenergi per kg tvätt (60 procent restfukthalt) med olika torkteknik. Med ”semi-fuktstyrt” avses reglerteknik där temperaturökningen används som indikator på fukthaltens förändring.

3.4 Elvärmare utanför klimatskal

Fastighetsel som används för elvärmning utanför klimatskalet ska kvantifieras. I energibalanser ger dessa inte spillvärme. I installationshandlingar ska installerade el-effekter framgå. Det kan däremot vara svårt att veta vilka effekter som i realiteten ligger påslagna vid olika yttre förutsättningar om inga mätinsatser finns.

Saknas dokumentation och mätmöjligheter (effekt-mätning) kan installerad effekt uppskattas enligt följande schablonmetod (Kravspecifikation-MEBY):

$$Eleffekt_{takrännor} = meter\ takfot \times 35\ (Watt) \quad (ekv\ 7)$$

Drifftiden varierar med reglermetod och ortens klimat aktuellt år. Schablonvärden enligt tabell 3.4 kan användas som vägledning för att erhålla drifftider för ett normalår i Mellansverige. Drifftiden kommer variera kraftigt mellan olika år.

Reglermetod	Drifftid T (tim/år)
Temperatur och fuktstyrd takvärmare	600 h
Temperatur och fuktstyrd markvärmare	1 800 h
Temperaturstyrning med två brytpunkter (vanligen +3 och –5 grader), ingen fuktstyrning	2 000 h
Temperaturstyrning med en brytpunkt	3 000 h

Tabell 3.4. Hjälptabell. Drifftider för olika reglersystem för elvärmare ett normalår i Mellansverige.

Anläggningar med lägre effekter än 4 kW brukar normalt inte inkludera fuktstyrning, trots att lönsamheten för detta är mycket hög. Allra effektivast vore en kombination av automatik och manuellt tillslag, så att markvärmaren är påslagen endast under en period när behovet finns och driftansvarig aktiverat automatiken. Dagens utrustning är inte utformad för en sådan möjlighet.

Elåtgång för yttre elvärmare kalkyleras enligt:

$$Q_{el} = P_{el} \times T\ (kWh) \quad (ekv\ 8)$$

4 Åtgärdsförslag

4.1 Åtgärdslista på lönsamma åtgärder

Belysning

- Utbyte av glödljus inne/ute till CFL-lampor.
- Utbyte av armatur ute till ljus- och närvarostyrd, till exempel vid källaringång.
- Installation av armaturer och akustisk närvarostyrning i trapphus.
- Installation av IR-styrd närvaroreglering i trapphus.
- Installation av akustisk närvarostyrning i garage.
- Installation av IR-styrd närvaroreglering i garage.
- Installation av IR-styrd närvaro i tvättstuga.
- Uteljusstyrd belysning i entréer och ljusa trapphallar.
- Ljus väggfärg.

I detta avsnitt redovisas åtgärden: IR-styrd närvaro i trapphus samt ljudstyrd närvaro i trapphus. Kostnadsbeskrivningarna behöver stämmas av och helst kopplas till kalkylatordatabas.

Tvättstuga

- Utbyte av äldre tvättmaskiner.
 - Utbyte av äldre torkutrustning.
- I denna rapport redovisa åtgärden: utbyte av tvätt- och torkutrustning.

Elvärmeinstallationer

- Elvärmare på tak, stuprännor.
- Elvärmare på mark.
- Elvärmda entrégolv.

I denna rapport redovisa åtgärden: komplettering av reglerutrustning.

4.2 Belysningsåtgärder

4.2.1 Armaturer med inbyggd närvarodetektor

Kortbeskrivning: Byte till nya armaturer med inbyggd närvarodetektor (IR) och HF-don som möjliggör inställning av värde max (luxnivå) och värde min separat. Armaturer tas ut så att värde max inställt på 80 procent av dimensionerande effekt ska räcka (detta sparar livslängden på driftdonen genom en lägre arbetstemperatur). Även val av armatur som ger låg arbetstemperatur för driftdonen är viktigt.

Inställning max innebär att inställt fulljus aktiveras vid

rörelse och med inställd tidsfördröjning enligt leverantörens anvisningar för släckning.

Inställning min, innebär att armaturerna aldrig blir helt släckta (sparljus på nivån 1–2 procent), vilket förlänger ljuskällornas livslängd.

Samma antal armaturer och placering som före. Befintligt kablage kan användas. Alla nya armaturer ska kunna regleras 1–100 procent.

Armaturer med inbyggd IR kan bara väljas om placeringen är sådan att man rör sig inom armaturens detekteringsområde. Upptändningen sker först när man kommer fram till armaturen, men lågeffektnivån gör att utrymmet inte är helt mörkt innan.

Kalkyleringsmodell för elbesparing:

$$Q_{bel1} - Q_{bel2} \text{ enligt ekv 1}$$

Kalkyleringsmodell för påverkan på värmebehovet:

$$Q_{sp1} - Q_{sp2} \text{ enligt ekv 2}$$

Innemiljökonsekvenser/säkerhetskonsekvenser: Äldre armaturer med konventionella driftdon utgör en brandrisk. De kan även innehålla PCB. Ska en fullgod belysningsmiljö skapas krävs en belysningsprojektering. Kan kräva annan armaturplacering och nya kabeldragningar.

Åtgärds kostnad: Schablon = 2 100 kr/armatur inklusive installation och moms (± 10 procent), varav 15 procent för installationsarbetet.

Varaktighet: 20 år (driftdon av god kvalitet håller cirka 50 000 timmar, varför en driftstrategi som leder till få drifttimmar per år är viktigt).

Indata: Installerad effekt före, typ av styrsystem före och effekt för nya armaturer.

Upphandlingsdata: Uppgifter krävs om antal armaturer, HF-don med injusteringsbara nivåer, effekt per ny armatur. Schablonvärde för väggarmatur = 28 Watt.

Alternativ utformning: Endast en armatur per trapphall förses med närvarogivare. Resterande kopplas till trappautomat, med 5–15 minuters gångtid och som i praktiken kommer användas av dem med större ljusbehov och vid trappstädning. Gångtid för de tidstyrda armaturerna enligt tabell 3.1.

4.2.2 Armaturer och akustisk närvarodetektor

Kortbeskrivning: Byte till nya armaturer med HF-don som möjliggör inställning av värde max (luxnivå) och värde min separat enligt åtgärd 4.1.2 ovan.

Nytt kablage med 5-ledare måste installeras och därmed är ny placering av armaturer möjliga.

Alla nya armaturer ska kunna regleras 1–100 procent. Nersläckning till nivån 1 procent efter 1–2 minuter. Fullständig nersläckning ställs in på 1 timme. Placering av akustisk givare enligt leverantörens anvisningar.

Kalkyleringsmodell för elbesparing:

$$Q_{bel1} - Q_{bel2} \text{ enligt ekv 1}$$

Kalkyleringsmodell för påverkan på värmebehovet:

$$Q_{sp1} - Q_{sp2} \text{ enligt ekv 2}$$

Innemiljökonsekvenser/säkerhetskonsekvenser: Ska en fullgod belysningsmiljö skapas krävs en belysningsprojektering.

Åtgärdskostnad:

Schablon = 1 900 kr/armatur inklusive installation och inklusive moms (stor variation beroende på utförande och smak).

Kabeldragning =

Ljudstyrning = 7 500 kr/trapphall inklusive installation och moms ($\pm$ 30 procent).

Varaktighet: 20 år.

Indata: Installerad effekt före, typ av styrsystem före + effekt för nya armaturer.

Upphandlingsdata: A-ritningar.

4.2.3 Generell åtgärdsplan – belysning

Med åtgärdsbeskrivning enligt förslagen ovan bör det vara möjligt att även beskriva motsvarande åtgärder för garage och andra utrymmen.

4.3 Åtgärder i tvättstugan

4.3.1 Utbyte av tvätt- och torkutrustning

Kortbeskrivning: Byte av befintlig maskinpark för tvätt och tork till nya effektiva apparater. Torkning sker via en kombination av torktumlare och torkskåp, där 50 procent av tvätten antages torkas i respektive. Oavsett maskinstorlek antages att 2,5 kg tvätt tvättas per omgång (*Halvera elnotan i flerbostadshus*, NUTEK). Antal tvättmaskiner som krävs är beroende av antalet lägenheter, tvättstugans placering och tvättstugans tillgänglighet (vilka tider får man tvätta i den). Här antages att 5 tvättpass per dygn är möjligt och att detta motsvarar 1 500 tvättpass per år, dvs en ganska väl dimensionerad tvättstuga. Färre tvättpass per maskin ökar kapitalbildningen, men maski-

nernas slitage minskar då och därmed dess livslängd.

Kalkyleringsmodell: Tvättkostnad per år med befintlig utrustning kalkyleras genom inmatning av data för befintlig utrustning.

■ **Ny tvättutrustning** väljes med prestanda som minst motsvarar följande krav:

Elåtgång per tvätt: < 1,0 kWh/tvätt (enl EU-standard).

Vattenåtgång per tvätt: < 70 liter/tvätt.

Restfukthalt efter centrifugering: < 50 procent.

■ **Ny torkutrustning** med minst följande prestanda:

Torktumlare: < 0,55 kWh/kg tvätt (om restfukthalt 60 procent).

Torkskåp: < 0,x kWh/kg tvätt (om restfukthalt 60 procent).

Schablon för elåtgång efter åtgärd: 2,5 kWh/tvätt, samt 70 liter vatten.

Inbesparad kostnader beräknas för elenergi, vattenkostnad och eventuell varmvattenenergi.

Byggnadens värmebehov påverkas inte alls. All spillvärme antages bli förluster.

Åtgärdskostnad: Schablon = 40 000 kr/tvätt och torkkedja inklusive installation och inklusive moms.

Varaktighet: 12 år.

Indata: Befintlig utrustning jämfört med schablon för ny utrustning.

4.4 Styrning av elvärmare

Kortbeskrivning: Byte eller komplettering av befintlig reglersystem för tak- eller markvärmare som endast har temperaturstyrning till kombinerad styrning med fuktgivare. Åtgärden kräver kompletterande signalkablage, fuktgivare och automatik. För att kunna utvärdera åtgärden installeras även en drifttidsmätare som läses av manuellt.

Kalkyleringsmodell för elbesparing:

$$Q_{el} = P_{el} \times (T_1 - T_2) \text{ enligt ekv 7}$$

där

T_2 = drifttid efter åtgärd

T_1 = drifttid före åtgärd.

Åtgärdskostnad: Schablon = 17 500 kronor inklusive installation och inklusive moms (varav cirka 50 procent arbetskostnad).

Varaktighet: 20 år.

Indata: Installerad effekt före, typ av reglersystem före.

Upphandlingsdata: Dokumentation av befintligt reglersystem. (angiven åtgärdskostnad är preliminär och inte avstämd).

Kommentar: Denna åtgärd kan bli lönsam för takvärmare redan vid installerade effekter över 1,3 kW.

5 Inventering

5.1 Belysning

Besiktningsprotokoll Nivå 2

- Utbytbara glödlampor till CFL: antal, effekt och drifttid. Ute och inne.
- Armaturstatus och installationsstatus. Behov av utbyte < 5 år.
- Mörk eller ljus trapphall.
- Belysningsmiljö: bra, medel, dålig.
- Väggfärgens lämplighet.
- Tidurens inställningar.
- Underhållskostnader (byten ljuskällor)
- Fastighetsägarens preferenser vid utbyte till effektivare alternativ.
- Typ av drivdon.

Byggnadens areor där belysning matas från fastighetens elförsörjning uppskattas utifrån ritningsunderlag och förs in i besiktningstabellen 5.1 nedan. Installerad effekt per ytenhet beräknas för trapphusdel utifrån armaturdata och ljuskälla. Alternativt räknas alla armaturer per rums-kategori och armaturens eleffekt besiktigas.

Besiktning Nivå 3

För säkrare bedömning mäts energi eller drifttider på plats. Drifttiden mäts genom drifttidmätare placerad i/nära armatur.

5.2 Tvättstuga

Besiktningsprotokoll Nivå 2

- Antal av förekommande maskiner enligt maskinlista i besiktningsformulär.
- Antal lägenheter som använder aktuell tvättstuga.
- Tvättstugans läge.

- Eventuellt torkrum, torkningsmetod och preferenser. Kan torkrummet avvecklas?

- Eventuell VVC-kopplad värmare.

5.3 Elvärmare

Besiktningsprotokoll Nivå 2

- Förekomst av elvärmare och respektive effekt och reglermetod.
- Finns drifttidsmätare eller övervakning på dem?
- Intervju av driftpersonal om hur dessa fungerar i praktiken.

5.4 Tidsåtgång

Uppskattad tid för besiktning Nivå 2 förutsatt att ytor och antal lägenheter finns tillgängliga:

Nivå 2	
Belysning	15 min/trapphus
Tvättstuga	5 min/tvättstuga
Elvärmare	5 min/system
Nivå 3	
Belysning	25 min per trapphus

5.5 Kompetenskrav

Nivå 2: Se skillnad på glödljus och lysrör. Kunna bedöma funktion hos styr- och reglerutrustning. Bedöma typ av HF-don med hjälp av en lathund (ej framtagen i detta projekt). Bedöma status av befintliga anläggningar och en översiktlig kunskap om belysningsmiljöer och effektiva belysningslösningar. *Utrustning:* Luxmätare.

Nivå 3: Nivå 2 + kunna avläsa effekter. För att kunna göra en energimätning – drifttider och effekter – krävs elbehörighet. *Utrustning:* Energimätning, drifttidmätare, luxmätare.

	Alt 1		Alt 2		Reglerprincip (enligt tab 3.1)
	Area m ²	Installerad effekt W/m ²	Antal Armaturer	Installerad effekt W/armatur	
Trapphus					
Entré					
Tvättstuga					
Övr. utrymmen					
Totalt					
För trapphus anges om utrymmet är mörkt eller ljust.					

Tabell 5.1. Besiktningstabell.

7 Referenser

Broschyr Belysning i flerbostadshus. Programkrav.

Energimyndigheten 1999:10.

DELlight, SAVE-projekt, ECU research report 19, 1998.

Kravspecifikation-MEMY. (http://www.stockholm.se/files/82400-82499/file_82411.pdf).

Underlagsrapport MEBY-projektet. www.aton.se

Direktverkande el i nya byggnader, 2002. www.aton.se

Extronic, produktkatalog för närvarostyd belysning i flerbostadshus.

Bostadsbeståndets tekniska egenskaper, SIB TN:29.

Sandberg, Eje, Framtida elanvändning – effektiviseringspotentialer, del 1. Mars 1995, NUTEK.

Bilaga 1 Energiåtgång för tvätt och tork för tvättstugor

Typ	Kapacitet kg	Energi 60 °C kWh/tvätt	Centrifugering, r/m varv/min	Restfukthalt. %	Källa	Upphört år
Miele WS 5073	5,6	1,5	1200		K	
MieleWS 5105		1,5			K	
MieleWS 5508	6,2	2,7	1000		L	
MieleWS 5405	3,6	1,2	1000		L	
MieleWS 5406	4,4	1,5	1000		L	
Miele WS 5425	3,6	0,9	1300		K	
Miele WS 5426	4,4	1,1	1300		K	
Miele WS 5435		0,9			L	
Miele WS 5445		0,9			L	
Miele WS 5446		0,9			L	
Miele W 708	5,4	2,4	400		K	
Miele WS 6073		1,55			L	
Miele WS 5080	6,2	2,5	1100	48	K	
Miele WS 5100	7,7	2,1	1000	55	L	
Miele WS 5141		1,4			L	
Miele WS 5508		2,8			L	
MieleWS 5510		3,1			L	
Wascator W 73		3,2			L	1980
Wascator W 74	5,4	2,4	530		L	1989
Wascator W 74MP	5,4	2	530		K	1989
Wascator W 75	5,4	2	530		L	
Wascator W 100MP	7,7	3,6	530		L	
Wascator W 123		3,6			L	
Wascator W 124		1,1			L	
Wascator W 124MP		1,8			L	

Typ	Kapacitet kg	Energi 60 °C kWh/tvätt	Centrifugering, r/m varv/min	Restfukthalt. %	Källa	Upphört år
Wascator W 160		2,3			L	1989
Wascator WE 45	3,4	1,6	800		L	1989
Wascator WE 46		1,2			L	
Wascator WE 47	3,3	0,92	1300	51	K	
Wascator WE 55		1,1			L	
Wascator WE60		2,1			L	1989
Wascator WE60MP		0,8			L	1986
Wascator WE 65,/MP	4,6	1,7	1020		L	
Wascator WE66MP	4,6	1,1	1020	57	K	
Wascator WE105		1,5			L	
Wascator WE105MP		1,3			L	
Wascator WE120		1,10			L	
Wascator WE120MP		1,50			L	
Wascator W255H	4,1	0,95	1100		L	
Wascator W355H	4	0,50	1300		L	
Wascator W365LE	5	0,60	1100		L	
Wascator W365 LE	5	0,60	1100		L	
Wascator W375 H	5,8	1,60	1100		L	
Wascator W375 N	5,8	1,70	528		L	
Wascator W375NLE	5,8	0,70	528		L	
Wascator W3205N	8	0,95	494		L	
Wascator W3130H	10	1,20	980	<60	L	
Wascator W3130N	10	1,25	494	>80	L	
Wascator W3180H	14	1,70	930	<60	L	
Wascator W3180N	14	1,60	470	>80	L	
Wascator W3240H	19	2,30	890	<60	L	
Wascator W3250N	19	2,40	446	>80	L	
Osby 407	3,4	1,6	800		L	
Osby 408		1,2			L	
Osby 409	3,3	0,9	1300	51	K	
Osby 451E		0,83	1300		L	
Osby 507, /E	4,6	1,7	1020		L	
Osby 508E, /ELE	4,6	1,1	1020	58	K	
Osby 605		3,2			L	
Osby 606		3,2			L	
Osby 607, /E	5,4	2,4	530		L	
Osby 608	5,4	2	530	87	L	
Osby 708	7,7		530	87	L	
Osby 808	8		1020	87	L	
Cylinda TMC 1000		1,1			L	
Cylinda 1500	3,3	1,6	800		L	
Cylinda TMC95S		1			L	
Podab PR7	5,6	3,2	525	70	L	
Podab HC7	5,6	2,5	1000	70	K	

Källa: K=Konsumentverkets tester, L=leverantörsuppgifter

Energiåtgången avser fylld maskin, med bomull och 60 °C.

Dessa värden har hämtats från äldre tester utförda av Konsumentverket, men apparaterna kan sedan dessa ha förbättrats i senare versioner vad avser vattenåtgång och elåtgång så uppgifterna är inte helt säkrade jämfört med leverantörsuppgifter för aktuellt tillverkningsår.

8 Varmvattensystem

Innehåll		
1	Sammanfattning	32
2	Befintliga system	33
2.1	Varmvattenberedning inklusive varmvattenreglering	33
2.2	Temperaturreglering	33
2.3	Distributionssystem	33
2.4	Vvc-ledning	33
2.5	Pumpar	33
2.6	Tappvattenarmaturer	33
2.7	Lokal-/lägenhetsvis tappvarmvattenberedning	34
2.8	Individuell mätning tappvatten	34
2.9	Spillvattenvärmeväxlare	34
3	Beräkningsmetodik	35
3.1	Förenklad metod, schablonvärden	35
3.2	Normal energiberäkning	36
4	Åtgärdsförslag	40
4.1	Småhus	40
4.1.1	Installera termostatblandare/snålspolande armaturer	40
4.2	Flerbostadshus	41
4.2.1	Installera termostatblandare/snålspolande armaturer	41
4.2.2	Kontrollera/anpassa tappvarmvattentemperaturen	41
4.2.3	Behovsstyrning av vvc-handduktorkar	41
4.2.4	Koppla bort vv-ledningar och tappställen som inte används	42
4.2.5	Isolera oisolerade varmvattenledningar	42
4.2.6	Installera individuell mätning	42
5	Inventering	44
5.1	Småhus	44
5.2	Flerbostadshus	44
5.3	Tidsåtgång	45
5.4	Kompetenskrav	45
5.5	Mätutrustning	45
6	Referenser	45



Vid besiktningsstillfället ska aktuell tappvatten-temperatur konstateras... Uppmätt temperatur ska inte understiga 50 °C och inte överstiga 65 °C.

1 Sammanfattning

Detta kapitel har tagits fram av Per Forsling, Meta Fastighetsadministration AB med stöd av Agneta Persson, ÅF, samt Eje Sandberg, ATON Teknikkonsult AB.

Kapitlet omfattar metodik för att beräkna och inventera åtgärdsförslag för tappvarmvattenanvändning i byggnader uppdelat på småhus och flerbostadshus. Beräkningsmetodiken är uppdelad i två nivåer, en normal beräkningsmetodik och en förenklad metodik.

Metodiken ansluter i möjligaste mån till de preliminära förslag på standarder som är framtagna av CEN. I de fall dessa inte anses tillämpliga har avsteg och kompletteringar föreslagits. Där alternativa beräkningssätt tillåts har dessa analyserats och ett förslag rekommenderats.

Besiktningssmallar bör tas fram samordnat med lämpliga datoriserade hjälpmedel för beräkningsarbetet.

Avgränsningar: Tappvatten värms till varmvatten via en värmeväxlare, panna eller liknande. Förluster i samband med beredningen behandlas i det kapitlet *Värmeproduktion*.

2 Befintliga system

Detta kapitel behandlar befintliga system för tappvatten-ändamål gemensamt för småhus och flerbostadshus, eftersom de i systemet ingående delarna är mycket lika för dessa två typer av bostadsbyggnader.

2.1 Varmvattenberedning inklusive varmvattenreglering

Tappvatten värms till varmvatten via en värmeväxlare, panna eller liknande. Se vidare i den rapport som behandlar systemdel pannor.

2.2 Temperaturreglering

Tappvarmvattentemperaturen konstanthålls via givare, regulator, ställdon och styrventil. Olika kopplingsprinciper för tappvattenreglering förekommer.

I småhus och mindre anläggningar förekommer temperaturreglering av tappvarmvatten via blandningsventiler med termostatverkan.

2.3 Distributionssystem

Från tappvarmvattenberedningen leds vattnet via distributionsledningar ut till tappställen i byggnaden. Distributionsledningar i svenska byggnader är i allmänhet försedda med rörisolering för att minska värmeavgivningen från varmvattnet till omgivningen. Distributionsledningar kan förläggas hängande i innertak, i vertikala schakt, på innerväggar och ingjutna eller på annat sätt dolda. Hur distributionsledningarna är förlagda har betydelse för värmeavgivningen till omgivningen.

I småhus är distributionsledningar för varmvatten i stor omfattning i oisolerat utförande.

2.4 Vvc-ledning

I flerbostadshus är det vanligt förekommande att tappvarmvattenledningen är försedd med cirkulationsledning (vvc). Vvc-ledningen återför tappvarmvatten från tappvattenledningen till en punkt nära varmvattenberedningen. Därigenom säkerställs att varmt tappvatten alltid finns vid tappställen även långt bort i systemet. Ledning för varmvattencirkulation började installeras under slutet av 1940-talet, inledningsvis hade man vvc-ledningar enbart i källarstråk, senare försågs husen med cirkulationsledning även i vertikalled. I äldre byggnader förekommer komp-

letteringar med vvc-ledningar vertikalt och /eller horisontellt.

Vvc-ledningen bör vara försedd med rörisolering för att reducera värmeavgivningen från tappvarmvattnet till omgivningen. För att ytterligare minska värmeavgivningen förekommer att tappvattenledning och cirkulationsledning samisoleras, därigenom minskas värmeavgivningen med upp till 40 procent.

Det förekommer att värmeavgivande objekt ansluts till vvc-ledningen, framför allt handlar det om handduks-torkar i badrum/WC.

I småhus förekommer vvc-ledningar i mycket begränsad omfattning.

2.5 Pumpar

För tappvarmvattensystem med cirkulationsledning används cirkulationspump för kontinuerligt flöde genom cirkulationsledningen. Cirkulationspumpen kan vara försedd med tidsstyrning som möjliggör intermittent drift, för att minimera risken för mikrobakteriell tillväxt (främst legionellabakterier) i varmvattenledningarna är det idag vanligt att sådan tidsstyrningsutrustning är bortkopplad, cirkulationspumpen är då i kontinuerlig drift, året runt. Tidsstyrning av vvc-pumpar i syfte att uppnå energibesparing rekommenderas inte på grund av risk för mikrobakteriell tillväxt i rörsystemet.

I småhus förekommer vvc-pumpar i mycket begränsad omfattning.

2.6 Tappvattenarmaturer

Armaturer för tappvattenanslutning i bostäder kan vara av flera olika typer. För tvättställ och köksblandare är de vanligaste typerna engreppsblandare respektive tvågrepps-blandare. För engreppsblandare ges flöde genom att en ”spak” förs uppåt för ökande flöde. För temperaturinställning förs spaken till höger (kallare) eller vänster (varmare). Alternativ funktion förekommer. Tvågreppsblendare har ett vred för flödesinställning av kallt respektive varmt vatten. Termostatblandare används i första hand till dusch och badkar. Principen för termostatblandare är att önskad temperatur ställs in på ett särskilt vred, flödet regleras med ett annat vred. Den valda temperaturen konstant-hålls och inställning finns kvar till nästa dusch/badtillfälle.

Tappvattenarmaturer kan vara av olika typ och vara försedda med olika former av flödesbegränsningar som lågflödesstrålsamlare etc.

Tappvattenarmaturer behandlas lika i småhus och flerbostadshus.

2.7 Lokal-/lägenhetsvis tappvarmvattenberedning

Lägenhetsvis varmvattenberedning förekommer i mycket liten omfattning i Sverige. I denna rapport har vi därför valt att bortse från lägenhetsvis varmvattenberedning.

2.8 Individuell mätning tappvatten

I Sverige mäts mängden använt tappvatten i normalfallet endast i en gemensam mätpunkt. För att göra boende i flerbostadshus uppmärksamma på vattenanvändningen kan varje lägenhet förses med mätare som underlag för

individuell debitering av. Mätare monteras då på inkommande kall- och varmvattenledningar till lägenheten. I befintliga lägenheter finns oftast mer än en varmvattenstam.

För småhus sker mätning av tappvatten i allmänhet per byggnad eller hushåll. Gruppbebyggelser med gemensam värmecentral kan ha gemensam vattenmätning.

2.9 Spillvattenvärmväxlare

För återvinning av värme i spillvatten kan värmväxlare användas för att återvinna den värme som finns i varmvatten och spolas ut i samband med dusch, bad och annan spolning av varmvatten. Den återvunna värmen kan exempelvis användas till förvärmning av inkommande kallvatten. Denna teknik kan vara lönsam för flerbostadshus i nyproduktion.

3 Beräkningsmetodik

3.1 Förenklad metod, schablonvärden

Tappvarmvattenanvändningen i svenska bostäder är starkt varierande. Variationen beror på hur många personer som bor i byggnaden, men också på vilka armaturer som finns installerade och vilken status äldre armaturer har, dvs. hur mycket läckage förekommer.

För att kunna ange energianvändningen för tappvarmvattenanvändning föreslås följande metoder:

3.1.1 Schablonvärden per person

Byggnadskategori	Schablon för tappvarmvattenanvändning
Småhus	$V_{vv} = 16 \text{ m}^3/\text{person}$
Flerbostadshus	$V_{vv} = 12 \text{ m}^3/\text{lägenhet} + 18 \text{ m}^3/\text{person}$

Tabell 3.1. Föreslagna schablonvärden för årlig tappvarmvattenanvändning. Schablonerna baseras på att byggnaden är utrustad med engreppsblandare för tappvatten. Källa: MEBY-projektet 2002 och preliminära resultat från mätningar under 2007.

Boendetätheten antas vara enligt med tabell 3.2:

	Antal lgh/storlek	Antal personer/lgh
1 rok		1
2 rok		1,5
3 rok		2,0
4 rok		3,0
> 5 rok		3,5
Summa antal		

Tabell 3.2. Indatatabell för bestämning av antal personer i flerbostadshus (källa prEN 15603 för 1–4 rok, MEBY för > 5 rok).

3.1.2 Schablonvärden per armaturtyp

Den personrelaterade delen i tabell 3.1 beror på armatur. I tabell 3.3 och 3.4 redovisas relationen till typ av armatur. Det innebär att besparingseffekter vid byte av armatur kan beräknas.

Småhus $\text{m}^3/\text{pers}, \text{år}$	Armatur		
	Tvågrepps	Engrepps	Engrepps, res.eff.
Bad/dusch	10,0	8,0	6,4
Tvättställ	2,0	1,6	1,3
Kök	8,0	6,4	5,1
Summa	20,0	16,0	12,8

Tabell 3.3. Hjälpstabell för bestämning av förändrad varmvattenanvändning vid byte av armatur i småhus. Källor: MEBY-projektet 2002, SP 2000, NBI 2003.

Flerbostadshus $\text{m}^3/\text{pers}, \text{år}$	Armatur		
	Tvågrepps	Engrepps	Engrepps, res.eff.
Bad/dusch	11,0	9,0	7,2
Tvättställ	2,2	1,8	1,4
Kök	8,8	7,2	5,8
Summa	22,0	18,0	14,4

Tabell 3.4. Hjälpstabell för bestämning av förändrad varmvattenanvändning vid byte av armatur i flerbostadshus. Källor: MEBY-projektet 2002, NBI 2003.

Kallvattenanvändningen antages påverkas utifrån relationen kallvatten, varmvatten, dvs. för varje liter sparad varmvatten antages 2,5 liter kallvatten sparas.

Det saknas säkra studier om varmvattenanvändningen i Sverige, hur den fördelar på olika tappställen, effekter vid armaturbyten och den personrelaterade storleken. Angivna schabloner i detta avsnitt är därmed relativt osäkra och fler empiriska mätstudier kring detta rekommenderas.

Ett alternativt sätt att uttrycka värdena i tabellerna 3.3 och 3.4 hade varit med hjälp av konstanter, C_{use} , istället för i absoluta tal, men i princip ska samma resultat ändå erhållas.

3.1.3 Uppmätta varmvattenflöden

Om kalibrerade mätare för uppmätt totalflöde varmvatten finns kan dessa värden användas och ”normaliseras” beteendemässigt genom att först räknas om till schablonvärde för vanliga engreppsblandare enligt tabellerna 3.3 och 3.4 och sedan jämföras med typiska värden enligt tabell 3.1. Detta kan till exempel vara aktuellt när en energiprestanda för en nyproducerad bostadsbyggnad ska valideras med uppmätt energi.

3.1.4 Energi per volym

För bostadshus som har gemensam varmvattenmätning kan energiåtgången för tappvarmvatten fördelas på de olika byggnaderna med avseende på boarea. Energiåtgången för uppvärmning av varmvatten sätts till:

- 60 kWh/m³ varmvatten inklusive ledningsförluster för system med vvc.
- 55 kWh/m³ varmvatten inklusive ledningsförluster för system utan vvc.

Energiåtgången för att värma varmvatten kan beräknas enligt:

$$Q = \rho \times C_p \times (\theta_w - \theta_{w,o}) \times V_w / 3\,600$$

där

V_w = varmvattenvolym

θ_w = varmvattentemperatur

$\theta_{w,o}$ = kallvattentemperatur.

Detta ger med normalvärden ($dT = 45$, $C_p = 4,182$, densitet = 1 000) ansatta $Q = 52 \times V_w$ (kWh). Det exkluderar förluster som vvc-förluster, värmeförluster från vvb osv. För att kompensera för sådana förluster ansätts därför en generell ökning av värmebehovet med 8 kWh/m³. Totalt blir värmeenergin för uppvärmning av varmvatten inklusive förluster 60 kWh/m³ varmvatten.

Indatabehov: Lägenhetsfördelning samt vvc-förekomst.

För byggnader med vvc-anslutna handdukstorkar ska korrigering göras med schablonvärde:

$$Q_{handdukstork} = 1\,000 \text{ kWh/lgh, år}$$

Denna energimängd antages jämnt fördelad under året. Spillvärme från handdukstorkarna ska beaktas vid beräkning av byggnadens värmebehov.

Indatabehov: Antal installerade vvc-handdukstorkar.

3.1.5 Elenergi för pumpdrift

I varmvattensystem används pumpar främst för att säkerställa cirkulation i systemet. Eleffekten för sådan installationer är i allmänhet små och spillvärme från pumpdriften kommer till stor del att tillföras vattnet, i den förenklade beräkningsmetoden bortses därför från elenergi till cirkulationspumpdrift för vvc.

3.2 Normal energiberäkning

Årsenergianvändning för systemförluster beräknas enligt:

$$Q_{w,l} = Q_{w,em} + Q_{w,d} + Q_{w,s} + \text{Sum}(Q_{w,g})$$

där

$Q_{w,l}$ = Systemets sammanlagda värmeförluster

$Q_{w,em}$ = Värmeförluster beroende på icke-ideala tappningar, (i väntan på rätt temp)

$Q_{w,d}$ = Värmeförluster i distributionssystemet

$Q_{w,s}$ = Värmeförluster i lagring (exemplvis varmvattenberedare)

$Q_{w,g}$ = Värmeförluster vid beredning ("generation").

Den beräkning som görs för att bestämma värmebehovet att värma varmvatten används som utgångspunkt. Det värmebehov som finns för värmning av varmvatten överensstämmer med den energi som krävs för att värma den mängd varmvatten till den temperatur som användaren nyttjar.

3.2.1 Varmvattenvolym V_w

För att konstatera hur mycket tappvarmvatten som används i bostäder är det i första hand naturligt att använda uppmätt vattenförbrukning. Fastighetsägare som har byggnadsspecifik statistik över vattenanvändningen kan utnyttja statistiken som indata i beräkningsmodellen. I Sverige mäts i normalfallet den kallvattenvolym som tillförs till en central mätpunkt, mätning av vatten till varmvattenberedning förekommer men är inte standard. Att uppskatta relationen mellan kall- och varmvattenanvändningen skulle kunna vara en möjlighet. Relationen mellan uppmätt kallvattenvolym och använd varmvattenvolym i svenska bostäder har studerats i några olika sammanhang, i flerbostadshus förekommer uppgifter om relationen mellan varm- och kallvatten från 37 procent (Norrköpingsprojektet) till mer än 50 procent (SP-rapport studie i Göteborg). I MEBY-projektet mättes relationen mellan kall- och varmvattenanvändningen i flerbostadshus för åtta byggnader, resultatet visar variation i varmvattenandel mellan ungefär 30 och 50 procent.

Studier visar att tappvarmvattenanvändningen inte är konstant över året i Sverige. En månadsvis beteendeparameter kan ansättas för att ta hänsyn till det. Med utgångspunkt från en studie med uppmätta tappvarmvattenflöden i 35 byggnader i Göteborg (Aronsson 1996) kan beteendeparametern för säsongvariation i tappvattenanvändning beskrivas enligt tabell 3.5.

Januari	Februari	Mars	April	Maj	Juni
1,14	1,17	1,14	1,1	0,9	0,85
Juli	Augusti	September	Oktober	November	December
0,7	0,75	0,95	1,1	1,14	1,16

Tabell 3.5. Månadsvis fördelning av tappvarmvattenflöden.

Källa: Aronsson 1996.

Standarden prEN 15316 ger ett uttryck för varmvattenanvändningen i flerbostadshus och småhus baserat på arean. Beräkningen nedan redovisar hur varmvattenanvändningen kan beräknas enligt denna standard.

$$V_W = \frac{a \times N_u}{1000}$$

$$a = \frac{S \times \ln(N_u) - Y}{N_u} \quad \text{om } N_u > 40 \text{ m}^2$$

$$a = Z \quad \text{om } 14 \text{ m}^2 \leq N_u \leq 40 \text{ m}^2$$

a = behov av varmvatten per enhet (liter)

N_u = area (m²).

Default-värden: $X = 1\,715$, $Y = 4\,825$, $Z = 45$

Sammantaget ger de olika studier som konsulterats en spretig bild över hur varmvattenanvändningen i svenska bostäder kan beskrivas, variationen är stor och antalet studier relativt litet. Varmvattenanvändningen är starkt beroende av boendesammansättningen dvs. hur många barnfamiljer, äldre, små respektive stora hushåll osv. som bor i byggnaden. Relationen mellan boendesammansättningen och lägenhetsstorlek bör kunna utnyttjas. Något stöd för sådana ansatser har dock inte kunnat hittas i den studerade litteraturen, fortsatta studier och mätningar kan därför behövas.

Vilken typ av tappvattenarmaturer som är installerad har stor betydelse för varmvattenanvändningen. Undersökningar visar att varmvattenanvändningen är cirka 20–30 procent högre om man har tvågreppsblandare än om man har vanliga termostatblandare i bad/WC och en-greppsblandare i kök och tvättställ. Vid installation av marknadens mest energieffektiva armaturer kan energianvändningen för tappvarmvattenvärmning vara från 5 procent ända upp till 40 procent lägre än vid användning av vanliga ettgreppsblandare (NBI 2003, Wahlström 2000).

För flerbostadshus med individuell (lägenhetsvis) mätning av tappvarmvattenanvändning har man i flera studier påvisat att förbrukningsvolymen är lägre än i andra jämförbara byggnader, i en sammanfattande studie (Berntsson 2003) av ett stort antal projekt redovisas erfarenhetsmässiga besparingar på 15–30 procent av varmvattenförbrukningen.

Förslag till indata:

För en förenklad metod kan vattenförbrukning beräknas, se tabell 3.1.

Korrektion: *Hänsyn tas till installerade armaturer, resurseffektiva armaturer reducerar varmvattenanvändningen, äldre armaturer t ex tvågreppsblandare ökar varmvattenanvändningen. Förekomst av individuell mätning och debitering av tappvatten kan också medföra också korrektion av tappvattenanvändningen.*

3.2.2 Kallvattentemperatur $\theta_{w,0}$

Värmeenergi som används till uppvärmning av tappvarmvatten är beroende av vilken temperatur det inkommande kallvattnet håller, denna temperatur varierar säsongvis.

Sommartid är inkommande kallvatten varmare än vintertid. Standarden ger utrymme för nationella värdevariationer, detta möjliggör flera ansatser till inkommande kallvattentemperatur:

1. Ansätt en konstant temperatur som gäller över hela året, till exempel 8 °C som defaultvärde.
2. Använd en variabel temperatur, MEBY-projektet föreslår en sinusformad temperaturvariation med minvärde i februari, max i augusti. Genomsnittlig temperatur på 8 °C och amplitud på 5 °C. Funktionen kan vara annorlunda för ytvattentäkter. Aronsson 1996 anger en sinusfunktion med genomsnittlig temperatur på 10 °C och amplitud 7 °C för Göteborg där vattenförsörjningen sker med ytvatten från Göta Älv respektive Delsjöarna.
3. Använd geografiskt betingat värde, exempel 5 °C i Norrland, 7 °C i Svealand och 10 °C i Götaland (Olsson 2003).

Förslag till indata:

Som indata till energiberäkningsprogram bör kallvattentemperaturen beskrivas med en sinusfunktion med variation kring 8 °C (± 5 °C) användas.

Korrektion: *Lokala variationer som kräver avsteg från ovan beskrivna funktion kan förekomma.*

3.2.3 Varmvattentemperatur θ_w

För bestämning av energibehov för värmning av tappvatten behöver temperaturen på tappvarmvattnet bestämmas. I Sverige anger BBR ett krav på lägsta tappvattentemperatur vid tappstället på minst 50 °C och maximalt 65 °C. För installationer där varmvatten kan vara stillastående (beredare och ackumulatorer) bör enligt BBR temperaturen inte understiga 60 °C. Detta för att inte tillväxten av mikroorganismer ska nå skadliga mängder.

Det är i Sverige vanligt att reglerutrustning för tappvarmvattenreglering har börvärdesinställningen 55 °C. I syfte att uppnå en ”enhetlig bas för beräkning” anger dock standarden att en tappvattentemperatur på 60 °C ska användas. För svenska förhållanden bedöms denna temperatur vara för hög och det föreslås därför att tappvattentemperaturen anges som ett konstant värde till 55 °C. Om annan temperatur ska väljas får det påverka på flera andra beräkningar. Frågan är starkt kopplad till legionellafrågan.

Förslag till indata:

Som default-värde i energiberäkningsprogram bör tappvarmvattentemperatur sättas till 55 °C, värdet ska kunna ändras.

Korrektion: *Bristande reglerfunktion i tappvarmvattenproduktionen kan ge pendlingar och övertemperaturer i varmvattensystemet, korrektion kan vara aktuell.*

3.2.4 Ledningslängder VVC-ledning

För alternativa beräkningar av värmeförluster från distributionsledningar krävs att ledningslängder kan bestämmas för distributions- och cirkulationsledningar. Sådana ledningslängder kan approximativt bestämmas med utgångspunkt från byggnadens area. I standarden ges defaultvärden för ledningslängder i tre olika zoner. Zonerna kan grovt delas in i följande tre delar:

Zon	Beskrivning
V	Horisontell distribution från värmecentral till vertikala distributionsledningar
S	Vertikala distributionsledningar, "stamledningar"
SL	Kopplingsledningar utanför cirkulationskretsen

Geometrisk relationer mellan ledningslängder och area kan exemplifieras med ledningslängden i zon V respektive S beskrivas:

$$L_V = 26 + 0,02 \times BRA \text{ (m)}$$

$$L_S = 0,075 \times BRA \text{ (m)}$$

där

BRA = byggnadens uppvärmda area.

Uppdelning av ledningslängder i olika zoner krävs om man ska ta hänsyn till värmeavgivningen från rören på ett detaljerat sätt. Zon V kan exempelvis vara en källarkorridor med lägre rumstemperatur än i övriga zoner, därmed ökar värmeavgivningen från ledningen. Många byggnader har inte vvc-krets på stamledningarna och då beräknas vvc-förlusterna endast på L_V . Även byggnadstekniskt skiljer sig utförandet mellan de olika zonerna, i zon SL finns normalt sett ingen cirkulationsledning, rören i zon SL är i allmänhet oisolerade.

Förslag till indata:

Ledningslängder för varmvattenledningar bör redovisas i tre olika zoner, beroende på omgivningstemperatur, isoleringsgrad och förekomst av cirkulationsledning. Relationen mellan zonvis ledningslängd och area kan eventuellt utnyttjas.

För småhus kan en zon utnyttjas.

3.2.5 Värmeförluster från rörledning (utan vvc)

Standarden ger fyra möjliga metoder för beräkning av värmeförluster från distributionsledningar i system utan vvc-ledning:

1. **Värmeavgivning från rörledningar baserat på boarea.** Metoden är enligt prEN 15316-serien endast lämplig att använda i småhus.
2. **Beräkning av värmeförlust från rörledningar baserat på distributionsledningslängd.** Metoden baseras på en proportionell uppskattning av den värmeenergi som når tappstället för olika ledningslängder. Beräkningen

skiljer på rör till kök respektive badrum. Beräkningen är beroende på hur relationen mellan varmvattenbehovet i köket respektive badrum ser ut. Vidare krävs kunskap om ledningslängder och ledningsdimensioner.

3. **Beräkning av värmeförluster från rörledningar baserat på typiska tappningsmönster för varmvattenanvändning.** Metoden baseras på tre olika standardiserade tappningsmönster i olika hushåll.
4. **Beräkning av värmeförlust från rörledningar baserat på kalkyleringsmetod.** Metoden kräver att detaljerad information om ledningsutformning, placering, isoleringsgrad etc. kan bestämmas. Metoden är ännu ej helt färdigutvecklad men kan antas ge ett slutresultat med god precision.

Förslag till indata:

Beräkning av värmeförlust från varmvattenledningar utan vvc-ledning bör göras baserat på kalkyleringsmetod prEN 15316-serien. Om CENs metod med "tapping cycles" ska användas måste parametrar för svenska förhållanden tas fram.

3.2.6 Värmeförluster från rörledning (med vvc)

Standarden ger två alternativa metoder att beräkna värmeförlusterna från vvc-ledning dessa är:

1. Värmeavgivning från rörledningar baserat på defaultvärde. Standarden ger möjlighet att ansätta en konstant värmeavgivning per meter ledning, om inget nationellt värde finns kan (enligt standarden) 40 W/m används. Kontrollerande beräkning visar att med $dT = 35^\circ\text{C}$, isoleringstjocklek 40 mm och rördiameter 20 mm, fås en värmeavgivning på cirka 7 W/m. För samisolerad vvc- och varmvattenledning blir värmeavgivningen cirka 5 W/m och för oisolerade rör med rördiameter 20 mm är 30 W/m ett rimligt värde.
2. Värmeavgivning från rörledningar baserat på kalkyleringsmetod.

Få uppföljningar på varmvattencirkulationsförluster i Sverige finns redovisade. Utgående från en rapport (Aronsson 1996) som anger varmvattencirkulationsförlusten till cirka 350 kWh/lgh och år föreslogs i MEBY-rapporten schablonvärden enligt tabell 3.6.

Klass	Beskrivning	W/lgh
A	Samisolerad VVC-ledning med varmvattendistributionsledning plus en isolertjocklek högre än normal isolerstandard.	24
B	Samisolerad VVC-ledning med varmvattendistributionsledning	28
C	Normal isolerstandard (cirka 30 mm)	40
D	Äldre fastighet med sämre isolerstandard än dagens.	60

Tabell 3.6. Föreslagna schablonvärden i MEBY-rapporten.

Som jämförelse motsvarar förlusten enligt MEBY klass C cirka 6 m rörlängd per lägenhet. Standardens schablonvärden enligt kap 3.2.4 ger cirka 3 m horisontell ledning per lägenhet och cirka 6 m vertikal ledning per lägenhet. Med schablonen 40 W/m erhålls då en förlust som stämmer med schablonvärdet på 350 kWh/lgh i MEBY-rapporten.

Väljs schablonvärden enligt MEBY så frångår man standardförslaget, men slipper också att dels uppskatta rörlängder och dels uppskatta förlusterna från dessa. Med tanke på att bara cirka 25 procent av dessa förluster blir förlorade (sommarperioden) så förefaller en sådan förenkling vara rimlig. Däremot ska man ta reda på om ledningarna är samisolerade eller inte.

Förslag till indata:

Beräkning av värmeförlust från varmvattenledningar med vvc-ledning bör ske enligt prEN 15316-serien. Som förenklad metod kan schabloner enligt tabell 3.7 användas för isolerade ledningar. För oisolerade rör kan defaultvärde på 40 W/m användas.

Korrektion: *Korrektion bör göras avseende isoleringsstandard, samisolerade ledningar och olika typer av rörförläggning.*

3.2.7 Värmeförluster från vvc-handdukstorkar

Handdukstorkar kopplade till vvc-ledningen är i allmänhet i kontinuerlig drift. Energiavgivningen från handdukstorken är främst beroende av den installerade effekten, cirkulationsflödet och omgivningstemperaturen. Variationen i dessa parametrar antas vara relativt små och ett defaultvärde bör kunna hittas med god precision. Föreslagna defaultvärden bör utgå från kontinuerlig drift, storleksordningen för energianvändning är 0,7–1,3 MWh/år. I MEBY-projektet har energiavgivningen satts till 700 kWh/lgh och år. Under 1999 genomförde Stockholms stad en teknikupphandling kring energieffektiva alternativ till handdukstorkar. Där anges ett antal värden för energianvändningen vid installerade handdukstorkar i kontinuer-

lig drift och 50-procentig drift. Energianvändningen är simuleringsresultat som visar att energianvändningen vid kontinuerlig drift av vvc-handdukstork uppgår till cirka 1,3 MWh/år.

Det kan antas att antalet handdukstorkar som är anslutna till vvc-ledning är känt av fastighetsägaren. Installation av vvc-handdukstork kan antas ha skett på ett konsekvent sätt vid ROT eller nybyggnation.

Synpunkter för indatabehov:

Beräkning av värmeförlust från handdukstorkar bör göras baserat på schablonvärde per installerad enhet. Defaultvärde 1 000 kWh/lgh, år. Indatabehovet är därmed begränsat till antal installerade handdukstorkar

Korrektion: *Korrektion för effektbegränsande anordningar ska göras.*

3.2.8 Värmeförluster vid lagring, icke-ideal tappning, produktion

Behandlas av i kapitel Värmeproduktion.

3.2.9 Förluster som kommer byggnaden tillgodo eller går förlorade

För bostadsbyggnader kan antas att en stor del av de förluster som uppkommer i varmvattensystemet under uppvärmningssäsong kommer byggnaden till godo. Hur mycket avgörs av beräkningsprogram enligt föreslagna beräkningsstandarder ("utility factor" för månadsberäkningsprogram). Under icke-uppvärmningssäsong kan byggnaden inte tillgodogöra sig någon del av förlusterna.

3.2.10 Elenergi till vvc-pumpar

För tappvarmvattensystem används elenergi till drift av vvc-pumpar. Installerad pumpeffekt är i allmänhet liten men kontinuerlig drift medför en energianvändning som inte är försumbar. För beräkning av energi till drift av cirkulationspumpar antas samma grundläggande metodik som för cirkulationspumpar i värmesystem.

4 Åtgärdsförslag

4.1 Småhus

4.1.1 Installera termostatblandare/snålspolande armaturer

Kortbeskrivning: Både tappvattenarmaturer med tvågreppsfunktion och äldre engreppsarmaturer bör ersättas med resurseffektiva engreppsarmaturer. Tvågreppsarmaturer i dusch och bad ersätts med termostatblandare.

Åtgärdskod: VV1.

Kalkyleringsmodell energibesparing: Antal personer och typ av armatur enligt tabell 3.3 används som underlag för att beräkna varmvattenförbrukningen.

Åtgärds kostnad: Kostnader för byte av tappvattenarmaturer enligt:

$$\Delta I = \Sigma n \times k_A + (n_{handfat} \times (\Delta I_{handfat} + k_{handfat}) + (n_{termostat} \times \Delta I_{termostat}) + (n_{disk} \times \Delta I_{disk}))$$

Alternativt:

$$I = \Sigma n(k_A + \Delta I_i + k_i)$$

där

ΔI = den totala merinvesteringen för åtgärden, SEK

n = det totala antalet tappvattenarmaturer

k_A = arbetskostnad för installation per tappvattenarmatur, SEK/styck. Denna kostnad är 0 i de fall då det ändå är aktuellt med byte av armatur

$n_{handfat}$ = antalet tappvattenarmaturer för handfat

$\Delta I_{handfat}$ = merkostnad per tappvattenarmatur för handfat, SEK/styck. Merkostnaden uttrycks i förhållande till konventionella tappvattenarmaturer i de fall det ändå är aktuellt med utbyte av armaturer. Om det är aktuellt med förtida utbyte är hela armaturkostnaden att betrakta som merkostnad.

$k_{handfat}$ = kostnad för nytt handfat, SEK/styck. Det är ofta aktuellt att byta handfat i samband med byte från tvågreppsblandare till ettgreppsblandare, och vid byte från gemensam tappvattenarmatur för dusch/bad och tvättställ. Denna kostnad är 0 vid byte från ettgreppsarmatur till ny ettgreppsarmatur. Den är också 0 i de fall då det ändå är aktuellt med utbyte av handfat.

$n_{termostat}$ = antalet tappvattenarmaturer för dusch/bad

$\Delta I_{termostat}$ = merkostnad per tappvattenarmatur för dusch/bad, SEK/styck. Merkostnaden uttrycks i förhållande till konventionella tappvattenarmaturer i de fall det ändå är aktuellt med utbyte av armaturer. Om det är aktuellt med förtida utbyte är hela armaturkostnaden att betrakta som merkostnad

n_{disk} = antalet tappvattenarmaturer för köksarmatur

ΔI_{disk} = merkostnad per tappvattenarmatur för köksarmatur, SEK/styck. Merkostnaden uttrycks i förhållande till konventionella tappvattenarmaturer i de fall det ändå är aktuellt med utbyte av armaturer. Om det är aktuellt med förtida utbyte är hela armaturkostnaden att betrakta som merkostnad.

i = index för tvättställ, termostat (dusch/bad) respektive köksarmatur (disk).

Kostnader för tappvattenarmaturer och tvättställ föreslås à jour-hållas genom samarbete med VVS-branschens branschorganisation.

Inventeringsmetodik: Inventera vilka armaturer som finns installerade för kök, dusch/bad samt vid bostadens tvättställ.

Åtgärdens varaktighet: 15 år.

Systemkonsekvenser: Inga i småhus.

Villkorade åtgärder:

Beräkningsmetodik: Beräkning av varmvattenenergi enligt kap 3. Därtill ska även hänsyn tas till kallvattenbesparing.

Indata: Typ och antal installerade armaturer i kök, dusch/bad, tvättställ. Antal boende i hushållet.

4.1.2 Kontrollera/anpassa tappvarmvattentemperaturen

Kortbeskrivning: För hög tappvattentemperatur orsakar onödig energianvändning genom högre avkylning från stillastående varmvatten i ledningarna efter spolningen. Dessutom finns risk för skållning och personskada med för hög tappvattentemperatur. Om temperaturen kan sänkas i beredaren före blandningsventilen minskar också värmeläckaget från beredaren. Vid för låg tappvattentemperatur finns risk för till exempel tillväxt av legionellabakterier. För att minimera energianvändningen för uppvärmning av tappvatten och minska risken för såväl skållning som tillväxt av skadliga ämnen är det viktigt att säkerställa en korrekt tappvattentemperatur. Rekommenderad tappvattentemperatur vid tappstället är 50–55 °C.

Åtgärds kod: VV2.

Kalkyleringsmodell energibesparing: Besparingen är proportionell mot temperaturminskningen.

Åtgärds kostnad: 0.

Inventeringsmetodik: Vid besiktningstillfället ska aktuell tappvattentemperatur konstateras genom att spola varmvatten i ett tappställe och mäta vattentemperaturen efter cirka 10 sekunders spolning. Uppmätt tappvattentemperatur ska inte understiga 50 °C och inte överstiga 65 °C.

Åtgärdens varaktighet: 5 år.

Systemkonsekvenser:

Villkorade åtgärder:

Beräkningsmetodik: Förutom energibesparingen ska också värdet av kallvattenbesparingen beaktas.

Indata: Typ och antal installerade armaturer i kök, dusch/bad, tvättställ. Antal boende i hushållet.

4.2 Flerbostadshus

4.2.1 Installera termostatblandare/snålspolande armaturer

Kortbeskrivning: Både tappvattenarmaturer med tvågreppsfunktion och äldre engreppsarmaturer bör ersättas med resurseffektiva engreppsarmaturer. Tvågreppsarmaturer i dusch och bad ersätts med termostatblandare.

Åtgärdskod: VV1.

Kalkyleringsmodell energibesparing: Antal personer och typ av armatur enligt tabell 3.4 används som underlag för att beräkna varmvattenförbrukningen.

Åtgärds kostnad: Kostnader för byte av tappvattenarmaturer enligt:

$$\Delta I = \Sigma n \times k_A + (n_{handfat} \times (\Delta I_{handfat} + k_{handfat}) + (n_{termostat} \times \Delta I_{termostat}) + (n_{disk} \times \Delta I_{disk})$$

Alternativt:

$$I = \Sigma n(k_A + \Delta I_i + k_i)$$

där

ΔI = den totala merinvesteringen för åtgärden, SEK

n = det totala antalet tappvattenarmaturer

k_A = arbetskostnad för installation per tappvattenarmatur, SEK/styck. Denna kostnad är 0 i de fall då det ändå är aktuellt med utbyte av armatur.

$n_{handfat}$ = antalet tappvattenarmaturer för handfat

$\Delta I_{handfat}$ = merkostnad per tappvattenarmatur för handfat, SEK/styck. Merkostnaden uttrycks i förhållande till konventionella tappvattenarmaturer i de fall det ändå är aktuellt med utbyte av armaturer. Om det är aktuellt med förtida utbyte är hela armaturkostnaden att betrakta som merkostnad.

$k_{handfat}$ = kostnad för nytt handfat, SEK/styck. Det är ofta aktuellt att byta handfat i samband med byte från tvågreppsblandare till ettgreppsblandare, och vid byte från gemensam tappvattenarmatur för dusch/bad och tvättställ (vanlig lösning i äldre flerbostadshus). Denna kostnad är 0 vid byte från ettgreppsarmatur till ny ettgreppsarmatur. Den är också 0 i de fall då det ändå är aktuellt med utbyte av handfat.

$n_{termostat}$ = antalet tappvattenarmaturer för dusch/bad

$\Delta I_{termostat}$ = merkostnad per tappvattenarmatur för dusch/bad, SEK/styck. Merkostnaden uttrycks i förhål-

lande till konventionella tappvattenarmaturer i de fall det ändå är aktuellt med utbyte av armaturer. Om det är aktuellt med förtida utbyte är hela armaturkostnaden att betrakta som merkostnad.

n_{disk} = antalet tappvattenarmaturer för köksarmatur

ΔI_{disk} = merkostnad per tappvattenarmatur för köksarmatur, SEK/styck. Merkostnaden uttrycks i förhållande till konventionella tappvattenarmaturer i de fall det ändå är aktuellt med utbyte av armaturer. Om det är aktuellt med förtida utbyte är hela armaturkostnaden att betrakta som merkostnad.

i = index för tvättställ, termostat (dusch/bad) respektive köksarmatur (disk).

Kostnader för tappvattenarmaturer och tvättställ föreslås à jour-hållas genom samarbete med VVS-branschens branschorganisation.

Inventeringsmetodik: Inventera vilka armaturer som finns installerade för kök, dusch/bad samt vid bostadens tvättställ.

Åtgärdens varaktighet: 15 år.

Systemkonsekvenser: Inga i flerbostadshus.

Villkorade åtgärder:

Beräkningsmetodik: Förutom energibesparingen ska också värdet av kallvattenbesparingen beaktas.

Indata: Typ av installerade armaturer i kök, dusch/bad, tvättställ. Antal boende i byggnaden.

4.2.2 Kontrollera/anpassa tappvarmvattentemperaturen

Beskrivning lika som för småhus, åtgärds kod VV2.

4.2.3 Behovsstyrning av vvc-handdukstorkar

Kortbeskrivning: Handdukstorkar kopplade till vvc-ledning har dubbel funktion, förutom handdukstorkning även uppvärmning av utrymmet där de är installerade. Detta medför att värmeavgivningen från vvc-handdukstorkar är onödigt stor under de perioder då uppvärmningsbehov inte föreligger. Genom att begränsa värmeavgivningen från handdukstorkar kan energibesparing uppnås.

I badrum där annan radiator eller varmare redan finns rekommenderas bortmontage av VVC-varmaren och utbyte till timerstyrd (entimmes drift) elvärmd handdukstork.

Åtgärds kod: VV3.

Kalkyleringsmodell energibesparing:

$$E = Q' \times n \times (8\,760 - T_W - T_{komf})$$

där

E = energibesparing

Q' = specifik effektavgivning från vvc-handdukstork, W/st

N = antal vvc-handdukstorkar

T_W = Tid/år då uppvärmningsbehov föreligger, default 150 dagar $\times$ 24 h

T_{komf} = Tid/år då endast komfortvärmning krävs, default 215 dagar $\times$ 4 h.

Åtgärds kostnad:

$$I = A + (B \times n)$$

där

I = total investering, kr

A = ställkostnad, kr

B = specifik kostnad för att åtgärda handdukstorkar, kr/st

n = antal berörda handdukstorkar.

Inventeringsmetodik: Förekomst av vvc-handdukstorkar, effektavgivning (teknisk dokumentation) och hur de används.

Åtgärdens varaktighet: 15 år.

Systemkonsekvenser: För bad- och duschrum bidrar handdukstorkar till upptorkning av fuktillskott, det är därför viktigt att noga utreda vilka konsekvenser neddragning av drifttiden för vvc-handdukstorkar får i rummet.

Risken för legionella i denna typ av lösning är en generell riskfråga. Detta oavsett om den tidsstyrs eller ständigt är på strypnivå. Frågan bör uppmärksammas i en riskstudie.

Villkorade åtgärder:

Beräkningsmetodik:

Indata: Antal vvc-handdukstorkar.

4.2.4 Koppla bort vv-ledningar och tappställen som inte används

Kortbeskrivning: Varmvattenledningar till tappställen som inte används avger värme till omgivningen. Denna värmeavgivning kan antas komma byggnaden tillgodo under uppvärmningssäsongen, under övrig tid kommer inte sådan värmeavgivning byggnaden tillgodo. Ytterligare anledning till att montera bort blindledningar är att de kan vara utgöra en tillväxtmiljö för legionellabakterier.

Åtgärds kod: VV4.

Kalkyleringsmodell energibesparing:

$$E = T \times (L \times Q') / 1\,000$$

där

E = energibesparing, kWh

T = tid för värmeavgivning då värme ej kommer byggnaden tillgodo, h

L = ledningslängd, m

Q' = effektavgivning från rör, W/m, från hjälptabell.

Åtgärds kostnad:

$$I = A + (B \times L)$$

där

I = total investering, kr

A = ställkostnad, kr

B = rörlig arbetskostnad, kr/m

L = ledningslängd, m.

Inventeringsmetodik: Undersök om varmvattenledningar finns anslutna till tappställen som inte används, undersök särskilt utrymmen som tidigare används som tvättstugor, spolplatser, städförråd etc och som nu fått annan användning.

Åtgärdens varaktighet: 20 år.

Systemkonsekvenser:

Villkorade åtgärder:

Beräkningsmetodik:

Indata: Förekomst av tappvattenledningar till outnyttjade tappställen, ledningslängd, rörisolering.

4.2.5 Isolera oisolerade varmvattenledningar

Kortbeskrivning: Oisolerade varmvattenledningar avger onödigt mycket värme till omgivningen, för att reducera sådan värmeavgivning bör oisolerade varmvattenledningar i uppvärmda utrymmen förses med värmeisolering. Värmeavgivning i uppvärmda utrymmen anses inte komma byggnaden tillgodo under någon period under året.

Åtgärds kod: VV5.

Kalkyleringsmodell energibesparing:

$$E = (Q_{\text{före}} - Q_{\text{efter}}) \quad (\text{kWh/m})$$

där

E = energibesparing per meter ledning som berörs av åtgärden

$Q_{\text{före}}$ = värmeförlust från ledning före åtgärd, kWh/m, år

Q_{efter} = värmeförlust från ledning efter åtgärd, kWh/m, år. Värmeförlust från ledning beräknas med utgångspunkt från hjälptabell.

Åtgärds kostnad:

$$I = A + (L \times k_{\text{isolering}})$$

där

I = total investering, kr

A = ställkostnad, kr

L = ledningslängd berörd av åtgärden, m

$k_{\text{isolering}}$ = specifik kostnad rörisolering, kr/m.

Inventeringsmetodik:

Åtgärdens varaktighet: 40 år.

Systemkonsekvenser: I uppvärmda utrymmen generellt och våtutrymmen specifikt bidrar värmeavgivning från varmvattenledningar till uppvärmning och upptorkning av fukt. Kopplingsledningar i uppvärmda utrymmen ska därför inte föres med isolering, såvida inte överskottsvärme föreligger.

Villkorade åtgärder:

Beräkningsmetodik:

Indata: Ledningslängd oisolerad vv- resp vvc-ledning i uppvärmda utrymmen.

4.2.6 Installera individuell mätning

Kortbeskrivning: Installation av lägenhetsvis mätning av varmvattenanvändning för att med mätvärden som underlag kunna synliggöra och debitera den faktiska varmvattenanvändningen mot de boende. Energibesparingen för åtgärden är relaterad till varmvattenanvändningen som erfarenhetsmässigt minskar efter genomförd åtgärd.

Åtgärds kod: VV6.

Kalkyleringsmodell energibesparing: Besparingen sätts i relation till den tidigare uppmätta vattenförbrukningen:

$$V_w = V_{v\ddot{u}f\ddot{o}r\ddot{e}} \times p \quad (kWh)$$

där

$V_{v\ddot{u}f\ddot{o}r\ddot{e}}$ = varmvattenförbrukning innan åtgärd

p = varmvattenbesparing, default-värde $p = 0,2$.

Åtgärds kostnad:

$$I = A + (B \times n)$$

där

I = total investering, kr

A = ställkostnad, kr

B = rörlig kostnad, kr/lgh

n = antal lägenheter

Inventeringsmetodik: Kontrollera om individuell mätning finns via upplysning från fastighetsägare.

Åtgärdens varaktighet: 15 år.

Systemkonsekvenser: Inga.

Villkorade åtgärder: Omförhandling av hyresavtal krävs i allmänhet. Åtgärden är förknippad med viss ökad admi-

nistration om debitering ska ske. Byggnaden bör vara försedd med vvc-ledning för att minimera behovet av att spola bort avkylt varmvatten i väntan på uppvärmt vatten.

Beräkningsmetodik: Kan föreslås generellt för byggnader som inte har installationen.

Indata: Antal lägenheter, varmvattenanvändning före åtgärd (uppmätt eller beräknad).

Kommentarer och underlag: Besparingspotentialen för tappvarmvattenanvändningen i befintliga flerbostadshus har studerats i flera sammanhang, Boverket bedömer besparingspotentialen till 15–25 procent av det totala behovet (Boverket 2002). Vidare anger Boverket att tappvarmvattenanvändningen uppgår till cirka 35 procent av den totala vattenanvändningen. Statens energimyndighet anger besparingspotentialen, baserat på utvärdering av genomförda installationer, till 15–30 procent av varmvattenförbrukningen vid införande av individuell mätning och debitering.

5 Inventering

5.1 Småhus

Inventera byggnadens samtliga tappställen enligt indatabell. Notera särskilt förekomst av tvågreppsarmaturer eller äldre ettgreppsarmaturer.

- 1 Kontrollera varmvattenberedningens börvärdesinställning och läs av aktuell tappvattentemperatur.
- 2 Kontrollspola i minst två tappställen med blandaren ställd i läge mot fullständig inblandning av varmvatten, mät temperaturen i tappstället med termometer av godkänd typ, notera maximalt uppnådd tappvattentemperatur.

5.2 Flerbostadshus

5.2.1 Grunddata

Förekomst av grundläggande information om byggnaden och dess installationstekniska system underlättar besiktningsarbetet. För besiktning av byggnadens varmvattensystem bör följande finnas framtaget:

- A-ritningar som ger byggnadens geometri, plan och sektion.
- VVS-ritning över plan med värmeproduktionsanläggning samt representativ bostadsplan.
- Driftkort för värme/varmvattensystem.
- Injusteringsprotokoll för vvc-system.
- Uppmätt varmvatten- eller kallvattenanvändning.
- Månadsvärden köpt energi (sommarperioden).

5.2.2 Nivå 1

För besiktningsnivå 1 är syftet med indatainsamling i första hand att ge underlag till inriktningsförslag. För värmesystemet är indata som inhämtas på nivå 1:

- 1 Antal lägenheter.
- 2 Typ av tappvattenarmaturer.

5.2.3 Nivå 2

Byggnadens varmvattensystem beskrivas för att i första hand ge underlag till åtgärdsförslag. För varmvattensystemet handlar det om att undersöka på vilket sätt värme förloras från ledningar och effektiviteten i armaturerna. Vidare ska elenergi som åtgår för drift av cirkulationspumpar beräknas.

- 3 Förekomst och vvc-handdukstorkar.
- 4 Förekomst av oisolerad vv- och vvc-ledning.
- 5 Kontrollera varmvattenberedningens börvärdesinställning och läs av aktuell tappvattentemperatur.

- 6 Kontrollera förekomst av blindledningar och tappställen som inte används.
- 7 Inventera tappvattenarmaturer i minst 10 procent av byggnadens lägenheter, typ av armaturer och förekomst av läckande kranar och WC (kostar kallvatten och kyla).
- 8 Inventera förekomst av vvc-handdukstorkar i minst 10 procent av byggnadens lägenheter, utfallet anses vara representativt för hela byggnaden.
- 9 Kontrollera vvc-pumpens funktion och ålder, notera märkeffekt.
- 10 Inventera förekomst av eventuella tidstyrenheter för vvc-pumpsdrift.

5.2.4 Nivå 3

Funktionskontroll av tappvattensystemets olika delar i drift. Kan vara aktuellt i samband med genomförda entreprenader eller fördjupad funktionsanalys. Ingår inte i det normala besiktningsarbetet kopplat till energideklarationen.

Metodik

- 1 Kontrollspola i minst 10 procent av tappställen med blandaren ställd i läge mot fullständig inblandning av varmvatten, mät temperaturen i tappstället med termometer av godkänd typ, notera maximal tappvattentemperatur. Mät också hur lång tid det tar innan maxvärde uppnås.
- 2 Kontrollera returtemperatur i minst 10 procent av byggnadens vvc-stammar genom avläsning av fast monterade termometer eller med hjälp av lös termometer med anliggningsgivare, använd värmeledande pasta.
- 3 Kontrollera vvc-systemets samlade returtemperatur via fast monterad termometer alternativt med hjälp av lös termometer med anliggningsgivare, använd värmeledande pasta.
- 4 Kontrollera vv-regleringens funktion, notera särskilt om blandningsventil/styrventil pendlar mycket efter tappning eller om ventilen är helt öppen i sitt ändläge.
- 5 Validering av byggnadens energianvändning efter 12 månaders drift: avläsning av varmvattenanvändning. Jämförelse med givna schablonvärden utifrån installerade armaturtyper. Detta ger underlag för eventuell korrigering.

5.3 Tidsåtgång

5.3.1 Småhus

Tidsåtgången för att inventera småhusens värmesystem bedöms till maximalt 15 minuter. Denna tidsåtgång omfattar förberedande ritningsstudier, inventering på plats och datasammanställning.

5.3.2 Flerbostadshus

Tidsåtgången för varmvattensystem uppgår maximalt till 20 minuter baserat på en byggnad om cirka 40 lägenheter och avser förberedelser, indatainsamling på plats och sammanställning av data.

5.4 Kompetenskrav

För energibesiktning av varmvattensystemet förutsätts att besiktningspersonen genomgår en utbildning i den besiktningsmetodik som avses användas. Besiktningspersonen ska ha en allmän byggteknisk bakgrund med formell utbildning av lägst nivå byggingenjör eller motsvarande. Vidare bör besiktningspersonen ha dokumenterad praktisk erfarenhet av installationstekniska system.

5.5 Mätutrustning

För nivå 2 och 3 krävs mätutrustning för att bestämma temperaturer på tappvattensystemet.

6 Referenser

Aronsson, Stefan, 1996. Fjärrvärmekunders värme- och effektbehov, CTH.

Berntsson, L, 2003. Individuell värmemätning i svenska flerbostadshus – en lägesrapport, Energimyndigheten.

Boverket, 2002, Hushållning med kallt och varmt tappvatten.

NBI, 2003. State of the art, tappvattenarmaturer.

MEBY-projektet, 2002. Teknikupphandling av energiberäkningsmodell för energieffektiva sunda flerbostadshus, LIP-kansliet, Stockholms stad.

Olsson, Daniel, 2003. Tappvarmvatten i flerbostadshus, Effektiv rapport nr 2003:04.

Searle, M et al, 2004. CEN/TC228 WG4 N307 wi 11, part 3.1 Domestic Hot Water systems (draft oct 30 2004).

Wahlström, Å, 2000. Vatten- och energibesparing vid byte av tappvattenarmatur, SP.

SP, 2000. Vatten- och energibesparing vid byte av tappvattenarmaturer.

9 Värmesystem

Innehåll		
1	Sammanfattning	47
2	Befintliga system	48
2.1	Vattenburen värme via radiatorsystem	48
2.2	Kulvertsystem mellan byggnader	48
2.3	Vattenburen golvvärme	49
2.4	Direktverkande elvärme	49
3	Beräkningsmetodik	50
3.1	Förenklad metod, schablonvärden	50
3.2	Normal energiberäkning	50
4	Åtgärdsförslag	57
4.1	Småhus	57
4.1.1	Reglering av vattenburet värmesystem	57
4.1.2	Installation av termostatventiler	58
4.1.3	Styrsystem för direktverkande elradiatorer	58
4.1.4	Information om sänkt inomhustemperatur	59
4.2	Flerbostadshus	59
4.2.1	Pumpstopp	59
4.2.2	Pumpbyte	59
4.2.3	Värmeinjustering	60
4.2.4	Installation av termostatventiler	60
4.2.5	Införande av individuell mätning/debitering för värme	60
5	Inventering	61
5.1	Småhus	61
5.2	Flerbostadshus	61
5.3	Tidsåtgång	62
5.4	Kompetenskrav	62
5.5	Mätutrustning	62



$$E = L \times ((\theta_{sp} + \Delta\theta_c) - \theta_r) \times t$$

1 Sammanfattning

Detta kapitel har tagits fram av Per Forsling, Meta Fastighetsadministration AB (delprojektledare), med stöd från Johan Lindberg, VEGA Energi AB angående pumpenergi. Avstämning av åtgärdsförslag har skett med Robert Steinwall VKAB. Redigering har gjorts av Eje Sandberg, ATON Teknik-konsult AB.

Metodik för att beräkna och inventera åtgärdsförslag för byggnadens värmedistributionssystem har delats upp på småhus och flerbostadshus. Här redovisas också beräkningsmetodik för energiberäkning av komponenter och systemdelar som inte är del av byggnadens huvudsakliga uppvärmningssystem men som ger väsentligt bidrag till byggnadens uppvärmning. Exempel på sådana komponenter är el-handdukstorkar och komfortvärmegolv. För beräkning av värmeförluster från distributionsledning som inte kan tillgodogöras av byggnaden, främst kulvertledning, har schabloniserade värden föreslagits.

Beräkningsmetodiken är uppdelad i två nivåer, en normal beräkningsmetodik och en förenklad metodik. Metodiken ansluter i möjligaste mån till preliminära förslag på standarder framtagna av CEN. I de fall dessa inte anses tillämpliga har avsteg och kompletteringar föreslagits. Där alternativa beräkningssätt tillåts har dessa analyserats och förslag rekommenderats.

Kapitlet har under 2007 också remitterats och diskuterats i en referensgrupp som kompletterat innehållet med sina erfarenheter:

- Christer Harrysson, professor i byggteknik vid Örebro universitet
- Egon Lange, MKB Fastighets AB
- Leif Kumlin, Anticimex
- Ebba Lindencrona, Fastighetsägarna i Stockholm

Därefter har avsnittet reviderats i flera väsentliga delar.

Avgränsningar: Delrapporten behandlar värmedistribution, värmeavgivning och elenergi för drift för de vanligast förekommande värmesystemen i svenska småhus och flerbostadshus.

Värmeproduktionsanläggningar och undercentraler beskrivs i kapitlet *Värmeproduktion*. Övergripande system för byggnadsautomation hanteras i kapitlet *Byggnadsautomation*. Eftervärmning av tilluftssystem, kan ses som en del av värmesystemet i de fall tilluften är övertempererad, men hanteras inte i denna studie. Åtgärder och inventeringsmetodik för luftvärmesystem är inte behandlat, men är mindre vanligt förekommande i bostadsbyggnader.

2 Befintliga system

2.1 Vattenburen värme via radiatorsystem

I Sverige är vattenburen värme via rörsystem det vanligaste distributionssättet för värme i bostadshus. Värme distribueras via rörsystemet från värmeproduktionen (fjvuc, pannrum etc) till det olika värmarna exempelvis radiatorer och ventilationsbatterier där värme avges. Radiatorsystem indelas i kategorier beroende på vilken kopplingsprincip som används, främst ettrörs- och tvårörskoppling. I Sverige är tvårörskopplingen den vanligast förekommande. Ledningar kan vara både isolerade och oisolerade. I Sverige ska värmeledningar i kalla utrymmen till exempel källare förses med isolering. För ledningar i uppvärmda utrymmen till exempel i lägenheter finns i allmänhet ingen rörisolering. För småhus utförs radiatorsystem i allmänhet helt oisolerat.

Ettrörssystem

I ettrörssystem består varje slinga av flera seriekopplade radiatorer. När vattnet passerar genom radiatorerna sjunker temperaturen några grader vid varje passage. Detta kompenseras genom att storleken på radiatorerna ökas på mot slutet av slingan. Vid varje radiator sitter en shuntkoppling som styr upp cirka 30 procent av flödet till radiatorn, medan resten passerar förbi. Ettrörssystem har av tradition ofta lagts i bjälklag, därigenom kan rörlängden förkortas väsentligt. Nackdelen är att förluster i konstruktionen endast till viss del kommer byggnaden tillgodo.

Tvårörssystem

För tvårörssystem är tillloppstemperaturen till varje radiator lika (bortsett från distributionsförluster). Radiatorstorleken kan därför hållas lika för samma effektagivning. För tvårörssystem måste olika mycket tryck strypas bort över radiatorn beroende på var i systemet den är placerad. Detta görs vid injusteringsarbetet.

Jämförelser mellan ett- och tvårörssystem

Nackdelar med ettrörssystem i flerbostadshus är att rörsystemet har höga tryckfall (mer pumpenergi) och att ettrörssystemen är svårare att injustera, eftersom injuste-

ringen görs för hela slingan och inte för radiatorn. Systemet är också känsligt för beteendet. Om värmen stängs av i en lägenhet ökar temperaturen i slingan för de efterföljande lägenheterna. Systemet kan också ge högre returtemperaturer.

2.2 Kulvertsystem mellan byggnader

Det är inte ovanligt att en värmecentral betjänar flera byggnader. Ett bostadsområde kan bestå av ett antal hus med en gemensam ägare, och det är då vanligt att värmecentralen ligger i en byggnad och att värmen till resterande byggnader matas via ett rörstråk som går igenom byggnaderna och är nedgrävt i markkulvert mellan byggnaderna.

Ett synnerligen vanligt utförande i hus byggda från 30-talet och framåt är att en ursprungligen oljeeldad panncentral placerats i en separat byggnad eller i ett av husen och att denna panncentral förser ett mindre bostadsområde med värme genom kulvertar. När fjärrvärme senare dragits fram till området har panncentralen ersatts med en fjärrvärmeundercentral och oljepannan avvecklats. Panncentralen utgör då leveranspunkt för fjärrvärmeleverantören, och fastighetsägaren fördelar kostnaden för uppvärmning enligt schablonmetod.

En orsak till att denna lösning är vanlig är att den är fördelaktig ur tariffsynpunkt. Det är billigare med en fjärrvärmeservis i stället för fler, precis som det är billigare med en större pannanläggning istället för flera små.

Äldre system med en fjärrvärmecentral och ett sekundärt kulvertnät till byggnaderna kan skapa en hel del driftproblem, läckage m.m. och stora värmeförluster. De skapar också problem med energianalyser eftersom den dokumenterade energiförbrukningen avser hela bostadsområdet. Udermätning för enskilda byggnader är ovanligt. Om udermätning finns bör sådana mätvärden dock användas som fördelningsgrund av värmeenergi på byggnadsnivå.

För byggnader som saknar udermätning kan fördelning av uppmätt värmeenergi göras som underlag för energideklaration. Detta under förutsättning att byggnaderna är jämförbara avseende typutförande, byggnadsår, storlek och användningssätt. Energianvändningen för varje enskild byggnad, Q_{byggn} , kan då antas vara:

$$Q_{byggn} = (Q_{omr} - Q_{kulvertförl}) \times A_{bygg} / A_{omr}$$

där

$Q_{kulvertförl}$ är de förluster från kulvertledning som förbinder byggnader med gemensam värmecentral. Om byggnaderna inte kan anses vara jämförbara enligt ovan givna kriterier rekommenderas att en energibalansberäkning för respektive byggnad ska utgöra grund för fördelning av den uppmätta energin efter avdrag för kulvertförluster.

Kulvertledningar

Före 70-talet användes oftast rör med ytterhölje av asbest-cement och isolering av ståltrådsnadjad mineralull eller PUR. Dessa ger cirka 3–5 gånger större värmeförluster än de moderna dubbelmantlade rören. Om isoleringen på grund av läckage blir blöt så kan värmeförlusterna bli mer än 10 gånger högre än för de stålrosmantlade.

I nyproduktion används normalt sett samma typ av rör som i fjärrvärmedistribution, dvs. PUR-isolerade dubbelmantlade stålror eller kopparrör.

2.3 Vattenburen golvvärme

Vattenburen golvvärme är allt vanligare i nyproducerade småhus där värmepumpsproducerad energi avges vid lägre temperatur. Vid beräkning av förluster ska hänsyn tas till de ökade förlusterna i kantzonen. Samma innetemperatur ska användas för komfortzonen. Erfarenheterna från danska uppföljningar visar att golvvärmesystemen drar väsentligt mer värme än radiatorer, vilket till del förklaras med

- ökade mark- och kantzonsförluster
- de boende förväntar sig att golvet ska kännas varmt oavsett om det finns ett uppvärmningsbehov eller inte, dvs. värmen står på även under sommarperioden
- golvvärmesystemets större tidskonstant försämrar reglerbarheten jämfört med växlingar i utetemperaturen. Detta är dock möjligt att eliminera med val av system med mycket låg tidskonstant.

Vid beräkningar av småhusets uppvärmning när huset har golvvärme läggs en tillkommande förlust på 20 procent på nettoenergiebehovet, som schablon för byggnader med 20

cm golvisolering. Förlusterna kan vara än högre för golv med mindre isolering. Med mer detaljerade analyser med timvärdesprogram och med uppgifter om aktuell isolering och köldbryggeberäkning kan bättre förlusttall kalkyleras.

I befintliga småhus är det mycket vanligt att golvvärmesystem har installerats för delar av byggnaden för att få ”ökad komfort” eller som följd av att klinkergolv installerats som har hög värmeledning och därför upplevs som kalla. Dessa senare installerade system har i småhus separata regelsystem som då ofta inte samverkar med övriga värmesystemens reglering. Ett golvvärmesystem lagt på ett isolerat betonggolv i källare kan öka elvärmeanvändningen med 10 000 kWh/år.

2.4 Direktverkande elvärme

När uppvärmning sker med direktverkande elradiatorer omvandlas elenergi till värme direkt i radiatorn. Effektavgivning från radiatorn kan begränsas på flera olika sätt, vanligast är termostatregering med en fabriksmonterad termostat per radiator. På äldre elradiatorer är det vanligt med termostater med bimetallbrytare, en teknik som ger temperaturreglering med relativt låg precision. Modernare elradiatorer kan vara försedda med elektronisk regulator som medger temperaturreglering med högre precision.

För elvärmesystem finns idag övergripande styrsystem för styrning och reglering av elvärme. Styrsystemen kopplas till elradiatorerna och effektavgivningen från radiatorerna kan styras från en central enhet som pulsar ut elenergi till radiatorerna. Därmed erhålls en jämnare rumstemperatur än vad som uppnås med konventionell temperaturreglering. Styrsystemen medger även andra energibesparande funktioner som zonvis temperaturkontroll, ”bortläge” och så vidare.

Värmesystem med direktverkande elradiatorer är vanligt förekommande i småhus, enligt SCB värms cirka 34 procent av de svenska småhusen med direktverkande el (avser 2003). För flerbostadshus är direktverkande elradiatorer mer ovanliga, cirka 4 procent av den uppvärmda arean i flerbostadshusen värmdes 2003 med direktverkande el (SCB, EN16 SM0404, Energistatistik för småhus, flerbostadshus och lokaler 2003).

3 Beräkningsmetodik

3.1 Förenklad metod, schablonvärden

3.1.1 Värmeavgivning från distributionssystem

Distributionsförluster från rörsystem beräknas endast från de systemdelar som är förlagda *utanför* husliv, i praktiken i kulvert mellan byggnader. Övriga värmedistributionsledning, både i uppvärmda och ouppvärmda utrymmen antas komma byggnaden tillgodo under uppvärmningssäsongen. Schablonvärden enligt tabell 3.5, beräkningsunderlag ges i avsnitt 3.2.1.

Indatabehov: Ålder kulvert + längd kulvert.

3.1.2 Värmeavgivning komfortvärmegolv

El till komfortvärme dras från hushållsel och kan inte mätas via fastighetselmätaren.

Schablonvärde per area: se avsnitt 3.2.2.

Indatabehov: Area komfortvärmegolv.

3.1.3 Värmeavgivning elhanddukstorkar

El till handdukstorkar dras från hushållsel och kan inte mätas via fastighetselmätaren.

Schablonvärde per lgh: 490 kWh/år jämnt fördelat över hela året. Beräkningsunderlag redovisas i avsnitt 3.2.2.

Indatabehov: Antal elhandduksstorkar.

3.2 Normal energiberäkning

Energibehov för uppvärmning föreslås följa metoden beskriven i ISO/DIS 13790. Byggnadens behov av uppvärmningsenergi görs genom beräkning värmeförluster via transmission och ventilation, tillförd värme via solvärme och internt alstrad värme.

Vid beräkning av byggnadens behov av primär värmeenergi måste man ta hänsyn till de systemmässiga förluster som värmesystemet har. Dessa förluster ger tillsammans med byggnadens värmebehov det nödvändiga energibehovet för uppvärmning.

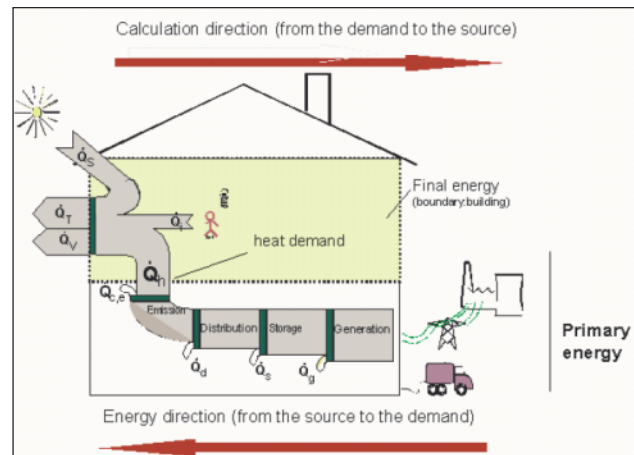
Sambandet kan tecknas:

$$Q_{f,h} = (Q_h - Q_{rhh} - Q_{rwh}) + Q_{th} \quad (\text{ekv 1})$$

där

$Q_{f,h}$ = slutlig nödvändig energi för uppvärmning, (final energy required for space heating)

Q_h = värmebehov för uppvärmning



Figur 3.1. Byggnadens energiomvandling enligt prEN 15603.

Q_{rhh} = återvunnen värme från uppvärmningssystemet, termisk och elektrisk (J)

Q_{rwh} = värme återvunnen från varmvattensystemet (J)

Q_{th} = totala värmeförluster från värmesystemet, total förlust inkluderar återvunnen värmeförlust (J).

Totala värmeförluster från systemet Q_{th} är summan av förluster från värmesystemets olika delar för värmeavgivning, distribution, lagring och produktion. Sambandet ges av

$$Q_{th} = Q_{h,em} + Q_{h,d} + Q_{h,s} + Q_{h,g} \quad (\text{ekv 2})$$

där

$Q_{h,em}$ = värmeförluster på grund av icke-ideal värmeavgivning, se nedan

$Q_{h,d}$ = värmeförluster från distributionssystemet, se avsnitt 3.2.1

$Q_{h,s}$ = värmeförluster från lagringssystemet, dvs. effektavgivning från beredare, se delrapport pannor

$Q_{h,g}$ = värmeförluster vid värmeproduktion som sker vid drift, stand-by och på grund av icke-ideal styrning och reglering, se delrapport byggnadsautomation respektive pannor.

Huvudproblemet med CEN-standardens förslag är att de förutsätter ett idealt reglersystem, fullständigt injusterat och i harmoni med boendes vanor och önskemål. Detta ger en underskattning av de åtgärder som leder till bättre styrning- och reglering av till exempel värmesystemet.

Enligt standardutkastet kan fyra metoder användas för beskrivning av effekterna från olika reglersystem eller mer generellt från olika nivåer för byggnadsautomation. Två av dessa avser tidsstyrning och är inte tillämpligt på värmesidan. De övriga två beskrivs kortfattat nedan.

Beräkning utifrån temperaturer

I de fall byggnadsautomationssystemet har en direkt effekt på temperaturen kan denna formel användas för beräkning av systempåverkan:

$$E = L \times ((\Theta_{sp} + \Delta\Theta_c) - \Theta_r) \times t$$

där

E = energianvändning för tidsperioden

L = överföringskoefficient, tar hänsyn till den automatiserade anläggningen och/eller byggnaden

Θ_{sp} = börvärde som ska hållas, kan också vara en funktion av tiden

$\Delta\Theta_c$ = avvikelsen från börvärdet, beroende av både det reglerande som det reglerade systemet

Θ_r = referenstemperatur (exempelvis utomhustemperatur), tar hänsyn till systemets ramvärden

t = tidsperiodens längd.

I beräkningsmetodiken för bostadsbyggnader i UK används en metodik med temperaturpåslag som varierar med vald reglerautomatik. Den metoden föreslogs också i MEBY-projektet, med ett temperaturpåslag på upp till två grader. Ska metoden tillämpas även på befintliga byggnader vars värmesystem inte injusterats på länge skulle än högre temperaturpåslag krävas. Det kan vara ett pedagogiskt problem att förklara att ett temperaturpåslag på till exempelvis tre grader inte innebär att man ska förvänta sig en motsvarande uppmätbar temperatur utan att detta bara är ett sätt att beakta ökade förluster. Dessa icke mätbara förluster beror bland annat på att dålig värmefördelning ger övertemperaturer i vissa lägenheter eller rum som sedan vädras bort. Av pedagogiska skäl föreslås i denna utredning att korrektionsfaktorer används för att korrigera för imperfektioner i reglersystemet.

Användning av korrektionskoefficient

Om styr- och reglersystemets eller automationssystemets påverkan på energianvändningen är svår att kvantifiera, exempelvis då effekten är beroende av flera faktorer såsom tid, temperatur och driftlägen, föreslås nedanstående generella formel för uppskattning av effekten.

$$E = E_{pc} \times X_c$$

där

E = energianvändningen

E_{pc} = energianvändningen under perfekta reglerförhållanden

X_c = korrektionsfaktor för ökad energianvändning på grund av störningar av driften.

Värdet av X_c är beroende av reglerstrategier, men även andra faktorer såsom klimatförhållanden, byggnadstyper, användningssätt, driftförhållanden m.fl. kan påverka x_c .

Vi föreslår en komplettering av beräkningsmodellen med en korrektionsfaktor $X_{c\text{ syst}}$ för att hantera reglersystemets oförmåga att upprätthålla ett exakt börvärde. Vidare förekommer det allt för ofta att värmecirkulationspumpen inte stängs av under icke uppvärmningsperioden, till exempel i brist på en utbildad driftorganisation eller att inget årsur stänger av cirkulationspumpen med automatik. Antalet gradtimmar under icke uppvärmningssäsong varierar med klimatort men ligger på nivån 2–6 procent av uppvärmningsenergin, vilket alltså innebär att värme i denna storleksordning matas ut, till exempel under kalla sommarnätter.

Parametern $Q_{h,em}$ beräknas därmed enligt följande samband (ekv 3):

$$Q_{f,h} = ((Q_h - Q_{rhh} - Q_{rwh}) + Q_{th}) \times X_{c\text{ syst}} \times X_{c\text{ sommar}}$$

där

$X_{c\text{ sommar}}$ = förluster under icke uppvärmningsperiod enligt tabell 3.2

$X_{c\text{ syst}}$ = reglersystemets icke ideala förmåga.

Användningen av korrektionsfaktorer medför vissa fördelar gentemot andra beräkningssätt.

Metoden kan användas för att beräkna effekten av åtgärder. Rekommenderade värden som tas fram genom simuleringar blir transparenta och inte beroende av olika beräkningsmetoder eller antagna erfarenhetsvärden.

Korrektionsfaktorn för värmesystem som är i drift under icke uppvärmningsperiod kan beräknas utifrån den aktuella byggnadens uppvärmningsperiod och aktuella klimatdata eller att schablonvärdena i tabell 3.1 tillämpas. Utan pumpstopp går värme ut i byggnaden under kalla sommarnätter.

Schablon	$X_{c\text{ sommar}}$
Pumpstopp	1,00
Ej pumpstopp södra Sverige	1,02
Ej pumpstopp mellan Sverige	1,03
Ej pumpstopp norra Sverige	1,04

Tabell 3.1. Schablonvärden för förluster om pumpstopp saknas, preliminära värden som ännu inte simulerats.

Reglerförluster i småhus

Vilka korrektionsfaktorer som bör användas är beroende av vilka system som regleras. I ett småhus med tydligt åtskilda värmezoner, till exempel en källarvåning med lägre temperaturer, kan ett centralt reglersystem för flera klimatzoner ge ytterligare några procents besparing jämfört med ett system för en zon. Det är också allt vanligare att man finner flera olika separata värmesystem i ett småhus, där exempelvis en luft/luft-värmepump installerats i efterhand, eller ett elektriskt golvvärmesystem med egen

reglercentral utan koppling till övriga värmesystemet, till exempel ett frånluftsvärmepumpsbaserat radiatorsystem. Då kan mycket stora värmeförluster genom olämplig drift bli fallet.

Strategin för att spara energi är att låta det system som ger lägst energikostnader ligga som baslast (till exempel pellets eller värmepump) och det andra systemet används som tillskott/toppvärme.

Golvvärmesystem i befintliga byggnader är tröga och kan i vissa fall, exempelvis klinker på betonggolv vara extremt tröga. Det innebär att dessa inte kommer kunna följa förändrade behov, som att slå av när solen skiner, utan bör ligga på en baslastnivå. Regleringen i dessa ska då vara anpassade till värmesystemets tidskonstant, till exempel med en förskjutning på 12 timmar. Det snabbare reglerbara systemet (exempelvis ett radiatorsystem) kan sedan användas för att reglera temperaturen och gärna ha en innetemperaturgivare som snabbt reagerar på de ändrade värmelasterna.

Termostatventilernas funktion är att kapa värmepapparna, dvs. att stänga av radiatoren när solen värmer på. Det förutsätter att värmekurvan i förhållande till termostattinställning tillåter detta. I tvåvånings småhus är det vanligt att övervåningen blir varmare när solen skiner på och då kan termostatventiler ge en stor besparing. Besparingseffekten med termostater kommer alltså variera påtagligt beroende på förutsättningarna. Slutligen har äldre termostater inte alltid haft utlovad effekt och det har krävts stora temperaturhöjningar innan de börjat arbeta.

I tabell 3.2 ges förslag till korrektionsfaktorer för olika reglersystem för befintliga småhus. Dessa faktorer kan jämföras med en kalkyl där vi antar att genomsnittstemperaturen sänks med en grad. Beroende på klimatzon i Sverige motsvarar en grad en minskad värmeåtgång på 5–8 procent.

Reglersystemets korrektionsfaktor ($X_{c\text{ syst}}$) i småhus	Vattenburen värme	Golvvärme T > 6 h	Direkt- elvärme småhus
Manuell shunt	1,30		
Manuell shunt + termostat	1,25		
Utetemperaturstyrd	1,19	1,26	
Utetemperaturstyrd + termostat	1,14		
Referensgivare inne	1,07		
Äldre bimetall			1,17
Elektronisk regulator			1,02

Tabell 3.2. Schablonvärden på korrektionsfaktor för olika reglersystem i befintliga småhus.

Reglerförluster i flerbostadshus

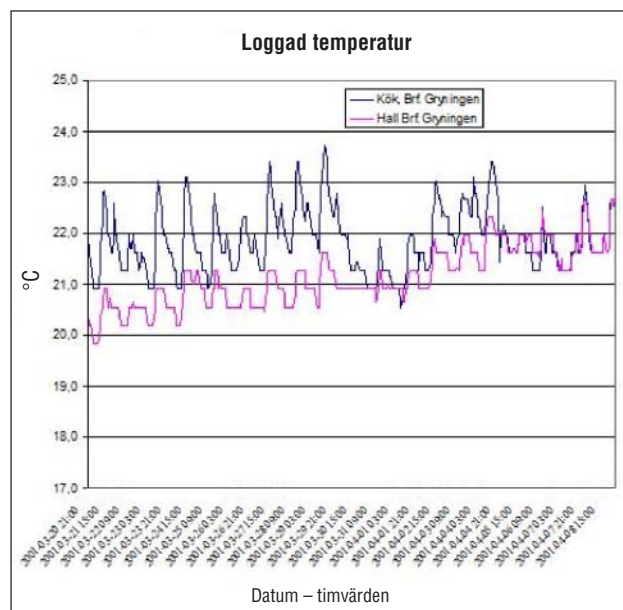
I detta avsnitt diskuteras tekniska åtgärders påverkan på reglersystemets åsamkade förluster. En förutsättning för att dessa ska ge effekt är att det också finns en kompetent

driftorganisation som sköter om värmesystemen. Installation av reglersystem ersätter inte en väl genomförd injustering eftersom denna syftar till att fördela tillgänglig värmeeffekt mellan de olika bostäderna.

I flerbostadshus kan policyn vara att alla får den temperatur de vill ha, speciellt om man också har fördelningsmätning och betalar för sin användning. Då lägger man ut en högre framledningstemperatur och de som vill ha lägre temperatur ställer in sina termostater på ett lägre värde. En termostatventilstudie som genomfördes i Landskrona visade dock att det krävdes mycket höga temperaturer innan de började arbeta.

En annan policy som tillämpas i andra företag är att genomsnittstemperaturen ska vara 21 grader och innetemperaturen lägst 20 grader. I ett sådant bostadsbestånd kommer de flesta ha termostatventilerna ställda så de aldrig stänger av värmen. Då blir det kanske en eller två grader varmare på kvällen när man lagar mat, slår på TV:n eller när solen skiner in och det har man i de flesta fall inget emot. I detta bestånd har termostatventilen ingen egentlig funktion.

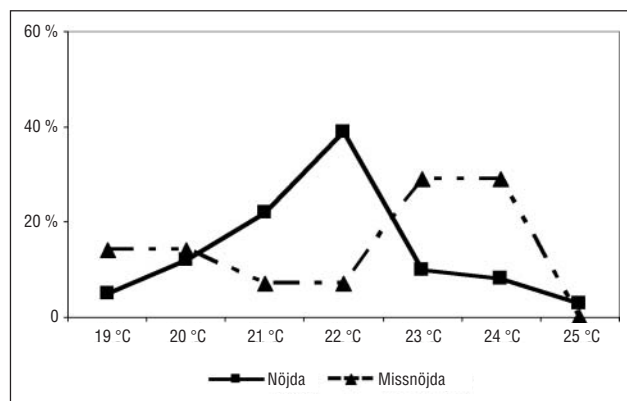
Flera allmännyttiga företag har därför gått ifrån termostatventilerna och väljer istället att arbeta med väl genomföra injusteringar, aktiv övervakning där man ställer om kurvorna efter behov eller installerar referens-temperaturgivare. Dessa bör spegla innetemperaturen i ett representativt urval av lägenheterna så de inte störs av enskilt avvikande beteende, matlagning, etc. Hur temperaturerna i en lägenhet kan variera under en två veckors period framgår av figur 3.2. Dygnstemperaturen varierar här en till två grader per dygn. En tydlig drift av innetemperaturen kan också ses som indikerar en dåligt fungerande reglerfunktion.



Figur 3.2. Variationer i innetemperaturen.

Även reglersystem som helt baseras på innetemperaturgivare har givit bra resultat i begränsat genomförda försök, med besparingar på 15–30 procent jämfört med konventionell reglering (erfarenheter från Anticimex).

Ett problem med värmereglering i flerbostadshus är att önskad temperatur mellan olika familjer skiljer sig mycket åt. De som vill ha svalare tenderar ofta att sänka temperaturen med ökad fönstervädring.



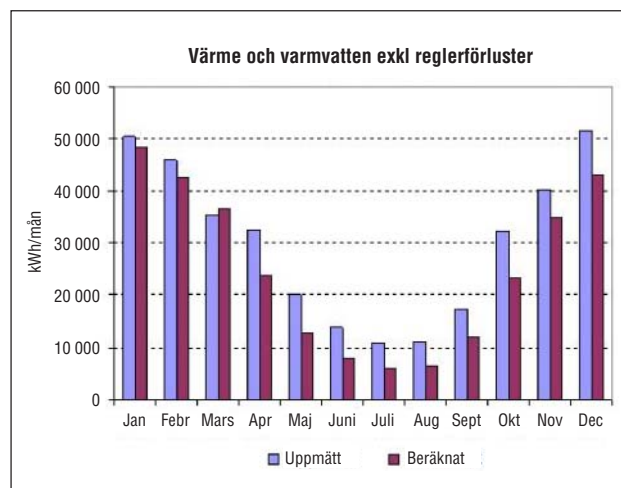
Figur 3.3. Andel nöjda respektive missnöjda (y-axel) med sin uppmätta innetemperatur (x-axel). Källa: MEBY, Delrapport 3, Beprövad enkät – hjälpmedel för energiuppföljning, www.aton.se.

En bra metod för att tidigt få indikationer på vilka fastigheter som har dåligt fungerande reglersystem är med hjälp av inneklimatenkäter (se referensen till figur 3.3).

En annan metod är att jämföra byggnadens energiprestanda med en referensbyggnad och justera för avvikande varmvattenanvändning i den aktuella byggnaden, eftersom det kan vara stora variationer i varmvattenanvändningen. Detta kan till exempel göras med hjälp av en analys av månadsvärden för värme och varmvatten där köpt fjärrvärme under sommarperioden ger kunskap om varmvattenanvändningen. Men då måste också beaktas att varmvattenflödet varierar under året (se tabell 3.5 i kapitlet *Varmvattensystem*). Observera också att VVC-anslutna värmare (exempelvis handdukstorkar) kan påverka mätningen. Men även jämförelser mellan uppmätt energi och beräknad energi, kan ge tydliga indikationer på att reglersystemet inte arbetar som avsett, se figur 3.4.

Genom denna typ av analyser kan besparingseffekten för förbättrad värmereglering indikeras. I tabell 3.3 ges förslag till korrektionsfaktorer för olika reglersystem för befintliga flerbostadshus. Dessa faktorer kan jämföras med en kalkyl där vi antar att genomsnittstemperaturen sänks med en grad. Beroende på klimatzon i Sverige motsvarar en grad en minskad värmeåtgång på 5–8 procent.

Observera att tabellens värden snarare gäller en typbyggnad, varför verkliga förhållanden kan skilja sig åt. Till exempel är värdet med termostatter (väl fungerande) beroende på vilken inställningsstrategi husvärden har, dvs. nyttan av termostatter ökar ju högre innetemperaturer man i genomsnitt tillåter bostäderna ha.



Figur 3.4. Månadsvärden för värme och varmvatten, beräknat respektive uppmätt energi. Källa: Fälttest. Energideklarationer av flerbostadshus, www.aton.se.

Förluster i ledningssystemet beräknas separat (enligt 3.2.1) för att bestämma förluster utanför klimatskalet. Uppstår de inom klimatskalet kommer de byggnaden tillgodo, men försvårar temperaturregleringen och ger alltså vissa förluster oavsett hur bra reglersystemen fungerar.

Reglersystemets korrektionsfaktor ($X_{c, syst}$) i flerbostadshus (%)	Injusterad $\pm$ Termostat- ventiler	Ej injusterad +Termostat- ventiler	Ej injusterad -Termostat- ventiler
1. Utetemperaturgivare + äldre regulator av analog typ	1,15	(1,20)	1,25
2. Utetemperaturgivare + ny regulator av digital typ	1,10	(1,18)	1,23
3. Enligt 2 + management	1,08	(1,14)	1,18
4. Klimatstyrd (prognosstyrd)	1,06	—	—
5. Referensgivare inne/effektstyrd	1,05	—	—

Tabell 3.3. Schablonvärden på korrektionsfaktor för olika reglersystem i befintliga flerbostadshus med vattenburna system. Termostatter ska vara väl fungerande. Med management menas BA-system eller manuell övervakning och korrigering av värmereglerkurvan vart efter behov finns. Med effektstyrd avses datoriserad reglering av flöde och framledningstemperatur utifrån kalkylerat effektbehovet kontinuerligt.

3.2.1 Värmedistributionssystem

Förlusterna i distributionssystemet är med en normal isolering (ej trasig) inte så stora att de motiverar någon lönsam åtgärd. Vid rördragning innanför klimatskalet antages att förlusterna kan komma huset tillgodo. I äldre fastigheter med dåligt isolerade ledningar med en hög värmeavgivning så försvårar detta värmeregleringen, att rätt värmeeffekt kommer till rätt rum. Vertikala stamledningar (L_v) har ofta inte mer än 10–20 mm isolering. Det är inte helt ovanligt att stamledningar muras in i slits i väggen. Spridningsrör (L_s) är ofta inte isolerade över huvudtaget. I småhus är värmeledningar i allmänhet isolerade bara i begränsad omfattning.

Vid projektering finns en metodbeskrivning för beräkning av *Värmeavgivning från s*, en värmeavgivningsekvation med hänsyn till systemtemperaturer, årlig drifttid, isoleringens U-värde i olika zoner, ledningslängd osv, men med vissa förenklingar och approximationer avseende rörlängder och U-värden.

Ledningslängden uppskattas som funktion av byggnadens geometri (längd, bredd, våningshöjd och antal våningar).

U-värden för fördelningsrör i källare hämtas utifrån VVS-AMA beskrivningar.

För beräkning av värmeavgivning i respektive zon behöver omgivningstemperaturen ansättas, exempelvis till:

■ Källarutrymmen etc. 20 °C.

■ Övriga uppvärmda utrymmen 22 °C.

Värmeavgivning från komponenter i pannrum eller undercentral redovisas som en tomgångsförlust i kapitlet *Värmeproduktion*.

Bestämning av förluster i rörkulvertar mellan byggnader

För rördragning utanför husliv, i första hand i kulvertledning mellan byggnader ska värmeförluster beaktas.

Kulvertförläggning förekommer i flera olika typiska utföranden, som samisolerade tvårörskulvert och fyrrörskulvert eller som enkelrörskulvert. För tvårörskulvert förläggs tillopps- och returledning. För kulvert med fyra rör omfattas förutom tillopps- och returledning för värme även tappvarmvattenledning och ledning för varmvatten-cirkulation.

Storleken av förlusterna är beroende av vattnets medeltemperatur, rörisoleringens tjocklek och ledningens längd. Nedan ges en generell men förenklad beräkningsmetod för bestämning av värmeavgivning från typiska kulvertutföranden, modellen har använts av fjärrvärmeföreningen i studier av värmeförluster i fjärrvärmesystem i småhusområden och anses ha tillräcklig tillförlitlighet (Cederborg, F et al. Mät- och värmeförluster för fjärrvärmesystem i småhusområden, Svensk Fjärrvärme FOU 2005:130).

För beräkning av värmeavgivning från markförlagd tvårörskulvertledning gäller:

$$\Phi = U \times \frac{T_f + T_r}{2} - T_{j\text{ord}}$$

där

Φ = Värmeavgivning för rörledning (W/m)

U = Värmeledningstal per rör, fabrikantuppgift (W/m, °C)

$T_{f,r,j\text{ord}}$ = Temperatur i framledning, returledning samt omgivande jord. (°C) Temperaturerna avser den beräknade perioden, för årsvärmeförlust används årsmedelvärde för T_f och T_r . $T_{j\text{ord}}$ har i den refererade studien mätts under ett år i Enköping respektive Skutskär. Markens årsmedeltemperatur för Enköping var 11,3 °C och för Skutskär 8,2 °C.

För fyrrörskulvert gäller:

$$\Phi = U \times \frac{T_f + T_r + T_{vv} + T_{vvc}}{4} - T_{j\text{ord}}$$

där

T_{vv} = Temperatur varmvatten (°C)

T_{vvc} = Temperatur vvc (°C).

Kulvertledning är en dold konstruktion som inte på ett enkelt sätt kan inspekteras, dessutom finns svårigheter att få fram tillförlitliga data från fabrikantuppgifter. Risken för beräkningsfel kan bedömas som relativt stor. Vi föreslår därför att en schabloniserad modell för värmeavgivning per meter kulvertledning ska kunna användas i de fall tillräckliga beräkningsunderlag saknas.

En sammanställning av energiavgivning (kWh/år) per löpmeter för nya respektive äldre rörkulvert presenteras nedan. Angiven dimension avser sekundärvärmerör.

Beräkningen baserar sig på Svensk Byggtjänsts *Värmekulverthandbok* avsnitt 4.4 värmeförluster tabell 4.1 och fabrikantuppgifter. Dessa värden är schabloniserade och en beräkning för den aktuella byggnaden bör om möjligt göras med tanke på de temperaturer som är aktuella och om kunskap finns om kulvertens skick och typ.

kWh/m, år	Nya	Gamla
Dimension, mm	(efter 1975)	(före 1975)
DN 50	240	700
DN 65	270	800
DN 80	285	850
DN100	300	900

Tabell 3.4. Värmeförluster fyrrörskulvert kWh/m och år, schabloniserade värden.

Dimension	Ny kulvert	Äldre kulvert
vv/vvc, mm	(efter 1975)	(före 1975)
22/15	100	400
42/22	120	450
70/28	150	550

Tabell 3.5. Värmeförlust tvårörs varmvatten- och vvc-ledning, kWh/m och år, schabloniserade värden.

kWh/m, år	Nya	Gamla
Dimension, mm	(efter 1975)	(före 1975)
2 x 20	110	350
2 x 50	160	600
2x 100	225	900

Tabell 3.6. Värmeförlust från dubbelrörskulvert 80/60, drift hela året, kWh/m och år, schabloniserade värden.

3.2.2 Direktverkande elvärme

Uppvärmning med direktverkande elradiatorer kan anses vara ett uppvärmningssystem utan förluster för distribution, lagring och produktion inom byggnaden, men väl för användningen enligt tabell 3.2. Direktverkande el kan vara den enda uppvärmningskällan i ett hus eller utgöra ett komplement till andra uppvärmningssystem. Till direktverkande el hör i detta sammanhang komfortvärmegolv och elhanddukstorkar, dessa utgör en icke försumbar del av uppvärmningen i de utrymmen de finns installerade. Användning av sådana komfortvärmeinstallationer skiljer sig väsentligen från annan uppvärmning, främst genom att dessa inte regleras utifrån byggnadens värmebehov utan normalt utifrån ytemperaturen på värmaren. Många installationer är kontinuerligt i drift med övertemperaturer och värmeförlust som följd. För komfortvärmegolv kan värmeförlusten till underliggande konstruktion vara betydande.

Komfortvärmegolv

Elanvändning för golvvärme i bad- och duschrum beräknas enligt förenklad modell:

$$Q_{el\text{golv}} = \text{Golvarea} \times \text{effekt} \times \text{drifttid}$$

Installerad effekt, defaultvärde* 80 W/m²

Drifttid: Temperaturstyrd: 3 000 tim/år

Timerstyrd: 1 000 tim/år

*Beräknad som genomsnittlig effekt per golvarea i elvärmda utrymmen.

Under period med värmebehov anses 75 procent av elenergin för komfortvärmegolv tillföras byggnaden som nyttiggjord värme. Golvvärmens drifttid antas dock vara jämnt fördelat över hela året.

Elhanddukstorkar

Elanvändningen för elhanddukstorkar beräknas enligt förenklad modell:

$$Q_{el\text{handduk}} = \text{Antal} \times \text{effekt} \times \text{drifttid}$$

Installerad effekt, defaultvärde 70 W

Drifttid: Timerstyrd: 730 tim/år

Manuellt till/frånslag: 7 000 tim/år

Under period med värmebehov anses 75 procent av elenergin för elhanddukstork tillföras byggnaden som nyttiggjord värme. Drifttid antas dock vara jämnt fördelat över hela året.

3.2.3 Elenergianvändning för drift av cirkulationspumpar

Den elenergianvändning som används för drift av pumpar utgör en inte oväsentlig del av byggnadens elförbrukning och ska därför beräknas. Vid pumpdrift avges värme både till det utrymme den står i samt till det cirkulerande vatt-

net. Beräkning av elenergiebehovet för drift av cirkulationspumpar ges av prEN wi 10. Där ges tre olika metoder för beräkning av cirkulationspumpars årsenergianvändning. Metoderna är:

- detaljerad beräkning
- förenklad beräkning
- tabellerad metod (behandlas inte här).

Detaljerad metod

I den detaljerade metoden beräknas energianvändningen genom att beräkna radiatorsystemets differenstryck och flöde med från byggnadens värmebehov, tryckfall i rörledningssystem, värmeväxlare och radiatorventiler. Vidare beaktas pumpens driftsätt avseende varvtalsreglering, styrning och intermittent drift.

Förenklad metod

Den förenklade metoden följer samma beräkningsgång som den detaljerade metod med vissa antaganden om typiska driftförhållanden vilket gör att vissa korrektionsfaktorer kan elimineras. Behovet av indata för den förenklade metoden är

Q_s = Dimensionerande värmebehov, beräknas enligt ISO/DIS 13790

Δ_{HK} = Dimensionerande temperaturdifferens (K) för distributionssystemet

L_{max} = Maximal ledningslängd (m) beräknas utifrån byggnadens geometri, längd, bredd höjd och våningshöjd

Δ_p = Differenstryck (kPa)

β_D = Genomsnittlig värmeeffekt, (mean distribution load) (–)

t_H = Värmesäsongens längd, geografiskt betingad (h/år)

f_{sch} = Korrektionsfaktor för värmesystemstyp (ett- eller tvårör)

f_{Abgl} = Korrektionsfaktor för hydraulisk balans. (Om systemet är balanserat/injusterat eller ej).

Sammanfattningsvis anser vi att den förenklade metoden enligt CENs standardförslag kan användas som beräkningsmetod. Det bör dock verifieras att metodens resultat stämmer överens med den metod för årsenergiförbrukning som utarbetats av Europump och som bygger på att energibehovet beräknas från en fördefinierad belastningsprofil. För bedömning av energieffektivisering vid pumpbyte kan schablonmetod enligt avsnitt 4.2.2 användas.

Pumpreglering

Vid byte av pump kan en energibesparing erhållas. Den största påtagliga effekten erhålles genom byte av reglermetodik för pumpen (ofta inbyggd automatik i pumpen), men kan också påverkas av ändrade systemförutsättningar, pumpflöden och/eller temperaturdifferenser. För överslagsberäkning föreslås förenklad beräkning:

$$E = (X_{p1} - X_{p2}) \times P_{pump} \times T_{uppvärmning}$$

där

E = energibesparing (kWh/år)

X_p = relationstal för pumpens driftsätt mellan olika driftkarakteristik enligt tabell 3.7

P_{pump} = drifteffekt för pump (kW)

$T_{uppvärmning}$ = uppvärmningssäsongens längd, erhålls från klimatfil (h/år).

Pumpdrift (elenergi)	X_p
Standardpump	1,00
Elektronisk standardpump dP-c	0,70
Elektronisk standardpump dP-v	0,50
Högeffektiv pump dP-c	0,48
Högeffektiv pump dP-v	0,31

Tabell 3.7. Schabloniserade relationstal baserat på simulerade värden för våta pumpar, flödet 12 m³/h. dP-c = konstanttrycksreglerad pump, dP-v = variabeltrycksreglerad pump. Källa: Data från WILLO Sverige AB.

4 Åtgärdsförslag

Följande åtgärdsförslag beskrivs eller diskuteras metodmässigt i denna rapport:

Småhus

- Reglering av vattenburet värmesystem
- Installation av termostatventiler
- Styrsystem för direktverkande elradiatorer
- Information om sänkt inomhustemperatur

Flerbostadshus

- Pumpstopp
- Pumpbyte
- Värmeinjustering
- Installation av termostatventiler
- Införande av individuell mätning/debitering

4.1 Småhus

4.1.1 Reglering av vattenburet värmesystem

Åtgärdskod: Värme 1.

Åtgärdsbeskrivning: Med ett centralt system för reglering av den vattenburna värmen i huset blir det möjligt att spara värmeenergi jämfört med en manuell reglering av värmen.

Kalkyleringsmodell energibesparing:

$$Q \times (X_{c1} - X_{c2})$$

där

Q = Uppmätt (klimatkorrigerat) eller beräknat energibehov för uppvärmning

X_c = korrektionsfaktor för systemet före och efter enligt tabell 3.2.

Åtgärdskostnad:

$$K (+ A)$$

där

K = Produktkostnad (produkterna levereras vanligtvis i ”gör det själv” utförande komplett med kablage)

A = Arbetskostnad (om hantverkare anlitas, uppskattad tidsåtgång 0,5 dagar)

K = cirka 3 200 kr inkl moms (för reglering med utomhusgivare)

K = cirka 3 000 kr inkl moms (för reglering med inomhusgivare)

K = cirka 4 400 kr inkl moms (för reglering med valfri givare)

A = cirka 4 000 kr inkl moms.

Inventeringsmetodik: Kontrollera shuntventil i pannrummet.

Upphandlingsdata: Önskad reglerprincip (inomhusgivare, utomhusgivare eller båda).

Åtgärdens varaktighet: 15 år.

Systemkonsekvenser: Användning av inomhustemperaturgivare kan få negativa konsekvenser för energianvändningen vid längre vädring under uppvärmningssäsong. Användning av utomhustemperaturgivare tar å andra sidan inte hänsyn till tillskottet av gratisvärme. Generellt råd kan vara att använda utomhusreglering om det finns bra reglerande termostatventiler på radiatorerna. I annat fall rekommenderas inomhusreglering. Information bör utgå till husägaren om risken vid långtidsvädring. Många regulatorer med inomhusreglering har en fördröjning på utsignalen till ventilmotorn för att undvika känsligheten i samband med kortare vädringar.

Beräkningsmetodik: Energibesparing enligt provningar (se tabeller nedan).

Indata: Befintliga reglerande termostatventiler på radiatorer, åtgärdsförslag rörande termostatventiler för radiatorer.

Referenser:

Reglerprincip	Produkt	Medeleffekt-behov (kW)	Effektkvot	Besparing	Medelbesparing
Ej reglering	Referens	2,32	1	–	–
Utomhusgivare	System VSE-1	1,93	83,2%	16,8%	16%
	Thermomatic	1,96	84,5%	15,5%	
Inomhusgivare	Thermomatic	1,82	78,4%	21,6%	23%
	EVR	1,76	75,9%	24,1%	
	Ecumix	1,8	77,6%	22,4%	

Tabell 4.1. Effekter av olika reglerstrategier. Källa: Råd & Rön nr 2, februari 2001, Utredning av SP, Svein Ruud.

Reglerprincip	Produkt	Fabrikat	Pris, kr		Medelpris, kr	
			inkl moms	exkl moms	inkl moms	exkl moms
Utomhusgivare	ECL Paket Comfort 100	Danfoss	3 000	2 400	3 133	2 507
Utomhusgivare	Automix 30	Acaso AB	2 700	2 160		
Utomhusgivare	BAS	Bentone AB	3 700	2 960		
Inomhusgivare	Reglercentral	ESS elektronik	2 495	1 996	2 999	2 399
Inomhusgivare	Ecumix Shuntautomatik	Gladson Gruppen AB	4 650	3 720		
Inomhusgivare	Termomatic CBJ-RS	Termoventiler AB	2 500	2 000		
Inomhusgivare	Automix 20	Acaso AB	2 400	1 920		
Inomhusgivare	SINGEL	Bentone AB	2 600	2 080		
Inomhusgivare	Termomatic CBJ-RSC	Termoventiler AB	3 350	2 680		
Valfri princip	Villapak	Sauter Automation AB	4 780	3 824	4 334	3 467
Valfri princip	DIGI	Bentone AB	5 600	4 480		
Valfri princip	PLUS	Bentone AB	4 750	3 800		
Valfri princip	Termomatic Combi	Termoventiler AB	3 290	2 632		
Valfri princip	EVR	Ulrichamns				
		Värme Elektronik AB	3 250	2 600		

Tabell 4.2. Reglercentraler med shunt för vattenburen värme – Marknadsöversikt 2004

Källa: Konsumentverkets hemsida.

4.1.2 Installation av termostatventiler

Kortbeskrivning: I rum där gratisvärme i form av solvärme, matlagning och apparater påtagligt kan höja inne-temperaturen kan termostatventiler på radiatorerna spara energi genom att strypa värmen när temperaturen ökar. Fungerande termostatventiler förutsätter att systemet är rätt injusterat, att tryckfallet över ventilen är den rätta och att temperaturökningen är tillräckligt stor.

I befintliga byggnader kan äldre termostatventiler ha förlorat sin förmåga eller vara av dålig kvalitet och i dessa fall vara lönsamma att byta ut. Då kan termostaten bytas och ventilen behållas. För system där ventil inte är anpassad för termostatisk verkan måste även ventilen bytas och termostatdel monteras.

Åtgärdskod: Värme 2.

Kalkyleringsmodell energibesparing:

$$Q \times (X_{c1} - X_{c2})$$

där

Q = Uppmätt (klimatkorrigerat) eller beräknat energibehov för uppvärmning

X_c = korrektionsfaktor för systemet före och efter enligt tabell 3.2.

Åtgärdskostnad:

$$I = n_t (k_t + k_{A,t}) + n_v (k_v + k_{A,v})$$

där

I = Investering totalt (kr)

n_t = Antal termostater som byts (st)

k_t = Kostnad termostat (kr/st). Preliminärt schablonvärde: 150 kr

$k_{A,t}$ = Arbetskostnad termostatmontering, kan göras av händig småhusägare eller köpas externt (kr/st). Preliminärt schablonvärde: 50 kr

n_v = antal ventiler som byts (st)

k_v = Kostnad ventil (kr/st). Preliminärt schablonvärde: 200 kr

$k_{A,v}$ = Arbetskostnad ventilbyte (kr/st). Preliminärt schablonvärde: 150 kr.

Inventeringsmetodik: Notera förekomst av och ålder på termostater. Om byggnadens ålder är högre än 20 år föreslås översyn/utbyte av dåligt fungerande termostater. Om termostater/termostatventiler saknas föreslås installation av sådana.

Åtgärdens varaktighet: 20 år.

Indata: Byggnadens ålder från grunddata, förekomst/ ålder för termostatventiler.

Källor: Varaktighet enligt personlig kontakt Bengt G Eriksson, Tour & Andersson AB.

4.1.3 Styrsystem för direktverkande elradiatorer

Kortbeskrivning: Äldre elradiatorer har ofta en dålig reglerfunktion med övertemperaturer och onödig energianvändning som följd. Istället för att byta alla radiatorer kan man installera ett modernt styrsystem som på ett mer effektivt sätt kan kontrollera värmeavgivningen. Styrsystemen kan vara av centraliserad eller decentraliserad typ. Centraliserade styrsystem ger möjlighet för användaren att styra inomhustemperaturen zonvis, många fabrikat ger även möjlighet att på ett enkelt sätt sänka inomhustemperaturen nattetid eller under perioder då värmebehovet kan reduceras. Styrsystem kan indelas i enzonssystem eller flerzonssystem, för flerzonssystem kan inomhustemperaturen hållas på olika nivåer, om så önskas kan vissa rum hållas svalare än andra.

Åtgärdskod: Värme 3.

Kalkyleringsmodell energibesparing:

$$Q \times (X_{c1} - X_{c2})$$

där

Q = Uppmätt (klimatkorrigerat) eller beräknat energibehov för uppvärmning

X_c = Korrektionsfaktor för systemet före och efter enligt tabell 3.2.

Åtgärdskostnad:

En-zonsystem cirka 14 000 kr inkl installation och moms

Flerzonsystem cirka 10 000 kr inkl moms exkl installation som är beroende av byggnadens storlek.

Inventeringsmetodik: Kontroll av elradiatorer, bedömd ålder noteras, eventuella indikationer (från fastighetsägare eller på annat sätt) på dålig reglerfunktion noteras.

Åtgärdens varaktighet: 15 år.

Villkorade åtgärder: Inga.

Indata: Förekomst av styrsystem inventeras.

Källor: Kostnader enligt Råd & Rön 2/03.

4.1.4 Information om sänkt inomhustemperatur

Kortbeskrivning: Genom att hålla nere inomhustemperaturen kan värmeanvändningen reduceras, åtgärden kan göras för hela byggnaden eller delar av byggnaden som inte behöver hållas lika varma som andra delar. Åtgärden genomförs helt självständigt av byggnadens brukare och besiktningsmannen ger information om vilken besparings-effekt som kan förväntas.

Kalkyleringsmodell energibesparing: För att beräkna energibesparingen måste en värmebalansberäkning göras som tar hänsyn till minskade transmissionsförluster och minskade ventilationsförluster till följd av den lägre innetemperaturen. Som schablonmetod kan

$$(T_{före} - T_{efter}) \times 0,07 \times Q_h$$

användas, dvs. för varje grads sänkning minskar värmebehovet med sju procent och värmebehovets storlek kalkyleras i energiberäkningen. För zonvis temperatursänkning kan berörd area i relation till total uppvärmd area användas som andelstal.

Inventeringsmetodik: Inomhustemperaturen kan indikativt mätas om inventeringen genomförs under uppvärmningssäsong.

Villkor: Byggnadens värmesystem måste vara utformad så att sänkning av inomhustemperaturen kan ske. Om zon/rumsvis sänkning av inomhustemperaturen ska ske måste värmesystemet medge det.

4.2 Flerbostadshus**4.2.1 Pumpstopp**

Kortbeskrivning: Cirkulationspumpar i vattenburna värmesystem behöver endast vara i drift under den period då värmebehov föreligger. Därigenom minskar energianvändningen för drift av cirkulationspumpen. Vidare

minskas värmebehovet genom att värme inte matas ut under kalla sommarnätter.

Åtgärdskod: Värme 4.

Kalkyleringsmodell energibesparing, elenergi: För pumpar som före åtgärd var i kontinuerlig drift gäller

$$E = (8\,760 - T_{uppvärmning}) \times P_{pump}$$

där

E = Energibesparing kWh/år

$T_{uppvärmning}$ = Uppvärmningssäsongens längd, ges av klimatdatafil

P_{pump} = Drifteffekt för cirkulationspump.

Kalkyleringsmodell energibesparing, värmeenergi:

$$Q \times X_{c\,syst} \times (1 - X_{c\,somm}) \text{ enligt ekvation 3}$$

där

skillnaden nu beräknas med eller

utan korrektionen för pumpstopp

Q = Uppmätt (klimatkorrigerat) eller

beräknat energibehov för uppvärmning

Värdet på X_c enligt egen beräkning eller tabell 3.1.

Åtgärdskostnad:**Inventeringsmetodik:**

För nivå 2A: Drifteffekt P_{pump} ansätts till 0,1 W/m²

BRA (schablonvärde)

Nivå 2B: Drifteffekt P_{pump} beräknas från märkdata.

Nivå 3: Drifteffekt P_{pump} mäts på pumpen vid drift.

Åtgärdens varaktighet: 10 år.

Villkorade åtgärder: Säkerställ motionskörning under sommarperioden.

Indata: Drifteffekt P_{pump} enligt inventeringsmetodik, BRA, $T_{uppvärmning}$.

4.2.2 Pumpbyte

Kortbeskrivning: Cirkulationspumpar till vattenburna värmesystem är många gånger onödigt stora och har ett driftsätt som många gånger medför onödigt energianvändning. Äldre cirkulationspumpar går med konstant varvtal och därmed i stor utsträckning för högt eleffektuttag. För att uppnå energibesparing bör pumpen vara korrekt dimensionerad och kunna köras med variabelt varvtal. För att göra en ny pumpdimensionering krävs bland annat vetenskap om byggnadens värmeeffektbehov vid dimensionerande utetemperatur, Q_{DUT} samt värmesystemets temperaturprogram, dT . Då kan pumpdimensionering göras med hjälp av beräkningsmetod i beräkningsstandard alternativt via tillverkarens pumpvalsprogram. För överslagsmässiga kalkyler om energibesparing vid byte från konstantvarvtalspump till pump med variabelt varvtal kan förenklad beräkning användas.

Åtgärdskod: Värme 5.

Kalkyleringsmodell energibesparing: Elenergieffekt beräknas metodiken enligt 3.2.3:

$$E = (X_{p1} - X_{p2}) \times P_{pump} \times T_{uppvärmning}$$

där

E = Energibesparing ($kWh/år$)

X_p = Relationstal för pumpens driftsätt mellan olika driftkaraktärer enligt tabell 3.6

P_{pump} = Drifteffekt för pump (kW)

$T_{uppvärmning}$ = Uppvärmningssäsongens längd, erhålls från klimatfil ($h/år$).

Åtgärds kostnad:

$$I = A \times BRA$$

där

I = Total investering (kr)

A = Specifik kostnad för ny pump i relation till byggnadens storlek. Schablonvärde: 3 kr/m^2

BRA = Bruksarea (m^2).

Inventeringsmetodik: Pumpens driftsätt och effekt kontrolleras vid platsbesök.

Åtgärdens varaktighet: 15 år.

Indata: Pumpens driftsätt (konstant varvtal, konstanttrycksreglerad eller variabeltrycksreglerad). Pumpeffekt, via märkplåt, mätning eller beräkning.

4.2.3 Värmeinjusterings

Kortbeskrivning: Vid värmeinjusterings säkerställs att värmesystemet balanseras så att varje rum/lägenhet erhåller önskad innetemperatur. Dålig injusterings ger klagomål som åtgärdas med höjd framledningstemperatur, vilket i sin tur innebär för höga temperaturer i andra delar av byggnaden och därmed ökade förluster i dessa via transmission, ventilation och via fönstervädring. Injustering av värmesystem är även en viktig följdåtgärd till andra värmeeffektiviserande åtgärder som fönsterbyten, tilläggsisolering och annat som syftar till att minska byggnadens värmeförluster. Värmeinjusterings syftar då till att anpassa värmeavgivningen från värmesystemet till de nya dimensioneringsförutsättningarna. Energibesparing som följd av en injusterings uppnås genom sänkt framledningstemperatur med bibehållen värmekomfort.

Åtgärds kod: Värme 6.

Kalkyleringsmodell energibesparing:

$$E = Q \times (X_{c1} - X_{c2})$$

där

Q = Uppmätt (klimatkorrigerat) eller beräknat energibehov för uppvärmning

X_c = Korrektionsfaktor för systemet före och efter enligt tabell 3.3.

Åtgärds kostnad:

$$I = A \times BRA$$

där

A = Specifik injusteringskostnad. Schablonkostnad: 60 kr/m^2 (preliminärt värde).

Inventeringsmetodik: Undersök om behov av injusterings kan föreligga genom indikativa frågor: förekommer klagomål på kalla/för varma utrymmen i vissa byggnadsdelar? Är detta en följd av dålig injusterings, eller kan de förklaras av byggnads- eller ventilationstekniska brister. Tid sedan föregående injusterings genom uppgiftslämning från fastighetspersonal. Om tiden sedan föregående injusterings överskrider 10 år anges åtgärden som motiverad.

Åtgärdens varaktighet: 10 år.

Indata: BRA från grunddata, tid sedan föregående injusterings.

Källor: Personlig kontakt Bo G Eriksson, Tour & Andersson AB.

4.2.4 Installation av termostatventiler

Lika som småhus, X_c enligt tabell 3.3.

4.2.5 Införande av individuell mätning/debitering för värme

Kortbeskrivning: Kostnadsincitament skapas genom debitering av verklig energianvändning. I detta fall är det en verklig påverkan på innetemperaturen i genomsnitt som erhålles. Vidare kan man förvänta sig att även vädringsbeteendet påverkas om temperaturnivån i byggnaden sänks och om normenlig luftomsättning finns. Två typer av mätning förekommer:

1. direkt mätning av tillförd värme till respektive lägenhet via värmesystemet (man mäter normalt inte energin som kommer via grannar med högre temperaturnivå)
2. indirekt mätning av lägenhetens värmeförluster genom mätning av innetemperaturen

Incitamenten kan helt eller delvis (delat incitament) föras över till de boende. Bägge metoderna har för- och nackdelar. Någon etablerad sammanställning av de olika metodernas kostnader (inklusive administrativa omkostnader) och besparingseffekter som underlag för att beskriva detta som åtgärdsförslag finns inte för närvarande.

Kalkyleringsmodell energibesparing: Görs enklast genom att korrektionsfaktorer för X_c tas fram. Fördelningsmätning av varmvatten behandlas i delrapport *Varmvattensystem*.

5 Inventering

5.1 Småhus

- 1 Inventera byggnadens distributionssystem (vattenburet radiatorsystem, vattenburen golvvärme, direktverkande el, luftburen värme, övrigt). Iakttagelser om bristande funktion, olämplig placering på värmare och enklare effektiviseringsåtgärder som inte tas upp i protokollet antecknas.
- 2 Identifiera sekundär uppvärmningskällor (komfortvärmegolv, eldstäder, elvärmare, handdukstorkar, övrigt)
- 2.1 Inventera byggnadens sekundära uppvärmningskällor enligt lämplig indatatabell.
- 3 Intervjua (om möjligt) byggnadens ägare/brukare om hur värmesystemets funktion upplevs, finns det kända problem eller upplevs obehag som kan kopplas till värmesystemets funktion?
- 4 Finns termostatventiler, ålder och funktion.
- 5 Finns reglersystem, typ och status/funktion.

5.2 Flerbostadshus

5.2.1 Grunddata

Förekomst av grundläggande information om byggnaden och dess installationstekniska system är avgörande för inventeringskostnaden, om byggnaden och dess installationer är väl dokumenterade förenklas inventeringen och kostnaden för inventeringsarbetet kan hållas nere. Önskvärd dokumentation:

- A-ritningar som ger byggnadens geometri, plan och sektion.
- Beskrivning/principflödesschema värmesystem.
- Driftkort värmesystem.
- Injusteringsprotokoll värmesystem.
- Energidata, månadsvärden.

Utifrån uppgifter om byggnadens energianvändning jämfört med referensbyggnader kan indikationer på en undermålig reglering/injustering fås om värmebehovet ligger avsevärt högre än förväntat. Tydligast framkommer detta om en energibalansberäkning utförs för den aktuella byggnaden baserat på övriga besiktningsdata och sedan jämförs med uppmätta värden på månadsnivå.

Analys av enkätresultat om inneklimat och besvär är en annan kunskapskälla (se nivå 3), liksom analys av månadsvärdena enligt figur 3.3 i avsnitt 3.2.

5.2.2 Nivå 1

För beskrivningsnivå 1 är syftet med indatainsamling i första hand att ge underlag till inriktningsförslag. För värmesystemet rekommenderas i första hand följande indata:

- Byggnadens huvudsakliga värmedistributionssystem (vattenburen värme, vattenburen golvvärme, direktverkande el, luftburen värme, övrigt).

I andra hand kan även övervägas kompletterande uppgifter, som blir beroende på vilket primärt värmedistributionssystem byggnaden har. Här ges ett exempel:

- För ett vattenburet värmesystem lämnas uppgifter om tidpunkt för senaste injustering, ålder på termostatventiler, upplevda funktionsproblem osv. Dessa indata-uppgifter ligger till grund för ett automatiserat åtgärds-paket.

5.2.3 Nivå 2

Nivå 2A, fysisk beskrivning

För besiktningsnivå 2A ska byggnadens värmesystem beskrivas för att ge underlag till energiberäkning och åtgärdsförslagen. För åtgärdsförslagen krävs uppgifter om:

- Typ av distributionssystem.
- Värmesystemets dimensionering (fram och returtemperatur vid dimensionerande utetemperatur).
- Typ av reglersystem.
- Finns termostatventiler, ålder och funktion.
- När genomfördes senaste injusteringen, tidpunkt
- Typ av pumpar (märkdata) och dess reglering, samt även systemtryck om mätare finns.

Om en energibalansberäkning ska utföras som underlag för energiprestandaberäkningen ska den vara komplett även vad avser:

- Distributionsförluster för värme.
 - Korrektioner för icke ideal styrning och reglering.
- Vid besiktningen ska även inventeras:
- Ledningslängd utanför klimatskalet (relevanta förluster).
 - Kulvertlängd i mark och status på denna om försörjning från annan byggnad.

Vidare ska elenergi som åtgår för drift av cirkulationspumpar beräknas. Värmeavgivning från andra värmekällor utöver det primära uppvärmningssystemet ska också bestämmas.

- 1 Huvudsakligt uppvärmningssystem.
 - 1.1 Inventera det huvudsakliga uppvärmningssystemet enligt indatabell. Iakttagelser om bristande funktion, olämplig placering på värmare och enklare effektiviseringsåtgärder som inte tas upp i protokollet antecknas.
 - 1.1 Intervjua driftpersonal om upplevda funktionsproblem, tid sedan föregående injustering osv. Använd intervjustöd enligt frågeformulär.
- 2 Identifiera sekundära uppvärmningskällor som förekommer i minst 20 procent av lägenheterna, bortse från enstaka handdukstorkar och elradiatorer.
 - 2.1 Inventera de sekundära uppvärmningskällorna, använd indatabell. (förekomst, mängduppgifter, driftsätt, eventuell ålder).
- 3 För vattenburna system ska cirkulationspumpar identifieras och inventeras. (antal, typ, effekt, driftsätt, övriga funktioner).

Nivå 2B, värderande beskrivning

Besiktningssprotokoll utformas så att värderande uppgifter läggs i separat del, till exempel uppgifter om status för kulvertledning, komponenters skick och bedömning om utbytesbehov inom fem år, behov av injustering (intervjuunderlag).

5.2.4 Nivå 3

En nivå 3-inventering syftar till att studera hur värmesystemets olika delar fungerar i drift, detta är endast möjligt att göra då värmebehov föreligger dvs höst-vinter-vår. Metodiken är densamma som nivå 2A–B, kompletterad med fördjupade analyser av vissa systemdelar och komponenter.

- 1 Inneklimatuppföljning. En inneklimatenkät är det mest effektiva sättet att studera erhållit inneklimat, besvär från större avvikande temperaturer, kalldrag. Enkäten bör även innehålla frågor om innetemperatur och vädringsbeteende. Stora vädringstal indikerar dålig injustering eller bristande anpassning av framledningstemperaturer.
- 2 Kontrollera cirkulationspumpar avseende driftsätt. Konstant varvtal, variabelt varvtal osv. Om möjligt mät och notera eleffekt vid aktuell drift.
- 3 Kontrollera inställningar i primära värmesystemets styr, regler och övervakningsutrustning, notera börvärdesinställningar, pumpstoppsfunktioner osv. enligt indatabell.
- 4 Jämför inställningsvärden med aktuella driftvärden, notera avvikelser mellan bör- och ärvärden.
- 5 Jämför värmekurvans inställning för aktuell byggnad jämfört med motsvarande andra byggnader. Ligger den högre finns anledning att misstänka en dålig injustering eller att vissa delar av byggnaden har brister i isolering, täthet eller i värmesystemet, vilket man försökt kompensera genom att höja kurvans börvärde för att

slippa klagomål. Eller att man gett vika för enstaka klagomål på låg temperatur utan egentliga orsaker. En uppföljning av verkliga temperaturer (till exempel stickprovsmätning), klagomål etc ger kompletterande information.

Är värmeavgivningen i systemet, delta-T mellan fram och returtemperaturen, avvikande hög är även detta en indikation på en dålig injustering. Följ upp genom kompletterande mätning av temperaturdifferensen över några radiatorer.

- 6 I ett representativt lägenhetsurval om minst 5 procent av byggnadens lägenheter inventeras funktioner och inställningsvärden för sådan utrustning som kan kontrolleras av de boende, exempelvis reglerutrustning för komfortvärmegolv. Vid lägenhetsinventering ska indata givet i nivå 1, 2A–B verifieras. Använd indatabell.

5.3 Tidsåtgång

5.3.1 Småhus

Tidsåtgången för att inventera småhusens värmesystem bedöms till maximalt 20 minuter och omfattar förberedande ritningsstudier, inventering på plats och datasammanställning.

5.3.2 Flerbostadshus

Nivå 1 ska kunna genomföras av byggnadsägaren själv via webb-gränssnitt eller dylikt.

Nivå 2A för del värmesystem uppgår maximalt till 30 minuter.

Nivå 3 för värmesystem uppgår maximalt till 120 minuter.

Tidsåtgången ovan är baserad på en byggnad om cirka 40 lägenheter och avser förberedelser, indatainsamling på plats och sammanställning av data.

5.4 Kompetenskrav

För genomförande av energibesiktning av delsystem värmesystem krävs antas att besiktningspersonen genomgår en utbildning i den besiktningsmetodik som avses användas. Besiktningspersonen ska ha en allmän byggteknisk bakgrund med formell utbildning av lägst nivå byggnadsingenjör eller motsvarande. Vidare bör besiktningspersonen ha dokumenterad praktisk erfarenhet av installations-tekniska system som värmesystem, ventilationssystem med mera. Denna praktiska erfarenhet kan ha erhållits i verksamheter som exempelvis bygg- och fastighetsrelaterad projekterings- eller utredningsverksamhet. Övriga grundkompetenser listas nedan:

- svenska i tal och skrift
- vana att läsa arkitekt- och installationsritningar.

5.5 Mätutrustning

Ingen för nivå 1 och 2. För nivå 3 krävs mätutrustning för att bestämma temperaturer, flöden och tryck i rörsystem. Ska pumpeffekter mätas behövs också en eleffektjäkmätare.

10 Ventilation

Innehåll		
1	Sammanfattning	64
2	Befintliga system	65
2.1	Småhus	65
2.2	Flerbostadshus	66
2.3	Samband mellan ventilation och inomhusmiljö	66
3	Beräkningsmetodik	68
4	Åtgärdsförslag	71
4.1	Allmänna förutsättningar för ventilationsåtgärderna	71
4.1.1	Bedömning av sparpotential	71
4.2	Effektiv lufttransport	71
4.2.1	Byte av fläkt	72
4.3	Behovsanpassad ventilation	72
4.3.1	Närvarostyrning i bostad	73
4.3.2	Behovsanpassad ventilation i biutrymmen	73
4.4	Kontrollerade ventilationsflöden	73
4.4.1	Utetemperaturkompensering av luftflöde	73
4.5	Värmeåtervinning	74
4.5.1	Byte av FTX-aggregat	74
4.6	Optimeringsåtgärder	75
4.6.1	Sänkt tilluftstemperatur	75
4.6.2	Flödesbalansering	75
4.7	Kombinerade åtgärder	75
4.8	Villkorade åtgärder	76
5	Inventering	77
5.1	Checklista för åtgärder	78
5.2	Luftflöden i självdragshus	78
5.3	Besiktning småhus	78
5.4	Besiktning flerbostadshus	79
6	Underlagsmaterial	81
6.1	Byte av fläkt	81
6.2	Behovsanpassad ventilation	82
6.3	Byte av aggregat och fläktar	85
6.4	Kompletterande åtgärder	86
7	Referenser	88



En ofta lönsam åtgärd är flödesreglering beroende på utetemperatur, ibland kallad väderleksanpassad ventilation.

1 Sammanfattning

Detta kapitel har utarbetats av Per Wickman, ATON Teknikkonsult AB (delprojektledare). Avstämning av vissa åtgärdsförslag har skett med Robert Steinwall VKAB, Tore Lund på BZ Ventilation AB och OVK metodiken med Johnny Rosendahl och Hans Fischer, Funktionskontrollanterna i Sverige. Redigering har gjorts av Eje Sandberg, ATON Teknikkonsult AB. Synpunkter på innehållet har lämnats av Magnus Everitt, Svensk ventilation i samband med remiss.

Ventilationen av en byggnad kräver en stor del av den totalt köpta energin för uppvärmning och drift. Samtidigt finns flera kostnadseffektiva åtgärder. Bra ventilation är en förutsättning för god inomhusmiljö och ett ”friskt” hus.

Metod

En beskrivning av byggnaden och ventilationssystemets tekniska och funktionella egenskaper ger ett underlag för att med hjälp av schablonvärden uppskatta besparings-effekter för större ventilationstekniska förändringar. Energianvändning och besparing kan då beräknas i ett beräkningsprogram som i huvudsak följer europeisk standard.

Underlag hämtas från befintlig dokumentation, besiktningsdata och för flerbostadshus, från den obligatoriska ventilationskontrollen (OVK).

För att få ett mer tillförlitligt underlag för faktiska åtgärder behöver åtgärdsförslagen i många fall säkras. Detta kräver fördjupade studier och i vissa fall mätdata.

Uppgifter för åtgärdskostnader baseras på byggnadens behov av luftflöde och vid behov för enskilda komponenter som exempelvis ventilationsdon. Här har kostnaderna bedömts översiktligt som underlag för metodbeskrivningen. Kostnaderna måste uppdateras fortlöpande när metoden ska användas operativt.

Aansatser till schablonvärden har lämnats för en rad olika parametrar. Dessa utgör i dagsläget endast preliminära ansatser som behöver stämmas av.

Lönsamma åtgärder

En ofta lönsam åtgärd är flödesreglering beroende på utetemperatur, ibland kallad väderleksanpassad ventilation. Utbyte av äldre värmeåtervinningsaggregat till nya hög-

effektiva aggregat kan vara lönsamt. Även mindre åtgärder som exempelvis automatisk forcering vid fuktbelastning i våtutrymmen kan vara lönsamt om det genomsnittliga luftflödet kan sänkas.

Tas hänsyn till kvarvarande livslängd och att utrustningen eventuellt behöver bytas förbättras lönsamheten påtagligt. Kombinationer av åtgärder måste alltid bedömas tillsammans.

Alla beräkningar av lönsamhet bygger på att man upprätthåller ett fullgott grundflöde. I många fall är ventilationsflödet för lågt från början och behöver ökas. I dessa fall kan inga lönsamma åtgärder föreslås i sig. Däremot kan en uppgradering av ventilationsanläggningen utformas kostnadseffektivt, men ligger utanför ramen för de förslag som ska lämnas vid en energideklaration.

De mest lönsamma åtgärderna berör hela systemet och kräver tyngre investeringar. Möjligen kan dessa åtgärder även bära andra förbättringar som tätning av kanalsystem, komplettering av don, bättre övervakning etc.

Den besiktning som behövs för att ta fram underlaget samordnas med fördel med andra besiktningsstillfällen. För flerbostadshus gäller detta den obligatoriska ventilationskontrollen (OVK). För småhus gäller det främst överlåtelsebesiktningar. Vinsten av samordning är avsevärd. Dels med tanke på ställkostnader, dels för de administrativa delarna. ”Mertiden” för besiktning av ett ventilationssystem i ett småhus uppgår till cirka 30 minuter och i flerbostadshus till drygt 30 minuter plus några minuter per stickprovsvis besiktad lägenhet.

I rapporten lämnas detaljerade uppgifter på kompletterande besiktningspunkter. Dessa föreslås ingå i en ”energidel” i OVK-besiktningen när denna sammanfaller med det år en energideklarering ska ske.

Avgränsningar

- Innemiljöaspekter hanteras inte i detta sammanhang.
- Kombinationer av åtgärder kan inte värderas utan beräkningsstöd.
- Kostnader har enbart bedömts översiktligt som underlag för metodbeskrivningen.
- Frånluftsvärmepumpar behandlas i kapitlet *Värmeproduktion*.

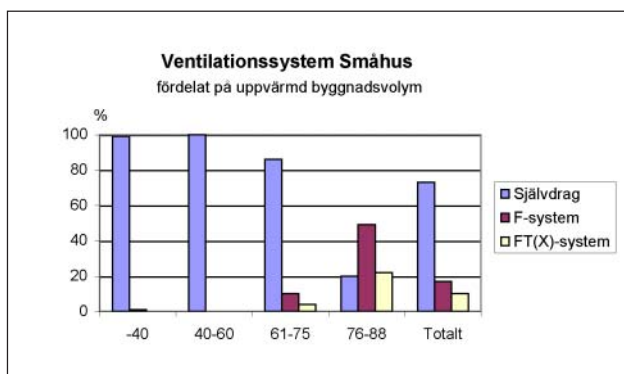
2 Befintliga system

2.1 Småhus

Den mest genomgripande studien om småhusens ventilation genomfördes i den så kallade ELIB-studien (ELIB 1993) från 1993, ur vilken följande underlag hämtats.

Det fanns 1988 cirka 1 350 000 småhus byggda till och med 1989 med självdragsventilation av totalt 1 695 000 småhus. Från mitten av 70-talet dominerar frånluftsventilation med någon form av fläktinstallation, cirka 12 procent av alla småhus. I början av 1980-talet ökar andelen system med mekanisk från- och tilluft och värmeåtervinning. 1988 uppgår gruppen småhus med mekanisk från- och tilluft med eller utan värmeåtervinning till cirka 8 procent av småhusbeståndet.

Några säkra uppgifter om läget idag 2005 finns inte tillgängliga men från andra studier vet vi att andelen hus med frånluftsvärmepumpar dominerar utbudet den senaste 10-årsperioden (Konsekvenserna av ett förbud mot direktverkande elvärme i nya byggnader, Boverket 2003).



Figur 2.1. visar typ av huvudsakligt ventilationssystem för småhus fördelade på uppvärmd byggnadsvolym för olika byggnadsperioder. Källa: ELIB 1993.

I den stora andelen småhus med självdrag var luftomsättningen, uppmätt med spårgas i bostaden, i genomsnitt 0,23 l/s, m², cirka 35 procent lägre än det vid tillfället gällande krav på 0,35 l/s, m². Skillnaderna är också stora i förhållande till hustyp och ålder.

Av figuren framgår att skillnaden är stor mellan småhus och flerbostadshus om man jämför luftflöde per ytenhet. Skillnaden mellan små- och flerbostadshusen försvinner i stor utsträckning om ventilationen uttrycks i liter per sekund och person. En anledning till detta är att bosta-

Förkortningar som använd i rapporten

S = Självdragssystem

F = Frånluftssystem

FT = Från- och tilluftssystem

FTX = Från- och tilluftssystem med värmeåtervinning

TF = Tilluftsfläkt

FX = Frånluftssystem med värmeåtervinning

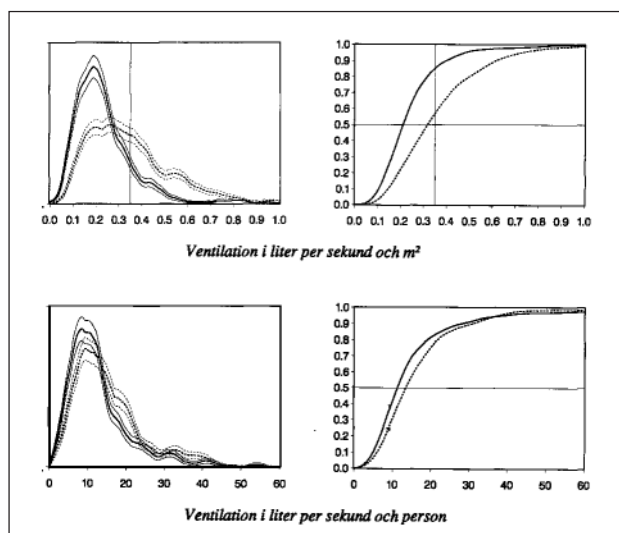
TA = tilluftsaggregat

FF = Frånluftsfläkt

FA = Frånluftsaggregat

LVX = luftvärmexlaxare

VÅ = värmeåtervinningskrets (vätskekopplade batterier)



Figur 2.2. Ventilationen i bostadsbeståndet bland småhusen (heldragen linje) och flerbostadshusen (streckad linje). Till vänster redovisas de skattade frekvensfunktionerna. Till höger redovisas motsvarande fördelningsfunktioner. Tunna linjer för frekvensfunktionerna omgärdar osäkerhetsregionerna (ELIB rapport nr 7 TN30).

den i allmänhet är större i småhusen än i flerbostadshusen. I ungefär hälften av beståndet i såväl småhus som flerbostadshus överstiger ventilationen 10 liter per sekund och person.

Småhus	l/s, m ²
Självdrag	0,23
Frånluft	0,24
Till-och frånluft	0,29
Medel	0,25

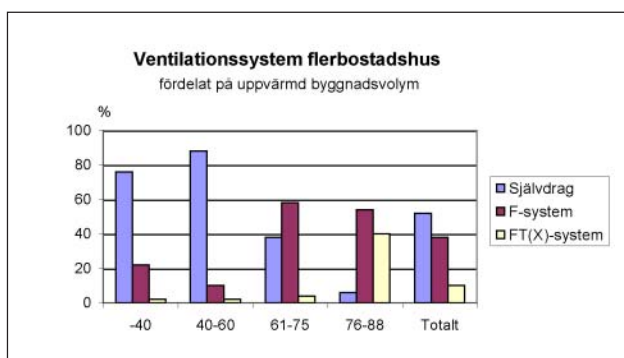
Tabell 2.1. Genomsnittlig ventilation i svenska småhus 1988, enligt ELIB undersökningen.

2.2 Flerbostadshus

Enligt ELIB undersökningen fanns det i början på 90-talet cirka 125 000 flerbostadshus. Självdragsventilation finns huvudsakligen i flerbostadshus byggda före 1961. Det fanns cirka 73 000 flerbostadshus med självdrag som ventilationssystem, varav 63000 var uppförda före 1961. I flerbostadshus byggda till och med 1940 och tidigare fanns en stor andel F-system, som utgjordes av konverterade självdragssystem. Det fanns 44000 flerbostadshus med frånluftssystem (F-system). Frånluftsfläktarnas effekt per lägenhet uppgick till knappt 80 W.

Andelen FT(X)-system ökade i nybyggda flerbostadshus i åldersgruppen 1976–88 till ungefär 40 procent. I hus byggda under perioden 1981–88 uppgår andelen FT(X)-system till drygt 70 procent av den uppvärmda volymen. Värmeåtervinningen i flerbostadshus sker oftast med plattvärmeväxlare, därefter vätskekopplade värmeväxlare. Roterande värmeväxlare har blivit vanligare på senare år. Medeleffekten för fläktdrift uppgick till cirka 1,5 kW per fläkt eller 150 W per lägenhet i dessa äldre system.

I ELIB-undersökningen konstaterades att cirka 30 procent av ventilationssystemen i flerbostadshus var injusterade under de senaste 5 åren.



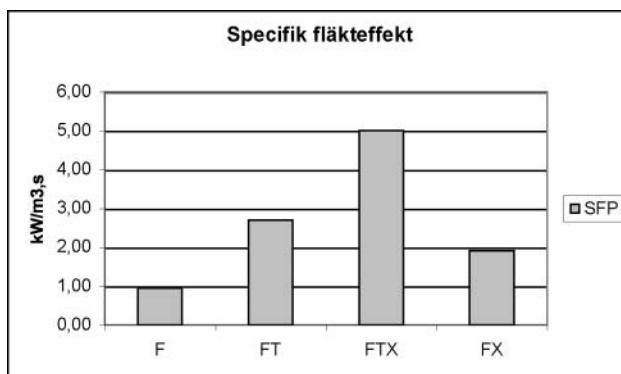
Figur 2.3. Typ av huvudsakligt ventilationssystem i flerbostadshus fördelat på uppvärmd byggnadsvolym för olika byggnadsperioder. Källa: ELIB.

Flödesstyrningsreglering är vanligare i nyare än i äldre ventilationssystem. De äldsta fläktarna finner vi i flerbostadshus byggda mellan 1960 och 1975. Flödesstyrning eller reglering av fläktar är också ovanligare i denna grupp, knappt 30 procent av volymen.

I en undersökning av drygt hundra fläktaggregat i flerbostadshus som genomfördes 1990 (Sandberg 1991) framkom att uppmätta flöden via ventilationsaggregaten i genomsnitt låg 33 procent under projekterade värden för från- och tilluftssystem men hela 47 procent högre för frånluftssystem. Det specifika fläktbehovet, SFP, för de olika systemen redovisas i figur 2.4. Observera att uppgifterna baseras på en studie genomförd för över 10 år sedan och att många av dessa anläggningar kan ha varit föremål för utbyten.

Flerbostadshus	l/s, m ²
Självdrag	0,33
Frånluft	0,39
Till-och frånluft	0,40
Medel	0,37

Tabell 2.2. Genomsnittlig ventilation i svenska flerbostadshus 1988 enligt ELIB undersökningen.



Figur 2.4 visar specifikt effektbehov för fläktdrift för olika ventilationssystem i flerbostadshus från mitten av 80-talet. FTX-systemen avser mätningar i två bostadsområden på cirka 10 fläktar vardera. Källa: Sandberg, Eleffektiv ventilation i flerbostadshus. Byggeforskningsrådet 1991.

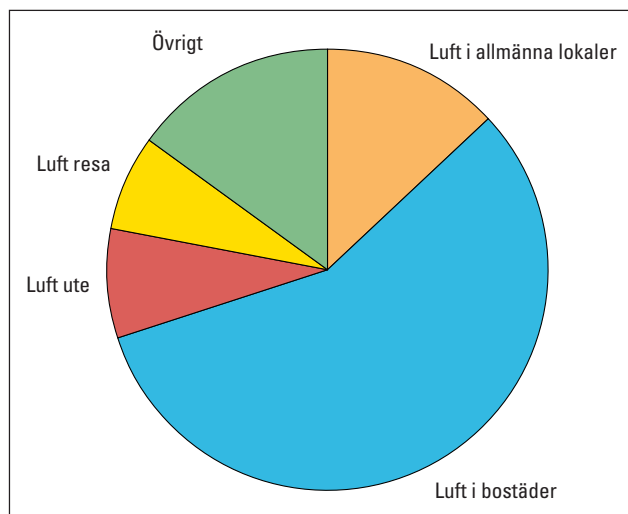
Då de uppmätta luftflödena är lägre än projekterat skulle SFP-värdena öka kraftigt om projekterade flöden uppnåddes. En modern eleffektiv fläkt med direktdrift och EC-motor i ett system med låga tryckfall kan ha ett SFP-värde på cirka 0,1 kW/m³/s. Resultaten från denna undersökning indikerar alltså en kraftig besparingspotential för el till fläktdrift.

2.3 Samband mellan ventilation och inomhusmiljö

Energikrisen i början av 70-talet medförde att man gjorde byggnaderna tätare och av ren okunskap minskade ventilationen medvetet eller som oftast, att tätning av klimatskal genomfördes utan att säkra tilluftsintaget. Nya byggmetoder har införts, liksom nya byggmaterial och inredningar vilket tillsammans med ett okänt antal fukt- och mögelskador är viktiga orsaker till att vissa byggnader drabbas av den så kallade sjuka-hus-sjukan (sick building syndrome – SBS). Erfarenheten visar att dålig ventilation samverkar med sådana problem och ger upphov till ökad risk för ohälsa. Samtidigt kan inte ventilationssystemet, genom högre luftflöden, vara en lösning för att reducera höga emissionsnivåer från material och fuktskador. Då krävs orimligt höga luftflöden.

Det finns allt mer kunskap om brister i inomhusmiljöns kvalitet och att problemen uppstår i ett komplext samspel mellan byggnaden och dess användning. För den stora mängden symptom och sjukdomar är kunskaps-

underlaget fortfarande bristfälligt. Intresset har också vuxit för människors totala exponering av olika miljöer.



Figur 2.5. Exponering av luft i kg/person under ett normalliv. Källa: Sundell et al 1997.

Sammanfattningsvis tyder ett betydande antal forskningsresultat på att byggnadsrelaterade faktorer kan ha en stor betydelse för risken att drabbas av ohälsa och besvär orsakad av dålig inomhusmiljö. Detta innebär samtidigt att en förbättrad inomhusmiljö kan ha en preventiv betydelse.

I rapporten "Obligatorisk ventilationskontroll" (Månsson, LG) beskrivs en systematisk genomgång av genomförande och fel i den obligatoriska ventilationskontrollen (OVK) fram till 1998. Resultaten bygger bland annat på en kommunenkät och resultaten av 10 000 insamlade besiktningssprotokoll. Resultaten visade att två tredjedelar av ventilationssystemen inte fungerade tillfredsställande. Framför allt var det underhåll och skötsel som brast men ofta var orsaken dåliga konstruktionslösningar.

I genomsnitt hade ventilationssystemen mellan fem och sex fel varav två allvarigare, som kan innebära att luftflödena är otillräckliga. Man konstaterade att kontrollerna var genomförda till 80–90 procent. Någon senare uppföljning av samma karaktär har inte genomförts men det är troligt att situationen är likartad idag.

3 Beräkningsmetodik

I standarderna prEN 15241 och prEN 15242 beskrivs förenklade metoder med föreslagna default värden som kan anpassas till nationella och lokala förhållanden. Följande symboler kan användas för beräkningar:

A Area (m^2)

V Volym (m^3)

q_v Medelflöde genom byggnaden inklusive läckflöde och vädring (l/s)

Parametrar som påverkas av byggnadens och installationernas fysiska förutsättningar

ϵ_v Ventilationseffektivitet

$C_{ductleak}$ Koefficient som tar hänsyn till läckage i kanaler

C_{syst} Koefficient som tar hänsyn till komponenter och systemtoleranser

q_i Tilläggsflöde som tar hänsyn till läckage genom klimatskärmen (l/s , men anges i standarden som oms/h)

Eff_{HE} Värmeväxlarens återvinningsgrad

ΔT_{HEsup} Temperatur höjning som funktion som av värmeväxlarens återvinningsgrad

SFP Specifik fläkteffekt för lufttransport

Parametrar som påverkas av funktion:

C_{use} Koefficient som tar hänsyn till användning/behovsanpassning

C_{cont} Koefficient som tar hänsyn till flödeskontroll

q_{airing} Tilläggsflöde som tar hänsyn till vädring.

Temperaturer $^{\circ}C$

T_e Temperatur utomhus

T_i Temperatur inomhus

T_{supply} Temperatur tilluft

T_{outlet} Temperatur avluft

T_{HEsup} Temperatur tilluft efter värmeåtervinning

Övriga symboler

$q_{exhaust}$ Frånluftsflöde

q_{supply} Tilluftsflöde

q_{dim} Dimensionerande/projekterat luftflöde

$Q_{förlust}$ Ventilationsförluster (värmeenergi)

Q_{behov} Värmebehov (av tillförd värme)

Q_{el} El till fläkt drift

3.1.1 Beräkning av medelflöde

Medelflöde genom byggnaden inklusive läckflöde och vädringsflöde under ett definierat driftfall, $q_{v\ tot,s}$ beräknas genom följande funktion:

$$q_{v\ tot,s} = (q_{dim} \times C_{use} \times C_{cont}) + q_{airing} + q_i \quad (ekv\ 1)$$

Totalt medelflöde under året beräknas enligt:

$$q_{v\ total\ v} = \sum_{all\ states\ s} (q_{v\ tot,s} \times s) \quad (l/s) \quad (ekv\ 2)$$

där

$q_{v\ tot,s}$ = flöde under ett definierat driftfall, s

fs = tid för aktuellt driftfallet

Beräkning av medelflöde q_v som underlag för beräkning av energianvändning på tim- och månadsbasis beskrivs i prEN 15242.

3.1.2 Beräkning av termisk drivkraft

Den termiska drivkraften Δp_I beräknas enligt:

$$\Delta p_I = \rho g h \times \Delta t / T \quad (ekv\ 3)$$

där

p = luftens täthet = 1,2 kg/m³,

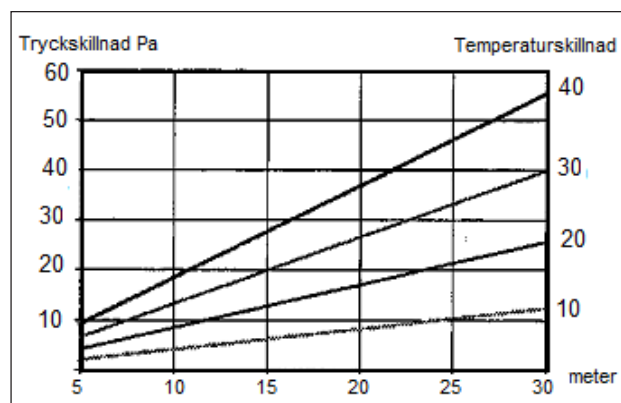
g = jordaccelerationen = 9,81 m/s²,

h = höjdskillnaden mellan byggnadens luftintag och utsläpp,

dt = skillnaden mellan inne- och utetemperaturer samt

T = innetemperatur i K, normalt 293 – 295 K

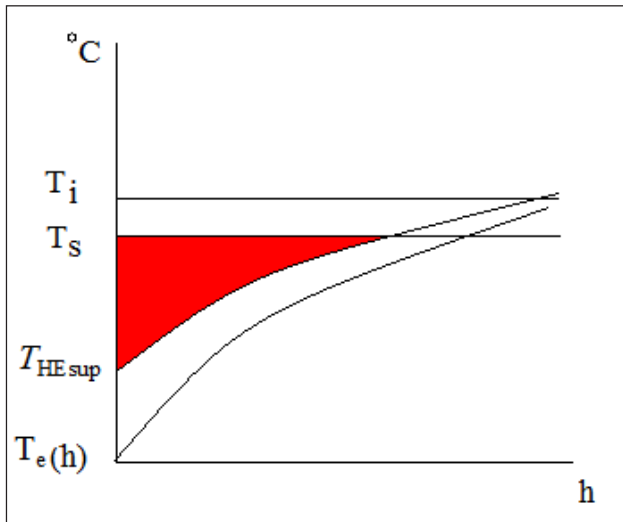
I figur 3.1 visar påverkan från termiska stignakter.



Figur 3.1. Termiska drivkraft som funktion av höjd och temperaturskillnad ute-inne.

3.1.3 Reducerat värmebehov

Värmebehovet i förhållande till utomhustemperaturen är inte linjärt över tiden och måste därför beräknas med hjälp av utomhustemperaturens varaktighet över året eller vald beräkningsperiod. Detta kan beskrivas i ett varaktighetsdiagram.



Figur 3.2. Årsvärmebehov i °Ch för ventilation som en funktion av tilluftstemperatur T_s , temperatur efter värmeåtervinning T_{HEsup} och utetemperaturens varaktighet över året T_e .

Ventilationsflödets värmeförluster

Ventilationsflödets värmeförluster $Q_{förlust}$ beräknas genom:

$$Q_{förlust} = q_v \times 1,2 \times (T_i - T_e) \times h \quad (\text{ekv 4})$$

där

1,2 = luftens densitet $\times$ värmarkapacitet

T_e = temperatur utomhus

T_i = temperatur inomhus

h = drifttid.

Minskat värmebehov $\Delta Q_{förlust}$ på grund av reducerat luftflöde beräknas enligt

$$\Delta Q_{förlust} = (q_{dim} - q_v) \times 1,2 \times (T_i - T_e) \times h \quad (\text{ekv 5})$$

Värmeväxlarens återvinningsgrad (gäller vid balanserade flöde) beräknas enligt:

$$Eff_{HE} = (T_i - T_o) / (T_i - T_e) \quad (\text{ekv 6})$$

där

Eff_{HE} = Värmeväxlarens återvinningsgrad

T_e = temperatur utomhus °C

T_i = temperatur inomhus °C

T_o = temperatur avluft °C.

Om ett medelvärde för temperaturer i byggnaden används istället för frånluftstemperatur kommer viss hänsyn tas till kanalförluster.

Värmebehov ventilation Q_{behov}

Tilluftens temperaturökning över värmeväxlaren beräknas enligt:

$$\Delta T_{HEsup} = Eff_{HE} (T_i - T_e) \quad (\text{ekv 7})$$

där

ΔT_{HEsup} = luftens temperatur ökning över värmeväxlaren

Eff_{HE} = värmeväxlarens återvinningsgrad

T_i = temperaturen inomhus

T_e = temperaturen i uteluften.

För att beräkna behovet av tillsatsvärme för ventilation via återvinningsaggregatet krävs även kännedom om aktuella luftflöden. Hur balansen mellan till- och frånluft påverkar värmeåtervinningen kan beskrivas i en hjälptabell för olika flöden. Dessa värden har inte sammanställts här.

För att beräkna behovet av värme integreras temperaturskillnad över tiden för aktuell period och ger antal gradtimmar (°Ch) för perioden. Att enbart använda medeltemperaturer är inte möjligt. Medeltemperaturen för T_{HEsup} kan exempelvis ligga över önskat tilluftstemperatur trots att värmeförlust krävs under den kalla delen av året.

Med kunskap om detta kan dock överslagsberäkningar med förenklade antaganden om medelvärden göras.

Med hjälp av flödesbalansen, luftens temperatur efter värmeväxlaren och tilluftens temperatur kan årsvärmebehovet beräknas enligt figur 3.4, vilket kräver någon form av beräkningsstöd.

3.1.4 Reducering SFP

Minskad elanvändning Q_{el} genom reduktion av den specifika fläkteffekten beräknas enligt:

$$Q_{el} = (SFP_2 - SFP_1) \times q_m \times h \quad (\text{ekv 8})$$

där

SFP_1 = specifika elåtgången (kW/m³/s) efter åtgärd

SFP_2 = specifika elåtgången (kW/m³/s) före åtgärd

q_m = medelflöde genom luftbehandlingsaggregatet under perioden

h = antal timmar för perioden.

3.1.5 Förslag till defaultvärden

För att överslagsmässigt beräkna energianvändning och effekter av olika åtgärder inom ventilationsområdet är det lämpligt att använda default-värden. Enligt standarderna ges möjlighet att ansätta nationella eller lokal default-värden. I detta avsnitt föreslås ansatser till ett antal sådana default värden.

Medelflöde genom byggnaden q_v

Luftflödet q_v är för mekaniska ventilationssystem normalt frånluftsdimensionerade, med ett flöde som beror på systemets utformning och byggnorm när bostaden byggdes.

Användning/behovsanpassning C_{use}

Luftflödet kan ändras genom behovsanpassning eller kontrollstrategier. Konstanten för behovsanpassning, C_{use} , enligt tabell 3.1.

$C_{use} = 1$ för konstantflödessystem
$C_{use} = 0,8$ för närvarostyrd bostadsventilation (bortafunktion)
$C_{use} = 0,8$ för personanpassad bostadsventilation
$C_{use} = 0,6$ för närvarostyrd och personanpassad bostadsventilation.

Tabell 3.1. Schabloner för behovsanpassning.

Förutsättningen är att relevanta installationer för behovsanpassning installeras. Underlaget för dessa konstanter beskrivs i avsnitt 6.2 behovsanpassad ventilation, samt i Energimyndighetens teknikupphandlingstävling för behovsstyrd ventilation.

Flödeskontroll C_{cont}

Referensvärde för $C_{cont} = 1$ för idealt kontrollerade system eller för system som inte påverkas av termik eller vindpåverkan. $C_{cont} = 0,9$ för tryckstyrda system i höga byggnader med lågt tryckfall (defaultvärde).

Kommentar: Värden för C_{cont} bör stämmas med simuleringsberäkningar och möjligen resultera i en hjälptabell. Vissa beräkningsprogram med timvärden kan hantera detta direkt.

Luftläckning och vindpåverkan q_i

Anvisningar för att uppskatta luftläckningen ges i kapitlet *Klimatskärm*, avsnitt 3.3.

Vädring q_{airing}

I tidigare energiuppföljningar av flerbostadshus har vädringsbeteendet påvisats ha en inte helt försumbar post i energibalansen. I projektet MEBY studerades vädringsbeteendet genom enkätstudier. Bearbetning av enkätsvar gav viss information om vädringsvanorna, men inga betydelsefulla tydliga samband. Ett vädringsindex, V_i , skapades utifrån enkätsvaren. Detta index kan kopplas till ett schabloniserat luftflödespåslag, q_{airing} (l/s) per lägenhet enligt:

$$q_{airing} = V_i \times k \times V_s \quad (\text{ekv 9})$$

där

V_i = Vädringsindex från enkätsvar enligt

enkätfrågorna använda i MEBY-projektet

k = korrektionsfaktor för omräkning till luftflöde,

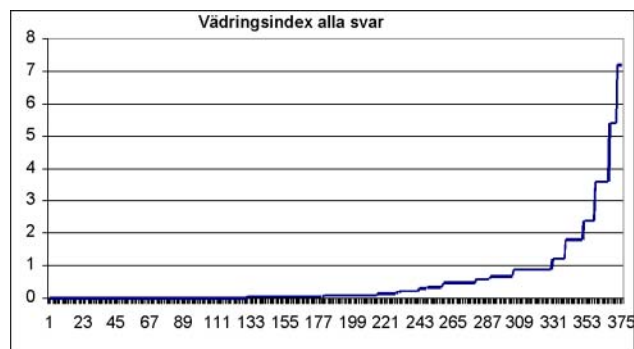
$k = 8,4$ för vanliga lägenheter (prel. värde)

V_s = faktor som tar hänsyn till ventilationssystemet

$V_s = 1$ för FT, FTX och S-system

$V_s = 0,5$ för F-systemen.

I en studie omfattande 393 lägenheter i Stockholm erhöles ett medelvärde på 0,54 motsvarande ett tillkommande luftflöde på 2,2 l/s för en frånluftsventilerad lägenhet. Maxvärde var 7,2 för enstaka lägenhet och spridning enligt figur 3.3.



Figur 3.3. Vädringsindex, spridning för 375 lägenheter. Källa: MEBY.

Värmeåtervinning Eff_{HE}

För befintliga äldre värmeåtervinningssystem i till- och frånluftssystem som saknar dokumenterade mätvärden på luftflöden och temperaturer under en längre mätperiod kan ett schablonvärde på 45 procent värmeåtervinning antas för såväl småhus som flerbostadshus. (Som ansats en anläggning äldre än 10 år, ursprunglig temperaturverkningsgrad på 60 procent, försmutsade växlarytor, obalans i luftflöden och kanalförluster. Källa: Värmeåtervinning i byggnader. Boverket 1991.)

$Eff_{HE} = 0,45$ schablonvärde för verkningsgrad i äldre värmeåtervinningssystem

Specifik fläkteffekt, SFP

SFP erhålles från tabell 3.2 för F-system baserat på en genomsnittlig systemverkningsgrad på 25 procent för fläktar i flerbostadshus. Typiska SFP tal för FTX-system ges i tabell 3.3.

SFP-värde F-system	Småhus	Flerbostadshus
1. Varvtalreglerad fläkt med EC-motor, tryckfall < 100 Pa	<0,2	<0,2
2. Varvtalreglerad fläkt med EC-motor, tryckfall 80–200 Pa	0,25	0,25
3. B-hjul, tryckfall <200 Pa	0,6	0,3
4. F-hjul, tryckfall <100 Pa	0,9	0,4
5. F-hjul, tryckfall 100–200 Pa	1,2	0,6
6. F-hjul, tryckfall >200 Pa	–	1,2

Tabell 3.2. Typiska SFP-värden för F-system med en variation på cirka ± 50 procent. För ventilation av typen lägenhetsaggregat i flerbostadshus används värde för småhus. Källa: BFR T11:1994 m m.

SFP värde FTX system	Småhus	Flerbostadshus
FTX-aggregat äldre än 1995	3,6*	4,0**
Nytt aggregat, B-hjul, < 250 Pa kanaltryck	1,5 – 3,0	1,5 – 2,0
*Genomsnittsvärde för 7 typgodkända småhusaggregat. Källa: Sandberg 1992.		
**Effektiv ventilation spar el, BFR T11:1994, men har här reducerats från angivna 5,0 till 4,0 kW/m ³ /s. Även yngre system med höga tryck (över 400 Pa) och F-hjul kan antas ha dessa SFP-värden.		

Tabell 3.3. Typiska SFP-värden för FTX-system med en variation på cirka ± 50 procent. För ventilation av typen lägenhetsaggregat i flerbostadshus används värde för småhus.

4 Åtgärdsförslag

4.1 Allmänna förutsättningar för ventilationsåtgärder

Ventilationstekniska åtgärder kan påverka andra delar av byggnaden. Ändras luftflödena i en byggnad kan värmesystemet behöva justeras samtidigt. Det kan också vara så att ett antal åtgärder på ventilationssidan måste genomföras i ett ”paket”.

Radonhalten måste vara känd eller mätas om åtgärder ska genomföras som kan leda till ökade undertryck eller sänkta luftflöden. Höga radonhalter i inomhusmiljön är främst ett problem för småhus och hus med markkontakt som radhus. Om höga radonhalter har uppmätts bör mätningar upprepas vid förändringar i samband med ombyggnader och liknande.

Sambanden mellan inomhusmiljö och ventilations teknik måste alltså beaktas vilket kräver omsorg och bred kunskap. Det innebär att föreslagna möjliga åtgärder alltid måste stämmas av med ventilationskunnig expertis, inte bara för att anpassa kostnadskalkylen till verkliga förhållanden utan också för att beakta inomhusmiljöaspekter. Anläggningens drift ska säkras och övervakas så att den uppfyller gällande normer. Även skärpningarna i Miljöbalken avseende fastighetsägarens kunskapskrav och försiktighetsprincipen poängterar att inomhusmiljöns kvalitet beaktas i samband med energideklarationerna.

Mot denna bakgrund rekommenderas att deklarationen av byggnadens energianvändning kombineras med en deklaration av inomhusmiljöns kvalitet.

4.1.1 Bedömning av sparpotential

Ventilation av en byggnad kräver en stor del av den totalt köpta energin för uppvärmning och drift. Samtidigt finns ett stort antal åtgärder att genomföra för att effektivisera energianvändningen utan att äventyra inomhusmiljöns kvalitet.

Energianvändning för ventilerings kan variera kraftigt. Hög energianvändning kan exempelvis bero på ”överventilation” utan kontroll. Överslagsmässigt handlar det om 150 000 till 250 000 småhus om vi ser till luftflöde per ytenhet och betydligt fler om vi ser på flöde per person.

I byggnader med undermålig ventilation, krävs upp rustning av ventilation och höjda luftflöden för att åstadkomma en acceptabel och riskfri miljö. Sådana insatser är

inte att betrakta som energieffektiviserande och beskrivs inte i denna rapport. Däremot kan de genomföras så att resultatet blir mer eller mindre kostnadseffektivt och då kan viss vägledning hämtas i denna rapport.

Med hjälp av föreslagna åtgärder ska man kunna göra en bedömning av sparpotentialen. Potentialen anges med ett intervall för respektive åtgärd. Om olika åtgärder kombineras kan man inte addera potentialen för varje enskild åtgärd. Om en datorberäkning genomförs kan alternativa indata för beräkning av olika åtgärder testas. Vid byte av fläkt anges nytt värde för SFP. Kompletteras anläggningen med temperaturreglering påverkas val av koefficient C_{cont} . Tättningsåtgärder på byggnader i utsatta vindlägen påverkar q_i , etc.

För åtgärder som inte kan kalkyleras, men ändå bedöms vara värdefulla att genomföra kan dessa lämnas separat. Andra så kallade villkorade åtgärder måste ingå i föreslagna åtgärds paket även om de inte är lönsamma i sig, men för att säkerställa åtgärds paketets miljömässiga funktion.

I följande avsnitt redovisas en översikt av åtgärder för olika ventilationssystem. Generella åtgärder kan föreslås på ett övergripande plan baserat på den fysiska beskrivning av systemet som genomförts vid inventeringen. Systemkonsekvenser, reservationer och villkorade åtgärder beskrivs. Slutligen beskrivs beräkningsmetodik för beslut om åtgärd ska kunna tas.

För att möjliggöra hantering av underlag i databas föreslås en nomenklatur och sortering av informations materialet enligt FI2/BSAB och att varje åtgärd ska kunna identifieras via kod anpassat till detta informationssystem.

Att olika åtgärder inte kan summeras oreserverat måste alltid beaktas.

4.2 Effektiv lufttransport

För att effektivisera fläktarbetet finns i princip två alternativa metoder:

Reducering av systemets tryckfall. Detta är en åtgärd som inte ges någon standardbeskrivning i rapporten, eftersom den oftast kräver omprojektering. Åtgärden beskrivs i avsnitt 6.

Byte av fläkt. I denna åtgärd ingår eventuell teknik för anpassning av flödet när flödet ska variera eller regleras. För byte av fläkt ges en standardiserad beskrivning.

4.2.1 Byte av fläkt

Åtgärdskod: Ventilation 1.

Åtgärdsbeskrivning: Befintlig fläkt byts eller rustas upp så att fläktarbetet sker effektivare och elanvändning för fläktdriften minskar. Samtidig installation av utrustning för flödesreglering bör övervägas. Val av teknik för varv- talsreglering väljs utifrån kostnad och effektivitet, där effektiviteten ingår i SFP-talet.

Vid byte av aggregat för värmeåtervinning hänvisas till åtgärd 4.5. En fördjupad åtgärdsbeskrivning ges i kapitel 6.

Kalkyleringsmodell energibesparing:

$$Q_{el} = (SFP_2 - SFP_1) \times Q_{medel} \times h \quad (kWh)$$

se ekv 8 i kapitel 3.

Värden för SFP ges i hjälptabell 3.2 och 3.3 om inte egna värden finns.

Åtgärdskostnad: Exempel på entreprenadkostnad för installation av ny effektiv fläkt inklusive moms ges i tabell 4.1. Byggnadens förutsättningar och åtkomlighet kan påtagligt påverka kostnaden liksom lokala prisvariationer.

Antal lgh/fläkt	Flödesintervall	Totalt inkl moms	Varav aggregat
1	50–100 l/s		
3–14	100–500 l/s	4 000–8 000 kr	1 000–3 000 kr
15–30	500–1 000 l/s	6 000–10 000 kr	3 000–5 000 kr
31–60	1 000–2 000 l/s	10 000–20 000 kr	5 000–10 000 kr

Tabell 4.1. Hjälptabell kostnader.

Inventeringsmetodik: Ifyllda besiktningsdata plus bedömning av åtkomlighet och skick på befintlig utrustning.

Upphandlingsdata:

- fotodokumentation, befintlig fläkt och utrymme
- önskat normalflöde samt min- och maxflöde
- tryckuppsättning
- möjlig placering (vind eller tak)
- transportvägar
- demontering gammal utrustning.

Åtgärdens varaktighet: 20 år.

Systemkonsekvenser: Eventuella ljudemissioner ska beaktas och ingå i kravspecifikationen.

Beräkningsmetodik: Energibesparing enligt ovan plus eventuellt förändrade drift- och tillsynskostnader (byts exempelvis äldre remdriven fläkt ut mot direktdrift).

Indata: SFP-värden för befintlig fläkt och för ny, samt aktuellt genomsnittligt luftflöde.

Reglering av varvtalet är att rekommendera om man vill hålla energiförlusterna på en så låg nivå som möjligt. För att beräkna energibehovet vid olika varvtal behöver man kompletterande uppgifter från fläktleverantörerna om hur verkningsgraden påverkas av varvtalet.

4.3 Behovsanpassad ventilation

Behovsanpassad ventilation omfattar fler alternativa eller kompletterande åtgärder.

Samtliga förändrar koefficienten C_{use} och därmed förlusterna beroende på luftflödet.

Ventilationsbehovet i en bostad varierar över tiden beroende på om man är hemma, lagar mat, badar, hur många man är, etc. Ett behovsstyrt ventilationssystem styr ventilationen efter den aktuella belastningen i byggnaden.

Utgångspunkten är

- min-flöde när bostaden inte används (bortaflöde) på minst 0,1 l/s, m²
- normalluftflöde på 0,35 l/s, m², dvs. hygienflöde, såvida inte flödet anpassas till personbelastning
- frånluftsflöde enligt BBR vid behov (15 l/s i badrum om fuktigt, minst 25 l/s från kök om osuppfångningen är effektiv).

Utan behovsstyrning tillämpas normalt (rekommenderade frånluftsflöden enligt BBR) en frånluftsdimensionerad ventilation som för lägenheter mindre än 70 m² ger högre luftflöden än 0,35 l/s, m². Föreslagna normvärden för ventilation i bostäder säger att uteluftsflödet ska vara minst 0,35 l/s, m² golvarea om bostaden används och minst 0,1 l/s, m² golvarea när bostaden inte används.

En förutsättning för behovsanpassning är att luftflödet kan varieras, antingen manuellt, eller automatiskt med hjälp av till exempel CO₂-, luftfuktighets-, lufttemperatur- och/eller närvarogivare i vistelsezonen. Manuell behovsanpassning är till exempel forcering i kök eller våtutrymmen.

Ventilationen kan också stängas av när ingen är hemma, så kallad "bortafunktion". Denna bör kombineras med automatiserad styrning av ventilationen i våtutrymmen och förhindra sänkt ventilation om fuktnivån är hög.

Ett exempel med närvarostyrning redovisas i 4.3.1.

På motsvarande sätt beräknas åtgärden, personanpassad ventilering ($C_{use} = 0,8$), liksom för kombinationen av person- och behovsanpassad ventilation ($C_{use} = 0,6$). Kommersiella och demonstrerade system för detta finns inte på marknaden idag, men sådana system finns exempelvis beskrivna inom det europeiska projektet RESHYVENT (se Referenser).

I så kallade hybridventilation måste problematiken med mycket låga tryckfall och därmed svårigheterna att reglera luftflödet hanteras. För konstantflödessystem med höga luftflöden kan installation av forceringsmöjligheter för kök och/eller badrum möjliggöra att genomsnittsflödet kan sänkas till hygienluftflödet 0,35 l/s, m² utan försämrad kvalitet för inomhusmiljön, utan snarast ge en påtaglig förbättring. Vid dessa fall sänks medelluftflödet q_v i kalylen.

4.3.1 Närvarostyrning i bostad

Åtgärdskod: Ventilation 2.

Åtgärdsbeskrivning: Manuell nerkoppling till bortaläge, till exempel genom en ”bortaknapp” vid ytterdörren eller automatisk via dörrlås, inbrottslås eller förinställt tidur. Flödet kan även forceras automatiskt vid närvaro med hjälp av närvarosensor eller sensor för koldioxidkoncentration, se även avsnittet närvarostyrning i bostaden i kapitel 6.

Åtgärden förutsätter en reglerbar fläkt per lägenhet eller spjällreglering för samtliga frånluftskanaler från bostaden som styrs med automatik eller manuellt om det finns ett kostnadsincitament för att aktivera bortafunktionen. I praktiken innebär detta att åtgärden normalt bara kommer tillämpas i småhus.

I småhus med ett bedömt min-läckage på minst 0,1 l/s, m² och kan fläkten stängas av via ett signalstyrt relä.

Kalkyleringsmodell energibesparing: $C_{use} = 0,8$ enligt kapitel 3 (antagen bortatid 30 procent). Reducering av luftflödet enligt ekv 1.

El till fläktdrift minskar också med minskat luftflöde, genom att SFP minskar:

$$SFP_2 = C_{use}^2 \times SFP_1$$

Åtgärdskostnad: Omkopplare och styrutrustning för att möjliggöra hel/halvfart eller avstängning av fläkt i småhus bedöms kosta cirka 5 000 kr.

Inventeringsmetodik: ifyllda besiktningsdata plus bedömning av möjlighet till avstängning eller reglering med styr-signal.

Åtgärdens varaktighet: 20 år.

Systemkonsekvenser: Bör kombineras med fuktstyrd ventilerings av badrum eller information om att avstängning inte ska ske vid fuktbelastat badrum.

Beräkningsmetodik: Energibesparing enligt ovan.

Indata: Aktuellt genomsnittligt luftflöde.

4.3.2 Behovsanpassad ventilation i biutrymmen

Åtgärdskod: Ventilation 3.

Åtgärdsbeskrivning: Det är vanligt att flöden till biutrymmen som förråd, vindar, garage etc dimensioneras för 0,35 l/s, m² trots att ventilationsbehoven för dessa utrymmen kan vara mycket olika. Vissa utrymmen används kanske sällan, som exempelvis möteslokaler etc. och förråden bara vid besök. Möjligheten att justera ner grundflöden till biutrymmen bör alltid övervägas och kan kombineras med en forceringsfunktion för de utrymmen som har behov av högre luftflöden emellanåt (toaletter, städskrubbar, tvättstugor, garage).

Forcering kan uppnås via spjällfunktion i tryckstyrda system eller med kanalfäktar som aktiveras på hel- eller halvfart vid forcering med hjälp av en enkel timerfunktion, CO-stryning för garage, temperaturstyrning för installationsutrymmen som värmecentraler eller fuktstyrning för tvättstugor.

Kalkyleringsmodell energibesparing: C_{use} sätts/väljs för

den aktuella åtgärden. Reducering av värmebehovet enligt ekv 1. Preliminära värden för C_{use} för det aktuella utrym-met. C_{use} för fläktens luftflöden får sedan beräknas utifrån dess olika delflöden.

Rumstyp	C_{use}
Förråd:	0,15
Toalett i källarplan:	0,15
Tvättskrubb:	0,15
Garage:	0,2
Installationsrum, undercentral:	0,1

Tabell 4.2. Hjälpstabell för val av C_{use} . Preliminära värden.

El till fläktdrift minskar också med minskat luftflöde, genom att SFP minskar:

$$SFP_2 = C_{use}^2 \times SFP_1$$

Åtgärdskostnad:

Inventeringsmetodik: Aktuella luftflöden i dessa utrymmen, systemets utformning plus bedömning av åtgärdernas lämplighet och lämpliga styrparametrar.

Åtgärdens varaktighet: 20 år.

Systemkonsekvenser: Åtgärden är beroende av system och kan kräva kompletterande systemförändringar, till exempel tryckstyrning av central fläkt.

Beräkningsmetodik: Energibesparing enligt ovan.

Indata: Aktuella luftflöden i dessa utrymmen, värde på C_{use} .

4.4 Kontrollerade ventilationsflöden

Många ventilationssystem är utförda för konstanta luftflöden, men allt fler är försedda tryckstyrning som gör det möjligt att via spjäll i kök och/eller i badrum kunna for-cera luftflöden vid behov.

Även i system för fasta luftflöden varierar luftflödena under året beroende på yttre påverkan (vind och termik) och inre påverkan (hur boende ändrar på tilluftsintag och frånluftsdon). Hur mycket beror på systemens utformning (tryck) och fläktkurva. För att kompensera för termiska krafter styrs börvärdet för systemtrycket ner vid lägre temperaturer. Detta möjliggör också sänkning av luftflödet när det är som kallast. En fördjupad beskrivning ges i kapitel 6.

För system med värmeåtervinning påverkar balanse-ring av flödena nivån på systemverkningsgraden. För denna påverkan hänvisas till dokumentationen för venti-lationsaggregatet.

4.4.1 Utetemperaturkompensering av luftflöde

Åtgärdskod: Ventilation 4

Åtgärdsbeskrivning: Befintlig fläkt bytes. Fläkten förses med en varvtalsreglerande utrustning, en tryckgivare som placeras i kanalsystemet för fläkt (projekteras av sakkun-nig) och en utetemperaturgivare som placeras i skyddat läge. En fördjupad åtgärdsbeskrivning ges i kapitel 6.

Åtgärden kan lämpligen kombineras med behovs-styrning av såväl bostad som biutrymmen.

Kalkyleringsmodell energibesparing: C_{cont} påverkas enligt anvisning i kapitel 3. Reducering av luftflödet enligt ekv 1.

El till fläktdrift minskar också med minskat luftflöde, genom att SFP minskar:

$$SFP_2 = C_{cont}^2 \times SFP_1$$

Åtgärds-kostnad: Exempel på entreprenadkostnad för installation av utrustning för utetemperaturkompenserad flödesreglering inklusive fläkt.

Antal lgh/fläkt	Flödesintervall	Totalt inkl moms	Varav aggregat
1	50–100 l/s		
3–14	100–500 l/s	15 000–30 000 kr	10 000–20 000 kr
15–30	500–1 000 l/s	30 000–40 000 kr	20 000–25 000 kr
31–60	1 000–2 000 l/s	40 000–55 000 kr	30 000–40 000 kr

Tabell 4.3. Hjälpstabell för val av installationskostnad för utetemperaturstyrning inklusive installation av ny fläkt. Kostnadsuppgifter saknas för småhus/individuella lägenhetssystem.

Inventeringsmetodik: Ifyllda besiktningsdata, luftflöde, bedömning av åtkomlighet, systemtyp och anläggningens ålder, samt skick. Tryckfall i kanalsystem och kontroll avseende på läckage.

Upphandlingsdata:

- fotodokumentation, befintlig fläkt och utrymme
- önskat normalflöde samt min- och maxflöde
- tryckuppsättning
- möjlig placering (vind eller tak)
- transportvägar
- demontering av gammal utrustning.

Åtgärdens varaktighet: 20 år.

Systemkonsekvenser: Injustering av värme och ventilation. Eventuella ljudemissioner ska beaktas och ingå i kravspecifikationen.

Beräkningsmetodik: Energibesparing enligt ovan plus eventuellt förändrade drift- och tillsynskostnader.

Indata: Luftflöde innan. SFP-värden för befintlig fläkt och för ny, värde på C_{cont} .

Kommentar: Om fläkten redan är reglerbar behöver anläggningen endast kompletteras med reglerutrustningen.

I äldre system med låga tryck (<100 Pa) med otäta kanalsystemet kan installation av ett tryckstyrt system vara olämpligt. Ett enklare alternativ med direkt styrning av fläktens varvtal utan reglerande återkoppling kan då övervägas.

4.5 Värmeåtervinning

Värmeåtervinning i äldre system kan graderas upp genom att installera högeffektiva nya aggregat med lägre elåtgång och bättre värmeåtervinning. Beräknas enligt åtgärds-förslaget utbyte av värmeåtervinningsaggregat.

Om det finns från- och tilluftssystem utan värmeåtervinning och med fläktar i anslutning till varandra kan installation av ett värmeåtervinningsaggregat övervägas och beräknas enligt samma anvisningar.

Om det inte finns ett kanalsystem för tilluft kan det i vissa fall vara möjligt att installera kanaler för tilluft, exempelvis i ett mindre hus med öppen planlösning. Man måste dock tänka på luftdistributionen inom lägenheterna eller huset och eventuellt komplettera med extra överluftsdon. Åtgärden kräver ventilationsteknisk kompetens. Kostnader och resultat blir beroende på de specifika förutsättningarna och kan inte beskrivas som en standardåtgärd.

Energin i den varma frånluften kan också återvinnas med hjälp av en frånluftsvärmepump och tillföras värmesystemet och/eller tappvarmvatten. Åtgärden är speciellt intressant för elvärmda småhus och behandlas i kapitlet *Värmeproduktion*.

4.5.1 Byte av FTX-aggregat

Åtgärds-kod: Ventilation 5.

Åtgärdsbeskrivning: Befintlig värmeåtervinningsaggregat bytes. En fördjupad åtgärdsbeskrivning ges i kapitel 6.

Kalkyleringsmodell energibesparing: Nytt värde för återvinningsgrad Eff_{HE} enligt ekv 7. Värmebehovet påverkas enligt ekv 4. Om ingen värmeåtervinning finns är värdet på $Eff_{HE} = 0$ före installation.

El till fläktdrift minskar också med det nya aggregatets lägre värde på SFP. Överslagsmässigt kan värden i tabell 3.2 och 3.3 användas för uppskattning av värden både före och efter åtgärd, såvida inte mätvärden finns. Observera att systemverkningsgraden ska ta hänsyn inte bara till aggregatets temperaturverkningsgrad utan även till värmeförluster i kanaler och obalans i luftflöden (normalt inställt på 90–95 procent tilluft i system för flera lägenheter).

Åtgärds-kostnad: Exempel på entreprenadkostnad för installation av värmeåtervinningssystem.

Antal lgh/fläkt	Flödesintervall	Totalt inkl moms	Varav aggregat
1	50–100 l/s	40 000–100 000 kr	15 000–25 000 kr
3–14	100–500 l/s	150 000–250 000 kr	70 000–100 000 kr
15–30	500–1 000 l/s	175 000–300 000 kr	80 000–120 000 kr
31–60	1 000–2 000 l/s	200 000–350 000 kr	100 000–140 000 kr

Tabell 4.4. Hjälpstabell för val av installationskostnad för värmeåtervinningssystem av typ FTX.

Inventeringsmetodik: Ifyllda besiktningsdata, luftflöde, bedömning av åtkomlighet, utrymme och framkomlighet, anläggningens ålder och skick. Tryckfall i kanalsystem.

Upphandlingsdata:

- fotodokumentation, befintlig fläkt och utrymme
- normalflöde
- tryckuppsättning
- utrymme
- transportvägar
- demontering av gammal utrustning.

Åtgärdens varaktighet: 20 år.

Systemkonsekvenser: Injustering av värme och ventilation. Eventuella ljudemissioner ska beaktas och ingå i kravspecifikationen.

Beräkningsmetodik: Energibesparing enligt ovan plus eventuellt förändrade drift- och tillsynskostnader (filterbyten).

Indata: Luftflöde. SFP-värden för befintligt aggregat och nytt.

4.6 Optimeringsåtgärder

Rätt flöden och rätt temperaturer är något som ständigt måste kontrolleras och/eller övervakas.

En kommunenkät och resultat av 10000 insamlade OVK-protokoll visade 1998 att två tredjedelar av ventilationssystemen inte fungerade tillfredsställande. Framför allt beroende på bristande underhåll och skötsel. Alltför långa intervall mellan rensning och rengöring av kanaler, don och andra komponenter medför att luftväxlingen i huset minskar med risk för fuktskador och hälsoproblem. Grunden för god skötsel är en bra skötselinstruktion samt att aggregat, kanaler och don är lätt tillgängliga. I lönsamhetskalkylen påverkas kostnader för drift och skötsel.

Här redovisas två åtgärder (skötselanvisningar och datoriserad övervakning) som inte är kalkylerbara, samt två åtgärder (sänkt tilluftstemperatur och balansering av luftflöden) som är kalkylerbara.

Skötselanvisningar

Inventering: Undersök om det finns bruksanvisningar för rengöring/byte filter, rengöring av fläkt, rengöring av don samt rengöring värmeväxlare.

Datorisering av ventilation

Driften kan förbättras och effektiviseras med hjälp av datoriserade undercentraler (DUC). DUC har möjlighet till kommunikation till överordnade system för styrning, övervakning och kontroll av styr- och reglerfunktioner. Användning av DUC förenklar även tillämpningen av mera avancerade driftstrategier med minskad energianvändning som följd. En datorisering ger i sig inte alltid besparingar utan besparingarna följer av de injusteringar (av inställningsvärden, drifttider och reglerstrategier) som kan utföras betydligt enklare med hjälp av datoriserade system. En datorisering av en icke datoriserad anläggning underlättar också möjligheten till fjärrövervakning och fjärravläsning av anläggningens energiprestanda och därmed minskade förvaltningskostnader på personalsidan. Det kan också vara svårt för en mindre förvaltning att hålla egen personal med rätt kompetens för skötsel av komplexa system.

Kostnaden för en datoriseringsåtgärd är beroende av antalet kostnadskomponenter och beskrivs i detalj i delrapporten Byggnadsautomation.

4.6.1 Sänkt tilluftstemperatur

Åtgärds kod: Ventilation 6.

Åtgärds beskrivning: Det är vanligt att temperaturen på tilluften är högre när den når rummet jämfört med tempe-

raturen vid aggregatet. Vidare har ofta tilluftstemperaturen ställts upp av driften för att bemöta klagomål på drag från tilluftsdon. Förutom risken för övertemperatur under höst, vår och sommar och påtagligt ökad värmeåtgång, så försämras ofta också luftutbyteseffektiviteten med försämrad luftkvalitet som följd. Eventuella dragproblem ska hanteras genom byte till bättre don, kanalisering etc.

Kalkyleringsmodell energibesparing: Temperatur höjning ΔT_{sup} enligt figur 3.3.

Åtgärds kostnad: < 2 000 kr.

Inventeringsmetodik: Temperatur i tilluft mäts vid aggregat och vid don i rummen. Önskat börvärde fastställs.

Åtgärdens varaktighet: 10 år.

4.6.2 Flödesbalansering

Åtgärds kod: Ventilation 7.

Åtgärds beskrivning: Det är alltid viktigt att luftflödena i systemet är balanserade på rätt sätt. I frånluftssystem är det alltid undertryck vilket säkerställer att fukttransporten går rätt väg. Även från- och tilluftssystem balanseras ofta med ett visst undertryck på grund av detta. Med tiden finns dock stor risk för att flödesbalansen förändras i balanserade system t.ex. då filter sätts igen.

Kalkyleringsmodell energibesparing: Ökad verkningsgrad återvinning Eff_{HE} enligt ekvation 6 kapitel 3. Se vidare TC156 WG7 WI 19.

Åtgärds kostnad: < 2 000 kr.

Inventeringsmetodik: Mät luftflöden.

Åtgärdens varaktighet: 1–5 år.

4.7 Kombinerade åtgärder

Vissa åtgärder kan med fördel kombineras som exempelvis behovsanpassning och flödesreglering baserat på utetemperatur. Att exempelvis kombinera detta med värmeåtervinning är troligen inte ekonomiskt försvarbart även om energianvändningen skulle bli mycket låg. Den optimala installationen är den som medför lägsta LCC kostnad, det vill säga lägsta installationskostnad och driftkostnad i förhållande till energianvändning.

Att installera behovsanpassad ventilation i ett system med frånluft eller självdrag kommer att förbättra termiskt klimat och komfort. För effektiv forcering i kök och badrum krävs i många fall tryckreglering. Används tryckreglering bör trycket även kompenseras för variationer i utetemperatur, men ger också bättre förutsättningar för ökad behovsanpassning som exempelvis bortafunktion.

Bland kombinerade åtgärder kan följande punkter ingå:

- installation av frånluftfläkt avsedd för varvtalsreglering
- reglerutrustning för styrning av fläktens varvtal
- utrustning i våtutrymme för forcering vid fuktbelastning
- uteluftsventiler i sovrum och vardagsrum med erforderlig kapacitet med termostat/vindskydd
- bra överluftsfunktion vid dörrar till sovrum, bad, dusch.

I gynnsamma situationer kan anordning för bortafunktion ingå, till exempel i småhus.

Kökskåpa/köksfläkt med timer för forcering är ett bra exempel på förbättrad funktion och bör därför ingå, men som inte i sig innebär en energibesparing om ventilationsflödet kunnat sänkas till hygienluftflöde redan med övriga åtgärder.

Åtgärds kostnaderna från dessa kombinerade åtgärder kan hämtas dels från tabell 4.3 och dels från tabell 4.5

Energi besparingen beräknas med hjälp av redan tidigare redovisad metodik.

Ett exempel på mycket långt driven kombination av åtgärder finns beskrivet i projektet, ”Hybridventilation för flerbostadshus” (RESHYVENT).

Åtgärd	Komponent	Installation	Totalt
Forcering i kök	1 000–2 500 kr	1 000–2 500 kr	2 000–5 000 kr
Forcering i våtutrymmen	500–1 500 kr	500–1 500 kr	1 000–3 000 kr
Uteluftsventiler (3 st)	100*–1 500 kr	500–1 500 kr	1 000–3 000 kr
Bra överluftsfunction		500–1 000 kr	500–1 000 kr
Anordning för bortafunktion	200–500	800–1 500 kr	1 000–2 000 kr
Tätning åtgärder		500–1 000 kr	500–1 000 kr
Summa	1 700–6 000 kr	3 800–8 000 kr	5 500–14 000 kr

*Avser borstlist

Tabell 4.5. Kompletterande åtgärder i bostaden.

4.8 Villkorade åtgärder

Behandlar injustering, tillförsel av uteluft, kanalsystemets utformning, klimatskärmens täthet och byggnadens utsattethet för vindpåverkan.

Injustering

Boverkets förslag till byggregler innehåller inte längre minkrav på frånluftsflöden, bad, kök etc. För småhus/lägenheter, under 70 m², har tidigare de summerade frånluftsflödena varit > 0,35 l/s, m² vilket har resulterat i besvärande höga luftflöden genom få tilluftsventiler i små lägenheter. Nu finns möjligheten att ”projektera om” luftflödena så länge en god luftkvalité upprätthålls och samtidigt spara energi. Energianvändningen påverkas proportionellt mot flödesändringen.

Det är särskilt viktigt att luftflödena är rätt insturerade om man ska ha någon form av behovsanpassning eller flödesreglering till låga nivåer så att inte delar av bostaden får för lite luft.

Enkäter kan vara ett bra sätt att följa upp miljömässiga konsekvenser av ändrade ventilationsinställningar.

Kostnaderna för att genomföra en insturering i flerbostadshus kan uppskattas till:

F-system: 5 kr/m² lägenhetsyta + 500 kr/frånluftsfläkt.

FTX-system: 8 kr/m² lägenhetsyta + 1 000 kr/aggreat.

För småhusen tillkommer en initialkostnad på 500 kr.

Komplettering eller utbyte av uteluftsdon

Effektiv tillförsel av uteluft innebär att man får rätt luftflöde med rätt temperatur utan att dragproblem uppstår i vistelsezonen. I utsatta vindlägen ökar tilluftsflödet mer än önskat även via tilluftsdonen och kan även medföra genomströmning så varm luft går ut via tilluftsdonen.

Olämpligt placerade och utformade tilluftsdon ger dragproblem och de boende stänger igen donen och åstadkommer obalans i hela systemet. För att säkra bra inneklimat med ”optimerade” luftflöden, minskar toleranserna och kraven på bra utformade detaljer ökar.

Kostnader för effektiva uteluftsdon med väderskydd uppgår till mellan 150 kr och 500 kr per don. Installationen är relativt enkel och uppskattas normalt till cirka 15 minuter per don plus ställtid cirka 1 timme.

I kapitel 6 ges ytterligare information om tilluftsdon.

Tätning av kanalsystem

Tätning av kanalsystem kan vara en nödvändig kompletterande åtgärd, se kapitel 6. Kanaltätning påverkar $C_{ductleak}$, en koefficient som tar hänsyn till läckage i kanaler.

Tätning av läckage i klimatskärm

Läckage genom väggar, tak, fönster m m påverkar luftomsättningen i hög grad, inte minst beroende byggnadens läge med avseende vindpåverkan.

Åtgärden påverkar $C_{leakzone}$, en koefficient som tar hänsyn till läckage i klimatskärm (från en zon). Se delrapport *Klimatskärm*.

5 Inventering

Inventeringsmetodik för ventilation i flerbostadshus och småhus kommer i stora delar att vara likartade, men det finns några viktiga skillnader i grundförutsättningar:

- OVK-förordningen gäller inte för en- och tvåfamiljshus utom vid idrifttagning av ny anläggning.
- Standardiserade enkäter kan inte användas i småhus. Bedömning av risker för miljön måste göras av sakkunnig.

Metodik

För inventeringen förutsätts en beskrivning av byggnadens installationer och byggnadsdelar med en standardiserad struktur för databashantering enligt FI2.

Som grund för värdering av ventilationssystemet måste systemet beskrivas. I beskrivningen ingår identifikation av byggnadens ventilationssystem med dess delsystem, systemtyp samt platsutrustning som exempelvis fläkt, motor, batterier. För flerbostadshus ingår dessutom ofta en beskrivning av betjäningsutrymmen/zoner för olika delsystem samt systemdokumentation. Dessa beskrivningspunkter ingår i huvudsak i den obligatoriska ventilationskontrollen (OVK). Det är däremot nödvändigt att specificera hur data ska se ut och i vissa fall göra kompletteringar exempelvis för betjäningsutrymmen. I OVK-sammanhang identifieras endast betjäningsutrymmen men

måste/bör här även beskrivas med avseende på area, egenkap, antal lägenheter etc, se avsnitt 5.3.

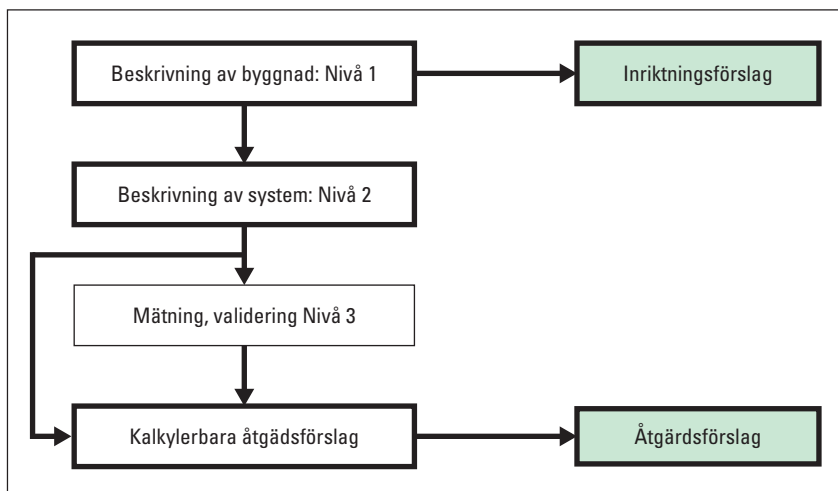
Beskrivning av system Nivå 2

Den fysiska beskrivningen är en inventering av hur systemet ser ut, vilka komponenter som finns. Systemet ger vissa förutsättningar men som nödvändigtvis inte utnyttjas. Exempelvis använder man kanske aldrig möjligheten till tidsstyrning eller flödesreglering som finns inbyggt i systemet. Det kan också vara så att anläggningen är över/underdimensionerad för aktuell driftsituation. Resultatet från denna beskrivning kan värderas som ett underlag för eventuella åtgärder.

Inventerade data från den fysiska beskrivningen kan också användas som indata för schablonberäkning av den ”ideala” byggnaden. Detta ger förutsättningar för en enklare inventering och lägre krav på den personal som ska utföra inventeringen. I kommande arbete bör metodiken med dessa utgångspunkter kunna utvecklas vidare, liksom möjligheterna att energiklassa systemdelen ventilation.

Vid ideala förhållanden utnyttjas de fysiska resurserna helt men verkligheten ser oftast annorlunda ut på grund av bristande kompetens, brister i utförande, m m.

Med en mer detaljerad inventering på komponentnivå kan även andra bedömningar göras utifrån kunskap om



Figur 5.1 beskriver principen för modellstruktur där varje nivå kan generera utdata för värdering eller indata till ett beräkningsprogram.

exempelvis tillverkningsår, åtkomlighet mm. Denna utökade information bör vara möjlig att samla in på ett rationellt sätt vid inventeringen för att kunna värdera hur väl fläkten är konfigurerad/installerad. Detta kräver expertbedömning. Vid besiktningen ska alltså uppgiften vara att identifiera besparingspotentialer för bättre fläktdrift och intressera husägaren för att gå vidare med åtgärder.

Verifiering av funktion Nivå 3

Om en nyproducerad byggnad inte uppfyller angivna energikrav, ska det vara möjligt med en uppföljning av funktion på delsystem och komponenter. Dessa funktioner ska vara möjliga att verifiera/mäta i färdig anläggning, så långt detta är möjligt. Hur mätning och verifiering ska gå till finns beskrivet i ett flertal dokument.

5.1 Checklista för åtgärder

Översiktligt kan potentialen för åtgärder bedömas med hjälp av en checklista enligt följande tabell. De olika posterna i tabellen beskrivs i avsnittet åtgärder.

	Finns	Finns ej
Godkänd OVK		
Effektiv fläktdrift		
Låga tryckfall, <100 Pa		
Varvtalsreglering		
Effektiv köksforcering		
Forcering våtutrymmen		
Behovsanpassning av ventilation i biutrymmen		
Utetemperatur kompensering av luftflöde		
Värmeåtervinning >80 procent		
Värmeåtervinning >50–80 procent		
Värmeåtervinning >50 procent		
Frånluftsvärmepump		
Flödesbalans ($Q_{\text{suppl}}/Q_{\text{exhaust}} = 0,9–1,0$)		
Skötselanvisningar		
Datoriserad övervakning och/eller reglering		
Genomförd injustering, <10 år		
Effektiva ventilationsdon		
Tätt kanalsystem		

Tabell 5.1 Åtgärdslista för ventilation.

5.2 Luftflöden i självdragshus

Att mäta luftflöden i ett självdragssystem vid ett enstaka tillfälle är ingen bra metod eftersom bland annat vindförhållanden och utetemperaturer spelar stor roll. Det kan möjligen ge en indikation om luftflödena är högre eller lägre än normalt.

Schablonvärdet för självdragsflöde i småhus är 0,23 l/s, m² (se tabell 2.2) och i flerbostadshus 0,33 l/s, m².

Utifrån besiktningsmannens erfarenheter kan sedan detta värde justeras upp eller ner beroende på inre och yttre förutsättningar som:

- byggnadens höjd
- byggnadens läge med avseende på vindpåverkan
- klimatskalets täthet
- antal och typ av don
- tryckfall över frånluftskanaler
- lukt- och fuktupplevelser ("instängt").

I äldre byggnader med ett ventilationssystem där systemet är beroende av skorstenseffekter med varma rökgaskanaler och panna ersatts med värmepump eller elvärme finns risk för försämrade luftflöden, liksom i byggnader där eldstäder och äldre kanaler satts igen.

Otåta byggnader i utsatta lägen kan ha väsentligt högre luftflöden, 0,4–0,5 l/s, m².

Beräkningsanvisningar för dimensionering av självdrag i nya byggnader ges i Boverkets handbok *Självdragsventilation*. Enligt dessa anvisningar krävs en total kanalarea på 350 cm² för att ge cirka 22 l/s, dvs. motsvarande ett normflöde för en bostad på 63 m².

I byggnader med undermålig ventilation påverkar de boende verklig luftomsättning genom sitt vädringsbeteende.

Vid besiktningen antecknar besiktningsmannen antal våningsplan över mark, vindläge, antal och typ av don samt typ av kanalsystem och total kanalarea. Uppgifter om klimatskalets täthet ges av instruktioner i kapitlet *Klimatskärm*.

5.3 Besiktning småhus

5.3.1 Besiktningsmoment

Genomgång dokumentation

Tekniskt underlag, information till brukare, skötselinstruktioner ger god uppfattning och systemets förutsättningar för effektiv energianvändning.

Tidsåtgång cirka 5 minuter förutsatt att dokumentation finns.

Byggnadens luftomsättning

Luftflöden hämtas från OVK-protokoll.

För självdragssystem uppskattas luftflödet enligt avsnitt 5.2.

I mekaniska ventilationssystem mäts luftflödet över don vid besiktningstillfället.

Besiktningsmannen mäter och bedömer även luftflöden till biutrymmen som garage, förråd etc.

Luftläckage över klimatskalet uppskattas enligt anvisningar i kapitlet *Klimatskärm*, avsnitt 3.3.

Lufttransport – SFP

Se tekniska handlingar eller den uppskattning av SFP för befintliga system som ges i 3.2 och 3.3.

Tidsåtgång cirka 5 minuter.

Behovsanpassning

Undersökning om det finns någon typ av behovsanpassning, samt typ:

- styrning/reglering av luftflödet baserat på utomhustemperatur
- tryck- och flödesreglering baserat på utomhustemperatur
- köksforcering
- tidsstyrning
- närvarostyrning
- bortafunktion.

Samt:

- antal personer
- tid i bostaden.

Som ett resultat erhålls koefficienten C_{use} enligt kapitel 3.

Tidsåtgång cirka 5 minuter.

Värmeåtervinning

Undersökning om det finns värmeåtervinning och vilken typ:

- värmeväxling luft/luft
- värmepump.

Hjälptabeller med definierade koefficienter för de olika alternativen behöver tas fram.

Tidsåtgång cirka 5 minuter.

Drift- och underhåll

Se ”genomgång dokumentation”.

Sammanställning resultat

Bedömning av total tid: cirka 30 minuter beroende på systemets komplexitet, ”expertstöd” och tillgängligt underlag.

5.3.2 Expertstöd

För att arbetet ska kunna utföras rationellt behövs effektiva hjälpmedel som protokoll och databaser. Expertstöd som exempelvis för valda alternativ för bedömning om en fläkt är bra eller dålig integreras i databasen. Utväxling/export av data enligt FI2.

Kompetenskrav

Kunskap om deklarationen, mätteknik, användning av databaser etc.

Utbildningsbehov: En till två dagar.

5.4 Besiktning flerbostadshus

För flerbostadshus föreslås att hela besiktningsdelen överförs och ingår som ett tillägg i OVK-besiktningen.

Eftersom OVK-besiktningen sker tätare än energideklarationerna så behöver inte energitillägget i OVK ske annat än i samband med energideklareringen.

Förslaget till ändrade OVK-rutiner beskrivs i huvudrapporten Energideklarering i bostäder.

I den här underlagsrapporten redovisas vad ventilationsbesiktningen ska innehålla när den genomförs i samband med OVK.

Observera dock att OVK-besiktningsmannen beskriver och värderar befintlig anläggning, medan det är den oberoende energiexperten som ansvarar för de förslag på åtgärder som ska presenteras. Det underlättar självklart om detta är samma person och samma tillfälle (samordnad besiktning), men ska kunna utföras separat och oberoende av varandra.

Om OVK-besiktningen inte inkluderar energiavsnittet förutsätts att detta hanteras av energiexperten på annat sätt.

5.4.1 Komplettering OVK-besiktning

I förordningen om funktionskontroll har ändringar införts november 2006. När en besiktning görs ska också åtgärder som kan förbättra energihushållningen anges i besiktningsprotokollet, liksom uppgifter om luftflöden, drifttider och installerad eleffekt.

Luftflöden**1. Mekanisk ventilation**

Huvudflöden tas fram med hjälp av mätning av totalflöden via luftbehandlingsaggregatet eller beräkning baserat på minst 20 procent delflödesmätningar.

Uppmätt flöde över don ska i energiberäkningen kompenseras för termisk påverkan, vind, täthet, tryckfall och dontyp (sker inte idag).

2. Självdrag

För självdragssystem baseras bedömningen på underlaget i 5.2

Statiska tryck

För bedömning av energiprestanda dokumenteras:

- statiskt tryckökning över fläkt
- statiskt tryckfall över kanalsystem.

Inom ramen för OVK:n ska enligt FUNKIS rekommendationer tryckfall över komponenter mätas som underlag för bedömning av funktion.

SFP

Hämtas från teknisk dokumentation, eller uppskattas utifrån hjälptabell 3.2 och 3.3.

Värdet kan också beräknas utifrån motoreffekter på motor och systemens luftflöden.

Även tryckfall i systemet och en uppskattning av fläktens/fläktarnas verkningsgrad kan vara en metod. Tryckfall för kanalsystem erhålls enligt bedömning ovan. Fläktarnas verkningsgrad kan hämtas från hjälptabell.

SFP-värdet beräknas i så fall genom

$$SFP = \text{Totalt tryckfall} / \text{verkningsgrad}$$

Värmeåtervinning

Värmeåtervinningens funktion mäts eller bedöms.

Mätning

Mätning utförs under uppvärmningsperiod under tid då återvinningen utnyttjas fullt.

Misstänks bristande kanalisering kan även kanal-förluster mätas vid låga utetemperaturer genom att jämföra temperaturer vid aggregat och i lägenheter

En handling i hur mätning av verkningsgrad ska utföras bör tas fram.

Bedömning

Verkningsgraden bedöms med en hjälptabell utifrån:

- växlartyp
- kanalisering
- status drift- och skötsel.

Uppgifter tas fram i samband med kontroll av system och komponenter och erhålls från befintligt dokumentation. Om uppgifterna måste tas fram okulärt bedöms tidsåtgången till 10 minuter per system.

Tilluftstemperatur i rum

Börvärdet på tilluftstemperaturen kan ofta sänkas vilket direkt påverkar energianvändningen.

Mätning av temperatur vid tilluftsdon bör göras om det finns värmeåtervinning med eftervärmare. Kan endast utföras under uppvärmningsperiod då det finns behov av tillskottsvärme till tilluft.

Bedömd tidsåtgång <5 minuter per lägenhet som provas.

Flöden från biutrymmen

Mätning eller bedömning av flöden från biutrymmen som garage, förråd etc.

I vissa fall kan andelen biutrymmen vara stora och om dessa ventileras med 0,35 l/m² eller mer kan energianvändningen påverkas. Man bör då undersöka möjligheterna för behovsanpassning av ventilation till biutrymmena. Om möjligt mäts dessa flöden men det kan vara svårt.

Ingår i OVK besiktningen.

Kontroll energistatus system/komponenter

Uppgifter om komponenter tas fram som underlag för bedömning av kvarvarande tekniska livslängd, energiprestanda och eventuella åtgärdsförslag.

- fläkt- och motortyp, märkeffekter, tillverkningsår
- maxkapacitet huvudfläkt
- värmeväxlartyp, tillverkningsår
- åtkomst för service
- åtkomst för utbyte till nytt aggregat (lämplig placering)
- status, drift&underhållsinstruktioner, teknisk dokumentation (ingår i OVK)
- typ av överordnat system och anslutningsmöjligheter för nya funktioner I/O enheter.

Kontroll utförs genom att läsa av märkplåtar eller med hjälp av befintlig dokumentation.

Bedömd tidsåtgång 10 till 15 minuter per luftbehandlingssystem.

I lägenheter

Kontroll av antal don per lägenhet och om donen stängts/satts igen av brukaren.

Ingår i OVK besiktningen.

Tillkommande kontroll: tillufttemperatur under uppvärmningssäsong.

Total besiktningstid

Total extra tidsåtgång för byggnad med 20 lägenheter bedöms vara mellan 30 och 40 minuter och upp till en timme för byggnader med värmeåtervinning. Denna bedömning bygger på att nödvändig dokumentation finns tillgänglig

5.4.2 Expertstöd**Exportering av data från OVK-besiktning**

Viss information som redan idag tas fram i OVK-besiktningen är relevant för energideklarationen som exempelvis:

- godkänd/ej godkänd
- skäl till eventuellt underkännande, (låga flöden, styr-, reglerfunktioner, avvikelser bör/ärvärde)
- anmärkningar på don, kanalisering som påverkar flöde, tryckfall
- status på drift- och underhållsinstruktioner, teknisk dokumentation.

Dessa uppgifter ska kunna "exporteras" till databas för energideklarationerna. Utväxling/export av data bör ske enligt FI2.

För att arbetet enligt föreslagna besiktningspunkter ska kunna utföras rationellt bör befintliga hjälpmedel som protokoll och databas kompletteras/tas fram.

Kompetenskrav

Kompletterande kunskap om deklaration, mätning m m för OVK besiktningsmän med K-behörighet. I den mån besiktningsmannen även ska vara certifierad energiexpert kompletteras besiktningsmannens kompetens på andra aktuella områden som belysning, klimatskärm och värme-system.

Bedömd tidsåtgång för utbildningsinsatser 4 timmar till 8 timmar.

6 Underlagsmaterial

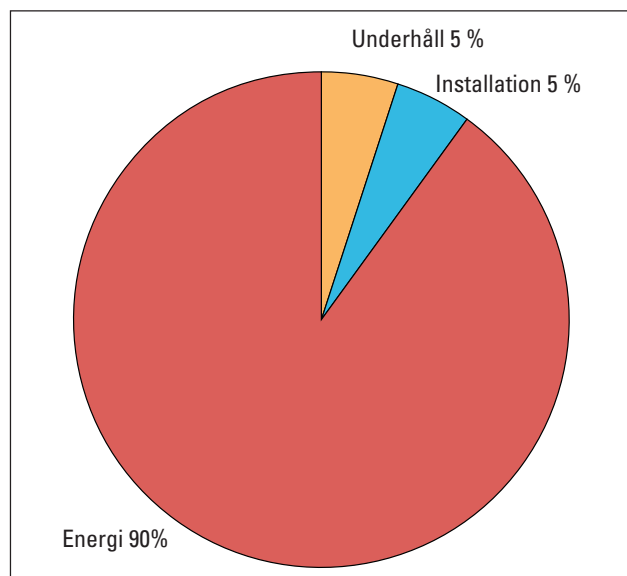
6.1 Byte av fläkt

Utslitna eller feldimensionerade fläktar ska bytas eller renoveras. Det medför minskat service- och energibehov. Normalt väljs en varvtalsreglerad fläkt med bakåtböjda skovlar, B-hjul, som höjer verkningsgraden, underlättar injustering och skapar bra förutsättningar för flödesreglering. Moderna fläktar med B-hjul har ofta ett brett arbetsområde och ett byte från fläktar med framåtböjda skovlar kan vara en bra åtgärd.

Byte till effektivare fläktdrift är inte alltid en möjlighet utan andra systemförändringar eller kompletterande reglerutrustningar och bör då ske som paketlösning med dessa.

För småhus är utbudet av effektivare fläktar för placering bakom ”kryddhyllan” begränsat och normalt finns B-hjulsfläktar endast för placering på vind eller tak. EC-motordrivna fläktar är under introduktion med inledningsvis begränsat utbud.

Då energikostnader kan utgöra upp till 90 procent av LCC-kostnaden för en fläkt innebär detta att besparingspotentialen för åtgärder för effektivare fläktdrift är stor. Befintliga fläktar i ventilationssystemen är ofta i mycket skiftande kondition och inför ett utbyte ska man alltid välja en så effektiv fläkt som möjligt.



Figur 6.1 visar ett exempel på livscykelkostnad för en fläkt med kontinuerlig drift och 15 års livslängd.

För att uppnå optimala driftdata måste fläkten vara rätt anpassad till systemets tryckfall. Då de verkliga tryckfallen ofta avviker från de beräknade kan fläktens verkningsgrad därför vara låg, oavsett fläkttyp. Verkningsgraden för att transportera luften påverkas också av fläktens anslutning till kanalsystemet. Det ideala vore om man i befintliga system kan mäta tryckfall och luftflöde innan en fläkt väljs. Detta är möjligt i samband med en besiktning eller en funktionskontroll.

En takfläkt är ofta en praktisk och ”billig” lösning. Särskilt då befintliga frånluftaggregat är placerade på trånga och svåråtkomliga vindar kan det vara motiverat att placera fläkten på taket. Här har takfläkten en given tillämpning. Man bör dock vara observant på att en takfläkt på grund av systemtekniska orsaker (liggande B-hjul, ändrad luftriktning, aerodynamiska förluster) aldrig kan bli lika effektiv som en modern enkelsugande eller dubbelsugande radialfläkt.

För fläktdrift används nästan uteslutande så kallade kortslutna asynkronmotorer. Verkningsgraden varierar mellan 60 till 90 procent beroende på storlek, men skiljer inte nämnvärt mellan olika fabrikat. Om motorerna är mycket överdimensionerade försämras verkningsgraden. Mätningar på fläktnotorer visar att de flesta är överdimensionerade.

EC-motorn – elektroniskt kommuterbar motor (borstlös likströmsmotor) ger upp till 10–15 procent-enheter högre totalverkningsgrad jämfört med en konventionell asynkronmotor. Motorn kan varvtalsregleras med en inbyggd kommuteringsenhet som enkelt kan styras med en 0–10 V DC-signal ifrån separat regulator eller DUC. Denna motortyp har blivit allt vanligare i ventilationsanläggningar efter en lite trög start med en del ljudproblem.

Inventering

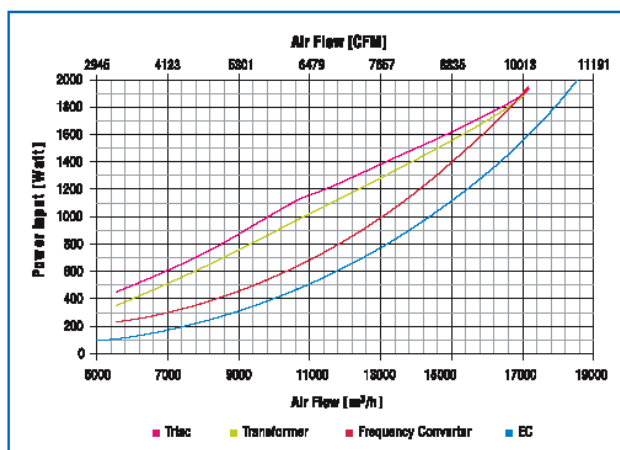
- Fläktens status och ålder.
- Luft flöde baserat på byggnadsarea och användning.
- Luftflöde och statisk tryckuppsättning mäts över fläkt i samband med OVK eller för småhus av besiktningsman och enligt vedertagna mätmetoder.
- Märkdata på fläkt och motor.

- Dimensioner på kanalanslutningar, inbyggnadsmått (småhus).
- Åtkomlighet och utrymme (foto).
- Kontrollera behovet av luftflöde och möjligheter till behovsanpassning.

Varvtalsreglering

I system med flödesreglering måste fläkt/motor arbeta vid varierande varvtal och last. För en standard asynkronmotor med eller utan integrerad frekvensomriktare inträffar en reducering av verkningsgraden i nedreglerade lägen. Varvtalsreglering av dessa sker med alternativen spänningsreglering eller med frekvensomriktare, där det senare alternativet ger högre verkningsgrad, men innebär en högre investeringskostnad.

Med en EC-motor är denna reducering liten. Tekniken ger en hög verkningsgrad och därmed en låg elförbrukning även i nedreglerade lägen vilket är viktigt vid exempelvis behovsanpassad ventilation. Vid nominellt varvtal och last har motorn cirka 90 procents verkningsgrad även i låga effektområden (0,18–0,75 kW). En standardmotor har en verkningsgrad på 60–70 procent, en skillnad på mellan 30–50 procent. I nedreglerat läge blir skillnaden alltså ännu större.



Figur 6.2 visar effektbehov i förhållande till flöde för olika typer av reglertekniker. Källa: www.ebmpapst.us.

Låga tryckfall

Tryckfall i befintliga system är svåra att påverka förutom för filter och i samband med större ombyggnader. Inför en ombyggnad då ventilationsaggregat eventuellt ska bytas ut eller då kanalsystemet ska kompletteras eller ändras bör tryckförhållandena i systemet beaktas.

Vid val av aggregatstorlek bör man alltid göra en LCC-kalkyl för ett par storlekar på aggregat för att bedöma hur mycket energikostnaden påverkar de totala kostnaderna.

En stor del av elbehovet för fläktdriften – ibland upp till 30 procent – orsakas av tryckfallet över luftfiltren. Det är viktigt tryckfallet över filter är så låga som möjligt utan att göra avkall på filtrets avskiljningsgrad. Med bra filter (minst EU7) och täta filterhållare så slipper man dessutom

dyr rengöring av tilluftskanaler och risk för igensatta värme- och återvinningsbatterier i luftbehandlingsaggregatet.

6.2 Behovsanpassad ventilation

En förutsättning för behovsanpassning är att luftflödet kan varieras. Automatisk behovsanpassning innebär att ventilationen styrs eller regleras med hjälp av till exempel CO₂-, luftfuktighets-, lufttemperatur- och/eller närvarogivare i vistelsezonen.

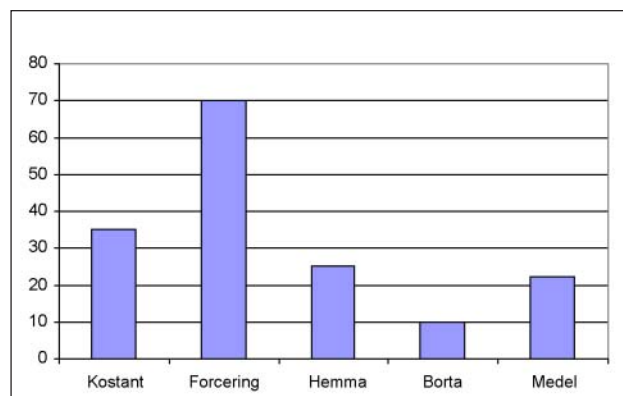
Manuell behovsanpassning är till exempel forcering i kök eller våtutrymmen.

Ventilationen kan också stängas av när ingen är hemma, så kallad "bortafunktion". Ventilationen i våtutrymmen styrs av den relativa luftfuktigheten och förhindrar sänkt ventilation om fuktnivån är hög och när ingen är hemma.

I nuvarande BBR anges storlek på frånluftsflöde från olika utrymmen för att uppfylla kravet på att föroreningar ska föras bort. Däremot anges inga rekommendationer för frånluftsdimensioneringen i förslaget till nya byggregler, men väl att en bra luftkvalitet ska säkras.

Ska luftflödet kunna sänkas till cirka 0,10 l/s, m² då ingen är hemma, krävs att emissioner från byggnadsmaterial och inredning minimeras, vilket kan vara ett problem den första perioden vid nyproduktion.

Vid så låga luftflöden kommer tryckfallen i systemet bli så låga att en genomtänkt flödesreglering är nödvändig. I annat fall kommer de termiska drivkrafterna ta över och höja luftflödet.



Figur 6.3 visar exempel på behovsanpassad ventilation i en bostad där medelluftflödet under året reducerats till drygt 20 l/s från 35 l/s samtidigt som full forceringskapacitet på 70 l/s utnyttjas 100 timmar per år.

Om det finns utrustning för flödesreglering kan denna kompletteras med strömställare vid ytterdörr eller annan strategisk punkt. I så kallade hybridssystem, med självdrag kombinerat med mekanisk ventilation, kan man överväga att helt enkelt stänga av fläkten när man är borta vintertid. Risk för fuktöverskott vid tvätt och tork bör dock beaktas (fuktgivare, information etc.).

För att minimera kostnaden bör åtgärden genomföras i

samband med andra åtgärder. Installation av enkel strömställare kostar från cirka 1 000 kr per lägenhet.

Styrutrustning för att möjliggöra hel/halvfart i småhus kostar från cirka 5 000 kr.

Sparpotentialen för behovsanpassning är starkt relaterad till hur bostaden används, vilket naturligtvis måste ligga till grund för vilka åtgärder som ska utföras. Samtidigt kan det vara ett egenvärde att ha ett flexibelt system då användningen av bostaden sannolikt kommer att förändras under anläggningen tekniska livslängd.

Om luftomsättningen minskar med 20 procent minskar användningen av köpt energi för uppvärmning med upp till cirka 8 kWh/m² och år motsvarande 600 kr/år för en lägenhet på 100 m².

Kostnaderna för behovsanpassning varierar kraftigt beroende på anläggningens förutsättningar och status. För småhus bedöms kostnaderna från cirka 5 000 kr för den enklaste lösningen med minskat flöde när man är borta och upp mot 15 000 kr för en mer komplett lösning.

För flerbostadshus krävs oftast mer komplicerade installationer samtidigt som luftbehandlingsaggregaten normalt sett betjänar fler lägenheter. De högre kostnaderna uppvägs mot större besparingspotential. Här tillkommer dock problemet med att en bortafunktion sannolikt förutsätter kostnadsincitament genom fördelningsmätning av värme.

Köksforcering

Effektiv forcering av luft vid matlagning gör det möjligt att reducera luftflöde från kök under stor del av året, vilket är intressant om genomsnittsflödet överstiger hygienluftflödet.

Forceringen kan göras med separat spisfläkt med kåpa eller med spjällanordning i spiskåpa eller don ovanför spis. Används spjäll är det en fördel om det finns tryckreglering i systemet som kan öka flödet när forcerings-spjället öppnas. Utan tryckreglering begränsas forceringskapaciteten.

Med central fläkt och tryckreglering sätts hela kanalsystemet under tryck vilket kräver ett någorlunda tätt kanalsystem. Denna lösning är problematisk i äldre byggnader med murade kanaler (se avsnitt "Villkorade åtgärder"). Att täta kanaler kan vara besvärligt. En lösning kan vara en kombination av spisfläkt och central fläkt med tryckreglering där undertrycket i kanalsystem kan kontrolleras. Är kanalsystemet utfört med exempelvis "plåtkanaler" och klarar trycksättning kan separat spisfläkt i lägenhet användas.

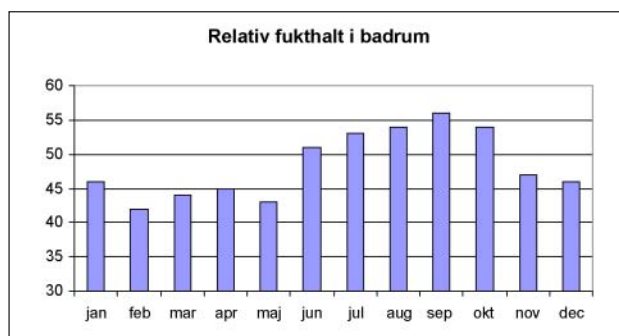
Effektiviteten beror på flödeskapacitet och osuppfångningsförmåga. Osuppfångningsförmåga kan betraktas som en verkningsgrad för spiskåpan med eller utan fläkt. Osuppfångningsförmågan kan variera kraftigt och påverkas i stor utsträckning av filtrens kondition. En ny ren effektiv fläkt har osuppfångningsförmåga över 90 procent. En dålig spisfläkt kan ha osuppfångningsförmåga under

20 procent. Det betyder att drifttiden för forcering ökar i relation till osuppfångningsförmågan.

Kostnaden för spisfläkt och installation kan uppgå till mellan 2 000 kr och 5 000 kr. Här finns ett stort urval och kostnaden kan vara betydligt högre för speciallösningar.

Forcering våtutrymmen

Luftflöde till våtutrymmen dimensioneras normalt till 15 l/s enligt gällande normer. Detta ger, tillsammans med övrig ventilation från kök mm, ofta ett högt grundflöde för hela bostaden eller lägenheten då inte våtutrymmena belastas. På samma sätt som för köksforcerad behovsanpassning finns här en möjlighet att sänka luftflödet ner till hygienluftflöde i bostäder med högre luftflöden. Samtidigt kan flödena behöva ökas under sensommar och tidig höst då den relativa fukthalten kan vara hög med ökad risk för mögel och fuktskador vilket alltså medger en förbättrad ventilationslösning.



Figur 6.4 visar ett års uppmätta månadsmedelvärden från 4 badrum i ett bostadsområde utanför Göteborg. Under hela vinterhalvåret ligger den relativa fukthalten under 50 procent. Källa: Engvall 1996.

Det finns olika tekniska lösningar för forcering av luft i våtutrymmen. Den allra enklaste lösningen är separat fläkt med manuell på/av knapp med timer. Finns inte inbyggd timerfunktion i fläkten kan den vanliga strömställaren i våtutrymmet ersättas med en ny med inbyggd timerfunktion.

Finns kapacitet i systemet för spjällreglering kan detta vara en lösning. I många 70-talshus finns dessa lösningar ofta med bristande funktion.

Det finns även automatiska anordningar för forcering i våtutrymmen, där den enklaste är mekanisk utan behov av kabeldragning för matning eller kommunikation.

Kostnaden för installation av forcering i våtutrymmen utöver system för tryckreglering bedöms till mellan 1 000 kr och 3 000 kr som enskild åtgärd.

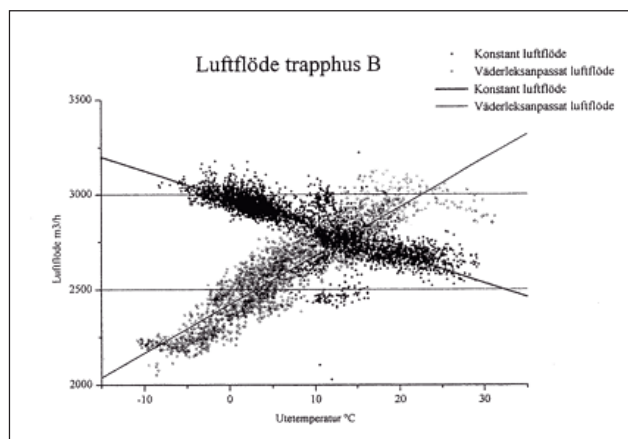
Flödesreglering

C_{cont} är en koefficient som tar hänsyn till aktuellt flöde i förhållande till dimensionerat flöde och påverkas av styr/reglerstrategi och yttre förhållanden som exempelvis termiska drivkrafter.

Tryckreglering

Ett vanligt sätt att behovsreglera luftflöden är med hjälp av tryckreglering. Om det finns utrustning för forcering av luftflöden från exempelvis våtutrymmen och kök kan det statiska undertrycket i frånluftskanalen regleras för att uppnå effektiv forcering. En tryckgivare i kanalsystemet registrerar det statiska trycket och med hjälp av en reglerfunktion kan det statiska trycket hållas konstant. Öppnas ett spjäll i systemet sjunker det statiska trycket och fläktens varvtal/luftflödet ökar för att bibehålla det förinställda statiska trycket.

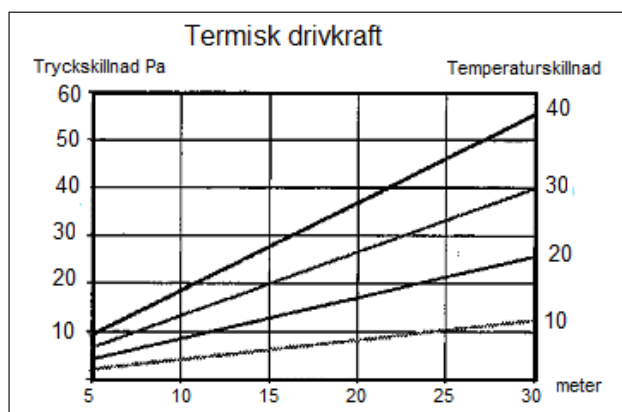
I frånluftssystem med låga tryckfall kommer de termiska drivkrafterna under vinterhalvåret att reducera det statiska tryckfallet i systemet och i princip fungera på motsvarande sätt som ett forceringsspjäll. Anläggningens systemkurva kommer att förskjutas neråt och flödet måste därmed ökas för att bibehålla ett konstant undertryck. Vi låga utetemperaturer och höga byggnader kommer luftflödet att öka kraftigt, vilket blir särskilt påtagligt om systemet injusterats vid höga utomhustemperaturer.



Figur 6.5 visar ett års uppmätta timmedelvärden för en frånluftsfäkt i ett bostadsområde i Göteborg med konstant tryckreglering jämfört med temperaturkompenserad/väderleksanpassat luftflöde. Källa: Engvall 1996.

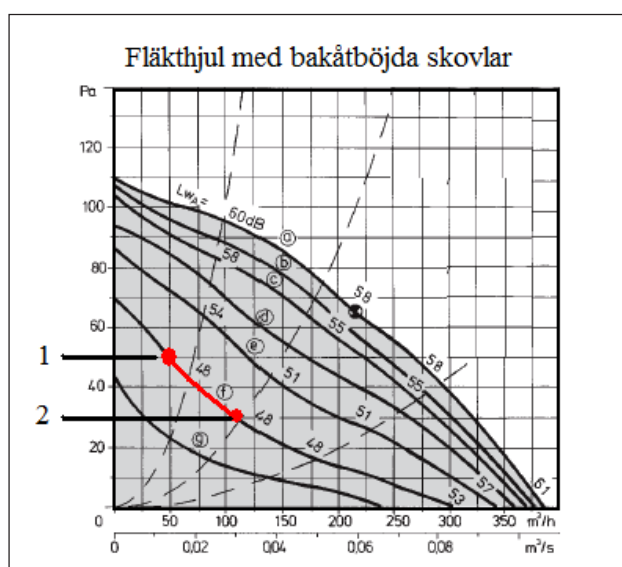
Vid drift med konstant tryckreglering ökar flödet påtagligt vid sjunkande utetemperatur och minskar följaktligen vid ökad temperatur. Vid variabelt flöde är förhållandet det motsatta. Flödet vid konstant tryckhållning ökar cirka 20 procent från utetemperaturen +25 °C till -10 °C. Denna flödesökning är ett mått på den termiska drivkraftens inverkan på luftflödet genom kanalsystemet.

Flödespåverkan uttrycks som C_{cont} , en koefficient som tar hänsyn till beräknat genomsnittligt luftflöde under uppvärmningsperioden i förhållande till dimensionerat flöde. Observera alltså att luftflödet kan vara väsentligt högre under dagar med mycket låga temperaturer och då ge obehag i form av drag och effektpåverkan för tillförsel av värme.



Figur 6.6. Termisk drivkraft som funktion av höjd och temperaturskillnad ute-inne.

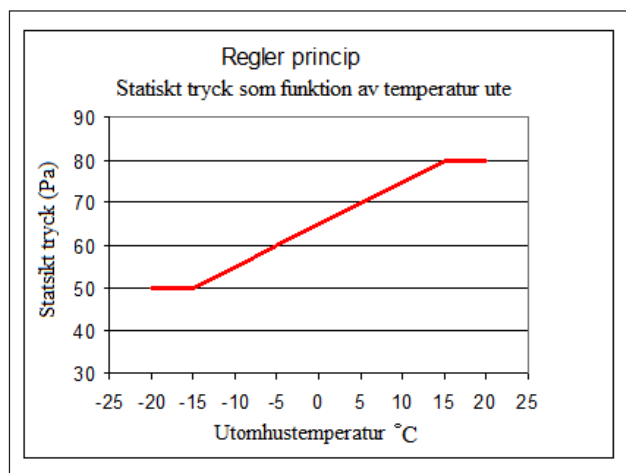
För en byggnad på 25 m med en genomsnittlig temperaturskillnad inne-ute under året på 10 °C kommer tryckfallet över systemet att reduceras med cirka 10 Pa. För ett system med låga tryckfall kan detta medföra en genomsnittlig flödesökning på över 20 procent.



Figur 6.7 visar hur flödet påverkas av tryckförändring i systemet. Om trycket reduceras från 50 Pa (punkt 1) till 30 Pa (punkt 2) kommer flödet att öka från cirka 15 l/s till cirka 30 l/s med konstant varvtal.

Temperaturkompenserad tryckreglering

I system med tryckreglering och låga tryckfall måste alltid börvärdet för det statiska trycket kompenseras för termiska drivkrafter relaterat till aktuell utomhustemperatur och byggnadens höjd (egentligen höjdskillnaden mellan uteluftsintag och punkt för avluft).



Figur 6.8 visar reglerprincipen för "temperatur kompenserad tryckreglering" och "konstant tryckreglering". Skalan på Y-axeln anger börvärdet i procent för det statiskt undertryck före fläkt.

Reglering av luftflödet som görs med hjälp av temperaturkompenserad tryckreglering innebär att börvärdet för det statiska undertrycket före frånluftsfläkten varierar beroende på aktuell utetemperatur enligt en inställd reglerkurva. Flödet kan variera över året med bibehållen forceringsfunktion.

Temperaturkompenserad tryckreglering kallas ibland "våderleksanpassat luftflöde" eller "Seasonal Adapted Ventilation – SAV". De sistnämnda uttrycken behöver dock inte innefatta tryckreglering.

Kostnaderna för installation av temperaturkompenserad tryckreglering baseras på önskat luftflöde, behov av upprustning (ROT eller ny installation), befintligt fläktaggregat och kanalsystemets tryckfall. Flera leverantörer av utrustning för tryck och flödesreglering i bostäder har utvecklat färdiga paket med fläkt, frekvensomriktare och reglerutrustning vilket innebära att installationskostnaderna kan hållas nere.

6.3 Byte av aggregat och fläktar

Värmeåtervinningen erhålls genom att låta den kalla uteluften värmas av varm frånluft med hjälp av värmeväxlare. Det finns olika typer av värmeväxlare och återvinningskapaciteten kan variera inom intervallet cirka 50 procent till cirka 90 procent. De vanligaste typerna av återvinningssystem är roterande värmeväxlare där återvinningen kan regleras steglöst, plattvärmeväxlare samt vätskekopplade värmeväxlare där kanalerna kan var helt skilda från varandra. Aggregatet med plattvärmeväxlare är ofta mindre och mer lättplacerat än rotoraggregatet. Systemen måste ha någon form av by-pass funktion eller reglering av återvinningen så att värmen kan stängas av under sommarperioden.

Med värmeåtervinning kan ventilationsförlusterna hållas mycket låga trots höga luftflöden. Genom att tilluften förvärms kan dragproblem minimeras och det är lättare att uppnå god termisk komfort. Det finns däremot ökad risk

för bakterierillväxt i system med tilluftskanaler särskilt om det samtidigt förekommer fukt i tilluftskanalerna. Fukten kan komma in i systemet utifrån i form av regn, snö eller dimma och medföra igensättning av värmeväxlare och fläktar. Det är mycket viktigt med bra filter med täta filterhållare samt skötsel av dessa. Minst EU7-klass på filter, men med lågt tryckfall (många veck eller påsar = stor filter area)

Alltför långa intervall mellan filterbyten/ rensning av kanalerna medför att luftväxlingen i huset minskar så mycket att det finns risk för fuktskador och hälsoproblem. Det är särskilt viktigt att tilluftskanalerna hålls rena och torra och att det finns luftfilter som förhindrar att damm, löv, små insekter mm kommer in i systemet. Grunden för god skötsel av aggregat för mekanisk från- och tilluftventilation är skötselinstruktionen samt att aggregaten är lätt tillgängliga för skötsel.

För ventilationsaggregaten med roterande växlare kan det uppstå ogynnsamma tryckförhållanden. Om frånluftsfläkten trycker och tilluftsfläkten suger genom rotorn kan frånluft läcka över till tilluften med risk för luktproblem. För att undvika detta placeras ofta fläktarna så att frånluftfläkten suger genom rotorn. En del av uteluften går då direkt via rotorn genom frånluftsfläkten och ut, utan att ha kommit huset tillgodo. Fläktarna utför på så sätt ett onödigt arbete. Den överläckande luften kan i sämsta fall uppgå till 30–50 procent av den nyttiggjorda.

För småhus eller i flerbostadshus där aggregaten är placerade i lägenheten måste skötsel aspekterna beaktas särskilt. Detta gäller bland annat:

- rengöring av värmeväxlaren
- rensning av kanaler
- rengöring av don
- utbyte/rengöring filter.

Inventeringspunkter

Fastställ systemtyp och anläggningens ålder. Bedöm erforderligt flöde baserat på byggnadsarea och användning. Kontrollera om gammal utrustning ska demonteras.

Mer detaljerad inventering: Luftflöde och den statiska tryckuppsättningen över fläkten mäts. Mätning av statisk tryckökning över fläkten kan vara besvärlig. Mätningen bör göras en bit ifrån fläkten där luftströmmen är utjämnad över kanaltvårsnittet. Om man mäter för nära fläktens ut- och inlopp kan mätvärdena bli otillförlitliga. Skriv av märkdata på fläktar och motorer. Mät upp anslutningar och mått till fläktaggregat. Kontrollera transportvägar. Kontrollera möjligheter till behovsanpassning.

Systemkonsekvenser och villkorade åtgärder

Injustering av värme och ventilation. Kontroll av kanaler med avseende på läckage och isolering. Hänsyn tas till yttre och inre ljudpåverkan.

El till fläktdriften kan vara avsevärd och man bör därför se till att tryckfallen i systemet är så låga som möjligt

och att fläktarna är energieffektiva och rätt dimensionerade (se avsnitt 6.1 Byte av fläkt).

Kostnader

Kostnaderna för installation av värmeåtervinning baseras främst på:

- luftflöde
- typ av installationsåtgärd (ROT eller ny installation)
- typ av byggnad
- befintligt kanalsystem och kanallängder
- typ av värmeåtervinning.

Finns ett befintligt kanalsystem för från- och tilluft och god plats för aggregatet kommer kostnaderna att reduceras kraftigt.

Till investeringskostnaden tillkommer drift och skötselkostnader som innefattar rengöring av kanaler och värmeväxlare samt utbyten av filter. För FTX-system gäller kontroll av två fläktar samt filterbyten minst två gånger per år. Vid 24 h drift ska filter bytas två till fyra gånger per år. Kostnad för FTX-system uppgår till cirka 5 000 kr per gång för flerbostadshus motsvarande cirka fyra till sex timmars arbetstid plus filterkostnad för ett småhus utan restider m m. Drift och skötselkostnader för ett F-system beräknas till cirka 2 000 kr per år för flerbostadshus och två till fyra timmar för ett småhus.

6.4 Kompletterande åtgärder

Effektiva tilluftsdon

Effektiv tillförsel av uteluft innebär att man får rätt luftflöde med rätt temperatur utan att dragproblem uppstår i vistelsezonen. Detta påverkar energianvändningen på flera sätt. Om luften tas in på fel sätt så att man får dragproblem är det vanligt att man på olika sätt försöker täta/stänga tillförseln. Detta innebär att luften antingen tar sig in på andra ställen i klimatskärmen och/eller att ventilationen minskar. Funktionen försämras men det innebär inte nödvändigtvis att värmebehovet minskar. Luften kan exempelvis ta sig in via trapphus/entréer istället för sovrum/varagsrum och därmed reducera effekten av ventilationsluften.

Undertempererad luft som tillförs på rätt sätt kan förbättra luftutbyteseffektiviteten och därmed påverka faktorn E_v vid beräkningar. I föreslagna byggregler krävs minst 40 procents luftutbyteseffektivitet. Luftutbyteseffektiviteten förbättras när temperaturskillnaden mellan tilluften och rumsluften ökar. Mindre luftmängd kan klara att ventileras en lägenhet utan försämring av luftkvaliteten jämfört med ett system med förvärmad tilluft.

I system med förvärmad tilluft kan man ”maskera” bristfällig lufttillförsel med ökad förvärmning vilket får en direkt negativ effekt på energibehovet både med avseende på luftutbyteseffektivitet och ökad temperatur.

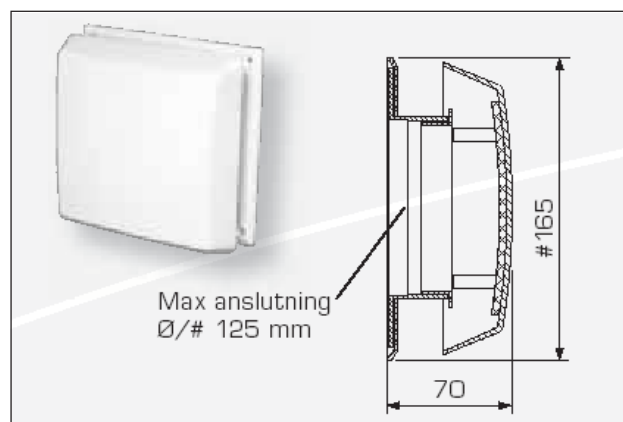
Att ta in uteluften genom väggen utan förvärmning kräver omsorgsfull placering av donet i förhållande till rummets användning. I vissa fall kan det vara lämpligt

med fler don i ett rum vilket gör rummet med flexibelt med avseende på möblering och användning. Det kan också vara en fördel att ta in luften bakom radiatoren för att få viss förvärmning.

De vanligaste uteluftsdonen finns av flera fabrikat och utföranden. Ofta står valet mellan separata uteluftsdon i vägg eller spaltventiler i fönstren. Ett vanlig lösning vid ROT-åtgärder är att ersätta tätningslister i överkant på fönster med borstlister. Många uteluftsdon kan kompletteras med tillbehör som pollenfilter, miljöfilter, stormsäkring eller ljuddämpning. Vid val av don bör man tänka på

- tryckfall
- luftspridning vid don och i rum (påverkar delvis luftutbyteseffektivitet)
- rengöringsmöjligheter
- ljudaspekter
- kondensskydd
- filter
- möjlighet att öppna/stänga
- möjlighet för automatisk styrning.

Om vinden i stor utsträckning påverkar byggnadens energianvändning är det viktigt att överväga åtgärder för att dämpa vindpåverkan. Vissa ytterväggsgaller kan ha en dämpande effekt med det finns även olika produkter som är speciellt utformade för vädskydd. Don med temperaturreglering reagerar även på vindens avkylning.



Figur 6.9 visar ett exempel på vädskydd för uteluftsdon som kan dämpa vindpåverkan och i viss mån även ljud. Skyddet monteras utanpå fasad och finns i olika kulörer.

Det är en fördel att fördela luften på fler ställen vilket minskar kallrasrisken vid varje don. Om det någonstans ändå känns besvärande kan man stänga just den spaltventilen eftersom man har flera andra som delar på luftinläppet. Med effektiv tillförsel av uteluft kan ventilationsluften utnyttjas på ett bättre sätt både med avseende på luftutbyteseffektivitet och genomströmning av byggnadens olika zoner.

Vid inventeringen kontrolleras vilka rum som har don för uteluft, hur donen är placerade och vilken typ av don som används. Man bör också tänka på förutsättningarna för montering med avseende på väggkonstruktion och åt-

komst. Fråga om möjligt de boende om dom anser att donen fungerar bra.

Om borstlist ska användas i överkant på fönster kontrolleras om det finns tätningslist, om fönsterkarma/båge är raka och om det finns plats (minst 3 mm) för borstlist.

Täta kanaler

Beroende på byggnadens ventilationskanaler med avseende på tryckförhållanden finns två typer av system:

Lågtryckssystem

Vanligt i äldre fastigheter byggda före 1960. Undertrycket i kanalerna, dvs. kanaltrycket är lågt, lägre än 100 Pa. Ventilationsvägarna består av väl tilltagna murade eller gjutna kanaler. I den här typen av system är risken för läckage i kanalerna relativt stor.

Mellantryck

Introducerades omkring 1980 och används standardmässigt idag. Undertrycket i kanalerna, dvs. kanaltrycket, ligger mellan 100 och 200 Pa. Ventilationskanalerna består av väl tilltagna så kallade ”spirorör” av stålplåt med gummitätningar. I vissa fall kan kanalerna vara utförda av plastmaterial. Risken för läckage i kanalsystemet är liten.

Högtryck

I flerbostadshus 1960–80 finns även system med höga kanaltryckfall över 200 Pa. Risken för läckage är normalt relativt liten.

Läckageflödet för de olika kanaltyperna beror på vilket undertryck kanalen utsätts för. I ett kanalsystem med stora läckage blir energiförbrukningen högre än för ett tätt eftersom läckflödet tas från värmda utrymmen och inte nyttiggörs för ventilation. Detta har betydelse vid ombyggnad från självdrag till frånluftsventilation då undertrycket ökar. Det finns ett antal olika metoder för tätning av kanaler.

Vid inventering kontrolleras om byggnaden har murade kanaler eller plåt/plastkanaler samt uppskattad ålder.

Finns det dessutom någon form av eldstäder påverkar det ventilationen. Det kan i vissa fall krävas en rökgasfläkt för att säkerställa ett korrekt drag i skorstenen i samband med att åtgärder för effektivisering genomförs.

7 Referenser

- Andersson K, Norlén U, Fagerlund I, Högberg H och Larsson B (1991) Inomhusklimatet i 3 000 svenska bostadshus. ELIB-rapport nr 3, TN:26, Statens institut för byggnadsforskning, Gävle
- Boman CA och Sundberg J (1993) Fallstudier av inomhusklimatet i 90 bostadshus. ELIB-rapport nr 5. Statens institut för byggnadsforskning, Gävle
- Boverket (1995) Småhus, ventilation och funktionskontroll. Informationsskrift
- Boverket (1998) Självdragsventilation. Handbok
- Boverket (1998) Obligatorisk ventilationskontroll Uppföljning och erfarenhetsåterföring, Dnr: B 6087-1686/96 Boverket, Byggnadsnämnden
- Boman C-A (1994) Bostadsbeståndets inomhusklimat, ELIB-rapport nr 7. Statens institut för byggnadsforskning, TN:40, Gävle.
- Dahlberg L Förbättrad ventilation i befintliga småhus (1996) Installation, mätning och analys Byggnadsnämndens anslagsrapport A2:1996
- Ds 1990:14 (1990) Byggnaders inomhusmiljö. Betänkande av arbetsgruppen för frågor som rör s k sjuka hus. Bostadsdepartementet, Stockholm
- Egenkontrollsystem för ventilation (2002) Svenska kommunförbundet
- Elmroth, Arne m fl (1989) Effekter av energisparåtgärder i bostadshus. Byggnadsnämnden Rapport R107:1989
- Engvall K och Norrby C (1992) Upplevt inomhusklimat i Stockholms bostadsbestånd. Utredningsrapport Nr 1992:4, Utrednings- och statistikkontoret, Stockholms stad
- Engvall K, Wickman P, Väderleksanpassad ventilation i bostäder (1996) Byggnadsnämnden Anslagsrapport A5:1996
- Eriksson Bengt (1993) Energisparpotentialer i bostadsbeståndet. Värmebalansmodell, ELIB-rapport nr 8. Statens institut för byggnadsforskning, TN:40, Gävle.
- Fläktförstärkt och styrd självdragsventilation En förstudie Byggnadsnämnden R7:1990
- Hallsted Å, Varsam ombyggnad av ventilationssystem för äldre hus (1994) Byggnadsnämnden rapport R37:1994
- Hallstedt Å (1996) Studier av ombyggnad Självdragsventilation i bostäder J&W proj nr: 803 811
- Hallstedt Å, (1995) Ventilationsguiden för ombyggnad, byggherrens guide för bostadsventilation, Byggnadsnämnden T18:1995
- Johnson B G, Kronvall J, Lindvall T, Wallin A och Weiss-Lindencrona H (1990) Hus och hälsa. Inneklimat och energihushållning. T4:1990, Byggnadsnämnden, Stockholm
- Johnsson Bengt (1980) Att spara energi i flerbostadshus erfarenheter från SABO-företagen i Stockholm.
- Klassindelade luftdistributionssystem (1991), Riktlinjer och specifikationer R2. Svenska inneklimatinstitutet.
- Lindgren S (2000) Bostadsventilation för befintliga flerbostadshus. Slutrapport av teknikupphandlingsprojekt 11816-1, Energimyndigheten
- Metoder för mätning av luftflöden i ventilationsinstallationer (1993) Nordiska ventilationsgruppen (NVG), SIB Byggnadsnämnden T32:1982, Reviderad utgåva 1993
- Orestål U Ventilation förr och nu (1996) En handbok och regelsamling för ventilationskontroll svensk byggtjänst. Dnr: B-142465
- RESHYVENT. Demand controlled ventilation in multi-family buildings. www.aton.se/reshyvent.
- Samuelsson I (1991) Sjuka hus blir friska. Utvärdering av åtgärdsarbetet i kv Dalen, Enskede. Byggnadsnämnden, Rapport R6:1991, Stockholm HB
- Sandberg, E (1991) Eleffektiv ventilation i flerbostadshus. Byggnadsnämnden 1991.
- Sandberg, E () Metoder för energieffektivt byggande.
- Tolstoy N, Borgström M och Nilsson J (1993) Bostadsbeståndets tekniska egenskaper. ELIB-rapport nr 6, Statens institut för byggnadsforskning, Gävle
- Ventilation for buildings (2005) Calculation methods for the determination of air flow rates in buildings including infiltration. CEN/TC 156 WI 00156077
- Åkerblom G, Pettersson B, Rosen B (1990) Radon i bostäder. Markradon. Rapport R85:1988, Byggnadsnämnden, Stockholm

11 Byggnadsautomation

Innehåll		
1	Sammanfattning	90
2	Befintliga system	91
3	Beräkningsmetodik	91
3.1	BA – betydelse för energiprestanda	91
4	Åtgärdsförslag	94
4.1	Datorisering av undercentral	95
4.2	Datorisering av ventilation	95
4.3	Funktion för DHC	96
4.4	Larmhantering och övervakning	97
4.5	Mätning av energi och trendanalys	97
4.6	Intrimning av befintliga reglercentraler	97
4.7	Kostnadsuppskattningar för andra reglerstrategier	98
4.7.1	Värmesystem	98
4.7.2	Ventilationssystem	98
4.7.3	Värmeåtervinning	98
4.7.4	Motorer	98
5	Inventering	99
5.1	Inventeringsmall	99
5.2	Tidsåtgång	103
5.3	Kompetenskrav	103



Ungefär 30 procent av flerbostadshusen uppskattas ha datoriserade system. För större fastighetsägare kan denna siffra vara närmare 50 procent.

1 Sammanfattning

Detta kapitel har tagits fram av Farhad Basiri, Meta Fastighetsadministration AB och redigerats av Eje Sandberg, ATON Teknikkonsult AB.

Kapitlet omfattar metodik för att beräkna effekterna av system för byggnadsautomation och förslag till inventeringsmall.

Fastighetsdrift är enligt AFF:s definitioner åtgärder med ett förväntat intervall mindre än ett år vilka syftar till att upprätthålla funktionen hos ett förvaltningsobjekt och innefattar mediaförsörjning, tillsyn och skötsel. Den funktion som ska upprätthållas är den för tillfället möjliga med hänsyn till slitage, förvaltningsobjektets, inredningens och utrustningens ålder och prestationsförmåga.

Byggnadsautomation, BA, används som ett samlingsnamn för automatisk styrning, reglering och övervakning av system för uppvärmning, ventilation, belysning och markisstyrning.

Här behandlas, i linje med prEN 15232, styr- och reglerfunktioner för värme- och ventilationssystem samt fastighetsdrift. Tyngdpunkten i framställningen ligger på följande huvudavsnitt:

- energisparåtgärder
- besiktning och klassificering av system, funktioner och drift.

De reglertekniska frågor som berör småhus finns beskrivna i kapitlet *Värmesystem*.

2 Befintliga system

Datoriserade system för byggnadsautomation är högst ovanliga i småhus, med undantag från reglercentraler (konventionella och datoriserade) för energieffektiv drift av uppvärmningssystem.

Trots att datoriserade system förekommer allt oftare i flerbostadshus är de fortfarande betydligt mer sällsynt i bostadsbyggnader än i kommersiella lokaler. Det finns heller ingen tillförlitlig heltäckande statistik om förekomsten av datoriserade system i flerbostadshus. Det brittiska analysföretaget i & i Limited, har via sin division Proplan, kartlagt förekomsten av byggnadsautomations-system i bland annat Skandinavien. Rapporten *Intelligent Controls in Buildings – The Scandinavian Market 1999–2004* (Juni 2000) behandlar dock endast förekomsten av datoriserade system i olika lokalbyggnader.

Följande uppskattning bör dock kunna spegla nuläget

förhållandevis väl: Ungefär 30 procent av flerbostadshusen uppskattas ha datoriserade system. För större fastighetsägare kan denna siffra vara närmare 50 procent. Högst 10 procent har övervakning via datorer, för större fastighetsägare kan denna siffra vara närmare 30 procent.

På grund av det bristande dataunderlaget är det av särskilt intresse att samla in relevant data om förekomsten av byggnadsautomationssystem i bostadshus i samband med kommande energibesiktningar. Denna sektor anses som mycket intressant av många produktleverantörer och en ökad kunskap om förekomsten av befintliga system i kombination med tekniska anläggningars beskaffenhet borde främja utvecklingen och marknadsföringen av rätt teknik som hjälper till att minska energianvändningen inom sektorn.

3 Beräkningsmetodik

Byggnadsautomationens och fastighetsdriftens effekter på byggnaders energiprestanda hantaeras av prEN 15232, Calculation methods for energy efficiency improvements by the application of integrated building automation systems och behandlar effekterna av byggnadsautomation (*Building Automation and Control Systems, BACS*) samt av fastighetsdrift (*Technical Building Management, TBM*).

3.1 BA – betydelse för energiprestanda

Uppskattningen av byggnadsautomationens och fastighetsdriftens effekt för byggnaders energiprestanda beror på vilken huvudsaklig metod som används för beräkningen.

Det är svårt att bestämma effekten av driftåtgärder. I

princip handlar det om inställning av drifttider, börvärden, och information.

Om beräkning av energiprestanda sker utifrån *uppmätta värden* under faktiska driftförhållanden (*Operational rating*), är effekterna av byggnadsautomation och fastighetsdrift redan inkluderade i dessa värden och behöver därför ej beräknas separat.

När energiprestanda bestäms utifrån *beräknade värden* bör effekterna av byggnadsautomation och fastighetsdriften värderas in i den beräkningsmodell som används för beräkning av byggnadens energiprestanda.

Enligt standarden kan fyra metoder användas för beskrivning av effekterna av byggnadsautomation:

Beräkning utifrån driftlägen: Om systemets uppgift

är att växla mellan olika driftlägen (exempelvis normal-drift/forcerad drift/nattsänkning), beräknas energianvändningen genom att beräkna energianvändningen för respektive driftläge som sedan adderas.

Beräkning utifrån drifttider: Om systemet växlar mellan olika driftlägen som funktion av tiden, kan följande formel användas för beräkning av energianvändningen:

$$E = P \times t \times F_c$$

där

E = energianvändningen för en tidsperiod

P = det automatiserade systemets effekt (exempelvis motoreffekten)

t = tidsperiodens längd

F_c = karaktäristikkoefficient som representerar byggnadsautomationssystemets inverkan på energianvändningen.

Beräkning utifrån temperaturer: I de fall byggnadsautomationssystemet har en direkt effekt på temperaturen.

Användning av korrektionskoefficient: Om automations-systemets påverkan på energianvändningen är svår att kvantifiera, exempelvis då effekten är beroende av flera faktorer såsom tid, temperatur och driftlägen är metoden med korrektionsfaktorer användbara.

Användningen av korrektionsfaktorer medför vissa fördelar gentemot andra beräkningssätt, men även vissa nackdelar.

Exempel på fördelar:

- Metoden kan användas för att beräkna effekten av åtgärder.

- Rekommenderade värden som tas fram genom simuleringar blir transparenta och inte beroende av olika beräkningsmetoder eller antagna erfarenhetsvärden
- Effekten av ”diffusa åtgärder” kan vägas in i korrektionsfaktorer med hjälp av denna metod. Med diffusa åtgärder menas åtgärder som är svåra att beräkna, som i sig kanske inte påverkar energianvändningen, utan tjänar som verktyg, eller hjälper till att förändra brukarbeteenden. Exempel på diffusa åtgärder kan vara installation av mätutrustning, individuell mätning och debitering av värmeenergi, övervakningssystem, larmhantering, en motiverad driftorganisation etc.

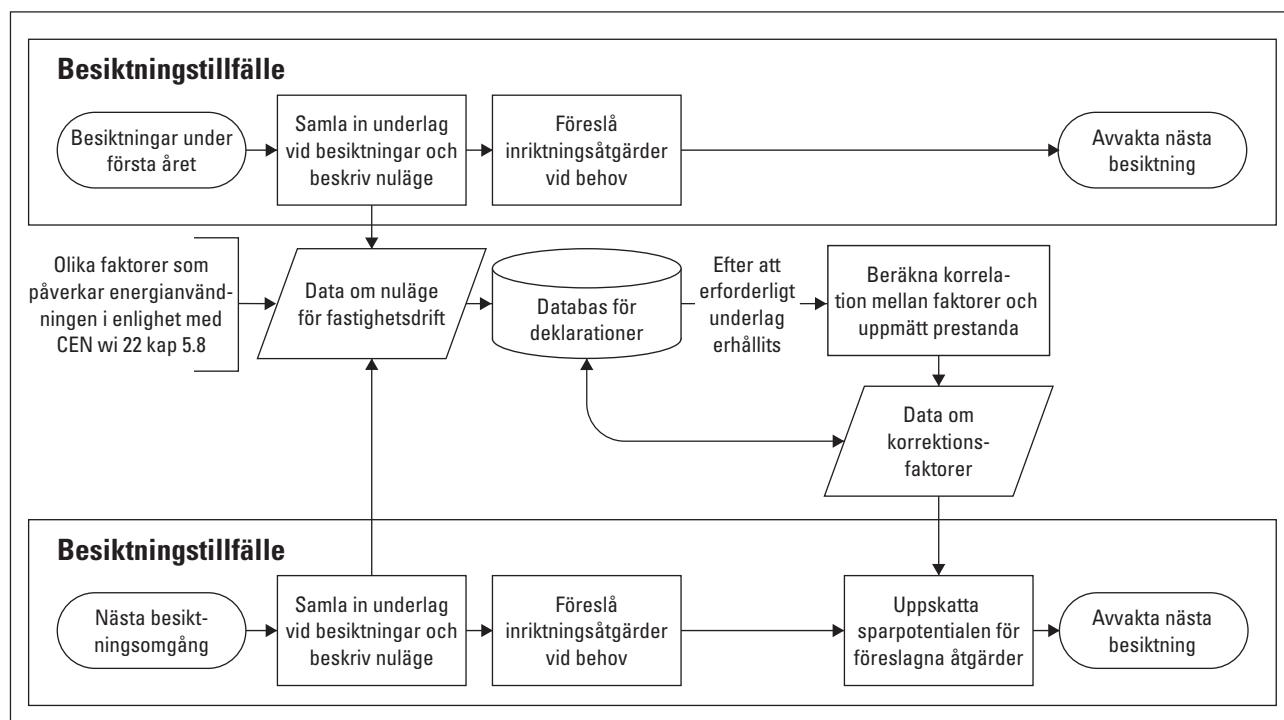
Exempel på nackdelar:

- Svårighet att ta hänsyn till komplexa åtgärder eller åtgärds kombinationer.
- Svårighet att beräkna effekten av åtgärder som utförs i följd.

En mer detaljerad genomgång av de två sistnämnda metoderna ges i delrapporten *Värmesystem*. Förslag till användbara korrektionsfaktorer ges i tabell 3.1–3.3 i delrapporten *Värmesystem*. Dessa värden utgör mer ansatser i avsaknad på ett bättre empiriskt underlag.

3.1.1 Metod för utveckling av korrektionsfaktorer

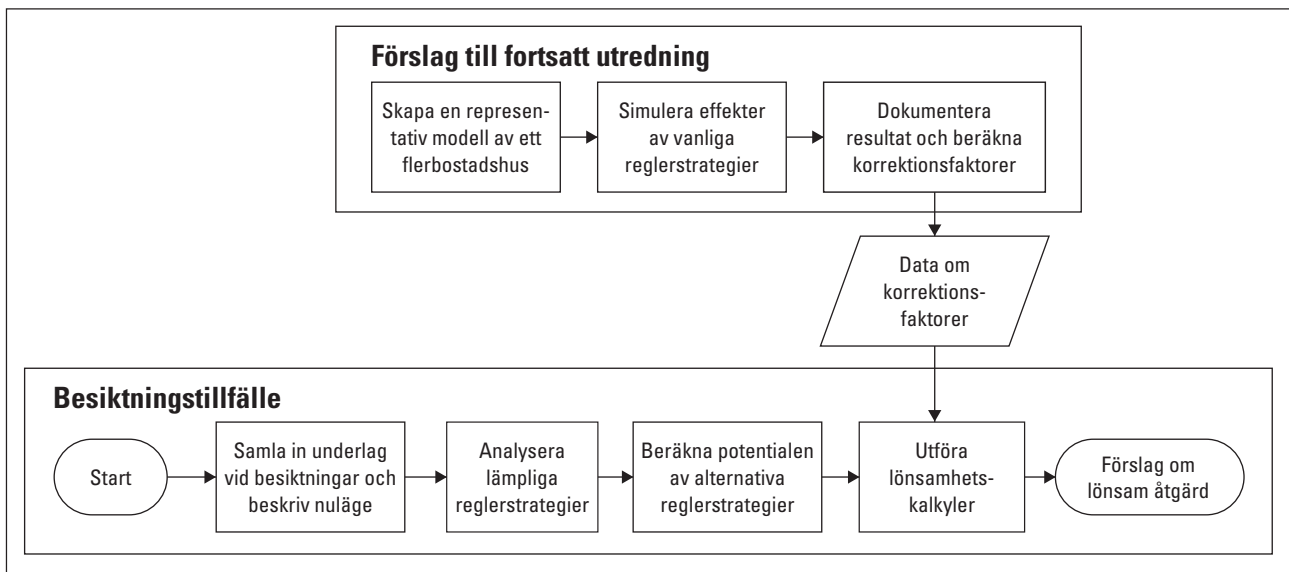
Information som samlas in i samband med inventeringar kan lagras och efter något år, i kombination med uppmätt energiprestanda, användas som underlag för uppskattning av hur diffusa åtgärder kan påverka en byggnads energiprestanda. Därefter kan föreslagna korrektionsfaktorer revideras och vid behov kan även nya tas fram, se figur 3.1.



Figur 3.1. Förslag på metod för uppskattning av effekten av fastighetsdrifts åtgärder.

För reglerstrategier som inte har omfattats av standardiseringsarbetet (exempelvis kaskad- eller prognosreglering) är det möjligt att beräkna korrektionsfaktorer med hjälp av datorsimuleringar. Eftersom flerbostadshusen inte är lika komplexa som vissa lokaltyper, med avseende på funktioner i byggnadsautomationssystemen, borde detta vara genomförbart.

Därför föreslås en fortsatt utredning (se figur 3.2) med simulering av vanliga reglerstrategier för ett representativt flerbostadshus för att uppskatta besparingspotentialen för minskat årsenergibehov för uppvärmning respektive för fastighetsel.



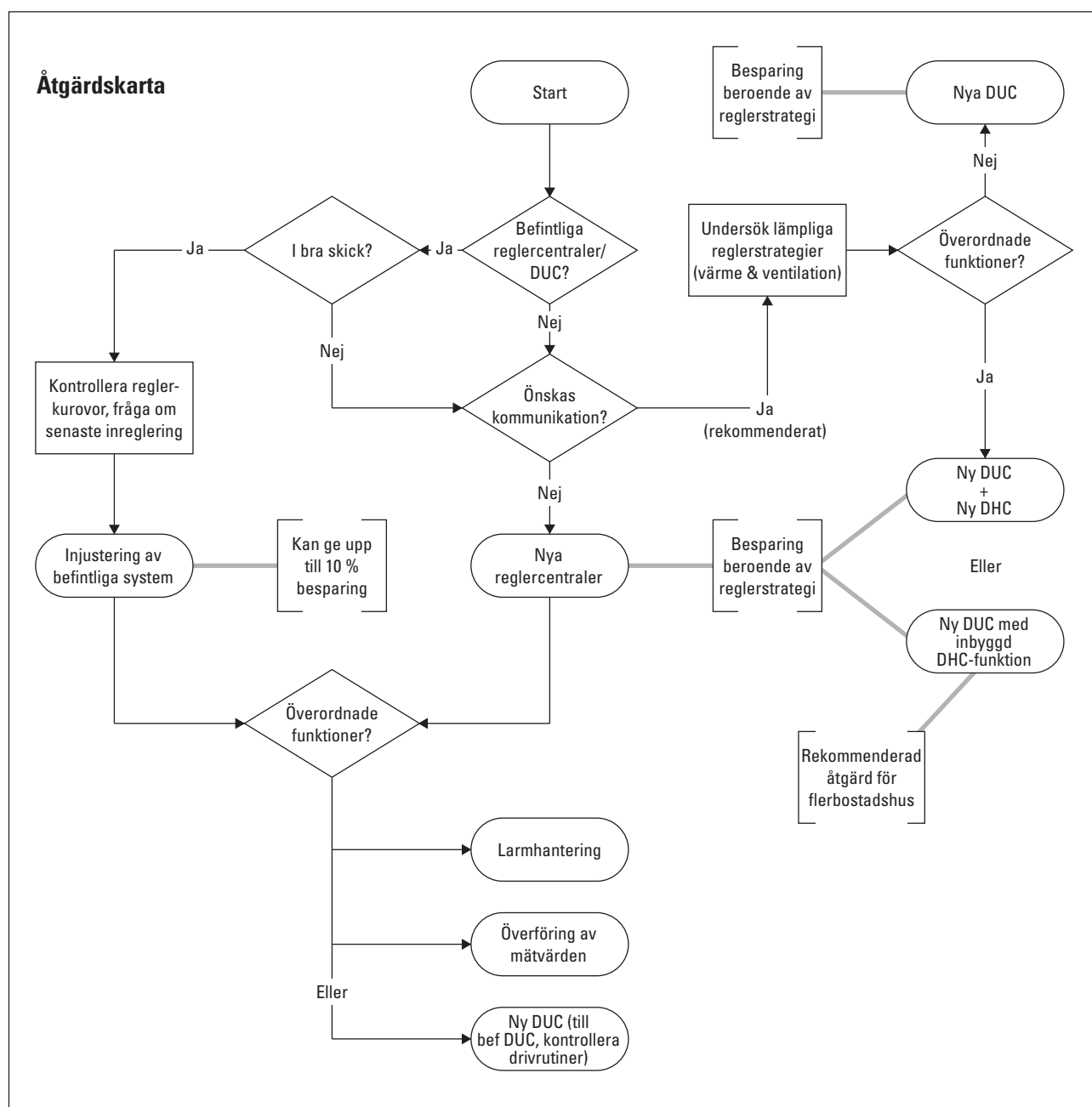
Figur 3.2. Förslag på metod för uppskattning av effekten av olika reglerstrategier.

Förslag till beräkningsmetoder:

Beräkningen av energiprestanda sker utifrån uppmätta förbrukningar och normaliserade driftförhållanden med avseende på klimat och eventuellt även internlaster. Effekten av byggnadsautomation och fastighetsdrift ingår då automatiskt i detta värde.

Åtgärders besparingspotential beräknas genom att använda en beräkningsmodell för byggnaden med faktisk data för klimat och internlaster (Tailored rating). Effekter av åtgärder beräknas genom inställningar i modellen så att de korrektionsfaktorer som speglar ett nuläge byts mot korrektionsfaktorer för föreslagna åtgärder.

4 Åtgärdsförslag



Figur 4.1. Åtgärdscharta.

4.1 Datorisering av undercentral

Åtgärdskod: BA-1.

Åtgärdsbeskrivning: Undercentralers drift förbättras och effektiviseras med hjälp av datoriserade undercentraler (DUC). DUC har möjlighet till kommunikation till överordnade system för styrning, övervakning och kontroll av styr- och reglerfunktioner. Användning av DUC förenklar även tillämpningen av mera avancerade driftstrategier med minskad energianvändning som följd.

Kalkyleringsmodell energibesparing: En datorisering ger i sig inte alltid stora besparingar, utan besparingarna följer av de injusteringar (av inställningsvärden, drifttider och reglerstrategier) som kan utföras betydligt enklare med hjälp av datoriserade system. En datorisering av en icke datoriserad anläggning underlättar också betydligt möjligheten till fjärrövervakning och fjärravläsning av anläggningens energiprestanda.

En schablonartad lönsamhetskalkyl är svår eftersom det saknas underlag för att kunna avgöra hur mycket bättre man kan driftsätta en anläggning som har överordnad övervakning. Intäkter kan också ligga på personalsidan eller att DUC och BA system kan vara ett kompletterande villkor.

Åtgärdskostnad: Kostnaden för en datoriseringsåtgärd är beroende av många kostnadskomponenter (såsom givare, ventiler och ställdon, automatik och reläutrustning, apparatskåp, kabeldragningar, arbetskostnader, driftsättning och avprovning, dokumentationskostnader, driftstrategi, typen av undercentral m m). I en förenklad ansats skulle följande typkostnader kunna användas. Kostnader anges i form av en lägsta kostnad för en grundfunktion som omfattar ett antal komponenter (vilka beskrivs som I/O punkter till DUC. I/O: Input/Output dvs. en DUC styrning eller DUC reglering av komponent, inklusive ledningsdragning, material etc.). För mer komplicerade funktioner tillkommer en kostnad per utökad I/O punkt.

Grundkostnader			
System	Minimikostnad, kr	Antal I/O	Anmärkning
VV + VVC	30 000	4	Typ fjärrvärme alt. egen panna
VS	40 000	5	Typ fjärrvärme alt. egen panna (utomhustempgivare)
I/O	5 000	1	Kostnad för tillkommande I/O

Exempel 1: datorisering av undercentral bestående av två värmekretsar till radiatorsystem (VS) och en värmekrets för varmvatten:

$$K = 30\,000 + 2 \times 40\,000 = 120\,000 \text{ kr}$$

Exempel 2: datorisering av undercentral enligt ovan, men med förskjutning av framledningskurvan beroende på referenstemperatur inomhus (3 tillkommande referensgivare):

$$K = 30\,000 + 2 \times 40\,000 + 3 \times 5\,000 = 135\,000 \text{ kr}$$

Priserna ovan förutsätter en nyinstallation utan att befintlig utrustning behålls. I undantagsfall kan upp till 2 000–3 000 kr per I/O avgå om befintlig utrustning kan återanvändas.

Inventeringsmetodik: Kontrollera befintlig reglerutrustning och typ av reglering i undercentral. Är utrustningen gammal (från 60–70 talet), är en datorisering att rekommendera. Är undercentralen redan datoriserad men saknar kommunikationsmöjligheter, kan en uppgradering rekommenderas om fjärrövervakning önskas. Kontrollera reglerfunktioner genom att jämföra inställda börvärden med avlästa värden från befintliga termometrar. Källa: drift och underhållsinstruktioner för undercentral, driftkort.

Upphandlingsdata: Typ av undercentral, typ av värmesystem, antal värmekretsar (shuntgrupper), önskad reglerprincip (referensgivare, utomhusgivare eller båda, prognosstyrning), kommunikationsmöjlighet (telefonmodem, GSM modem, datanätverk, RS485 eller annan ledningsdragning), befintlig utrustning som kan behållas, ev. fotografier, driftkort för undercentral.

Åtgärdens varaktighet: 15 år.

Villkorade åtgärder: Injustering av befintlig utrustning. Injustering av värmesystemet kan bli aktuellt. Om överordnade funktioner önskas, kan man föreslå DUC med inbäddad webbserver för överordnade funktioner.

Beräkningsmetodik: Besparingar som följd av reglerstrategi kan beräknas i enlighet med CEN standarder och föreslagna korrektionsfaktorer i delrapporten *Värmesystem*. Besparingar som följd av förenklad drift är svårare att kvantifiera, men kan möjligtvis uppskattas med hjälp av schablonvärden

Indata: typ av reglerstrategi, förbättrad kommunikation, reglering, övervakning och larmhantering (om dessa faktorer vägs in i korrektionskoefficienterna).

4.2 Datorisering av ventilation

Åtgärdskod: BA-2.

Åtgärdsbeskrivning: Driften förbättras och effektiviseras med hjälp av datorisering (DUC). Möjlighet till kommunikation till överordnade system för styrning, övervakning och kontroll av styr- och reglerfunktioner och mer effektiviserande driftstrategier.

Kalkyleringsmodell energibesparing: Besparingarna följer av de injusteringar (av inställningsvärden, drifttider och reglerstrategier) som kan utföras enklare med hjälp av datorisering.

Åtgärdskostnad: Kostnadsmodellen baseras på samma förutsättningar som redovisas under avsnitt 4.1.1.

Observera att åtgärden avser datorisering av en befintlig eller ny icke datoriserad luftbehandlingsanläggning inklusive alla nödvändiga komponenter, kabeldragningar, driftsättning och dokumentation. Nya anläggningar levereras oftast med tillhörande utrustning för datoriserad drift anpassad till aktuell produkt och funktion. För nya enhets-

anläggningar kan priset för datoriserad funktion ingå i priset för aggregatet.

Kostnadsnivåer för typiska FT-system			
System	Minimi-kostnad, kr	Antal I/O	Anmärkning
TA/FF	~100 000	14	Värme
TA/FF	~130 000	18	Värme, kyla
FF	~25 000	3	Frånluft
I/O	~4 500–6 500	1	Kostnad för tillkommande I/O
Kostnadsnivåer för typiska FTX-system			
System	Minimi-kostnad, kr	Antal I/O	Anmärkning
TA/FA	~130 000 kr	18	Värme, återvinning rot.LVX
TA/FA	~145 000 kr	20	Värme, återvinning VÅ
TA/FA	~125 000 kr	17	Värme, återvinning platt LVX
TA/FA	~160 000 kr	22	Värme, återvinning rot.LVX, kyla
TA/FA	~175 000 kr	22	Värme, återvinning VÅ, kyla
I/O	~4 500–6 500 kr	1	Kostnad för tillkommande I/O
Förkortningar			
TA = tilluftsaggregat			
FF = Frånluftsfläkt			
FA = Frånluftsaggregat			
FTX = Ventilationssystem med värmeåtervinning			
LVX = luftvärmeväxlare			
VÅ = värmeåtervinningskrets (vätskekopplade batterier)			

Inventeringsmetodik: Typ av ventilationssystem, se OVK-protokollet.

Upphandlingsdata: OVK-protokoll, ev. driftkort, status på befintlig utrustning, fotografier av befintlig anläggning, önskad reglerprincip, kommunikationsmöjlighet (telefonmodem, GSM modem, datanätverk, RS485 eller annan ledningsdragnings)

Åtgärdens varaktighet: 15 år.

Systemkonsekvenser: Beroende på val av systemlösning och reglerstrategi kan injustering av ventilationssystemet bli aktuellt.

Villkorade åtgärder: Injustering av befintlig utrustning

Beräkningsmetodik: Besparingar som följd av reglerstrategi kan beräknas i enlighet med CEN standarder. Besparingseffekter för reglerstrategier behandlas för övrigt i delprojektet ventilation. För den ekonomiska analysen krävs en bredare analys av driftorganisationen.

Indata: typ av reglerstrategi, förbättrad kommunikation, reglering, övervakning och larmhantering (om dessa faktorer vägs in i korrektionskoefficienterna).

4.3 Funktion för DHC

Åtgärdskod: BA-3.

Åtgärdsbeskrivning: En DHC (datoriserad huvudcentral) används som användargränssnitt till byggnadsautomationssystemets funktioner. Med DHC avser vi själva funktionen som erhålls, inte en huvudcentral i sig. Funktionen kan klaras också med websservrar i decentraliserade en-

heter. Med hjälp av en DHC kan användaren via en dator-terminal bland annat komma åt funktioner för:

- central tidsstyrning
- justering av börvärden
- larmhantering och övervakning
- mätning av energi, köpt och återvunnen, samt trendanalys (på månadsnivå och/eller timnivå).

En stor fördel med överordnade system är den enkla möjligheten att jämföra olika byggnaders energianvändning och inställningsvärden i injusterings- och felsöknings-syfte. Detta är speciellt intressant för större fastighetsägare.

Kalkyleringsmodell energibesparing: En DHC ger i sig inte några besparingar utan besparingarna följer av de injusteringar (av inställningsvärden, drifttider och reglerstrategier) som förenklas betydligt med hjälp av ett grafiskt användargränssnitt. En datorisering av en icke datoriserad anläggning underlättar också betydligt möjligheten till fjärrövervakning och fjärravläsning av anläggningens energiprestanda och uppmärksammar användaren på avvikande trender och felaktiga funktioner i ett tidigt skede.

Åtgärds-kostnad: Idag finns två vanliga förfaranden för att åstadkomma en DHC funktion. Antingen kan det göras genom att abonnera på funktionen via webbhotell, eller genom att köpa egen utrustning.

Fristående dator:

~15 000–20 000 kr hårdvara + ~20 000 kr mjukvara + ~2 000 kr per flödesbild i arbetskostnad

Dedikerad låda med webbserver:

~20 000 kr för hårdvara och mjukvara + ~2 000 kr per flödesbild i arbetskostnad

Abonnemang av funktion:

~2 000 kr per flödesbild i arbetskostnad + ~10 kr/IO i månadsabonnemang för övervakningstjänst (tillkommer kostnader för uppkoppling av DUC och användarens webbläsare)

En fjärde variant, som blir allt vanligare är att funktionen för DHC blir integrerad i DUC (vanligen i form av en inbäddad webbserver). Kostnaden för DHC funktionen blir då endast arbetskostnaden för sammanställning av flödesbild enligt ovan, men kan också ingå redan vid leverans.

Inventeringsmetodik: Finns befintlig DUC med kommunikationsmöjlighet som stöds av DHC eller måste sådana utvecklas. Källa: Drift och underhållsinstruktioner.

Upphandlingsdata: Modell och fabrikat på kommunicerbara DUC. Antal önskade flödesbilder (exempel: en bild för undercentral, en bild för ventilationssystem, en bild för larmhantering, en bild för rumsstyrningar).

Åtgärdens varaktighet: 5–10 år.

Systemkonsekvenser: Övervakning av anläggning och injustering av drifttider och reglerparametrar blir betydligt enklare. Systemen kan användas för att lagra ytterligare

fysikaliska data om byggnaden och sammanställa ett underlag som kan användas för att förenkla kommande besiktningar.

Villkorade åtgärder: Datoriserade undercentraler med kommunikationsmöjlighet. Finns kommunikationsdrivrutiner för befintliga DUC som stöds av DHC eller måste sådana utvecklas? Är DUC för gammal och/eller kommunikationsmöjlighet saknas, överväg att uppgradera DUC och DHC i samma projekt för att få tillgång till överordnad funktionalitet.

Beräkningsmetodik: Besparingar som följd av reglerstrategi kan beräknas i enlighet med CEN standarder och föreslagna korrektionsvärden.

Indata: För beräkning av besparing: typ av reglerstrategi, förbättrad kommunikation, reglering, övervakning och larmhantering (om dessa faktorer vägs in i korrektionskoefficienterna). För kostnadsbedömning: Antal DUC, kommunikationsmöjlighet och kommunikationsväg mellan DUC och DHC.

4.4 Larmhantering och övervakning

Åtgärdskod: BA-4.

Åtgärdsbeskrivning: Använda utrustning för utskick av befintliga larm (knutna till larmlåda) via GSM-sändare, larmsändare eller telefonmodem till mobiltelefoner, e-postmottagare och/eller webbsidor.

Kalkyleringsmodell energibesparing: Åtgärden ger i sig inte några besparingar utan besparingarna följer av att ansvarig personal på ett tidigt stadium uppmärksammas på avvikelser och felaktiga funktioner som kan ha en negativ följd på energianvändningen.

Åtgärdskostnad: Initialt ~5 000 kr + ~500 kr per larmpunkt. Tillkommer kostnad för GSM- eller telefonabonnemang.

Åtgärdens varaktighet: 10–15 år.

Villkorade åtgärder: Funktion för larmhantering finns inbyggd i DUC och kan inte föreslås som extra funktion om datorisering redan har föreslagits.

Beräkningsmetodik: Besparingar som följd av förenklad drift är svårare att kvantifiera, men kan möjligtvis uppskattas med hjälp av schablonvärden.

Indata: Finns befintlig larmlåda? Antal utgångar för larmsignaler i befintlig DUC. Källa: Driftkort.

4.5 Mätning av energi och trendanalys

Åtgärdskod: BA-5.

Åtgärdsbeskrivning: Värden från energimätare avläses med hjälp av pulssignaler och överförs med hjälp av GSM-sändare eller telefonmodem till webbplatser där de lagras och analyseras.

Ett alternativ kan vara att abonnera på tjänsten via sin energileverantör. Kolla först med den befintliga energileverantören om tjänsten erbjuds. I sådana fall får fastighetsägaren tillgång till siffror som överensstämmer med av energibolag avlästa siffror för uppföljning av den egna energianvändningen till relativt låga priser.

Kalkyleringsmodell energibesparing: Följer av att ansvarig personal på ett tidigt stadium uppmärksammas på avvikelser och felaktiga funktioner som negativt påverkar energianvändningen och genom jämförelser mellan olika fastigheter. Underlaget kan också användas för att tillhandahålla månadsvärden för förbrukningar och underlätta framtida besiktningar.

Åtgärdskostnad: Initialt ~5 000 kr + ~500 kr per mät-punkt. Tillkommer kostnad för GSM- eller telefonabonnemang samt för abonnemang till webbtjänst. Om befintliga mätare behöver kompletteras med kommunikationskort tillkommer en kostnad på cirka 1 200 kr per mätare.

Åtgärdens varaktighet: 5 år.

Systemkonsekvenser: Åtgärden ger i sig inte några besparingar utan besparingarna följer av en bättre översikt över energianvändningen.

Villkorade åtgärder: Åtgärden bör inte föreslås om datorisering av undercentral eller ventilationssystem eller installation av DHC föreslås som åtgärder.

Beräkningsmetodik: Besparingar som följd av förenklad drift är svårare att kvantifiera, men kan möjligtvis uppskattas med hjälp av schablonvärden

Indata: Finns pulsutgång eller annan kommunikationsmöjlighet för mätarna? Källa: besiktning på plats.

4.6 Intrimning av befintliga reglercentraler

Åtgärdskod: BA-6.

Åtgärdsbeskrivning: Kontroll och justering av inställda tidkanaler, börvärden och reglerkurvor i befintlig styr- och reglerutrustning.

Kalkyleringsmodell energibesparing. Besparingen är direkt beroende på anläggningens nuvarande skick. Beroende på hur intrimmad en byggnad är, kan upp till 10 procent energibesparing åstadkommas genom intrimning av befintlig utrustning.

Åtgärdskostnad:

$$K = A \times R_c \times K_{drifttekniker}$$

K = kostnad för drifttekniker per timme (exempel egen personal, ~250 kr)

R_c = antal reglercentraler/DUC

$A1$ = tid per reglercentral/DUC om inreglering kan ske via överordnat system (exempel, ~1,5 timmar)

$A2$ = tid per reglercentral/DUC om inreglering inte kan ske via överordnat system (exempel, ~4,5 timmar)

Uppskattningar av tid baserar sig på följande resonemang: För intrimning av en reglercentral krävs 3 försök. Försök som innebär platsbesök antas ta 1,5 timmar, försök som kan utföras via överordnade system beräknas ta ~0,5 timmar. Detta ger $3 \times 1,5 = 4,5$ timmar för fristående reglercentraler och $3 \times 0,5 = 1,5$ timmar för reglercentraler kopplade till överordnade system (DHC funktion).

Åtgärdens varaktighet L : < 1 år, alternativt i samband med klagomål/ upprepade efter andra energisparåtgärder (klimatskal, värme, ventilation, pannor).

Systemkonsekvenser: Efter att värmesystem, ventilations-system har injusterats med avseende på flöden, behöver börvärden och framledningstemperaturer justeras.

Villkorade åtgärder: bör inte föreslås i samband med byte av befintliga reglercentraler. Åtgärden bör kombineras med en generell översyn av funktionen hos andra viktiga komponenter såsom ventiler och givare.

Beräkningsmetodik: Kan eventuellt ta fram schablonvärden som funktion av anläggningens och reglerutrustningens ålder, tid för senaste intrimning etc.

Indata: Typ av ventilationssystem, möjlighet till styrning av cirkulationspumpar i värmesystem (radiatorsystem, shuntgrupper etc.), förekomst av reglercentraler, reglercentralers ålder, tid för senaste intrimning.

4.7 Kostnadsuppskattningar för andra reglerstrategier

(OBS! endast kostnader för automationskomponenter och automationsfunktion)

4.7.1 Värmesystem

- Zonreglering av värme (beskrivs inte, ej lönsam i dagsläget).
- Reglering av framledningstemperatur i VS/VP (via referensgivare eller kaskadreglering) (~20 000 kr/reglering + 13 000 kr/zon).
- Reglering av framledningstemperatur i VS/VP (GTU) (~20 000 kr/reglering).
- Prognosstyrning av framledningstemperaturer (~10 000 kr + 3 000 kr/reglering, alternativt ~3 kr/m² och år).
- Sekvensstyrning av värmeproduktionskällor med prioritering beroende på effektivitet, tariffer etc.
- Tid- (behovs- och fjärr-) styrning av VS/VP (exempelvis nattsänkning) (~6 000 kr/styrning).

4.7.2 Ventilationssystem

- Reducering av luftmängd i LB (och F-system) vid låg utetemperatur + tidsstyrning (~1 000 kr + ~2 500 kr/kW för varvtalsreglering + ~20 000 kr för styrutrustning och I/O).
- Reglering och mätning av luftflöden (~1 000 kr + ~2 500 kr/kW för varvtalsreglering + ~15 000 kr för styrutrustning och I/O).
- Behovsstyrning av LB (och F-system) (~7 000 kr/styrning).
- Reglering av tilluftstemperatur (GTU) (~20 000 kr/reglering).
- Reglering av tilluftstemperatur (via referensgivare) (~20 000 kr/reglering + 13 000 kr/zon).

4.7.3 Värmeåtervinning

- Mätning och reglering av verkningsgrad VVX (~15 000 kr för varvtalsreglering + ~10 000 kr för I/O).
- Avfrostning av VVX + övervakning av verkningsgrad (~20 000 kr).

4.7.4 Motorer

- Varvtalsreglering av pumpar (~1 000 kr + ~2 500 kr/kW).
- Varvtalsreglering av fläktar (~1 000 kr + ~2 500 kr/kW).

5 Inventering

För att kunna föreslå lönsamma åtgärder för fastighetsdrift och byggnadsautomation behöver inventeringen kartlägga nuläget för fastighetsdriften, befintlig byggnadsautomationsutrustning och dess skick samt befintliga funktioner i olika systemdelar. Besparingspotentialer avgörs av de reglerstrategier som används för driften av olika systemdelar.

Reglerstrategier för systemdelar behandlas inom respektive kapitel (värmesystem, varmvattensystem, ventilation, värmeproduktion). Här föreslås endast en möjlig struktur för inventering av reglerstrategier för dessa systemdelar i linje med kommande standarder.

5.1 Inventeringsmall

Underlag som underlättar inventeringen och därmed också påverkar dess kostnad:

- Driftkort för undercentraler (VV, VVC, VS) och pannor.
 - Driftkort och OVK-protokoll för ventilationssystem.
 - Eventuellt förekommande flödesbilder över värme och ventilation.
 - Fotografier av apparatskåp i undercentral och i fläktrum för att effektivisera besiktningen på plats.
 - Årsförbrukningssiffror för uppskattning av potentialer
- Nedanstående tabell kan utgöra grunden för inventeringsmallar som behandlar fastighetsdrift, befintlig byggnadsautomationsutrustning och befintliga reglerstrategier.

I kolumnen ”småh/flbh, Nivå” anges om kontrollen ämnar avse småhus eller flerbostadshus, samt vilken typ av kontroll (vilken nivå) som avses. Om distinktion mellan småhus och flerbostadshus saknas, avser kontrollen endast flerbostadshus.

Nummer	Besiktningspunkt/funktion	Alternativ
5.1.1	Fastighetsdrift	Kommentar: De uppgifter som kan fås här kan även insamlas i nivå 1 för att föreslå inriktningsåtgärder
5.1.1.1	Behovsanpassning av drift (inställning av tidkanaler)	Funktion saknas/sker sällan/sker då och då (efter klagomål)/ kontroll och anpassning sker med jämna mellanrum
5.1.1.2	Driftoptimering (inreglering av driftparametrar, exempelvis börvärden)	Funktion saknas/sker sällan/sker då och då (efter klagomål)/ kontroll och anpassning sker med jämna mellanrum
5.1.1.3	Syn och rondering av tekniska system och utrymmen (undercentraler & fläktrum)	Sker sällan/sker då och då (efter klagomål)/ sker med jämna mellanrum
5.1.1.4	Förekomst och hantering av relevant fastighetsdokumentation	Vet ej, finns ej/finns delvis men är svår att komma åt/finns mestadels men är spridd/finns delvis digitalt och delvis i pappersformat med central åtkomstmöjlighet/finns mestadels digitalt med central åtkomstmöjlighet
	Generell fastighetsdokumentation (ytor, historik över energisparåtgärder)	
	Statistik över energianvändningen	(ange även information om upplösning, historikperiodens längd, klimatkorrigering, medier,)
	Dokumentation och protokoll från besiktningar (OVK, pannbesiktningar etc)	
	Drift och underhållsinstruktioner (driftkort, ritningar och beskrivningar, produktblad)	

Nummer	Besiktningsspunkt/funktion	Alternativ
5.1.1.5	Rapportering från driftpersonal	Skär sällan eller aldrig/skrer då och då (efter påtryckning)/ skär med jämna mellanrum
	Om energianvändningen Om möjliga förbättringsåtgärder Om gjorda förbättringsåtgärder Om fel i installationstekniska system Om klagomål från boenden	
5.1.2	Besiktning av teknikutrymmen	(passar även småhus)
5.1.2.1	Regulatorer	Välj lämplig alternativ för respektive system (värme, ventilation, belysning). Ange även fabrikat och om möjligt även ålder och modell. (passar även småhus) Källa: driftkort, fotografier eller besök på plats
	Ingen eller manuell reglering Gammal reglercentral utan operatörspanel Datoriserad reglercentral (DUC) med lokal operatörspanel men utan kommunikationsmöjlighet DUC kan förses med kommunikationsmöjlighet (men är ej kopplad till huvuddator) DUC kopplad till huvuddator	
5.1.2.2	Stämmer inställda börvärden i befintliga regulatorer överens med uppmätta ärvärden? (Nivå 3)	För respektive regulator (ja/nej) (passar även småhus) Kommentar: Kan det bero på felaktigt inställda reglerparametrar, eller på trasig regulator? Källa: mätning på plats
5.1.2.3	Komponenter och kablage (givare, ventiler, ställdon, apparatskåp och kablage inom undercentral/fläkttrum)	Kommentar: Om komponenter kan behållas minskar I/O kostnaden för åtgärd 4.1.1 och/eller 0 Källa: besök på plats, eller inskickade fotografier
	Dåligt skick (måste bytas) Ganska bra skick (kan delvis behållas) Bra skick (det mesta kan behållas) Kommunikation DUC-DUC/DHC Ingen befintlig förbindelselänk Ingen befintlig förbindelselänk (men befintlig kanalisation) Befintlig förbindelse (lågströmsnät mellan tekniska utrymmen och plats för DHC) Befintlig förbindelse (via bredbandsnät i byggnaden)	
5.1.2.4	Larmhantering	(passar även småhus) Källa: driftkort eller inskickade fotografier, annars krävs besök på plats
	Ingen möjlighet till larmfunktion med befintlig utrustning Ingen larmfunktion, men möjlighet till larm från befintlig DUC Befintlig larmfunktion, men larm sänds ej vidare Befintlig larmfunktion med fjärrutskick av larm	
5.1.2.5	Kommunikationsmöjlighet för befintliga mätare	För respektive mätare (kommunicerbar/ej kommunicerbar) Kommentar: Avser mätare för el och fjärrvärme. Behöver mätarna kompletteras med kommunikationskort för att få tillgång till mätvärden?

Nummer	Besiktningspunkt/funktion	Alternativ
5.1.2.6	Funktion för datoriserad huvudcentral (DHC)	Finns/Finns ej Kommentar: Funktion för DHC kan vara installerad i en fristående PC eller inbyggd i DUC Källa: driftkort, annars krävs besök på plats
5.1.3	Funktioner i DHC	Kommentar: Om DHC finns
5.1.3.1	Behovsanpassning av drift (inställning av tidkanaler)	Ja/nej
5.1.3.2	Driftoptimering (inreglering av driftparametrar, exempelvis börvärden)	Ja/nej
5.1.3.3	Upptäcka felaktig funktion och tillhandahålla stöd för diagnosen av felen	Ja/nej Exempel: felaktigt inställda tidkanaler, felaktiga börvärden, prioritering av de mest effektiva energikällorna Kommentar: Dessa är exempel på intelligenta funktioner som ännu inte finns inbyggda i driftövervakningssystem Exempelvis funktioner som uppfyller kraven på "långsiktig avvikelsetektering" enligt BELOK upphandlingen. Som sagt, inga system uppfyller dessa funktioner idag. Men i framtiden?
5.1.3.4	Rapporteringsmöjligheter med avseende på energianvändning, inomhusmiljö och möjliga förbättringar	
	Beräkna energiprestanda enligt standard	Ja/nej
	Uppskatta effekten av förbättringsåtgärder	Ja/nej
	Energiövervakning	Ja/nej
	Övervakning av rumstemperaturer och inomhusmiljön	Ja/nej
5.1.4	Värmesystem (reglerstrategier)	
5.1.4.1	Värmeavgivning (radiatorer och golvvärmesystem)	Välj lämpligt alternativ (passar även småhus) Källa: driftkort, annars krävs besök på plats
	Ingen eller manuell styrning Central automatisk reglering Rumsreglering med termostatventiler Datoriserad rumsreglering	
5.1.4.2	Distributionskrets – framledningstemperaturer (VS)	Välj lämpligt alternativ (passar även småhus) Källa: driftkort, annars krävs besök på plats
	Ingen eller manuell reglering	
	Utomhustemperaturstyrd reglering	
	Inomhustemperaturstyrd reglering	Kommentar: Ej vanligt med enbart denna reglering
	Utomhustemperaturstyrd reglering med förskjutning av reglerkurva mha referensgivare	Kommentar: Täcks ej av nuvarande utkast av CEN standard. Effekten kan beräknas genom simuleringar.
	Prognosbaserad reglering av framledningstemperatur	Kommentar: Täcks ej av nuvarande utkast av CEN standard. Effekten kan beräknas genom simuleringar.
5.1.4.3	Distributionskrets – pumpstyrningar	Välj lämpligt alternativ Källa: driftkort, annars krävs besök på plats
	Ingen styrning På/av styrning Varvtalsreglering (konstant dp) Varvtalsreglering (variabel dp)	

Nummer	Besiktningspunkt/funktion	Alternativ
5.1.4.4	Intermittent styrning av värmeavgivningen (radiatorer och golvvärmesystem)	Välj lämpligt alternativ Källa: driftkort, annars krävs besök på plats (Kommentar: Ej säkert om detta är energieffektivt)
	Ingen eller manuell Automatisk styrning utan optimering av starttid Automatisk styrning med optimering av starttid	
5.1.4.5	Intermittent styrning av värmedistribution	Välj lämpligt alternativ Källa: driftkort, annars krävs besök på plats (Kommentar: Ej säkert om detta är energieffektivt)
	Ingen eller manuell Automatisk styrning utan optimering av starttid Automatisk styrning med optimering av starttid	
5.1.5	Primärsidan (Fjärrvärme, panna) (reglerstrategier)	
5.1.5.1	Framledning	Välj lämpligt alternativ Källa: driftkort, annars krävs besök på plats
	Konstant temperatur Utomhustemperaturstyrd framledning Laststyrd framledning	
5.1.5.2	Sekvensstyrning av värmeproduktionskällor	Välj lämpligt alternativ Källa: driftkort, annars krävs besök på plats
	Ingen prioritering Prioritering av den mest effektiva källan	Kommentar: Exempelvis kombinationen värmepump och el/oljepanna
5.1.6	Ventilation (reglerstrategier)	
5.1.6.1	Zon-/rumsvis flödesreglering	Välj lämpligt alternativ Källa: driftkort el, OVK protokoll, annars krävs besök på plats
	Ingen Manuell Tidsstyrd Närvarostyrd Behovsstyrd Behovsstyrning (gasgivare)	Kommentar: Exempelvis kökskåpor Kommentar: Kanske i badrum Kommentar: Tilluft varierar beroende av köks- och badrumsventilation
5.1.6.2	Temperatursreglering av tilluft	Kommentar: Fuktstyrd FF i badrum Välj lämpligt alternativ Källa: driftkort el, OVK protokoll, annars krävs besök på plats
	Ingen reglering Konstant börvärde Variabelt börvärde (utomhustemperaturstyrt) Variabelt börvärde (behovsstyrt)	
5.1.6.3	Luftflödesreglering	
5.1.6.3.1	Tidsstyrd reglering	Välj lämpligt alternativ Källa: driftkort el, OVK protokoll, annars krävs besök på plats
	Ingen styrning Till/från	
5.1.6.3.2	Kontinuerlig reglering	Välj lämpligt alternativ Källa: driftkort el, OVK protokoll, annars krävs besök på plats
	Ingen Automatisk reglering med eller utan tryckkurva	
5.1.6.4	Värmeväxlare	
5.1.6.4.1	Funktion för frostskydd/avfrostning	Välj lämpligt alternativ Källa: driftkort el, OVK protokoll, annars krävs besök på plats
	Finns ej Finns	

Nummer	Besiktningspunkt/funktion	Alternativ
5.1.7	Belysningsstyrning	Välj lämpligt alternativ för respektive utrymme
5.1.7.1	Närvarostyrning	Källa: driftkort, annars krävs besök på plats Kommentar: Belysningsdelprojektet bestämmer om detta ska inventeras
	Manuell (av/på) Manuell (av/på + signal för avstängning av grupper) Automatisk på/neddimmat Automatisk på/av Manuellt på/neddimmat via närvarosignal Manuellt på/automatiskt av	
5.1.7.2	Ljusstyrning	Välj lämpligt alternativ för respektive utrymme Källa: driftkort, annars krävs besök på plats Kommentar: Belysningsdelprojektet bestämmer om detta ska inventeras
	Manuellt på/manuellt av Manuellt på/kontinuerlig dimning Manuellt på/kontinuerlig dimning med avstängning	
5.1.8	Markisstyrning (reglerstrategier)	Välj lämpligt alternativ Källa: driftkort, annars krävs besök på plats
	Manuell styrning Motoriserad styrning med manuell kontroll Motoriserad styrning med automatisk reglering Kombinerad ljus/markis/värme/ventilation	

5.2 Tidsåtgång

Tidsåtgång för besiktningen bedöms till ungefär 60 minuter förutsatt att allt erforderligt underlag finns tillhands.

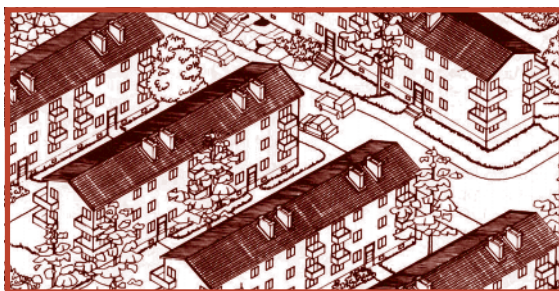
5.3 Kompetenskrav

För informationsinsamling på nivå 2a krävs erforderlig kompetens för att läsa och tolka driftkort och flödes-scheman. Grundkompetens om styr- och regler krävs för att bedöma status utifrån inskickade fotografier.

För nivå 2b krävs grundläggande styr- och reglerkompetens för att bedöma status på befintlig utrustning, kablage, DHC-funktioner etc.

12 Klimatskärm

Innehåll		
1	Sammanfattning	105
2	Befintliga system	106
2.1	Väggar och tak	107
2.2	Fönster	107
3	Beräkningsmetodik	108
3.1	Solvärmetillskott	108
3.2	Klimatskärmens förlustfaktor	109
3.3	Luftläckning	110
4	Åtgärdsförslag	112
4.1	Väggar och tak	112
4.2	Fönster	114
5	Inventering	115
5.1	Generellt	115
5.2	Förenklad metod (Nivå 1)	115
5.3	Besiktning (Nivå 2)	116
5.4	Fördjupad besiktning och mätning	118
5.5	Tidsåtgång	118
5.6	Kompetenskrav	119
5.7	Felanalys	119
6	Referenser	120
	Bilagor	122
Bilaga 1	Typiska ytterväggs- och takkonstruktioner	122
Bilaga 2	Typiska fönster	126
Bilaga 3	Köldbryggor	128
Bilaga 4	Solfaktor – fönster	129
Bilaga 5	Inventeringsmall klimatskärm	130
Bilaga 6	Inventeringsmall fönster	133
Bilaga 7	Åtgärds katalog	135
Bilaga 8	Bestämning av väggarea	143



1 Sammanfattning

Detta kapitel har tagits fram av Per-Olof Carlsson, ACC, Nikolaj Tolstoy, WSP och Per Levin, Carl Bro. Per-Olof Carlsson har varit sammanhållande. Eje Sandberg, ATON Teknikkonsult AB har svarat för redigeringen.

Arbetet har baserats på att klimatskärmens förlustfaktor och tillskottsvärme från solinstrålning bestäms i möjligaste mån i överensstämmelse med kommande standarder. Avvikelse anges när detta förekommer i den mån det funnits utkast tillgängliga under arbetets gång.

För beräkning av byggnadens energibalans med en förenklad modell (nivå 1) bedöms klimatskärmens transmissionsförluster med erfarenhetsvärden för typiska bostadshus efter åldersgrupper. En metod för en sådan beräkning redovisas.

För beräkning i samband med energibesiktningar (nivå 2) görs en detaljerad inventering på plats med stöd av metodik, mallar och underlag i denna rapport. Hänsyn till köldbryggor, luftläckning, värmekapacitet och solvärmeinstrålning bedöms med katalogmetod.

Utöver detta är det möjligt att öka noggrannheten med mer detaljerade metoder (nivå 3). Det förutsätter mätningar av ytemperaturer, fotografering med värmekamera och täthetsprovning för att bestämma ofrivillig ventilation.

För flerbostadshus tillämpas både beskrivningsnivå 1 och 2. För småhus enbart beskrivningsnivå 2, men fortsatt metodutveckling av en förenklad beräkningskalkyl även för småhus rekommenderas.

För beskrivningsnivå 1 ligger felet troligen kring ± 30 – 40 procent för hela transmissionsförlusten. Det högre värdet för de äldre byggnaderna. För beskrivningsnivå 2 torde transmissionsförlusterna kunna bestämmas med en osäkerhet på ± 15 – 20 procent. På beskrivningsnivå 3 kan man komma ner till under ± 10 procent.

Kompetenskrav

Kompetenskraven på den oberoende experten bedöms enligt följande.

- Nivå 1: Kännedom om fastigheten.
- Nivå 2: God kunskap i byggnadsteknik och byggnadsfysik (fukt, värme, luft, solavskärmning), byggmaterial och om hur husen är byggda.
- Nivå 3: Kunna hantera instrument för att lokalisera köldbryggor och otätheter.

Tidsåtgång

Tidsåtgången för att bestämma transmissionsförlusterna bedöms för

Flerbostadshus:

- Nivå 1: Arbetstiden blir helt beroende på hur programvaran för inmatning utformas. Finns uppgifterna framme kommer detta gå snabbt. Åtgärdsförslagen är schablonartade och inte objektsspecifika.
- Nivå 2: Inventering utförs på plats, om möjligt med stöd av befintliga handlingar som fastighetsägaren tar fram. Tidsåtgång 3–5 timmar för ett normalstort flerbostadshus, men betydligt mer om inte erforderliga schablonvärden tas fram.

Småhus:

- Nivå 2: Förutsatt att småhusägaren har lämnat underlag och mätt upp areor behövs 1–3 timmar för besök på plats. För seriebyggda hus, radhus, kataloghus, bör det vara möjligt att ”återanvända” tidigare beskrivningar.

Åtgärder

I normalt utförda väggar, tak och golv där det inte finns uppenbara brister är åtgärder oftast inte fastighetsekonomiskt lönsamma som enskilda åtgärder på hus byggda efter 1975. I samband med renovering bör man dock alltid överväga tilläggsisolering.

Generellt gäller att åtgärder på fönster kan vara aktuella som enskilda åtgärder på hus byggda fram till omkring 1990 då energiglas hade börjat bli standard. I samband med bulleråtgärder på fönster bör man dock alltid överväga att även förbättra fönstrets värmeisolerande funktion. Den stora besparingsmöjligheterna finns framför allt i hus med kopplade bågar.

Den i rapporten anvisade metoden förutsätter ett kompletterande arbete så att de schablonvärden som saknas eller är preliminära tas fram, samt att datoriserade hjälpmedel används som stöd i beräkningsarbetet.

Avgränsningar

Avgränsningar och påverkan/samverkan med andra delsystem som inte ingår i denna delrapport: vädring, mätningar av luftläckage samt förluster till mark (värmestånd hos marken).

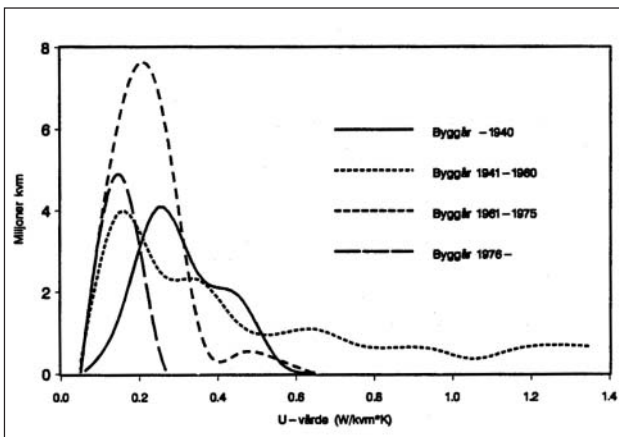
Fortsatt arbete

Det fortsatta arbetet föreslås inriktas på

- Framtagning och kvalitetssäkring av schablonvärden.
- Att färdigställa och datorisera inventeringsmallar.
- Utvärdering av föreslagna metoder genom ett antal inventeringar i fält.

2 Befintliga system

Spridningen i U-värde för olika byggnadskategorier framgår av figurerna 2.1–2.4. U-värden varierar mer för äldre hus. En förklaring till detta kan förutom variationen i konstruktionslösningar också vara att en hel del av dessa byggnader har tilläggsisolerats. Vid användning av schablonvärden för dessa bör alltså eventuell tilläggsisolering beaktas.



Figur 2.1. U-värde för vindar i flerbostadshus, fördelning inom olika åldersklasser. ELIB-rapport nr 8 SIB TN40.

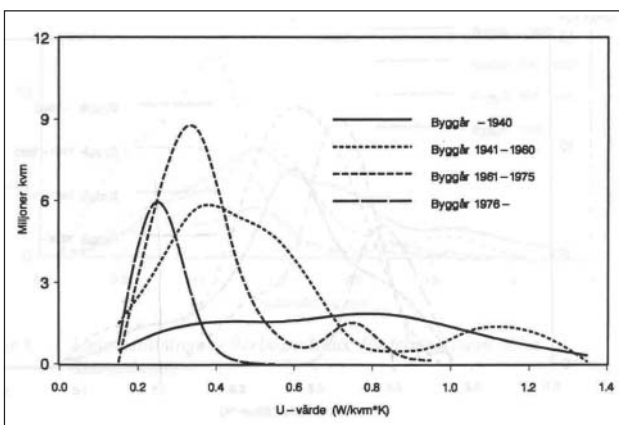


Bild 2.2. U-värde för vindar i småhus, fördelning inom olika åldersklasser. ELIB-rapport nr 8 SIB TN40.

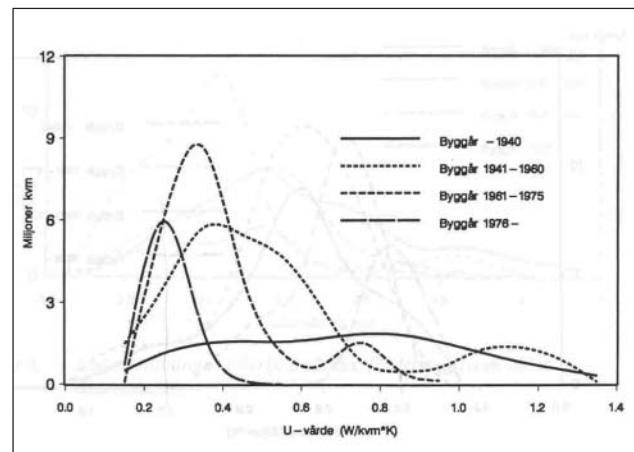


Bild 2.3. U-värde för väggar i flerbostadshus, fördelning inom olika åldersklasser. ELIB-rapport nr 8 SIB TN40.

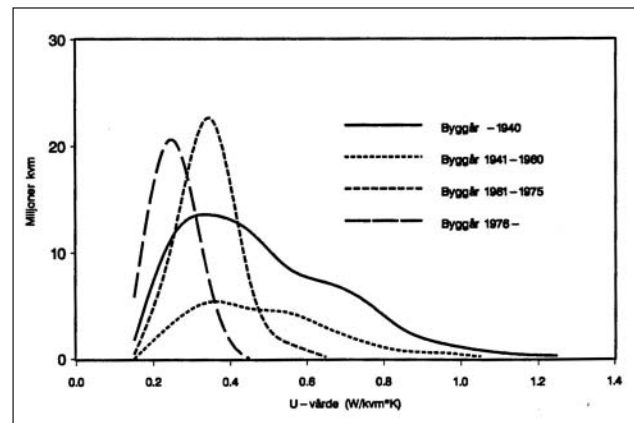


Bild 2.4. U-värde för väggar i småhus, fördelning inom olika åldersklasser. ELIB-rapport nr 8 SIB TN40.

De stora areorna fanns 1992 i småhusen: 216 milj. m² yttervägg, 190 milj. m² vindsarea och 35 miljoner m² fönsterarea. Motsvarande för flerbostadshusen: 88 milj. m² yttervägg, 49 milj. m² vindsarea och 22 milj. m² fönsterarea. Dessa areor ger ingen vägledning i inventeringsarbetet, men ger väl ett underlag för att kalkylera möjliga besparingspotentialer för klimatskärmen i Sverige. Observera att areorna avser utvändigt område. Angivna U-värden kan däremot utgöra underlag för schabloner för respektive byggnadsår.

För byggnader efter 1988 finns inga data inventerade för dessa areor. För U-värdena har typiska värden för konstruktioner som uppfyller BBR94 använts.

Typ, Byggår	Area miljoner m ²	Medeltal utvändig area m ²	U-värde W/m ² ,K exklusive köldbryggor
Totalt	304	167	
Småhus			
–40	79	151	0,50
41–60	39	122	0,52
61–75	57	114	0,37
76–88	41	117	0,25
89–			0,25
Flerbostadshus			
–40	18	480	0,58
41–60	34	718	0,54
61–75	26	898	0,43
76–88	10	823	0,27
89–			0,25

Tabell 2.1. Total fasadarea för bostäder i Sverige, medelarea samt medel U-värde. Från besiktning 1991/1992 (ELIB). Omfattar även hus som har tilläggsisolerats.

Typ, Byggår	Area miljoner m ²	Medeltal utvändig area m ²	U-värde W/m ² ,K exklusive köldbryggor
Totalt	237		0,27
Småhus			
–40	60	114	0,33
41–60	33	101	0,31
61–75	55	110	0,24
76–88	40	116	0,18
89–			0,17
Flerbostadshus			
–40	11	291	0,31
41–60	16	340	0,38
61–75	16	531	0,22
76–88	6	471	0,17
89–			0,17

Tabell 2.2. Total vindsarea för bostäder i Sverige, medelarea samt medel U-värde. Från besiktning 1991/1992 (ELIB). Omfattar även hus som har tilläggsisolerats.

Typ, Byggår	Motsvarande 2 glas fönsterarea miljoner m ²	Motsvarande 3-glas fönsterarea miljoner m ²	Fönsterarea per hus per lgh m ² m ²	
Totalt	40,7	15,6	31	
Småhus				
–40	8,9	2,6	22	20
41–60	5,3	0,6	19	19
61–75	9,7	1,0	21	21
76–88	1,3	5,5	20	19
Flerbostadshus				
–40	3,0	1,4	116	12
41–60	6,4	1,3	161	10
61–75	6,1	1,3	254	11
76–88	0,0	1,9	168	11

Tabell 2.3. Totala fönsterarea för bostäder i Sverige uppdelat på motsvarande 2 och 3 glas. Från besiktning 1991/1992 (ELIB). Karmyttermått.

2.1 Väggar och tak

Typiska vägg- och takkonstruktioner redovisas i bilaga 1. Det mest kompletta hjälpmedlet som hittats är SIB-undersökningen av husbeståndet från energisynpunkt, delrapport 4 underlag för bedömning av klimatskärmens värmemotstånd, M 78:8. I den finns specifikationer för 15 tak, 9 ytterväggar och 6 golvbjälklag. Dessvärre är denna rapport inte längre tillgänglig. En omtryckning av den rapporten kan därför rekommenderas.

2.2 Fönster

Typiska fönster redovisas i bilaga 2.

3 Beräkningsmetodik

Arbetet har baserats på att klimatskärmens förlustfaktor och tillskottsvärme från solinstrålning bestämts i överensstämmelse med kommande CEN standarder.

Värmekapacitet (kWh/m²,K) är inte en del av klimatskärmens förluster, men påverkar via byggnadens tidskonstant dess förmåga att utjämna temperaturvariationer och därmed andel överskottsenergi som kan tas tillvara. Värmekapaciteten har en större betydelse i byggnader med större variationer över dygnet. Beräkningsmetodik föreslås enligt CEN-standard, med schabloner enligt anvisningar i kapitel 5. Dessa värden bör betraktas som preliminära och bör revideras.

3.1 Solvärmestillskott

Solvärmestillskottet anger hur mycket solvärme som är tillgänglig för byggnaden, dvs. hur stor del av tillgänglig solstrålning som tränger in i byggnaden och eventuellt kan minska uppvärmningsbehovet eller alternativt öka behovet av komfortkyla. Hur solvärmen påverkar energibalansen beräknas enligt beräkningsstandarden EN ISO 13790. I denna delrapport om klimatskärmen, anges hur solvärmeeffekt in i byggnaden ska inventeras.

Solstrålning i fyra väderstreck samt horisontell strålning utgör del av klimatindata. Dessa data ingår därför i de beräkningsprogram som beräknar byggnadens energibalans. Soldata kan sammanställas för några olika orter i Sverige. De kan också redovisas som månadsmedelvärden för kalkylmodeller som baseras på månadsvärden. Till sammans med data om fönstrens egenskaper fås sedan solvärmestillskottet, vilket i huvuddrag följer standardiserad beräkning, se referenser.

Solinstrålningen i huset per timme eller per månad beräknas som:

$$Q_s = A_v \times F \times I_s$$

där

Q_s = solinstrålningen i kWh/h eller per månad och erhålles via klimatdatafiler och från fönstrets orientering och lutning

A_v = fönsterareal i m² (ytterkarm)

F = en reduktionsfaktor som visar genomsnittlig avskärmning under respektive timme eller månad. Denna i sin tur är en produkt av flera variabler.

$$F = F_i \times F_s \times F_a \times g$$

där

F_i = Inre solavskärningsfaktor på grund av persienner eller gardiner

F_s = skuggfaktor

F_a = fönstrets glasandel

g = Solfaktor – som också används för solskydd och solskyddsglas

CEN-standarderna omfattar enbart fasta solskydd. Inga anvisningar ges för hur beteenderelaterad solavskärmning ska hanteras. Vi föreslår att en *Inre solavskärningsfaktor*, F_i , tillämpas och som är framtaget för att återspegla sannolikt beteende avseende användning av gardiner och persienner mot solinstrålning och som insynsskydd. Vi använder här föreslagen avskärningsfaktor utvecklad inom MEBY-projektet och som innebär att andel av fönstret/andel av tid med solskydd, ökar i förhållande till fönsterareans storlek per uppvärmd area. Empiriskt underlag saknas och borde utvecklas i lämpligt forskningsprojekt.

$$F_i = 1 - 3 (G_u - 0,07)$$

där

F_i = inre solavskärningsfaktor

G_u = glasarea/uppvärmd golvarearea (inom intervallet 0,07–0,20)

Installation av persienner görs både för att avskärma solinstrålning, men också för insynsskydd. Vid nyproduktion är det alltså utan betydelse om byggherren ansvarar för montaget. Saknas skydden monterar de boende själva in dessa i efterhand och bör alltså beaktas. Föreslagna värden ska inte tillämpas på lokaler. Där beräknas istället kylenergibehovet utifrån faktiska eller projekterade solskyddslösningar.

Skuggfaktor, F_s , kan bestämmas via schablonvärden för olika fönstertyper, men kan också i stor utsträckning påverkas av skuggning från den egna byggnaden eller omgivande byggnader eller geografi. Då krävs en kompletterande bestämning av solinstrålningens reduktion från omgivningen, vilket kan göra förenklat enligt PrEN 13790

utifrån bifogade figur 3.1 i spalten intill, eller när så bedöms möjligt med hjälp av tabell 3.1.

Ingen avskärmning eller extern skugga	0,9
Ingen avskärmning och skugga från barrträd	0,8
Fönsterskärm, men ingen extern skugga	0,8
Fönsterskärm och skugga från barrträd	0,6

Tabell 3.1. Skuggning från karm, fönsterskärm eller barrträd.

Glasandel, F_a , anger fönstrets glasarea dividerat med fönstrets totala area (från karmyttermått). Glasandel varierar mycket beroende på fönstrets storlek och karm/båge. För stora fönster kan glasandelen vara 80 procent, för normala fönster cirka 70 procent och för små 60 procent och lägre. För att bestämma glasandelen måste man veta dimensioner på fönster och karm/båge.

Detta kan mätas eller bestämmas via schablonvärden för olika fönstertyper, enligt exemplet i tabell 3.2.

Bredd, mm	Höjd, mm	F_a , %
600	600	59
600	1 400	69
600	1 700	70
1 000	1 400	77
1 000	1 700	79

Tabell 3.2. Hjälpstabell. Typiska fönsters glasandel. Tabellen kan med fördel utvecklas för fler typfönster.

Solfaktorn, g , anger hur mycket solstrålning som transmitteras, dvs. går igenom fönsterglasen. Data fås från tillverkare, men redovisas för typiska fönster i bilaga 7.

Solinstrålningen uppskattas schablonmässigt i den förenklade föreslagna webb-baserade beräkningen.

I samband med besiktning genomförs beräkning med inventerade data enligt ovan och användning av tabellen 3.1 för att få fram korrektionsfaktorer.

3.2 Klimatskärmens förlustfaktor

Beräkning av byggnadens förluster baseras på klimatskärmens egenskaper, utetemperatur och andra klimatförhållanden. I denna delutredning ingår endast underlaget vad avser klimatskärmens egenskaper. Hur till exempel klimatskärmens förluster mot mark ska beräknas ligger alltså utanför detta uppdrag att redovisa, men det bör påpekas att tidigare metodik som använts i Sverige inte är förenlig med den som föreslås i utkast till CEN-standards.

Förlustfaktorn för klimatskärmen definieras som:

$$H_D = \Sigma U \times A + \Sigma \Psi \times l$$

där

H_D = Förlustfaktorn för direkt transmission (ISO/DIS 13789, ISO/DIS 14683), W/K

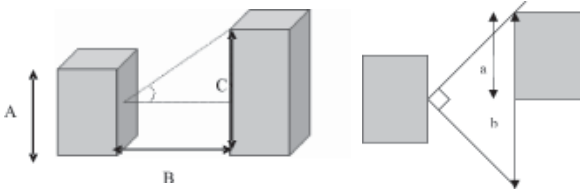
U = byggnadsdelens värmegenomgångskoefficient, W/m²,K

A = byggnadsdelens area, m²

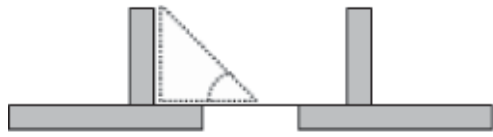
Ψ = köldbryggans värmeisolerande förmåga, W/m,K

l = köldbryggans längd, m.

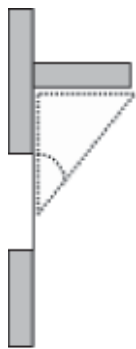
Horisontell avskärmning				
Solavskärningsfaktor (60° N latitud, genomsnitt för Sverige)				
(A-C)/B	Horisontell vinkel	Söder	Öster/Väster	Norr
0	0°	1	1	1
0,18	10°	0,9	0,91	0,98
0,36	20°	0,63	0,72	0,94
0,58	30°	0,45	0,58	0,91
0,84	40°	0,35	0,53	0,87



Sidoavskärmning			
Solavskärningsfaktor (60° N latitud, genomsnitt för Sverige)			
Sidovinkel	Söder	Öster/Väster	Norr
0°	1	1	1
30°	0,94	0,91	0,99
45°	0,86	0,83	0,99
60°	0,74	0,74	0,99



Överhängsavskärmning			
Solavskärningsfaktor (60° N latitud, genomsnitt för Sverige)			
Överhängs- vinkel	Söder	Öster/Väster	Norr
0°	1	1	1
30°	0,94	0,92	0,91
45°	0,83	0,8	0,8
60°	0,63	0,63	0,66



Figur 3.1. Yttre avskärmning enligt metodik i prEN13790. Är horisontalvinkeln svår att uppskatta kan höjd- och avståndsbedömningarna A,B och C vara enklare att uppskatta och ge en vägledning enligt tabellen. Solavskärningsfaktorn för horisontalavskärmningen viktas om i förhållande till den del inom sikt vinkeln (90 graders sikt vinkel) som det skyddande objektet täcker. Först om delen a helt täcker upp sträckan b så tillämpas avskärningsfaktorn fullt upp.

Eftersom byggnadsdelars area ingår i förlustfaktorn, och köldbryggor i detta avseende kan betraktas som en byggnadsdel med obestämd höjd, är det viktigt att gränsdragningen mellan byggnadsdelar och köldbryggor definieras tydligt. Detta kan utföras på olika sätt och värdena blir givetvis olika beroende på vilken gränsdragning som väljs. I Sverige används av tradition invändiga mått vid beräkning av areor för förlustberäkning. I Danmark används av tradition utvändiga areor. I samband med inventeringar kan det vara enklare att uppskatta de utvändiga areorna.

För omräkning till invändig area föreslås ett schablonvärde på 0,9.

När beräkning av U-värde görs utifrån materialtyp och tjocklek finns flera olika källor och standarder för val av lambdavärdet λ_m för respektive materialtyp. Den senaste är utkastet till CEN-standarder. I Sverige finns sedan tidigare en standard för lambdavärden, SS-EN 12524. För tillverkningskontrollerade och CE-märkta värmeisoleringsprodukter fås värden från tillverkare, λ_D , vilka kan korrigeras enligt SS-EN ISO 10456. Även marknadens beräkningsprogram har inbyggda materialdata. I projektet har tio källor identifierats och jämförts. Ett problem i sammanhanget är att något olika resultat erhålles beroende på vilken källa man hämtar värden ifrån. En möjlighet är att ta fram en nationellt gällande tabell. Ett utkast till en sådan tabell redovisas i bilaga 7.3. Totalt omfattar den 357 olika material varför den inte redovisas i sin helhet. Denna kan senare publiceras i sin helhet, men är inte färdig.

Köldbryggor

Definitionen på en köldbrygga är att ett material med sämre värmeisoleringsförmåga genombryter ett skikt med bättre, vilket orsakar värmetransport i flera riktningar. Således påverkas förekomsten av köldbryggor av konstruktionen i övrigt. Äldre konstruktioner, som till exempel homogena timmer-, tegel- eller lättbetongväggar kan i princip sägas att de saknar konstruktiva köldbryggor. Två- och tredimensionell värmetransport förekommer även vid vinklar och hörn, vilket kan benämnas geometriska köldbryggor. Vissa typer av upprepade köldbryggor, som trä- eller stålreglar i en regelkonstruktion, ingår i beräkningen av konstruktionens U-värde.

Köldbryggor ska ses som en integrerad del av klimatskärmen och värden för köldbryggor utformas som komplement till och på samma sätt som för klimatskärmen i övrigt, dvs. en förlustfaktor ska tas fram (W/K). Det är viktigt att avgränsningen mellan olika byggnadsdelars area stämmer överens, så att till exempel bjälklagskanter inräknas i klimatskärmens area.

Förlustfaktorer används för beräkning av värmeförluster genom klimatskärmen i EN ISO 13790. Beräkningsmetod för förlustfaktorer för konstruktioner inklusive köldbryggor finns i standard prEN ISO 13789:2005.

Denna standard refererar till andra standards för U-värdes- och köldbryggeberäkningar av olika byggnadsdelar än de som redovisas i bilaga 1.

Beräkningar av Ψ -värden kan göras med vedertagna datorprogram för flerdimensionell värmetransport (DAVID32, HEAT2, GF2DIM m fl). För att åstadkomma ett rationellt besiktningsarbete rekommenderas att det nationellt tas fram en katalog med olika konstruktioners typiska indata.

I avsnitt 5 beskrivs tre olika nivåer för hur köldbryggor kan inventeras, beroende på önskad precision och detaljeringsgrad. Den enklare schablonnivån utgår från färdigberäknade värden i separata tabeller. Idag finns endast ett mycket begränsat underlag för att kvantifiera påslaget på grund av köldbryggor. Beräkningar av typkonstruktioner som komplement till värden i litteraturen bör alltså genomföras.

I bilaga 3 ges ett utkast till vilka konstruktioner som köldbryggor borde tas fram för. Troligen kan antalet kategorier minskas om beräkningarna visar små skillnader mellan dessa.

Förslag till inventeringsmall för hela klimatskärmen redovisas i bilaga 5.

3.3 Luftläckning

Luftläckning (infiltration), q_i (l/s, m² BRA), bestäms med schablonvärde enligt anvisningar och påverkar luftomsättningens beräknade förluster.

Med luftläckning menas den oönskade luftomsättningen, utöver önskad ventilation, som är ett resultat av otätheter i klimatskärmen. Luftläckningen kan orsaka bland annat bristande termisk komfort, spridning av luftföroreningar mellan lägenheter och fuktproblem.

Drivkraft för luftläckningen är lufttrycksskillnad mellan inne och ute, vilket kan uppkomma genom temperaturskillnader, vindtryck och fläktkrafter. Hur stor luftläckningen blir beror då på otätheternas form och storlek. Eftersom olika ventilationssystem orsakar olika tryckskillnader, kommer luftläckningens storlek även att bero på typ av ventilationssystem.

Fakta luftläckning

Påslaget varierar beroende på:

- konstruktionstyp
- byggnadsmaterial
- byggnadsår
- typ av ventilationssystem
- hur utsatt byggnaden är för vindpåverkan.

Standardiserad mätmetod finns för luftläckning, men eftersom mätningen sker vid förhöjd tryckskillnad, behöver mätresultatet räknas om till normala driftsförhållanden. Vid mätningstillfället stängs avsiktliga ventilationsöppningar, till exempel springventiler, vilket även det ska beaktas vid omräkning från tryckprovningens resultat till luftomsättning vid normala driftsförhållanden.

Idag finns endast ett begränsat underlag för att kvantifiera luftläckningens storlek, liksom att bedöma luftläckningens betydelse för ventilationssystem av typen F och S. Beräkningar av typkonstruktioner som komplement till värden i litteraturen bör därför genomföras.

Det finns beräkningsmodeller för att beräkna ökad luftomsättning på grund av luftläckning, men det har visat sig svårt att i de enskilda fallen beskriva byggnaden på ett riktigt sätt, vilket innebär stora osäkerheter i resultatet. Mot denna bakgrund föreslås tills vidare en schablonmetod för bestämning av luftläckningens betydelse och anges som påslag på luftflödet utifrån klimatskärmens täthet, där luftläckningen uppskattas till

- $q_i = q_{50}/20$ för balanserad ventilation
- $q_i = q_{50}/40$ för mekanisk ventilation.

En anpassning bör dock ske utifrån byggnadens läge för vindpåverkan.

Klimatskärmens täthet q_{50} mäts enligt standard för läckagemätning (SS 021551) vid nyproduktion och uppskattas för den befintliga byggnaden på erfarenhetsbasis (i avvaktan på nationella riktlinjer för beräkning/uppskattning av luftläckning enligt kommande standard prEN 15242).

För en byggnad med frånluftsventilation som precis uppfyllt det tidigare BBR-kravet om 0,8 l/s, m² (A_{om}) så kan således läckageflödet uppskattas till 0,02 l/s, m² (A_{om}) med ett intervall ± 50 procent beroende på läge för vindpåverkan.

Åtgärdsförslag på fönster och klimatskärm i hus med S- och F-system måste ta hänsyn till att vissa typer av ventilationssystem bygger på att tilluften kommer in genom hål i ytterväggarna.

4 Åtgärdsförslag

Vanliga åtgärder redovisas nedan gemensamt för småhus och flerbostadshus. I bilaga 7, *Åtgärds katalog*, beskrivs de mer utförligt.

4.1 Väggar och tak

I normalt utförda väggar, tak och golv där det inte finns uppenbara brister är åtgärder oftast inte fastighets-ekonomiskt lönsamma som enskilda åtgärder på hus byggda efter 1975. I samband med renovering bör man dock alltid överväga tilläggsisolering.

Beskrivningsnivå 1

I nivå 1-förslagen kan följande text övervägas:

Utvändig tilläggsisolering på vindsbjälklag kan alltid övervägas för byggnader, där inte omöjliga hinder föreligger, uppförda före 1975 och som inte redan utfört tilläggsisolering vind/tak.

Utvändig tilläggsisolering av yttervägg kan alltid övervägas för byggnader, där inte omöjliga hinder föreligger, och är i behov av fasadunderhåll och är uppförda före 1975

I bägge fallen bör en energiekonomisk optimering av isolernivån utföras.

Beskrivningsnivå 2

I tabell 4.1 redovisas åtgärder för nivå 2. Dessa åtgärder ges en utförligare beskrivning i bilaga 7 som stöd för kalkyleringen. Redovisningen följer den metodik som redovisas i tabell 4.2. De priser som anges i bilagan avser år 2005 och baseras på uppgifter i sektionsfakta, men är inte alltid uppdelat på arbete och material. Detta kan göras i en kompletterande utredning.

Vid tilläggsisolering är det viktigt att tänka på var tätskikten i konstruktionen sitter och att ventilationen av byggnaden inte försämras genom att täppa till fungerande tilluftsventiler.

Vid vindsisoleringar ska man veta att yttertakets undersida blir kallare och löper därför större risk än tidigare att få kondens och fuktskador. En god lufttätethet hos vinds-

bjälklaget och en bra ventilation av underliggande rum är därför viktigt.

Utöver dessa finns också åtgärder som inte beskrivs lika ingående. De kan utföras i de enskilda fallen och kan lokalt ge ett bra inneklimat och en energibesparing.

- Kompletterande isolering i väggar: Aktuellt där sågspån eller lösull satt sig eller i tegelmurar med hålrum och som går att isolera utan att fuktproblem uppstår.
- Tätning (fogar i ytterväggar, dilatationsfogar (rörelsefogar), elementfogar, fogar vid utfackningsväggar, balkongväggar, kring fönster, kring dörrar, kring vindluckor etc.): Denna åtgärd minskar ventilationsförlusterna men ofta även transmissionsförlusterna om temperaturerna kan sänkas när oönskat drag försvinner.
- Reflekterande material bakom radiator: Vid ytterväggar med låga värmemotstånd ger detta en bra effekt så länge materialet har kvar sin höga reflektants.
- Entrédörrar byte, Balkongdörrar byte, Balkongdörrar tilläggsisolering: Dessa åtgärder behandlas i samband med fönsteråtgärder.
- Isolering av bjälklag mot inte uppvärmd källare underifrån: Köldbryggor kan bli kvar men i övrigt är det en bra åtgärd om källaren tillåts bli kallare än tidigare.
- Isolering av ursprungligt kryputrymme eller under icke bärande platta där marken (lera) har satt sig och bildat ett kryputrymme: Kryputrymmet bör isoleras mot mark om inte hela kryputrymmet isoleras, vilket på senare tid visat sig vara en framkomlig väg om inte utrymmet är alltför högt. Hus med källare eller platta på mark där marken satt sig och ett utrymme bildats, som kan kyla ner och även ge upphov till elak lukt, isoleras med fördel om det går att spruta in isolerande material.
- Vid nybyggnad: Isolering under plattan, Utvändig isolering källarväggar, Inneluftade kryprum

Dessa är åtgärder som är omöjliga eller svåra att utföra i befintliga byggnader. Tilläggsisolering ovanpå plattan eller invändigt på källarvägg under mark eller undersidan eller översidan kryprumsbjälklag avråds ifrån om inte en noggrann fuktdimensionering visar att det är möjligt.

Åtgärd	Åtgärdskod	Villkor för att räkna på åtgärden • Beskrivningsnivå 2
Vind, tak		
Utvändig tilläggsisolering på vindsbjälklag	Vind 1	Åtgärden provas på alla vindsbjälklag där inte omöjliga hinder föreligger.
Invändig tilläggsisolering av vindsbjälklag	Vind 2	Åtgärden provas på alla vindsbjälklag där inte utvändig tilläggsisolering är möjlig.
Tilläggsisolering av uppvärmd vind	Vind 3	Åtgärden provas på alla byggnader med inredd vind där inte omöjliga hinder föreligger.
Tilläggsisolering av varmt tak	Vind 4 (tak 1)	Åtgärden provas på alla byggnader med varma tak.
Fasad		
Utvändig tilläggsisolering av yttervägg	Yttervägg 1	Åtgärden provas på alla ytterväggar där inte omöjliga hinder föreligger. Åtgärden är oftast endast lönsam om fasadmateriäl ska åtgärdas av annan anledning än energihushållning. Åtgärden kan användas delvis, exempelvis då gårdsfasad tilläggsisoleras utvändigt och gatufasaden invändigt eller inte alls om fasaden har ett högt arkitektoniskt värde
Invändig tilläggsisolering av yttervägg	Yttervägg 2	Åtgärden provas på alla ytterväggar där omöjliga hinder föreligger för utvändig ytterväggsisolering.
Utvändig isolering av källarvägg ovan mark	Yttervägg 3	Åtgärden provas i kombination med utvändig tilläggsisolering av fasaden om omöjliga hinder inte föreligger. Sockelisolering eller isolering av plattkant utvändigt är samma åtgärd.
Isolering av källarvägg under mark	Yttervägg 4	Åtgärden provas i alla byggnader med källare uppvärmd till minst 10 °C och i kombination med fuktskador i källaryttervägg (>ca 25%) om omöjliga hinder inte föreligger.

Tabell 4.1. Åtgärdsförslag väggar och tak byggda före 1975 eller vid renovering.

Kalkyleringsmodell energibesparing	$Q = H_D \times \text{gradtimmar}$, där $H_D = \sum U \times A + \sum \Psi \times l$, där U = byggnadsdelens värmegenomgångskoefficient, W/m ² ,K A = byggnadsdelens area, m ² Ψ = köldbryggans värmeisolerande förmåga, W/m,K l = köldbryggans längd, m.
Åtgärds kostnad	$A \times \text{ÅK}$, där ÅK = åtgärds kostnad kr/m ² , vilket ges av värden och kalkylmodell i åtgärdsbilagan.
Inventeringsmetodik	U, Ψ, A, l från inventeringsmall klimatskärm samt från underlaget i åtgärdsbilagan där detaljerade anvisningar ges.
Upphandlingsdata	Inventeringsmall klimatskal med sammanställning. Foto-dokumentation.
Åtgärdens varaktighet	50 år.
Systemkonsekvenser	Injustering av värme. Eventuellt kompletterande åtgärder för att säkra tilluft.
Beräkningsmetodik	För en kalkyl behövs förutom U-värde före, area etc. och offererad kostnad dessutom antal gradtimmar, energipris, real kalkylränta, real energiprisökning, kalkylperiod. Exempel på LCC-analys med nuvärdesberäkning finns i Swedisols isolerguide 2004 bilaga E. Besparingskostnads metod användes i Erbol och finns beskriven i BFR R 143:1984.
Indata	U, Ψ, A, l enligt ovan. Gradtimmar enligt beräkningsprogram.

Tabell 4.2. Kalkylmodell väggar och tak.

4.2 Fönster

Generellt gäller att åtgärder på fönster kan vara aktuella som enskilda åtgärder på hus byggda fram till omkring 1990 då energiglas hade börjat bli standard. I samband med bulleråtgärder på fönster bör man dock alltid överväga att även förbättra fönstrets värmeisolerande funktion. De stora besparingsmöjligheterna finns framför allt i hus med kopplade bågar.

Beskrivningsnivå 1

I nivå 1-förslagen kan följande text övervägas:

Byggnader där inte omöjliga hinder föreligger uppförda före 1990: I samband med bulleråtgärder på fönster bör man samtidigt förbättra fönstrets värmeisolerande funktion.

Beskrivningsnivå 2

I samband med besiktningen provas samtliga åtgärdsalternativ enligt tabell 4.3.

Åtgärd	Åtgärds-kod
Fönster	
Inre rutan i en tvåglaskonstruktion ersätts med ett 4 mm hårdbelagt energiglas.	F1
Inre rutan i en tvåglaskonstruktion ersätts med en isolerruta med energiglas och argon.	F2
Byte till öppningsbart fönster med treglas isolerruta med ett energiglas och argon.	F3a
Byte till öppningsbart fönster med treglas isolerruta med två energiglas och argon.	F3b
Byte till fast fönster treglas isolerruta med ett energiglas och argon.	F4a
Byte till fast fönster med treglas isolerruta med två energiglas och argon.	F4b
Komplettering med tilläggsruta.	F5

Tabell 4.3. Åtgärdsförslag fönster.

Samtliga dessa åtgärder i tabell 4.3 ges en utförligare beskrivning i bilaga 7 som stöd för kalkyleringen och som följer en metodik enligt tabell 4.4. De priser som anges i bilagan avser år 2005 och är hämtat från en entreprenör i Stockholm (2005). I priserna ingår moms, arbete och material. Vid renovering är arbetskostnaden i grova drag dubbelt så stor som materialkostnaden.

Angivna koder i 4.3 är en tillfällig kod i denna rapport. En revidering i form av databaskodning och koppling till kostnadsdatabaser föreslås i kommande uppdateringar.

Kalkyleringsmodell energibesparing	$\Delta U_w \times A_w \times Q$ där ΔU_w = förbättring i värmeisolering W/m ² ,K A_w = m ² karmyttermått Q = gradtimmar
Åtgärds-kostnad (Totalkostnad inklusive moms. Ort: Stockholm)	$A_w \times \dot{A}K$ där $\dot{A}K$ = åtgärds-kostnad kr/m ²
Inventeringsmetodik	A_w och $\dot{A}K$ från inventeringsmall fönstertyper med sammanställning.
Upphandlingsdata	Inventeringsmall fönstertyper med sammanställning. Foto-dokumentation
Åtgärdens varaktighet	30 år.
Systemkonsekvenser	Injustering av värme. Ev. kompletterande åtgärder för att säkra tilluft.
Beräkningsmetodik	LCC.
Indata	ΔU_w , A_w , $\dot{A}K$ enligt ovan.

Tabell 4.4. Kalkylmodell fönster.

5 Inventering

5.1 Generellt

Generellt gäller att åtgärder på

- väggar, tak och golv med normalt utförande där det inte finns uppenbara brister oftast inte är fastighets-ekonomiskt lönsamma på hus byggda efter 1975. I samband med renovering bör man dock alltid överväga tilläggsisolering.
- på fönster kan vara aktuella för fönster före 1990 då energiglas började bli standard. I samband renovering, utbyte eller bulleråtgärder på fönster bör man även förbättra fönstrets värmeisolerande funktion. De stora besparingsmöjligheterna gäller kopplade 2-glas bågar.

5.1.1 Grunddata

Grunddata om klimatskärmen hämtas från ritningar (planer, fasader, sektioner) samt byggnadsbeskrivning (bygglöshandling, ev. från byggnadsnämnden) i den mån de finns tillgängliga. Givetvis kan noggrannheten på bedömningen öka om konstruktionsdetaljer finns.

5.2 Förenklad metod (Nivå 1)

Grundtanken är här att enkla indata ska kunna lämnas via ett webb-gränssnitt så att en modell för den aktuella byggnaden skapas. Med denna modell som grund ska en energibalans för byggnaden med dess installationer kunna beräknas som underlag för att se hur olika åtgärder påverkar varandra. I de fall inga lönsamma åtgärder föreslås för klimatskärmen är det heller inte meningsfullt att inventera dess areor mer exakt.

Två olika metoder för att beskriva byggnaden som modell har tagits fram.

Den första, *modell 1*, är en förenklad modell som baseras helt på data från ELIB-studierna och ger schablonvärden för klimatskärmens förluster färdigberäknat per uppvärmd area. Här har även soltillskottet beaktats schablonmässigt och gäller då för en genomsnittsort i Sverige. Dessa schabloner blir någorlunda korrekta förutsatt att den aktuella byggnaden motsvarar en genomsnittlig byggnad från samma tidsperiod på en genomsnittlig ort. Viktiga korrigeringar görs dock om byggnaden är mellanliggande eller gavelbyggnad, samt om den tilläggsisolerats eller bytt fönster.

Den andra, *modell 2*, genererar en mer ”fysisk” modell med uppskattade mått på höjd, omkrets, fasadareor, etc. och som erhålles genom att data även lämnas på antal våningsplan och genom att välja en figurform som bäst passar den aktuella byggnaden och med soldata som gäller den aktuella orten. Även denna modell kommer givetvis innehålla diverse osäkerheter, men inte större än de som ändå gäller för de schabloner som väljs för klimatskärmens egenskaper i övrigt. Modell 2 ger bättre möjligheter att i steg förfinas värden på väggareor, hur solinstrålningen påverkar energibalansen etc och är därför mer transparent med hur ett energibalansberäkningsprogram arbetar.

Angivna värden är preliminära. Som underlag för uppskattning av köldbryggor tillämpas tabellen i bilaga 3. Dessa värden finns inte framräknade för alla årsgrupper.

Modell 1

Med hjälp av tabell 5.1 kan förlustfaktor med solinstrålning redan beaktad uppskattas. Tabellen beaktar vägg, vind, grund och fönster inklusive solinstrålning och kräver följande indata:

- Byggnadstyp (flerbostadshus etc.).
- Är huset friliggande, mellanliggande eller ihopbyggt på en sida.
- Byggnadsår och år för eventuell tilläggsisolering vind, fasad eller fönster.
- Lämpliga areauppgifter (till exempel bruksarea, $BRA_{t=10K}$).

Värdet på transmissionsförlusterna är uppbyggd efter medelvärden från ELIB och från föreslagna schablonvärden på U-värden för olika hustyper, se bilaga 1.

Påslag för köldbryggor bestäms med hjälp av schabloner i bilaga 3.

För lokaler kan värdena för flerbostadshus användas med eventuellt avdrag för värmelast och värmekapacitet.

Modell 2

Genom val av typform för byggnaden och ett begränsat antal indata, kan förlusterna genom klimatskärmen beräknas (inklusive köldbryggor). Detta sker med hjälp av

Typ byggnadsår	Transmissionsfaktor*	Transmission per våningsyta BRA _{t=10K} W/m ² ,K	Mellanliggande W/m ² ,K	Gavel W/m ² ,K	Korrigerig Tilläggs- isolerad vind W/m ² ,K	Korrigerig Tilläggsisolerad vägg för mellan- liggande _ för gavel W/m ² ,K	Korrigerig Tilläggs- ruta eller bytt fönster W/m ² ,K
Småhus							
–20		1,64	1,07	1,35	–0,18	–0,42	–0,11
21–40	2,5	1,52	0,99	1,25	–0,18	–0,42	–0,11
41–60	2,6	1,32	0,86	1,09	–0,19	–0,19	–0,11
61–75	2,2	0,85	0,55	0,70	–0,08	–0,07	–0,11
76–85	2,4	0,60	0,39	0,50	–	–	–
86–		0,54	0,35	0,45	–	–	–
Flerbostadshus							
–20		1,10	0,72	0,91	–0,13	–0,33	–0,11
21–40	1,4	1,08	0,70	0,89	–0,12	–0,33	–0,11
41–60	1,2	0,84	0,55	0,69	–0,08	–0,17	–0,11
61–75	1,1	0,63	0,41	0,52	–0,06	–0,07	–0,11
76–85	1,2	0,38	0,25	0,31	–	–	–
86–		0,35	0,23	0,29	–	–	–

*Transmissionsfaktorn är byggnadens omslutningsarea (inklusive tak och golv)/BRA_{t=10K}

Tabell 5.1. Transmissionsförluster hos klimatskärmen för typiska småhus och flerbostadshus.

byggår och schablon-U-värden där köldbryggor ingår för vägg, vind/tak, grund och fönster med hänsyn till tilläggsisolerig kan $U \times A$ inklusive $\Psi \times l$ beräknas. Modellen kräver följande indata:

- Byggnadsform: rektangulär, L-form, U-form.
- Byggnadstyp: punkthus, tjockhus, smalhus, loftgång, kvartersbyggnad.
- Antal källarvåningar.
- Antal våningar över mark.
- Är huset friliggande, mellanliggande eller ihopbyggt på en sida.
- Byggnadsår och år för eventuell tilläggsisolerig vind, fasad eller fönster.
- Lämpliga areauppgifter (till exempel bruksarea, BRA_{t=10K}).
- Byggnadsens orientering i syd/nord.
- Byggnadsens exponering för sol (innerstad/friliggande).

Modellen ger följande utdata:

- Beräknad transmissionsförlust till energibalansen.
- Men i modellen finns då också värden för byggnadens:
- Samtliga areor (*AreaGrund*, *AreaTak*, *AreaVägg*, *AreaFönster*)
 - Antagna U-värden per area och dess läckagefaktor.
 - Antagna värden för skuggning, m m.
 - Byggnadens höjd.

Beräkningsmetodiken i det bakomliggande beräkningsprogrammet utformas enligt kalkylmodellen i bilaga 9.

Beräknat fel för bestämning av den omgivande arean

med denna förenkling, som innebär att byggnadens bredd och längd inte behöver anges, uppskattas till mindre än 15 procent. Schablonvärden på U-värden för olika hustyper hämtas från bilaga 1.

5.3 Besiktning (Nivå 2)

Inventering sker med mallar enligt bilaga 5 och 6. Mallarna bör i samband med att de detaljutföras separeras för olika byggnadskategorier, (småhus, lokaler, flerbostadshus). Då bör mallen även delas upp i en del som alltid ska inventeras för att säkra kvaliteten på energiprestandauppgiften (till exempel uppvärmda areor) och en del som syftar till att identifiera lönsamma åtgärder. För småhus kan en mer detaljerad inventering av klimatskärmen krävas även för energiberäkningen (beror på om en förenklad simuleringsmodell finns framme eller inte).

Även den senare delen som syftar till åtgärdsförslag, kan indelas i en inledande del med uppgifter som avgör om lönsamma åtgärder på klimatskärmen ens ska övervägas, till exempel nuvarande skick, trafikbullerstörningar (nya glas), behov av dränering för källarplanet, husägarens intentioner de närmaste fem åren. Kvarvarande uppgifter som utgör den arbetsmässigt helt dominerande som bestämning av areor, etc. kan uteslutas om kalkylerna visar att inga lönsamma åtgärder föreligger. Detta förutsätter att ett kalkyleringssteg sker före (baserat på webb-indata och vissa antaganden som sedan kan kontrolleras på plats), eller under besiktningsarbetet.

Följande beskrivning avser en fullständig besiktning.

Besiktningen baseras på besiktningsmallen bilaga 5 och indelas i följande steg, vilka beskrivs närmare i det följande.

1. Ta fram areor på byggnadsdelar och längd på relevanta köldbryggor.
2. Ta fram konstruktionsdata.
3. Ta fram eventuellt ytterligare underlag som underlag för åtgärdsbedömning (status etc.).

1. Ta fram areor på byggnadsdelar och längd på relevanta köldbryggor

Mät areor, A , och längder, l , från ritningar enligt angivna mätregler. Areor tas fram med utvändiga eller invändiga mått. Fönster- och dörrarea anges med karmyttermått.

En fördel med utvändiga mått är kortare tidsåtgång vid beskrivningen och att areorna kan användas vid tilläggsisolering av fasader. En fördel med invändiga mått är att BBR och att befintliga svenska kataloger över köldbryggor, till exempel Swedisol, använder som regel invändiga mått. Om man använder utvändiga eller invändiga mått måste man beakta att värdena för köldbryggor blir annorlunda.

Längd på köldbryggor tas fram i relevant omfattning: bjälklagskanter, utkragande balkongplattor, fönster- och dörrnischer samt hörn.

2. Ta fram konstruktionsdata

Konstruktionsdata ger U , Ψ , luftläckning och fönsterdata.

U -värden bestäms utifrån tillgängliga ritningar och beskrivningar eller med lathundar för vanliga konstruktioner i bilaga 1 och 2.

Går det inte att räkna ut U -värden finns det schablonvärden i bilaga 1 för olika ytterväggar, vindsbjälklag, tak och grund.

För materialen finns en hjälptabell med lambda-värden i ett separat dokument.

För fönster tas U_w fram utifrån glaskonstruktionen enligt inventeringsmall i bilaga 6.

Köldbryggor bedöms med hjälptabell i inventeringsmallen eller också hämtas data från en katalog innehållande olika konstruktionstyper med förlustfaktorer, där inverkan av materialskiktens tjocklek kan beräknas. Exempel på detta finns i Swedisols Isolerguiden 2004. Erforderliga indata framgår av besiktningsmallen i bilaga 3 där också köldbryggornas längd anges.

Kataloger finns för konstruktionsdetaljer inom vissa länder i Europa, men inte i sådan form att de är direkt tillämpbara för svenska förhållanden. På nästa sida visas ett exempel på en katalogbild.

Luftläckning bedöms enligt avsnitt 3.3. Hänsyn tas till läge för vindpåverkan och till de faktorer i byggnadens skick som påverkar detta, nämligen:

- tätningslister i fönster
- fönstrens skick
- märkbart drag eller synliga otätheter.

Värmekapacitet bedöms med katalogmetod enligt tabell 5.2. Värmekapacitet.

Vid besiktningen görs en schablonmässig indelning av byggnader i lätta, medel och tunga, enligt preliminär beskrivning nedan. Denna behöver ses över och kompletteras. Vid besiktning noteras hur avskärmade de tunga värmelagrande materialskikten är.

Klass 1 60 kJ/m ² ,K	Representerar en lätt konstruktion med bärande konstruktion av reglar (tunnplåt eller trä) och lätta bjälklag.
Klass 2 120 kJ/m ² ,K	Konstruktion med tunga bjälklag och lägenhetsskiljande konstruktioner och lätta utfackningsväggar.
Klass 3 240 kJ/m ² ,K	Konstruktion med exponerade betongytor i bjälklag, innerväggar och ytterväggar.

Tabell 5.2. Schablonvärden för värmekapacitet.

Solvärmeinstrålning

Solinstrålning hämtas från klimatdatafiler för aktuell ort.

Glasarea, F_a , hämtas från inventeringsmall för fönster och fönstrens glasandel via mätning eller schablonvärde.

Inre solavskärmning beräknas för flerbostadshus utifrån glasarea och uppvärmd area enligt kap 3.

Skuggfaktorn för fönstret enligt schablon, kapitel 3.

Solfaktor, g , bedöms enligt bilaga 4.

Uppgifterna redovisas per väderstreck.

3. Ta fram eventuellt ytterligare underlag för åtgärdsbedömning (status etc.)

Förutsättning för åtgärd inventeras genom besiktning, dvs. byggnadsdelarnas skick och behov av åtgärd på ytskikt eller byggnadsdel på grund av annat än energieffektivisering. Skick anges i fem tillståndsklasser (enl. ISO 15686-7):

0 Inga symtom dvs. *Intakt*.

1 Lätta symtom = *Ej intakt men inget åtgärdsbehov den närmaste tiden*.

2 Medel = *Mindre skador, målningsbehov, ej reparationsbehov från funktionssynpunkt*.

3 Starka symtom = *Reparationsbehov som bör åtgärdas inom fem år*.

4 Totalt oacceptabelt = *Omedelbart reparationsbehov*.
Normalt anges 3 *Starka symptom* som åtgärder inom två år. Här har angivelsen anpassats till föreslagen metod för lönsamhetskalkylering, där endast åtgärder som krävs inom fem år ska beaktas.

Vid skada antecknas typ och omfattning.

Asbestcement som tak eller fasad material bör antecknas, liksom eventuella mjukfogar utförda mellan 1956 och 1973 med risk för att innehålla PCB. Detta då de kan påverka kostnaden, där dessa blir lägre för isoleringen om det ändå finns arbetsställningar etc.

B1. Hörn mellan två ytterväggar

B1.1 Ytterväggshörn i träregelvägg. Bärande regler på utsidan.

Konstruktion: Korslagda regler c 600, bärande regler

Gipsskiva på båda sidor.

Beteckningar:

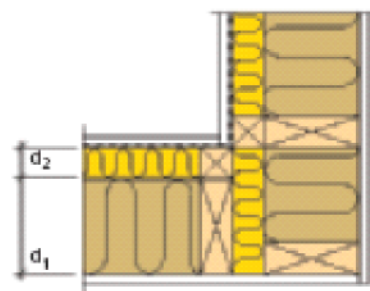
Köldbryggans linjära

värmeomgångskoefficient ψ

Isolertjocklek invändigt d_2

Isolertjocklek stomme d_1

Värmekonduktivitet mineralull λ



$$\psi = f + 1,43 d_1 (\lambda - 0,037)$$

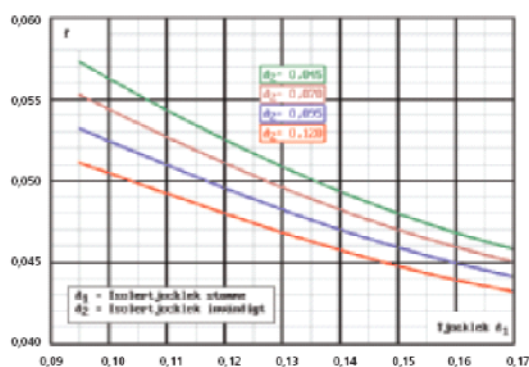


Fig 5.1. Utdrag ur katalog för bestämning av köldbryggor.

5.4 Fördjupad besiktning och mätning

Noggrannheten kan vid besiktningen utökas med mer detaljerade metoder och därmed skapa säkrare beslutsunderlag. Besiktningsmannen kan sannolikt göra en mer korrekt bedömning om besiktningen utförs under vinterperioden.

Denna nivå beskriver möjliga kompletteringar, men som troligen inte ingår i den normala besiktningen såvida inte särskilt specificerats vid upphandlingen.

Köldbryggor

Köldbryggornas längd bedöms/beräknas och förlustfaktorer för de olika köldbryggorna beräknas enligt standard eller något vedertaget beräkningsprogram och summeras sedan för byggnaden. I detta fall tas även hänsyn till verkligt utförande som framkommer vid besiktning, t.ex. genom yttemperaturmätning eller termografering.

Luftläckning

Byggnadens luftläckning mäts med tryckprovningssmetoden (enligt standard) och mätdata omräknas till genomsnittlig ökad luftomsättning under uppvärmningssäsongen alternativt till indata i ett beräkningsprogram. Tidigare an-

vända omräkningsfaktorer är: 0,05 för FT-ventilerade byggnader och 0,025 för F-ventilerade byggnader.

Tryckprovning är en lämplig metod vid nyproduktion för att redan under byggprocessen säkra utförandet.

Otäteter kan också identifieras vintertid med hjälp av termografering.

Värmekapacitet

Eget värde beräknas enligt vedertagen metodik, standard eller program. Särskilt motiverat för byggnader där större dagliga temperaturförändringar förekommer

5.5 Tidsåtgång

5.5.1 Flerbostadshus

Nivå 1:

Arbetstiden blir helt beroende på hur programvaran för inmatning utformas. Finns uppgifterna framme kommer detta gå snabbt. Åtgärdsförlagen är schablonartade och inte objektsspecifika.

Nivå 2:

Inventering utförs på plats, om möjligt med stöd av befintliga handlingar som fastighetsägaren tar fram. Tidsåtgång 3–5 timmar för ett normalstort flerbostadshus.

5.5.2 Småhus

Förutsatt att småhusägaren har lämpligt underlag behövs 1–6 timmar inklusive besök på plats. Tidsomfånget bestäms även i detta fall mycket av tillgång på lämpliga hjälpmedel och schablonvärden. Möjligheten till att återanvända data från likartad byggnad via typkataloger, kan påtagligt rationalisera arbetet.

5.6 Kompetenskrav

Kompetenskraven avser den oberoende experten.

Nivå 1: Fastighetsförvaltare.

Nivå 2: God kunskap i byggnadsteknik och byggnadsfysik (fukt, värme, luft, solavskärmning), byggmaterial och om hur husen är byggda.

Nivå 3: Kunna hantera enkla instrument för att lokalisera köldbryggor och otätheter.

5.7 Felanalys

Relativa fel vid multiplikation bestäms som roten ur summan för respektive fels kvadrat om felen är slumpmässiga. Är U-värdesbestämning ± 20 procent och areabe-

stämmningen ± 10 procent blir det totala felet för produkten roten ur $(20^2 + 10^2) = 32$ procent.

Med schablonvärdena till den förenklade beräkningsmodellen ligger felet troligen kring ± 30 – 40 procent för hela transmissionsförlusten. Det högre värdet för de äldre byggnaderna.

I nivå 2 om U-värdet beräknas från material och tjocklekar, areor och köldbryggor är uppmätta samt Ψ beräknad eller uppskattad på bästa sätt torde produkten $U \times A + \Psi \times l$ kunna bestämmas med en osäkerhet på ± 15 – 20 procent. Ska vi ner till under 10 procent bör hjälpmedel som ytemperaturmätning, värmekamera och täthetsprovning anföras.

6 Referenser

Klimatskärm

Björk, Kallstenius, Reppen, Så byggdes husen 1880–2000, T1:1984, Femte upplagan 2003, FORMAS.

Miljöhuset, www.klokainvesteringar.nu.

Boverkets handbok. Byggnadens värmeenergibehov. Utgångspunkter för omfördelningsberäkning, okt 1995.

Värmeisolering, Rapport, Boverket, 1989.

Termiska beräkningar, Handbok, Boverket, 2003.

Fönster. Historik och råd vid renovering. Byggnadsstyrelsen, Fortifikationsförvaltningen, Riksantikvarieämbetet, 2003.

Bergström-Hammarsten, 1978, Undersökning av husbeståndet från energisynpunkt. SIB M78:1, Gävle.

SIB-3000 Besiktning av 3000 byggnader i 103 kommuner för att identifiera i vilka delar energisparåtgärder kunde utföras.

Tolstoy, Sjöström och Waller Bostäder och lokaler från energisynpunkt SIB M84:8, Gävle.

ERBOL Energisparpotential och Reparationsbehov i Bostäder Och Lokaler – 1500 byggnader i 62 kommuner.

Tolstoy, Borgström, Högber, Nilsson, 1993. Bostadsbeståndets tekniska egenskaper ELIB-rapport nr 6 TN29 SIB, Gävle.

ELIB, 1100 bostadsbyggnader i 60 kommuner.

Hansson T, Nilson A, Stadler C-G, Energisparteknik i befintlig bebyggelse, R139:1984, Byggeforskningsrådet.

Nilson A, Bäck Lars, Fischer M, Stadler C-G, Energisparmöjligheter i befintlig bebyggelse, R143:1984, Byggeforskningsrådet.

Rätt åtgärds paket i rätt byggnad vid rätt tidpunkt, Energisparande i form av åtgärds paket på husnivå, T17:1981, Byggeforskningsrådet.

Anderlind G, Nilson A, Stadler C-G, Det lönar sig att spara energi i flerbostadshus, Erfarenheter från projektet ”Energisparvarter”, G9:1986, Byggeforskningsrådet.

Isolerguiden 04, Swedisol.

Använd bästa möjliga teknik och utveckla ny, Bygga Bo och Förvalta.

Solvärme

EN ISO 13790:2004, Thermal Performance of Buildings – Calculation of Energy Use for Space Heating, kommer att ersättas av prEN 15714, Thermal Performance of Buildings – Calculation of Energy Use for Space Heating and Cooling.

Köldbryggor

The significance of thermal bridges for heat loss from buildings. Nordic Committee on Building Regulations, Report NKB 1996:10 E, ISBN 951-53-1450-X, ISSN 1236-7672, Monila Oy, Helsinki 1997.

Swedisol, 2004, Isolerguiden 2004.

ISO 7345, Thermal insulation – Physical quantities and definitions.

ISO/DIS 6946:2005, Building components and building elements – Thermal resistance and thermal transmittance – Calculation method.

ISO 10077-2, Thermal performance of windows, doors and shutters. Calculation of thermal transmittance. Part 2: Numerical method for frames.

ISO/DIS 10211:2005, Thermal bridges in building construction – Heat flows and surface temperatures – Detailed calculations.

SS 024230 (2), Värmeisolering – Plåtkonstruktioner med köldbryggor – Beräkning av värmegenomgångskoefficient.

ISO/DIS 10456:2005, Building materials and products – Hygrothermal properties – Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values.

ISO/DIS 13370:2005, Thermal performance of buildings. Heat transfer via the ground. Calculation methods.

ISO/DIS 13789:2005, Thermal performance of buildings – Transmission and ventilation heat transfer coefficients – Calculation method. En äldre version, SS-EN ISO 13789:1999, Byggnaders termiska egenskaper – Värmeförlustkoefficient – Beräkningsmetod, finns på svenska.

EN ISO 13790:2004, Thermal Performance of Buildings – Calculation of Energy Use for Space Heating, kommer att ersättas av prEN wi14, Thermal Performance of Buildings – Calculation of Energy Use for Space Heating and Cooling.

ISO/DIS 14683:2005, Thermal Bridges in Building Construction – Linear Thermal Transmittance, Simplified Methods and Default Values.

Värmekapacitet

ISO/DIS 13786, Thermal performance of building components – Dynamic thermal characteristics – Calculation methods.

Teknikupphandling av energiberäkningsmodell för energieffektiva sunda flerbostadshus (MEBY). Anbudsunderlag för tekniktävling 2002.

Luftläckning

ISO/DIS 13789:2005, Thermal performance of buildings – Transmission and ventilation heat transfer coefficients – Calculation method. En äldre version, SS-EN ISO 13789:1999, Byggnaders termiska egenskaper – Värmeförlustkoefficient – Beräkningsmetod, finns på svenska.

Bilaga 1

Typiska ytterväggs- och takkonstruktioner

Här nedan redovisas några exempel på U-värden angivna i olika källor. Med hjälp av dessa källor kan schablonvärden för vanligast förekommande U-värden för ytterväggar, yttertak och golvbjälklag tas fram.

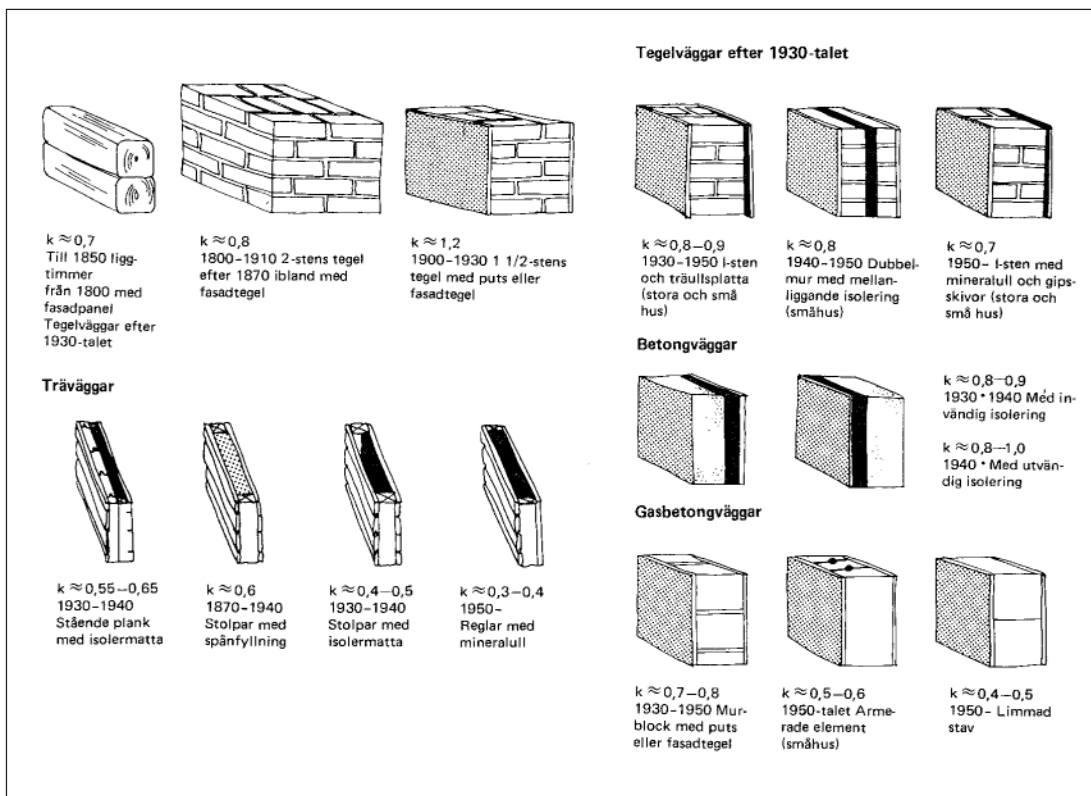


Bild 1A. Ytterväggs U-värden. Idag används begreppet U-värde istället för k-värde som anges i figuren. Utdrag ur Trimma, Täta, Isolera, Bygginfo.

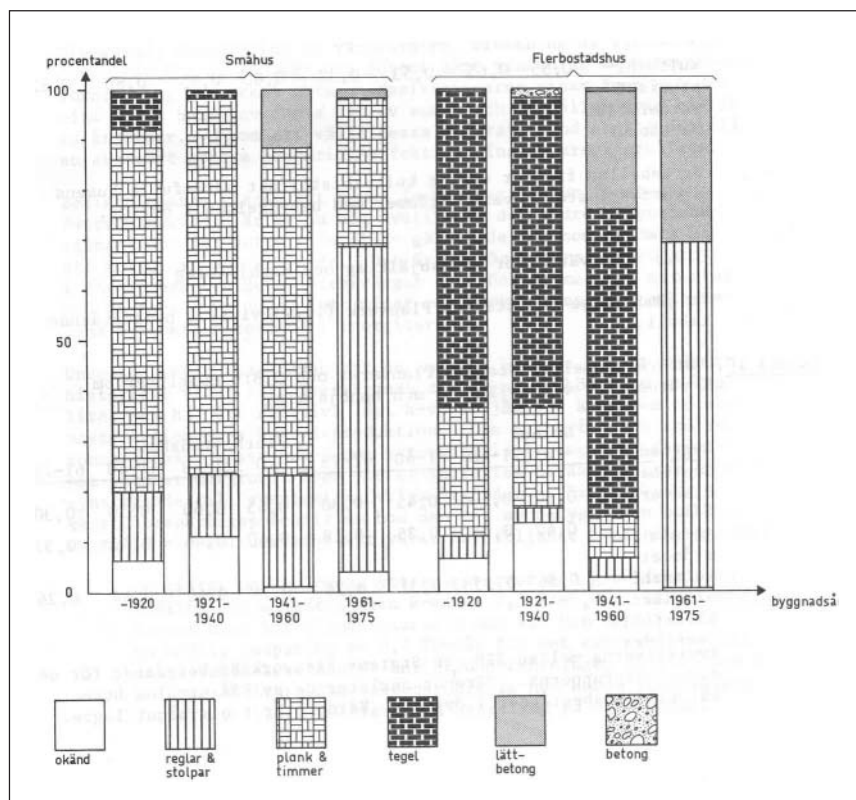


Bild 1B. Ytterväggar genom tiderna. Utdrag ur Undersökning av husbeståndet från energisynpunkt, M 79:9, Kulturhistorisk besiktning Riksantikvarieämbetet.

Ytterväggar Konstruktion	Bygg- nadsår	k-värde W/m ² °C	Konstruktion	Bygg- nadsår	k-värde W/m ² °C
Plankvägg (75 mm plank, 2x25 mm träpanel)	1910–45	1,0	Regelvägg med lätt fyllning (tex kutterspån)	1930–55	0,6
1½ stens putsad tegelvägg	—1940	1,0	Skalmur med isolering	1940–55	0,6
Liggtimmervägg	—1900	0,8	Gasbetongelement	1965–	0,6
1 stenstegel + träullspatta	1930–50	0,8	Träullselementväggar	1940–50	0,6
Gasbetongmurverk (250 mm)	1935–	0,8	Stolpvägg med isolermatta	1930–40	0,4
Gasbetongisolerad betongstomme	1945–65	0,8	Regelvägg med mineralull	1950–	0,4
Plankvägg med isolermatta	1930–40	0,8	Skalmur med mineralull	1955–	0,4
Stolpvägg med lätt fyllning (tex kutterspån)	1900–40	0,6	Betongstomme med motgjuten mineralull eller cellplast	1960–	0,4
			Betongelement med mineralull eller cellplast	1960–	0,4

Tabell 3.2 Ungefärliga k-värden för äldre väggkonstruktioner.

Tabell 1A. Ungefärliga U-värden för äldre vägg konstruktioner inklusive köldbryggor, Industrigruppen för Lätt Byggeri, februari 1980. Idag används begreppet U-värde istället för k-värde som anges i tabellen.

Typiska ytterväggar och tak /vindshjäklag

U-värden för nedanstående väggtyper och tak /vindshjäklag är baserade på den redovisning som finns i SIB:s Meddelande M78:8, Undersökning av husbeståndet från energisynpunkt. Delrapport 4: Underlag för bedömning av klimatskärmens värmemotstånd.

Valet av väggtyper och tak/vindshjäklag har gjorts som en sammanvägning med följande källor som utgångspunkt:

- Ytterväggar genom tiderna. Utdrag ur Undersökning av husbeståndet från energisynpunkt, M 79:9, Kulturhistorisk besiktning Riksantikvarieämbetet.
- Trimma täta isolera, Statens Planverk och Bygginfo 1978.

- Byggtekniska möjligheter att spara energi i befintlig bebyggelse, Industrigruppen för lätt byggeri 1980
- Så byggdes husen 1880–2000, Stockholms stadsbyggnadskontor och Statens Råd för Byggnadsforskning 2003.
- Skador på hus: Ytterväggar & Fönster Sven-Erik Bjerking, T13:1987 Byggnadsförsäkringsrådet.

			Vägg tjocklek	U-värde
Byggår		Yttervägg	i cm	W/m²,K
–1920-tal	V1	Liggande timmer med utvändig träpanel och invändig träfiberskiva.	18	0,52
–1920-tal	V2	Liggande timmer med utvändig puts och invändig träfiberskiva och plastfolie	18	0,55
1910–1940	V3	Enkel plankvägg med stående spontad plank med utvändig puts och invändig träfiberskiva och plastfolie	13	0,68
1910–1940	V4	Stolperkvägg med spån och utvändig träpanel och invändig träfiberskiva och plastfolie	15	0,57
1890–1940	V5	11/2-sten med ut- och invändig puts	44	0,80
1930–1960	V6	1-stenstegel med utvändig puts på reveteringsmatta och invändig träullsisolering på puts	37	0,56
1935–1960	V7	Lättbetongblock med ut- och invändig puts	30	0,60
1940–1965	V8	Regelverk med mineralull och utvändig träpanel och invändig träfiberskiva	15	0,44
1960–1975	V9	Regelverk med 12 cm mineralull och utvändig tegelbeklädnad och invändig gipsskiva	29	0,36
1960–1975	V10	Betongvägg med motgjuten 12 cm mineralull och utvändig tegelbeklädnad	37	0,34
1975–1990	V11	Regelverk med 15 cm mineralull och utvändig tegelbeklädnad	30	0,30
1990–	V12	Regelverk med 20 cm mineralull och utvändig tunnputs på nät och invändig gipsskiva	25	0,25

Tabell 1B. U-värden för vanliga ytterväggar inklusive konstruktionens köldbryggor.

			Vägg tjocklek	U-värde
Byggår		Yttervägg	i cm	W/m²,K
–1920	T1	Bjälklag med fyllning av sågspån och innertak av gipsskivor	25	0,39
–1920	T2	Bjälklag med fyllning av sågspån och trägolv på vind och innertak av gipsskivor	28	0,36
1935–1960	T3	Betongbjälklag med koksaska och tunnputs mot insida	28	0,91
1970–1980	T4	Betongbjälklag med 15 cm mineralull med vindskydd och sandspackel på insida	30	0,26
1950–1970	T5	Lättbetong 15 cm med utvändig takpapp och tunnputs på insida	22	0,50
1970–1990	T6	Uppstolpat tak med utvändig takpapp och 15 cm mineralull och 15 cm betong och invändig sandspackel	30	0,31

Tabell 1C. U-värden för vanliga vindbjälklag och tak inklusive konstruktionens köldbryggor.

Byggnadsår	Småhus				Flerbostadshus			
	–20	21–40	41–60	61–75	–20	21–40	41–60	61–75
Statens Planverk	0,90	0,85	0,60	0,40	1,00	1,00	0,70	0,45
SIB totala beståndet	0,55	0,60	0,53	0,36	0,84	0,86	0,64	0,45
kulturhistoriskt värdefulla beståndet	0,55	0,65	0,53	0,33	0,80	0,95	0,80	0,52

Tabell 1D. Här redovisas en jämförelse som gjordes 1979 av SIB i Gävle. Jämförelse mellan Statens planverks och SIB:s uppgifter om K-värden för ytterväggar, M79:9.

Typ	U-värde 1978 W/m ² ,K	U-värde 1984 W/m ² ,K	U-värde 1992 W/m ² ,K
Byggår			
Totalt			
Småhus			
–20	0,55		0,50
–40	0,60	0,54±0,05	0,50
41–60	0,53	0,52±0,06	0,52
61–75	0,36	0,37±0,02	0,37
76–88		0,28±0,03 (tom 81)	0,25
Flerbostadshus			
–20	0,84		
–40	0,86	0,83±0,07	0,58
41–60	0,64	0,64±0,09	0,54
61–75	0,45	0,44±0,05	0,43
76–88		0,31±0,05 (tom 81)	0,27

Tabell 1E. Ytterväggar medel U-värde. Från besiktning 1978 (3000 HUS) 1984 (ERBOL) 1991/1992 (ELIB)

Typ	U-värde utan åtgärd	U-värde vid tidigare
Byggår	W/m ² ,K	tilläggsisolering
Totalt		
Småhus		
–20	0,90	0,40
21–40	0,85	0,40
41–60	0,60	0,40
61–75	0,40	0,30
76–85	0,25	
86–2004	0,20	
Flerbostadshus		
–20	1,0	0,40
21–40	1,0	0,40
41–60	0,7	0,40
61–75	0,45	0,30
76–85	0,30	
86–2005	0,25	

Tabell 1F. Förslag till schablonvärden yttervägg.

Typ	U-värde utan åtgärd	U-värde vid tidigare
Byggår	W/m ² ,K	tilläggsisolering
Totalt		
Småhus		
–20	0,60	0,25
21–40	0,50	0,25
41–60	0,45	0,20
61–75	0,30	0,18
76–85	0,18	
86–2004	0,15	
Flerbostadshus		
–20	0,65	0,25
21–40	0,60	0,25
41–0	0,50	0,20
61–75	0,40	0,18
76–85	0,18	
86–2005	0,15	

Tabell 1H. Förslag till schablonvärden vind inklusive köldbryggor.

Typ	1984	U-värde 1992
Byggår		W/m ² ,K
Totalt		0,27
Småhus		
–20	0,60 0,42	
21–40	0,50 0,35 0,36±0,03 (–40)	0,33 (–40)
41–60	0,45 0,35 0,34±0,02	0,31
61–75	0,30 0,28 0,24±0,01	0,24
76–88	0,18±0,01 (76–81)	0,18
Flerbostadshus		
–20	0,65 0,40	0,31
21–40	0,60 0,46 0,42±0,04 (–40)	0,31
41–60	0,50 0,43 0,49±0,06	0,38
61–75	0,30 0,37 0,26±0,02	0,22
76–88	0,18±0,02 (76–81)	0,17

Tabell 1G. Vindar medel U-värde. Från besiktning från Planverket 1977, 1978 (3000 hus) 1984 (Erbol) 1992 (ELIB).

Värmemotstånd mark ligger normalt mellan 2,4 till 7,7. Genom att gradtimmar mot grunden normalt är lägre än för övriga delar av klimatskärmen, föreslås detta hanteras som ett påslag på markens värmemotstånd varpå U-värden blir låga.

Typ	U-värde
Byggår	W/m ² ,K
Småhus	
–75	0,30
76–85	0,16
86–2004	0,13
Flerbostadshus	
–75	0,30
76–85	0,16
86–2005	0,13

Tabell 1I. Förslag till schablonvärden grund.

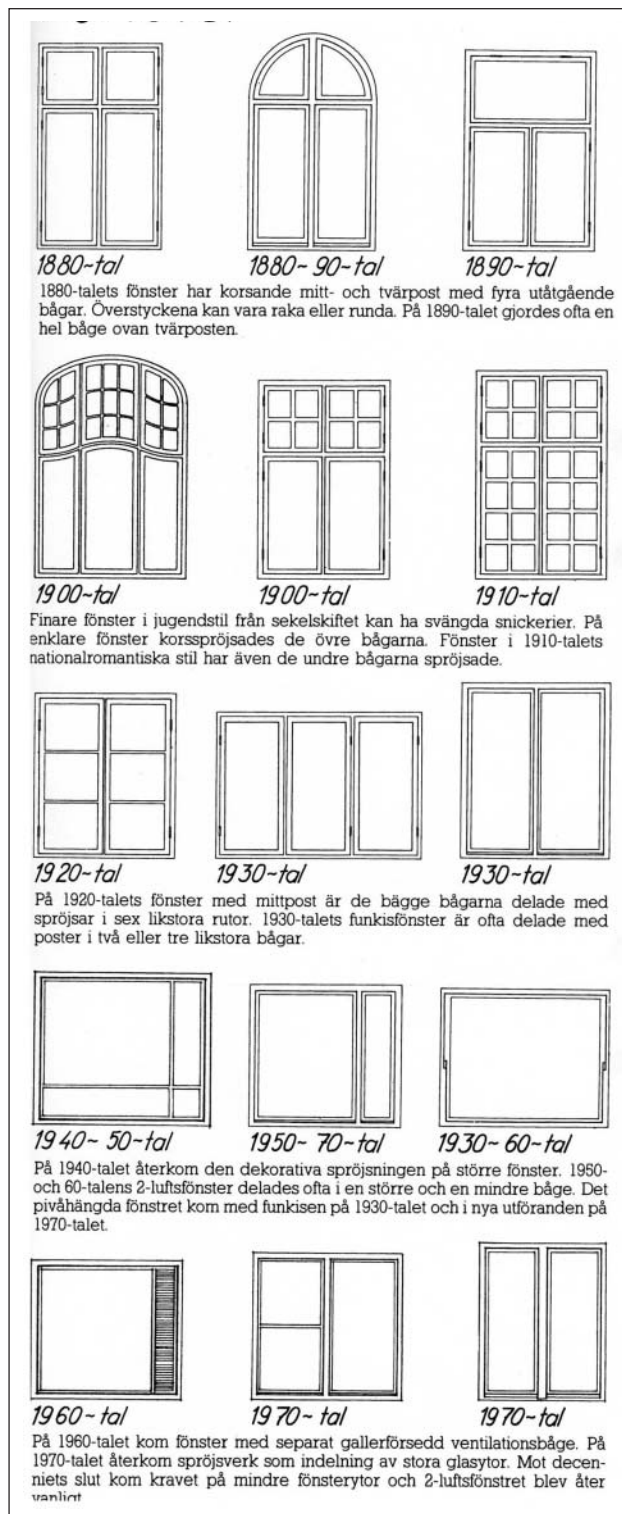
Bilaga 2

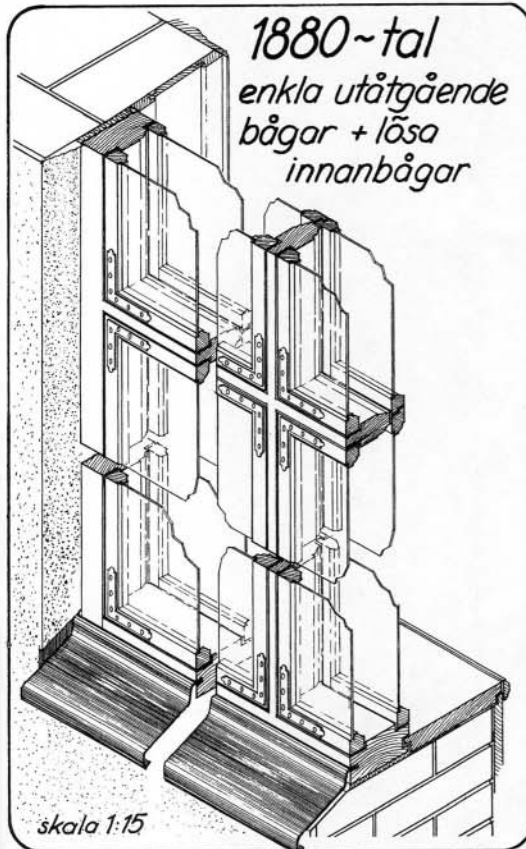
Typiska fönster

1880-tal	Enkla utåtgående bågar plus lösa innerbågar 1880-talets fönster utfördes med enkla utåtgående bågar. Lösa innerbågar kunde sättas in i karmen. Typen användes ända fram till 1920-talet.
1920-tal	Kopplade bågar, $U_g = 2,7-3,0$, $U_w = 2,3-2,5$ På 1890-talet patentsöktes lösningar av fönster med kopplade bågar. Typen slog igenom på 1910-talet. Den gjordes av säkerhetsskäl inåtgående men förekommer på 1920-talet som utåtgående.
1950-tal	Kopplade inåtgående bågar, $U_g = 2,7-3,0$, $U_w = 2,3-2,5$ Under 1940-talet gjordes de kopplade fönstren i flerbostadshus inåtgående. De gavs standardutföranden 1945, 1954, 1960 och 1967. 3-glasfönster med tre kopplade bågar lanserades 1954.
1970-tal	Kopplade inåtgående bågar med isolerrutor, $U_g = 1,9-2,0$, $U_w = 1,8-1,9$ 1970-talets energikrav medförde att man satte isolerrutor i innerbågen på kopplade fönster. Men även trippelrutor i enkelbåge förekom liksom tre kopplade bågar med enkelglas.
1980-tal	Energiglas, $U_g = 1,0-1,4$, $U_w = 1,2-1,5$ På 1980-talet började så kallade energiglas i isolerrutor att bli vanliga i kopplade 1+2-fönster samt i 3-glas isolerrutor.

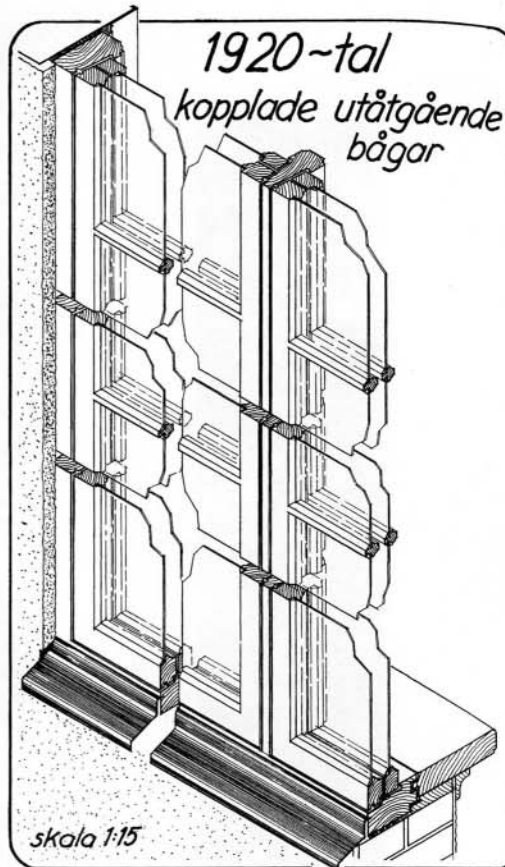
Tabell 2A. U_w -värden.

U_g = mittpunktsvärde. Det är det praktiskt användbara U -värdet, U_w , som ska användas. Detta blir högre beroende på karm och båge samt typ av distanslist i isolerrutan. Fönstrens utformning framgår av följande figurer.

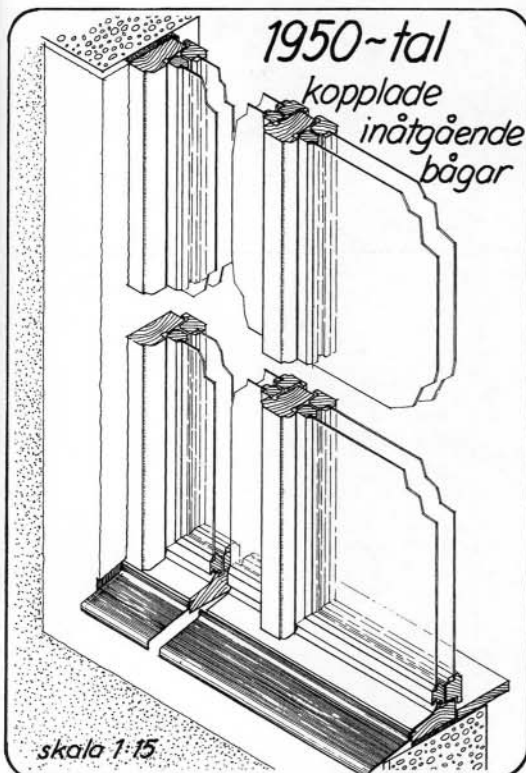




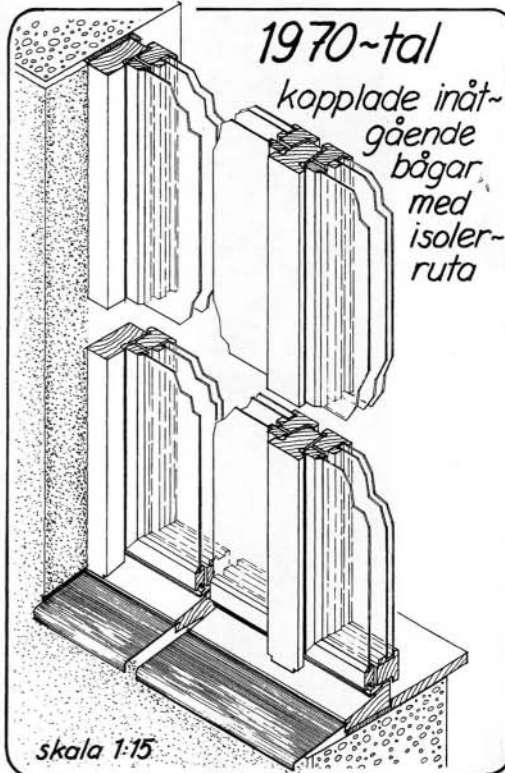
1880-talets fönster utfördes med enkla utåtgående bågar. Lösa innanbågar kunde sättas in i karmen. Typen användes ända fram under 1920-talet med öppningsbara innanbågar.



På 1890-talet patentsöktes lösningar av fönster med kopplade bågar. Typen slog igenom på 1910-talet. Der gjordes av säkerhetsskäl mest inåtgående men förekommer på 1920-talet som utåtgående.



Under 1940-talet gjordes de kopplade fönstren i flerbostadshusen inåtgående. De gavs standardutföranden 1945, 1954, 1960 och 1967. 3-glasfönster med tre kopplade bågar lanserades 1954.



1970-talets energikrav medförde att man satte förseglade dubbelrutor i innerbågen på kopplade fönster. Men även trippelrutor i enkelbåge förekom liksom tre kopplade bågar med enkla glas.

Bilaga 3

Köldbryggor

Köldbryggornas inverkan kan vid den förenklade kalkylen uppskattas schablonmässigt utifrån konstruktionstyp och byggnadsår. Vid besiktning tillämpas beskrivning enligt kap 5. Följande tabeller utgör en uppställning för vilka schablonvärden föreslås tas fram.

Småhus

Byggnadsår	Konstruktionstyp för ytterväggar	Korrektionsfaktor för köldbryggor (–)
–20	Homogen trä	1,10 (exempelvärde)
	Tegel	1,05 (exempelvärde)
	Stolpverk	
21–40	Träplank	
	Stolpverk	
	Tegel	
41–60	Träplank	
	Träreglar	
	Lättbetong	
61–75	Träplank	
	Träreglar	
	Lättbetong	
76–85	Träreglar	
	Lättbetong	
86–2005	Träreglar	
	Lättbetong	

Flerbostadshus

Byggnadsår	Konstruktionstyp för ytterväggar	Korrektionsfaktor för köldbryggor (–)
–20	Tegel	1,10 (exempelvärde)
	Homogen trä	1,05 (exempelvärde)
	Stolpverk	
21–40	Tegel	
	Homogen trä	
	Stolpverk	
41–60	Tegel	
	Homogen trä	
	Träreglar	
61–75	Lättbetong	
	Träreglar	
	Lättbetong	
76–85	Träreglar	
	Betong	
	Lättbetong	
86–2005	Träreglar	
	Betong	
	Lättbetong	

Bilaga 4

Solfaktor – fönster

Tabellen nedan anger grova riktvärden för solfaktorn, g , för solskydd – utvändiga, mellanglas och invändiga – inklusive vanliga 2-glasfönster med floatglas och/eller lågmissionsglas. Som referens anges även solfaktor för fönster med LE-glas men utan solskydd.

Utvändiga solskydd		g^1
Fast	Horisontell	0,10–0,30
	Vertikal	0,10–0,30
Rörlig	Persienn	0,08–0,10
	Markis	0,10–0,20
	Markisolett	0,10–0,15
	Vertikal markis Screen	0,10–0,15
Mellanglas solskydd		
Dubbelkassfasad/fönster ³	Persienn	0,10–0,15
	Gardin	0,12–0,18
Kopplade bågar	Persienn	0,15–0,30
	Gardin	0,15–0,30
Invändiga solskydd ²		
	Persienn	0,25–0,50
	Gardin	0,25–0,50
Fönster 1–glas		
Vanligt floatglas		0,85
Fönster 2–glas		
Vanligt floatglas		0,75
Klara LE–glas		0,65
Fönster 3–glas (ej reflekterande)		
Vanligt floatglas		0,68
Klara energiglas, 1 LE–skikt		0,57
Klara energiglas, 2 LE–skikt		0,45

Förklaringar

1 g = Solfaktor. Total solenergitransmission genom glasning enligt SS EN 410 (300–2500 nm).

2 Med invändiga solskydd reflekteras en del av solinstrålningen (den kortvågiga direkta strålningen) tillbaka ut dvs. all solvärme kommer inte in i rummet.

3 Med en väl ventilerad luftspalt jämfört med kopplade bågar.

Bilaga 5

Inventeringsmall klimatskärm

Detta utgör ett underlag för vidare bearbetning och framtagning av inmatningsblanketter.

BESKRIVNINGSNIVÅ 1 (webb-baserad inmatning)

Fr 1. Byggnadsår

Fr 2. År för senaste åtgärder (tilläggsisolering, fönsterbyte, fasadputs, omdränering etc.)

Har ej utförts	Tilläggsisolering	Fönsterbyte	Fasadputs	Omdränering
☐	☐	☐	☐	☐

Fr 3. Är huset 1 ☐ friliggande? (Gå till Fr 5) 2 ☐ Sammanbyggt?

Fr 4. Är huset som besiktigas mellanliggande 1 ☐ Ja 2 ☐ Nej

Fr 5. Av vilken typ är det besiktigade huset?

Småhus

Friliggande	Radhus	Kedjehus	Tvåbostadshus	Parhus	Annan typ
☐	☐	☐	☐	☐	☐

Flerbostadshus:

Lamellhus	Punkthus	Loftgångshus	Annan
☐	☐	☐	☐

Fr 6. $BRA_{t=10}$

 m²

Fr 7. Hur många plan i huset är uppvärmda till minst 10°C (Även Halvplan ska räknas)

BESKRIVNINGSNIVÅ 2 (besiktningsdata)

Fr 8. Medelrumshöjd i dm för

Källare

Bottenvåning

Mellanliggande plan

Inredd vind

Fr 9. Ange för huset

Omkrets (yttermått)

Största huslängd (yttermått)

Byggnadsyta (yttermått)

Total våningsyta (innermått)

Varav lokalyta (innermått)

Källaryta (innermått)

Våningsyta uppvärmd till minst 10°C

Varav våningsyta uppvärmd vind

Varav våningsyta uppvärmd källare

Total fasadyta inkl fönster, dörrar, källaryttervägg ovan mark (yttermått)

Byggnadens läge?

Innerstad	Förort	Gruppheus-villakvarter	Glesbygd

Exponering för vind

Obetydlig	Måttlig	Kraftig

Vilken huvudsaklig marktyp är huset grundlagt på?

Berg	Lera	Silt	Sand	Grus	Morän	Fyllnadsmassor	Kan inte besvaras

Vilken huvudsaklig typ av grund har huset?

Källare	Suterrängvåning	Grund med kryprum	Platta på mark

Källargolv platta på mark

Fyll i tablån över källargolvets/plattans konstruktiva uppbyggnad. Notera även om eventuellt isoleringsmaterial innehåller regler

	Material	Kod	Tjocklek, cm
Bärande konstruktion			
Värmeisolering 1			
Värmeisolering 2			
Konstruktionens totaltjocklek			

Källargolvets/plattans totalarea (yttermått) m²

Finns värmeisolering under betongplattan? ☐ Ja ☐ Nej ☐ Vet inte därför att ...

OM Källare hopp till fråga x.

Finns kantisolering av betongplattan? ☐ Ja ☐ Nej ☐ Vet inte därför att ...

Finns fungerande värmekabel i plattans ytterkant? ☐ Ja ☐ Nej ☐ Vet inte därför att ...

Finns Horisontella markskivor längs ytterväggen? ☐ Ja ☐ Nej ☐ Vet inte därför att ...

Kommentar: Dessa frågor fortsätter sedan för resterande byggnadsdelar För frågorna behövs förklaringar och anvisningar.

Byggsdelar

Konstruktionsdel	Area (yttermått) m ²	U-värde W/m ² ,K	U × A, W/K
Källargolv, platta på mark yttre randzon			
Källargolv, platta på mark inre randzon			
Källar /suterrängyttervägg under mark,			
Källar /suterrängyttervägg ovan mark			
Bjälklag ovan källare eller kryprum			
Vanligaste yttervägg			
Näst vanligaste yttervägg			
Resterande ytterväggar			
Vanligaste tak/vindskonstruktion			
Näst vanligaste tak/vindskonstruktion			
Resterande tak/vindskonstruktion			
Fönster (karmyttermått)			
Ytterdörrar/portar (karmyttermått)			
Σ(U × A)			

I vissa beräkningsprogram (VIP+, IDA) byggs väggarna upp i programmet för varje väderstreck och ska då anges. I andra (Enorm, BV2) är endast fönstren väderstrebsberoende.

Köldbryggor

Anslutningar	Längd, m	Ψ -värde, W/m,K	$\Psi \times l$, W/K
Källargolv – källarvägg			
Golvbjälklag i markplan – yttervägg			
Mellanbjälklag – yttervägg			
Balkongplatta – yttervägg			
Vindsbjälklag – yttervägg			
Fönster – yttervägg			
Dörr – yttervägg			
Ytterhörn			
Mellanvägg – yttervägg			
$\Sigma(\Psi \times l)$			

Hjälpställ

Anslutningar	l	Ψ -värde*, W/m,K
Källargolv – källarvägg	omkrets	
Golvbjälklag i markplan – yttervägg	omkrets	0,070–0,260
Mellanbjälklag – yttervägg	Antal vån $\times$ omkrets	0,020–0,140
Balkongplatta – yttervägg	Antal balkonger $\times$ L balkong	
Vindsbjälklag – yttervägg	omkrets	0,035–0,140
Fönster – yttervägg	Antal fönster $\times 2 \times (H_{fö}+L_{fö})$	0,010–0,160
Dörr – yttervägg	Antal dörrar $\times 2 \times (H_{dö}+L_{dö})$	0,010–0,160
Ytterhörn	N (ofta 4) $\times$ Hbyggnad	0,035–0,085
Mellanvägg – Yttervägg	husberoende	0,020–0,140
$\Sigma(\Psi \times l)$		
*Källa Swedisol isolerguiden, bilaga B.		
Ψ -värden kan beräknas med schablonmässig bjälklagshöjd på 30 cm.		

Bilaga 6

Inventeringsmall fönster

Varje typ av fönster i byggnaden beskrivs i egen mall. Mängdning av antal fönster i 6.2.

Beteckning

Beteckning	Ålder, år	Foto

Typ

Enkelglas	2-glas kopplade bågar	1+2-glas kopplade bågar med isolerruta	2-glas isolerruta	3-glas isolerruta	Annat glas Beskriv	Form (enl översikt typiska fönster)	Öppning Inåt = I Uåt = U Pivot = P

Mått

Glas mm

Karmyttermått		Glasmått m m		Typ av glas		Karm och båge	
Höjd	Bredd	Höjd	Bredd	Vanligt glas		Trä	
				Energiglas*		Trä med utv	
				Annat, beskriv		aluminium	
						Aluminium	
						Plast	
						Annat, beskriv	

*Kan ofta bedömas med hjälp av spegling i glasytan.
Ett energiglas ger en annan ton i spegling. Använd
till exempel penna eller tändare.

Tekniska data

U, fönster*	U, karm båge**	Solfaktor***

*Bedöms med hjälp av tabell (tas fram senare)

**Bedöms med hjälp av tabeller i EN-ISO 10077-1:2000

***Bedöms enligt bilaga 7

Övrigt

Åtgärdsförslag – Ange vilka förslag som bör kalkylseras. Utgå från åtgärds katalogen.

Sammanställning fönster

Typ	Antal	Väderstreck ¹	Solskydd ²	Avskärmning ³	Skick ⁴	Area fönster ⁵	Area glas ⁶

1. Förval **Väderstreck**: N, NO, Ö, SO, SV, V, NV

2. Förval **Solskydd**:

Utvändiga solskydd	Fast – Horisontell
	Fast – Vertikal
	Rörlig – Persienn
	Rörlig – Markis
	Rörlig – Markisolett
	Rörlig – Vertikal markis Screen
Mellanglas solskydd	Persienn
	Gardin
Invändiga solskydd	Persienn
	Gardin

3. Förval **Avskärmning** (sol, träd, andra hus o dyl): helt, till stor del, i viss mån, inte alls

4. Förval **Skick**:

Omdöme	Indikation
0–1	Bra = nytt eller likvärdigt intakt, dvs. ingen nedbrytning
2	Tendens = kan skönja att nedbrytningen har börjat (sprickor, småspringor, begynnande flagning, repiga glas)
3	Markant = nedbrytningen har gått så långt att åtgärder bör sättas in inom 5 år (betydande sprickor, springor och flagning, kittet börjar släppa, anlöpning, missfärgning av glas)
4	Kraftig = nedbrytningen har avancerat så att omedelbara åtgärder ska sättas in (kittet släpper, stora sprickor och springor, omfattande flagning, färgen rasar av, trasiga glas)

5. Karmyttermått, m²

6. Glasad area, m². Som schablon antas att glasarean är cirka 80 procent av fönsterarean vid öppningsbart respektive fast fönster.

Bilaga 7

Åtgärds katalog

7.1 Vindar, fasader

Åtgärdsnamn: Utvändig tilläggsisolering på vindsbjälklag.

Kort beskrivning: Mineralullsisolering i form av skivor och mattor eller lösfallnadsisolering appliceras på horisontella ytor som är lätt åtkomliga. Lösullsisoleringar användes företrädesvis vid större objekt och i utrymmen där isolering med skivor och mattor är svåra att utföra.

Åtgärds kod: Vind 1.

Villkor för att räkna på åtgärden: Åtgärden provas på alla vindsbjälklag där inte omöjliga hinder föreligger.

Kalkyleringsmodell energibesparing: Värmemotståndet ökar med tjockleken/värmeledningstalet d/λ m², °C/W.

Åtgärds kostnad: 25 + 4,5 × (tjocklek i cm) kr/m² exklusive CA (30 %) exklusive moms exklusive tillkommande åtgärder såsom landgångar. Gipsskiva på vindsbjälklagets undersida höjer kostnaden med 320 kr/m². Kostnadsdrivande hinder såsom lägenhetsförråd på vinden kan höja kostnaden 600 kr/m². Lokala prisvariationer förekommer.

Uppgifter vid inventering: Byggnadsår, tidigare tilläggsisolering, area vindsbjälklag, material och tjocklek av material i vindsbjälklag, hinder för tilläggsisolering.

Inventeringsmetodik: Fastighetsdata + intervju + ritningsgranskning + besiktning.

Upphandlingsdata: Tillträdesvägar till vinden, beskrivning av möjligheter och hinder inklusive begränsning på del av yta, beskrivning av brister i nuvarande isolering som bör åtgärdas före tilläggsisolering, beskrivning av luftning vid takfot, beskrivning av genomföringar och möjliga otätheter i vindsbjälklag, beskrivning av diffusions- och konvektionsspärr i vindsbjälklag, eventuell kondens på yttertakspanel. Fotodokumentation.

Livslängd: 50 år (30 år).

Systemkonsekvenser samt miljökonsekvenser

- + Transmissionen minskar.
- + Innertaktyterna blir varmare och eventuellt kan temperaturen sänkas något.
- + Möjlighet att täta vindsbjälklaget samtidigt.
- Yttertaket insidor blir kallare och risk för kondens kan uppstå. Bör hållas under uppsikt under de första vintrarna så att motverkande åtgärd kan vidtas.

Villkorade åtgärder: Eventuellt kan inreglering av värmesystem och en injustering av ventilationssystem vara önskvärd.

Åtgärdsnamn: Invändig tilläggsisolering av vindsbjälklag.

Kort beskrivning: Invändig tilläggsisolering kan utföras med mineralullsskivor mellan reglar, ångspärr och invändigt ytskikt. Speciella element med cellplastisolering och ytskikt kan även användas. Åtgärden utförs i samband med invändig renovering.

Åtgärds kod: Vind 2.

Villkor för att räkna på åtgärden: Åtgärden provas på alla vindsbjälklag där inte utvändig tilläggsisolering är möjlig.

Kalkyleringsmodell energibesparing: Värmemotståndet ökar med tjockleken/värmeledningstalet d/λ m², °C/W = cirka 2,0 med 10 cm isolering.

Åtgärds kostnad: 440–470 kr/m² (10–15 cm) exklusive CA (30 %) exklusive moms. Lokala prisvariationer förekommer.

Uppgifter vid inventering: Byggnadsår, tidigare tilläggsisolering, area vindsbjälklag, material och tjocklek av material i vindsbjälklag, hinder för tilläggsisolering.

Inventeringsmetodik: Fastighetsdata + intervju + ritningsgranskning + besiktning.

Upphandlingsdata: Beskrivning av bjälklag med stomme, inredning och installationer som kan försvåra isoleringen, underlag för infästning av eventuella reglar, isoleringsskivor och gipsskivor, beskrivning av genomföringar och möjliga otätheter i vindsbjälklag, beskrivning av tidigare diffusions- och konvektionsspärr i vindsbjälklag, eventuell kondens på yttertakspanel. Fotodokumentation.

Livslängd: 50 år (30 år).

Systemkonsekvenser samt miljökonsekvenser:

- + Transmissionen minskar.
- + Innertaktyterna blir varmare och eventuellt kan temperaturen sänkas något.
- Yttertaket insidor blir kallare och risk för kondens kan uppstå. Bör hållas under uppsikt under de första vintrarna så att motverkande åtgärd kan vidtas.
- Takhöjden minskar invändigt.

Villkorade åtgärder: Eventuellt kan inreglering av värme-systemet och en injustering av ventilationssystemet vara önskvärd.

Åtgärdsnamn: Tilläggsisolering av uppvärmd vind.

Kort beskrivning: I byggnader med inredda vindar finns ofta utrymmen mellan väggar och tak och själva klimat-skärmen. Här kan tilläggsisolering oftast i form av mine-ralullskivor och mattor eller lösfilnadsisolering applice-ras med låga följdkostnader.

Åtgärdskod: Vind 3.

Villkor för att räkna på åtgärden: Åtgärden provas på alla byggnader med inredd vind där inte omöjliga hinder föreligger.

Kalkyleringsmodell energibesparing: Värmemotståndet ökar med tjockleken/värmeledningstalet d/λ m², °C/W = 2,0 för 10 cm. Luftomsättning för vindsutrymme antas minskas med 0,1 luftomsättning.

Åtgärds kostnad: 350 kr/m² exklusive moms (10 cm).

Kostnadskrävande hinder föreligger alltid.

Uppgifter vid inventering: Byggnadsår, tidigare tilläggsi-solering, area vindsbjälklag, material och tjocklek av ma-terial i vindsbjälklag, hinder för tilläggsisolering.

Inventeringsmetodik: Fastighetsdata + intervju + ritnings-granskning + besiktning.

Upphandlingsdata: Tillträdesvägar till vinden, beskriv-ning av möjligheter och hinder inkl begränsning på del av yta, beskrivning av brister i nuvarande isolering som bör åtgärdas före tilläggsisolering, beskrivning av luftning vid takfot, beskrivning av genomföringar och möjliga otät-heter i vindsbjälklag, beskrivning av diffusions- och kon-vektionsspärr i vindsbjälklag, eventuell kondens på ytter-takspanel. Fotodokumentation.

Livslängd: 50 år (30 år).

Systemkonsekvenser samt miljökonsekvenser:

- + Transmissionen minskar.
- + Innertakstyrtorna blir varmare och eventuellt kan tempe-raturen sänkas något.
- + Möjlighet att täta vindskonstruktionerna samtidigt.
- Yttertakets insidor blir kallare och risk för kondens kan uppstå. Bör hållas under uppsikt under de första vintrarna så att motverkande åtgärd kan vidtas.

Villkorade åtgärder: Inreglering av värmesystemet och en injustering av ventilationssystemet är önskvärd.

Åtgärdsnamn: Tilläggsisolering av varmt tak.

Kort beskrivning: I byggnader med varma tak kan til-läggsisolering med foamglas, mineralull eller annan isole-ring göras utvändigt innan nytt tätskikt appliceras. Taket kan även utföras som omvänt tak dvs med isolering ovan tätskikt.

Åtgärds kod: Vind 4 (Tak 1).

Villkor för att räkna på åtgärden:

Besiktningsnivå 2 – Åtgärden provas på alla byggnader med varma tak.

Besiktningsnivå 1 – Åtgärden provas på byggnader med varma tak och är uppförda före 1975 och som inte redan utfört tilläggsisolering på tak.

Kalkyleringsmodell energibesparing: Värmemotståndet ökar med tjockleken/värmeledningstalet d/λ m², °C/W = 2,0 för 10 cm. Luftomsättning för översta planet antas minskas med 0,1 luftomsättning.

Åtgärds kostnad: 400–750 kr/m² exklusive moms (10–20 cm). Kostnaden är den ökade kostnaden för isoleringen och inte för tätskikt, ställningar och eventuellt tillfälligt nederbördsskydd under taktäckning.

Uppgifter vid inventering: Byggnadsår, tidigare tilläggsi-solering, area takbjälklag, material och tjocklek av mate-rial i takbjälklag, tätskiktets skick, hinder för tilläggsisole-ring såsom takfot, takavvattning etc.

Inventeringsmetodik: Fastighetsdata + intervju + ritnings-granskning + besiktning.

Upphandlingsdata: Tillträdesvägar till tak, beskrivning av möjligheter och hinder inklusive begränsning på del av yta, beskrivning av brister i nuvarande tätskikt, avvattning och värmeisolering som bör åtgärdas före tilläggsisole-ring, uppritande av önskade lutningar och takplansrit-ningar med höjder, lutningar och brunnars placering, be-skrivning av luftning vid takfot, beskrivning av genom-föringar och möjliga otätheter i takbjälklag, beskrivning av diffusions- och konvektionsspärr i vindsbjälklag. Beslut om gamla tätskiktet ska tas bort eller få ligga kvar. Fotodokumentation.

Livslängd: 50 år (30 år), tätskiktet 20 år.

Systemkonsekvenser samt miljökonsekvenser:

- + Transmissionen minskar.
- + Innertakstyrtorna blir varmare och eventuellt kan tempe-raturen sänkas något.
- + Möjlighet att täta takkonstruktionerna samtidigt. Detta är en mycket vanlig åtgärd på tex badhus med höga krav på täta takkonstruktioner för att inte få kondens-skador i tak.
- Åtgärder på takfot och uppdragning av takkrön kan be-hövas för att takavvattningen ska fungera och inte brädda över på fasad.

Villkorade åtgärder: Inreglering av värmesystemet och en injustering av ventilationssystemet är önskvärd.

Åtgärdsnamn: Utvändig tilläggsisolering av yttervägg.

Kort beskrivning: När fasadmaterialet behöver åtgärdas och/eller u-värdet är mycket högt eller byggnaden har be-tydande köldbryggor är utvändig tilläggsisolering med ett nytt fasadmaterial (trä, puts, plåt, tegel, glas eller annat) eller tillbakasättande av det gamla fasadmaterialet (i huvudsak trä) som appliceras utanpå isoleringsmaterial av mineralull, cellplast, träull eller annat material. En del system är provade av Boverket och godkända även för brand och hållfasthet. Fönstrens placering i fasad, takfot och sockelanslutning är detaljer som helst löses med

hjälp av arkitekt och fuktexpert så att inte byggnaden blir 'hålögad' eller fuktskadad.

Åtgärdskod: Yttervägg 1.

Villkor för att räkna på åtgärden: Åtgärden provas på alla ytterväggar där inte omöjliga hinder föreligger. Åtgärden kan användas delvis, till exempel gårdsfasad tilläggsisolerar utvändigt och gatufasaden invändigt eller inte alls om fasaden har ett högt arkitektoniskt värde.

Kalkyleringsmodell energibesparing: Värmemotståndet ökar med tjockleken/värmeledningstalet d/λ m², °C/W (Ex 2,3–3,2 m², °C/W för 12 cm mineralull med $\lambda=0,037$). Luftomsättning minskar med 0–0,2 omsättningar i timmen beroende på väggkonstruktion och ventilationssystem. Lufttemperaturen kan sänkas 0–1 °C beroende på hur dålig väggen var före åtgärd. Hade väggen u-värdet 1,0 W/m², °C så kan 1 °C antas och var väggen lika med eller bättre än $u=0,4$ W/m², °C så erhålles ingen temperatursänkning.

Åtgärdskostnad: 7 kr/m² och cm isolering. Den ökade kostnaden för tilläggsisolering exklusive ställning, ny fasad och etableringskostnad. Lokala prisvariationer förekommer. 420 + 7 kr × cm isolering/m² inklusive ytskikt och ställning. Extra hindertillägg kan tillkomma.

Inreglering av värmesystem tillkommer. Injustering av ventilationssystem tillkommer. Lokala förutsättningar påverkar kalkylen.

Uppgifter vid inventering: Byggnadsår, tidigare tilläggsisolering, area yttervägg, material och tjocklek av material i yttervägg, hinder för tilläggsisolering.

Inventeringsmetodik: Fastighetsdata + intervju + ritningsgranskning + besiktning.

Upphandlingsdata: Tjocklek av isolering, infästningsmöjligheter för fasadmaterial, hur ska fönstren hanteras, ska sockelåtgärd utföras samtidigt (bör göras både ur energi och arkitektonisk synpunkt?). Beskrivning av möjligheter och hinder inklusive begränsning på del av yta, beskrivning av brister i nuvarande isolering som bör åtgärdas före tilläggsisolering, beskrivning av ventiler in till lägenheter som ska vara kvar, luftning i fasad, beskrivning av genomföringar, ledningsdragningar och möjliga otätheter i yttervägg, beskrivning av diffusions- och konvektionsspärr i yttervägg, eventuella skador i yttervägg.

Livslängd: Isolering 50 år (30 år). Målning av ytskikt: 10 år trä, 20–30 år puts och fabrikslackerad plåt.

Systemkonsekvenser samt miljökonsekvenser:

- + Transmissionen minskar.
- + Köldbryggor minskar.
- + Innerväggsytorna blir varmare och temperaturen kan sänkas något.
- + Möjlighet att tätta ytterväggen samtidigt.
- + Möjlighet att utföra fönsteråtgärder samtidigt.
- Om inte hänsyn tas till ursprungliga fasaddetaljer och fönstrens placering i ytterväggen kan dåliga arkitektoniska lösningar bli resultatet.

– Smalare trottoar eller markyta utanför gamla fasadliv.

Villkorade åtgärder: Inreglering av värmesystemet och en injustering av ventilationssystemet är önskvärd.

Åtgärdsnamn: Invändig tilläggsisolering av yttervägg.

Kort beskrivning: Åtgärden kan utföras med mineralull monterad mellan reglar eller med hjälp av speciellt utvecklade system bestående av isoleringsmaterial, ytskikt samt monteringsdetaljer.

Åtgärdskod: Yttervägg 2.

Villkor för att räkna på åtgärden: Åtgärden provas på alla ytterväggar där omöjliga hinder föreligger för utvändigt ytterväggsisolering.

Kalkyleringsmodell energibesparing: Värmemotståndet ökar med tjockleken/värmeledningstalet d/λ m², °C/W.

Åtgärdskostnad: 420–450 kr/m² hinderkostnad för utflyttning av radiatorer. Vackra vägg- eller takdetaljer tillkommer.

Uppgifter vid inventering: Byggnadsår, tidigare tilläggsisolering, area yttervägg, material och tjocklek av material i yttervägg, hinder för tilläggsisolering utvändigt, möjlighet och hinder invändigt. Behov av invändigt underhåll.

Inventeringsmetodik: Fastighetsdata + intervju + ritningsgranskning + besiktning.

Upphandlingsdata: Beskrivning av möjligheter och hinder inklusive begränsning på del av yta, beskrivning av brister i nuvarande isolering som bör åtgärdas före tilläggsisolering, beskrivning av genomföringar och ledningsdragningar, radiatorplaceringar före och efter, beskrivning av diffusions- och konvektionsspärr i yttervägg, eventuella skador i yttervägg, otätheter i anslutande bjälklag och mellanväggar och yttervägg.

Livslängd: 50 år (30 år).

Systemkonsekvenser samt miljökonsekvenser:

- + Transmissionen minskar.
- + Innerväggsytorna blir varmare och temperaturen kan sänkas något, vilket leder till lägre transmissions- och ventilationsförluster.
- + Möjlighet att delvis tätta ytterväggen samtidigt.
- Anslutande bjälklag och väggar som inte isoleras är köldbryggor och finns otätheter i dessa så att varm fuktig luft kan passera ut och kondensera i bjälklag eller väggar så uppkommer fuktskador.
- Golvarean i byggnaden minskar.
- Fasadmaterialet blir kallare och skulle teoretiskt lättare än tidigare kunna få frostsador av slagregn + minusgrader (puts, tegel).
- Inåtgående fönster måste åtgärdas samtidigt.

Villkorade åtgärder: Inreglering av värmesystemet och en injustering av ventilationssystemet är önskvärd.

Fönsteråtgärder görs med fördel samtidigt.

Åtgärdsnamn: Utvändig tilläggsisolering av källaryttervägg ovan mark.

Kort beskrivning: Speciella metoder har utvecklats för detta ändamål. Olika isoleringsmaterial mineralull, cellplast mm kan användas med olika ytskikt (puts, betong, skivmaterial, plåt) Element bestående av isolering och ytskikt samt monteringsdetaljer finns att tillgå. Åtgärden är främst aktuell i samband utvändig tilläggsisolering av yttervägg men vid tilläggsisolering av källarvägg under mark.

Åtgärdskod: Yttervägg 3.

Villkor för att räkna på åtgärden: Åtgärden provas i kombination med utvändig tilläggsisolering av fasaden om omöjliga hinder inte föreligger.

Kalkyleringsmodell energibesparing: Värmemotståndet ökar med tjockleken/värmeledningstalet d/λ m², °C/W.

Åtgärds kostnad: 400 kr/m². Lokala prisvariationer förekommer.

Uppgifter vid inventering: Byggnadsår, tidigare tilläggsisolering, area vindsbjälklag, material och tjocklek av material i vindsbjälklag, hinder för tilläggsisolering.

Inventeringsmetodik: Fastighetsdata + intervju + ritningsgranskning + besiktning.

Upphandlingsdata: Ska laster från nytt fasadmaterial på yttervägg föras ner på sockeln (källarytterväggen). Nuvarande sockelmateriell. Möjligheter för infästning i gamla väggen. Hur ska fönster i källarväggen åtgärdas? Ska källaryttervägg under mark isoleras?

Livslängd: 50 år (30 år).

Systemkonsekvenser samt miljökonsekvenser:

- + Transmissionen minskar.
- + Ytterväggen blir vackrare och fasadmaterialet kan delvis bäras av sockeln.
- + Innerväggsytorna blir varmare och temperaturen kan sänkas något.
- + Möjlighet att täta källarväggen samtidigt.
- + Köldbryggor och värmeisolering av sockeln (källaryttervägg ovan mark) är före åtgärd ofta av låg isolerteknisk standard.
- Täta isolermaterial eller täta skivmaterial kan försvåra uttorkning av sockelns bärande material.

Villkorade åtgärder: Inreglering av värmesystemet och en injustering av ventilationssystemet är önskvärd. Görs inte utvändig ytterväggsisolering samtidigt blir byggnadens utseende mycket speciellt med en utstående sockel.

Åtgärdsnamn: Utvändig tilläggsisolering av källaryttervägg under mark.

Kort beskrivning: I samband med uppgrävning längs utsidan av källarytterväggar, vanligtvis föranledd av fukt-skador är det lämpligt att komplettera väggens värmemotstånd genom utvändigt tilläggsisolering. För ändamålet kan markskivor av mineralull eller dränerande cellplastsivor användas.

Åtgärds kod: Yttervägg 4.

Villkor för att räkna på åtgärden: Åtgärden provas i alla byggnader med källare uppvärmd till minst 10°C och i kombination med fuktskador i källaryttervägg (> cirka 25 %) om omöjliga hinder inte föreligger.

Kalkyleringsmodell energibesparing: Värmemotståndet ökar med tjockleken/värmeledningstalet d/λ m², °C/W.

Åtgärds kostnad: Merkostnad 140–170 kr/m². Lokala prisvariationer förekommer.

Uppgifter vid inventering: Byggnadsår, tidigare källarväggsisolering, area källarvägg under mark, material och tjocklek av material i källarvägg, hinder för tilläggsisolering.

Inventeringsmetodik: Fastighetsdata + intervju + ritningsgranskning + besiktning.

Upphandlingsdata: Markbeskaffenhet, grundvattenyta, anslutande ledningar, dräneringsledningar, anslutande brunnar, lutningskrav på mark efter åtgärd, krav på geoteknisk duk runt kapillärbrytande och dränerande material, anslutning vid mark, ska källarvägg ovan mark också isoleras? Var uppmärksam på att väggen ska kunna torka ut utåt.

Livslängd: 50 år (30 år).

Systemkonsekvenser samt miljökonsekvenser:

- + Transmissionen minskar.
- + Ytterväggen blir vackrare och fasadmaterialet kan delvis bäras av sockeln.
- + Innerväggsytorna blir varmare och temperaturen kan sänkas något.
- + Möjlighet att täta källarväggen samtidigt.
- + Köldbryggor och värmeisolering av sockeln (källaryttervägg ovan mark) är före åtgärd ofta av låg isolerteknisk standard.
- Täta isolermaterial eller täta skivmaterial kan försvåra uttorkning av sockelns bärande material.

Villkorade åtgärder: Inreglering av värmesystemet och en injustering av ventilationssystemet är önskvärd. Görs inte utvändig ytterväggsisolering samtidigt blir byggnadens utseende mycket speciellt med en utstående sockel.

7.2 Fönster

	Åtgärd	U _g , W/m ² K	g	Kostnad*, cirka kr/m ²
Ref	Kopplad tvåglasruta	2,8	0,76	–
F1	Inre rutan i en tvåglaskonstruktion ersätts med ett 4 mm hårdbelagt energiglas. Bild 1.	1,8	0,72	900–1100
	Denna metod är den enklaste och är som regel alltid genomförbar. Mellanglaspersienn går bra att ha.			
F2	Inre rutan i en tvåglaskonstruktion ersätts med en isolerruta med energiglas och argon. Bild 2	1,0	0,56	1 500–1 900
	Falsen i innerbågen måste vara minimum 28x15 mm. Innerbågar bör ha befintliga glasningslister. Dessa kan ibland användas efter viss bearbetning. Ofta erfordras nya glasningslister. Fräsning av falsen är oftast nödvändig. Mellanglaspersienn går bra att ha, men då måste det mellersta glaset vara härdad, vilket ökar kostnaden med cirka 200kr/m ² utöver ovan angiven kostnad.			
F3	Byte till öppningsbart fönster. Bild 3.			
	Falsen i det konverterade fönstret måste vara minimum 57 × 18. Ny glasningslist tillverkas. Toppförsegling in- och utvändigt. Utvändigt glasningslist utförs av strängpressad aluminium. Solskydd måste vara utvändigt (bäst) eller invändigt.			
	a. med treglas isolerruta med ett energiglas och argon	1,0	0,56	1 800–2 000
	b. med treglas isolerruta med två energiglas och argon. Mellersta rutan härdad.	0,7	0,45	2 400–2 600
F4	Byte till fast okopplat fönster Bild 4.			
	Utrymmet är här inget problem. Glaslister anpassas efter falsen. Vid risk för inbrott toppförseglas på in- och utsida. Solskydd måste vara utvändigt (bäst) eller invändigt.			
	a. treglas isolerruta med ett energiglas och argon.	1,0	0,56	1 800–2 000
	b. med treglas isolerruta med två energiglas och argon. Mellersta rutan härdad.	0,7	0,45	2 400–2 600
F5	Komplettering med tilläggsruta. Bild 5.			
	Den befintliga inre rutan kompletteras på plats med ett hårdbelagt energiglas som limmas på befintligt glas till en isolerruta. Luftfylld spalt.	1,4	0,64	900–1 200

*Kostnad avser entreprenadkostnad inklusive material, arbete och moms (25%). Kostnaden gäller inte enstaka fönster utan ett helt hus eller villa. Mått avser karmyttermått.

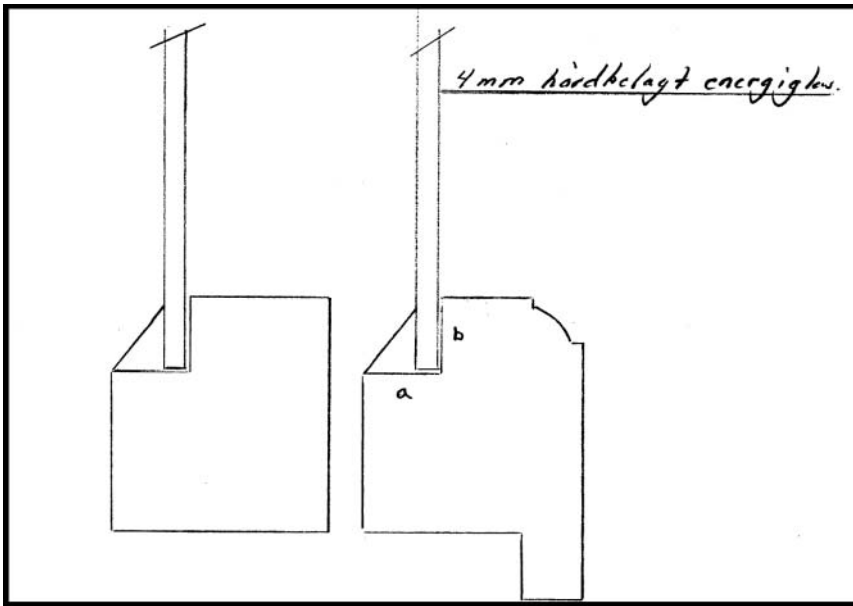


Bild 1. Byt ut invändigt glas mot hårdbelagt energiglas. Falsen behöver oftast inte bearbetas. Falsen måste vara minimum $12 + 12 \text{ mm}$ ($a+b$). Glas och glasningslister ska tryckas i kitt eller fogmassa. Bågar med glasningslister kan som alternativ bandas med elastiskt fogband. Kittade bågar enligt figur KHB/9 Hus AMA 98. Bågar med glasningslister enligt figur KH/2 Hus AMA98. Nya silikontätningsslister.

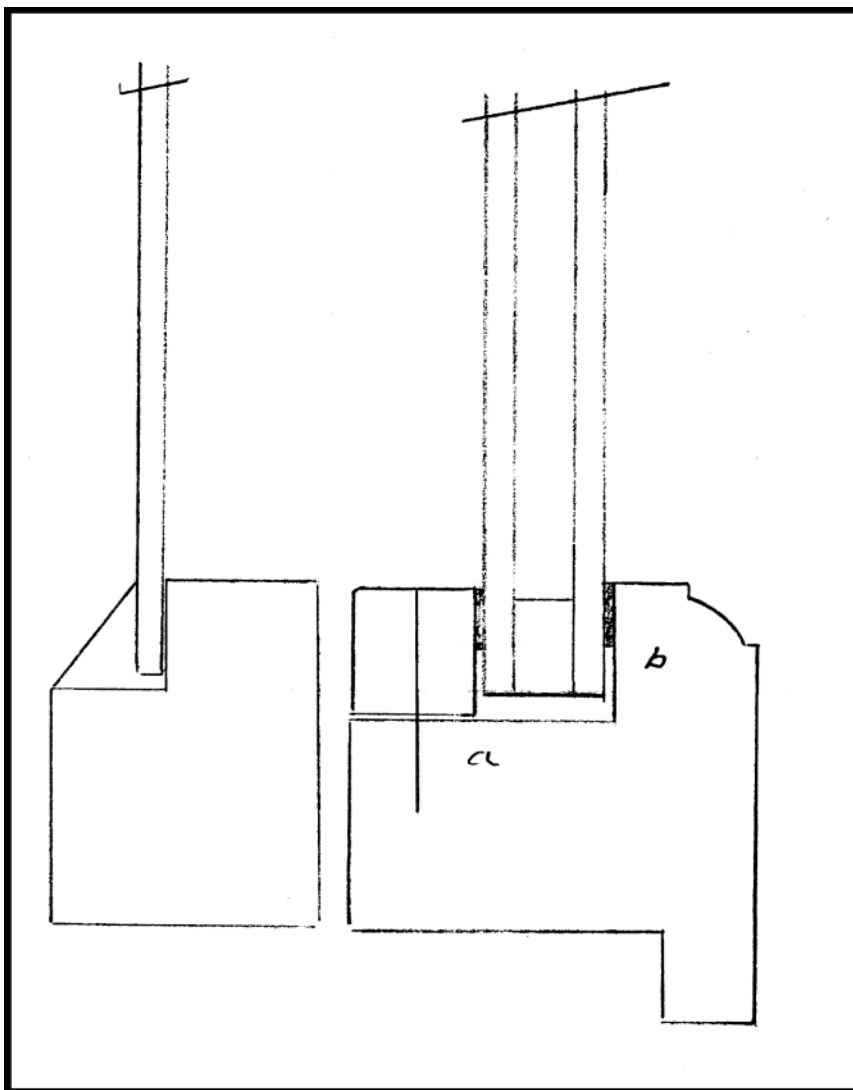


Bild 2. Befintligt innerglas ersätts med ny dubbel isolerglasruta. Isolerglasrutans distansprofil bör inte vara tjockare 6 mm. Total tjocklek på isolerglasruta blir 14 mm. Falsar och glasningslister bandas med elastiska fogband minimum 3 mm. Denna metod kan med fördel användas där utrymmet i bågen tillåter det tjockare glaset. Falsen måste vara minimum $28 \times 15 \text{ mm}$ ($a \times b$). Det kan bli aktuellt att förstärka bågen med ett extra bärgångjärn. Glasning enligt figur KHD/14 i Hus AMA 98. Minst 2 hål med 6 mm diameter borrar i falsen för luftning. Nya silikontätningsslister.

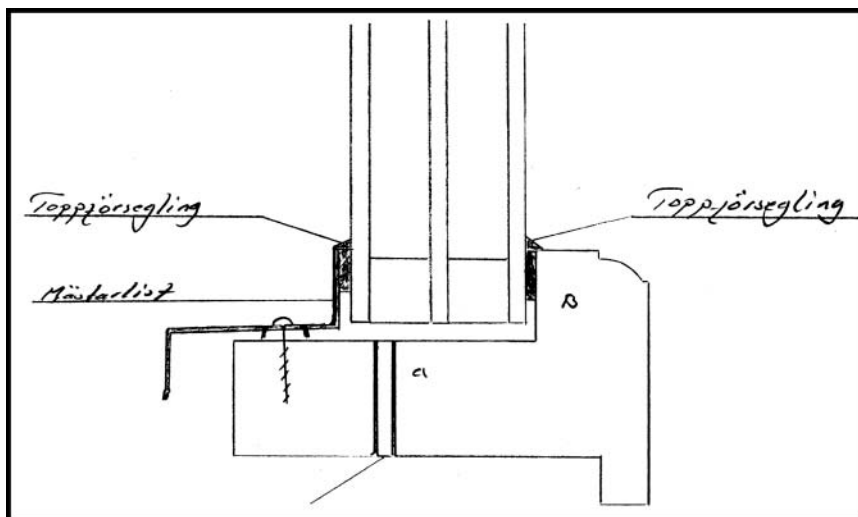


Bild 3. (Öppningsbart.) Befintliga glas rivs. Bågarna skruvas ihop till en enkelbåge. Falsen i ytterbågen fräses bort. Invändig fals utförs större med en trälist. Falsen ska vara minimum 57×18 mm (a x b) för 3-glas resp 41×18 mm för 2-glas. Nytt Isolerglas Trippel monteras med nya glasningslister av trä, bottenlist kan utföras av aluminium för att motstå röta bättre. Glasningslister ska ha en höjd av 18–19 mm. Falsar och glasningslister bandas med elastiska fogband minimum 4 mm. Glasning enligt KDH/12 i Hus AMA 98. Minst 2 hål med 6 mm diameter borrar i falsen för luftning. Nya silikontätninglister.

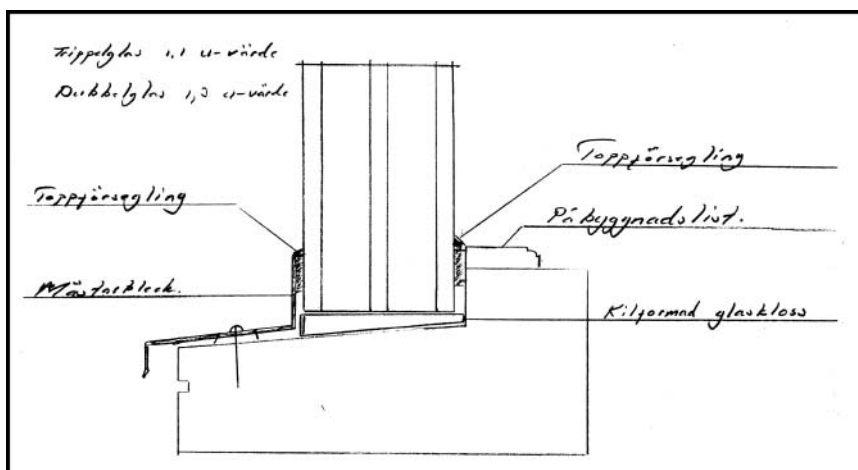


Bild 4. (Fast.) Befintliga bågar rivs. Karmfalsen byggs om till fast parti med Trippel isolerglasruta. Befintlig bärgångjärn rivs. Lagning med virke efter gångjärn om så erfordras. Falsen byggs om med lister så att höjden blir 18–19 mm. Nya glasningslister av trä, bottenlist kan utföras av aluminium för att motstå röta bättre. Falsar och glasningslister bandas med elastiska fogband minimum 4 mm. Glasning enligt KDH/12 i Hus AMA 98.

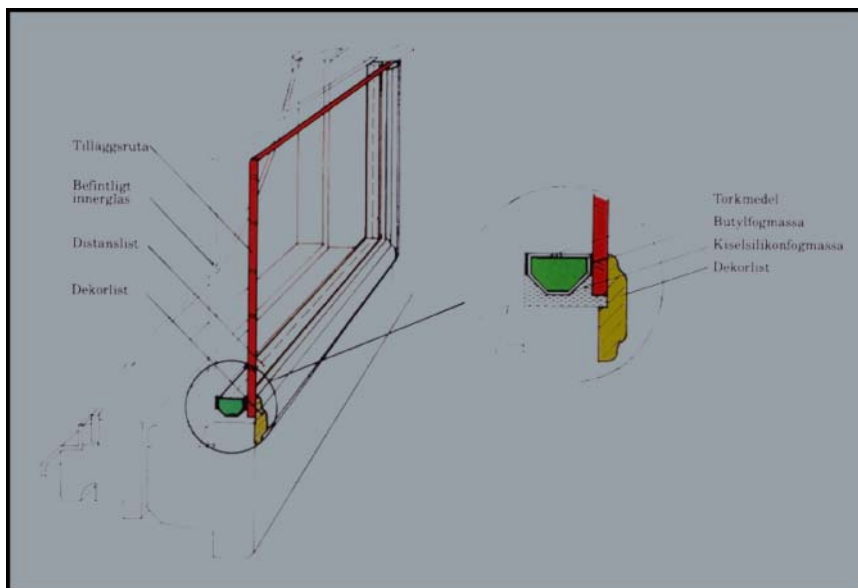


Bild 5. Invändiga glasytor rengörs noga med ammoniakfri lösning, och distansram monteras mot befintligt innerglas. Det nya glaset sätts mot ramen. Ramen värms med en konstant temperatur över hela bågen så att butylfogmassan smälter och vidhåftar mot glaset. Silikonfogmassa sprutas in mellan distansram och fönsterbåge. Den färdiggraderade profillisten stiftas fast. Kontroll/besiktning görs, samt protokoll och garantihandlingar utfärdas.

7.3 Lambda-värdestabell

När beräkning av U-värde görs utifrån materialtyp och materialtjocklek finns flera olika källor och standarder. Ett utkast till en nationell tabell redovisas här. Totalt omfattar den 357 olika material varför den inte redovisas i sin helhet. Denna kan senare publiceras i sin helhet, men är idag inte komplett och förutsätter en branschgemensam hantering.

Praktisk tillämpbar värmeledningsförmåga λ_n

		Källa	Källa	Källa	Källa	Källa	Källa	Källa	Källa	Källa	Källa	Förslag
MATERIAL	KOD	ELIB	1977:03:00	1977:03:00	Byggbväg	ISO/DIS	SS-EN	BV2	Termiska	Isoler-	SP	
					ledning 8	10456	12524		beräkninga	guiden		
		λ_n	DENSITET kg/m ³	λ_n W/m °C	λ_n	λ_n						
Gnejs	1	3,5		3,5		3,5						3,5
Berg	2								3,5	3,5		3,5
Berg, kristallint	3		2800			3,5						
Berg, sedimentärt	4		2600			2,3						
Berg, sedimentärt, lätt	5		1500			0,85						
Berg, poröst, lava	6		1600			0,55						
Basalt	7		2700-3000			3,5						
Granit	8	3,5		3,5								3,5
Granit	9		2500-2700			2,8						
Kalksten	10	3		3								3
Kalksten, extra mjuk	11		1600			0,85						
Kalksten, mjuk	12		1800			1,1						
kalksten, halvhård	13		2000			1,4						
Kalksten, hård	14		2200			1,7						
Kalksten, extra hård	15		2600			2,3						
Sandsten	16		2600			2,3						
Marmor	17	3		3								3
Marmor	18		2800			3,5						
Sandsten	19	2,4		2,4								2,4
Betong	20	1,7		1,7						1,7		1,7
Betong	21		1800			1,15						
Betong	22		2000			1,35						

Bilaga 8

Bestämning av väggareors innermått

Den automatiserade beräkningen av area för byggnader i modell 2, kap 5.2 baseras på följande formler som avser bestämning av areornas innermått:

$$Area_{Grund} = BRA/n$$

BRA = Uppvärmd area

n = Antal våningsplan

$$Area_{Tak} = Area_{Grund} \text{ (förutsatt att vinden ej är inredd)}$$

$$Area_{Fönster}/BRA = \text{Fönsterandel}$$

$$Area_{Fönster} = Area_{Våning} \times \text{fönsterandel}$$

$$Area_{Vägg, \text{fristående}} = (l + b) \times 2 \times h \times n - Area_{Fönster}$$

$$\text{Byggnadens längd } l = Area_{Grund}/b$$

$$Area_{Vägg, \text{mellanliggande}} = l \times 2 \times h \times n - Area_{Fönster}$$

$$Area_{Vägg, \text{gavel}} = ((l \times 2 + b) \times h \times n) - Area_{Fönster}$$

$$\text{Slutet kvarter} = Area_{Vägg, \text{mellanliggande}}$$

$$h = 2,6 \text{ m}$$

$b = 10 \text{ m}$ för smalhus, loftgångshus (byggnader med genomgående lägenheter)

$b = 16 \text{ m}$ för punkthus och tjockhus (byggnader utan genomgående lägenheter)

Som fönsterandel väljes verkligt uppmätt värde eller värde taget från bildbibliotek där typfasader med olika fönsterareor redovisas.

I den mån mängdberäkningen avser ytterväggsareor, utgör $Area_{Grund} = BTA$. Höjden h sätts då till 3,0 meter.

Exempel på typiska byggnader och dess former

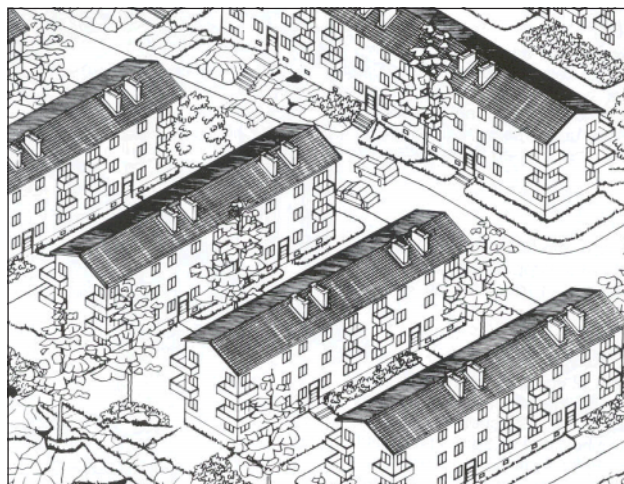
Källa: Så byggdes husen 1880–2000



Punkthus. Huset är $20 \times 15 \text{ m}$. Avståndet mellan bjälklagen är cirka 3 m. Avvikelse vid tillämpning av typkalkylen: 0 procent.



Tjockhus. Huset är $24 \times 16 \text{ m}$. Avståndet mellan bjälklagen är cirka 3 m. Avvikelse vid tillämpning av typkalkylen: 0 procent.



Smalhus. Huset är $31 \times 8 \text{ m}$. Avståndet mellan bjälklagen är cirka 3 m. Avvikelse vid tillämpning av typkalkylen: 0 procent.

Loftgångshus. Huset är cirka $75 \times 10 \text{ m}$. Avståndet mellan bjälklagen är cirka 3 m. Avvikelse vid tillämpning av typkalkylen: 11 procent.

13 Värmeproduktion

Pannor och värmecentraler

Innehåll		
1	Sammanfattning	145
2	Befintliga system	146
2.1	Småhus	146
2.2	Flerbostadshus	146
2.3	Historik	147
3	Beräkningsmetodik	148
3.1	Schablonvärden småhus	148
3.2	Schablonvärden för värmecentraler	149
4	Åtgärdsförslag	151
4.1	Lönsamhetskalkyl	151
4.1.1	Investeringskostnader – småhus	152
4.1.2	Investeringskostnader – värmecentraler	152
4.2	Åtgärdsförslag småhus	152
4.3	Åtgärdsförslag värmecentraler	152
4.3.1	Byte av befintliga produktionssystem, konvertering	153
4.3.2	Systemutredning pannor	154
4.3.3	Pannkontroll	154
4.3.4	Fördjupad systemanalys värmepump	155
4.3.5	Funktionskontroll av värmepump	155
5	Inventering	156
5.1	Inventering av småhussystem	156
5.2	Inventering av värmecentraler	156
5.3	Tidsåtgång	157
5.4	Kompetenskrav	157
6	Referenser	157
	Bilagor	158
	Bilaga 1 Investeringskostnadstabell för småhussystem	158
	Bilaga 2 Exempel på besiktningsmallar	160



Småhus: En erfaren besiktningsman av värmeanläggningar och utrustad med ett bra besiktningsunderlag och termometer kan bedöma anläggningen inom 20–25 minuter. Resultatbedömningen och åtgärdsförslag ingår i energideklarationsarbetet och tar cirka 30 minuter.

1 Sammanfattning

Underlag till detta kapitel har lämnats av Ronny Axelsson, VEGA Energi AB för värmecentraler och av Jens Lars, Elspargruppen avseende småhusens värmeproduktion och med kompletterande stöd av Sven-Ove Axelsson, Viessman och Roland Jonsson, Preem. Roland Jonsson har utarbetat kostnadslistan för småhus i bilaga 1. Kapitlet har sammanställts av Eje Sandberg, ATON Teknikkonsult AB.

Kapitlet omfattar metodik för att beräkna förluster och inventera byggnaders varmvatten- och värmeproduktionsystem. Föreslagen metodik för beräkning av pannor och delsystemens förluster kan möjligen komma att ersättas av metodik beskriven i prEN 15378, när denna finns tillgänglig. Visst underlag har hämtats från tidigt utkast om pannkontroller, men då funktionskontroll av pannsystemen inte föreslås vara en del av den normala besiktningen har denna standard ett begränsat värde för deklaraionsarbetet. Här tillämpas CEN-standardens förslag att övre värmevärde används. Detta innebär en radikal förändring mot dagens praxis med stora konsekvenser som följd. Förslaget bör därför ingående diskuteras innan det börjar tillämpas. Om undre värmevärdet även fortsättningsvis ska användas behöver dock föreslagna schabloner räknas om till motsvarande värde för detta.

Föreslagen metodik för bestämning av befintliga produktionssystemers värmeförluster behöver stämmas av på ett antal befintliga panncentraler så att typiska schablonvärden kan fås fram parallellt med simuleringar.

Vidare redovisas metodik för att beräkna och inventera möjliga åtgärdsalternativ. I rapporten redovisas exempel på åtgärder där hela produktionssystemet bytes ut eller konverteras. Kalkylerna baseras då på schablonvärden. I den mån lönsamma åtgärder kan påvisas bör närmre analyser sedan genomföras av specialister på respektive åtgärdsområde, till exempel konvertering till pelletseldning eller installation av värmepumpar. Då kan mer anpassade investerings- och driftkostnadskalkyler upprättas. För småhusens system finns en mycket detaljerad kostnadslista på såväl systemnivå som för utbyten och åtgärder på delkomponenter. Den mer detaljerade nivån kan utgöra ett kompletterande kunskapsstöd för besiktningsarbetet. Kostnadslistan i bilaga 1 för småhusens åtgärder bör uppdateras vartannat år.

Fördjupade systemanalyser eller pannkontroller (rökgasanalyser) hanteras som separata åtgärdsförslag i de fall dessa kan motiveras som ett nästa steg.

För besiktning av förbränningsanläggningar i flerbo- stadshus föreslås att kompetensen omfattar VVS-ingenjörsnivå eller likvärdig.

Avgränsningar

Distributionsförluster och reglerförluster i sekundärsystem, samt kulvertförluster beskrivs i delrapporten *Värmesystem*. Övergripande system för byggnadsautomation hantearas i delstudien *Byggnadsautomation*.

Definitioner

Verkningsgrad: Verkningsgraden definieras som förhållandet mellan av pannan given nettoeffekt och till pannan totalt tillförd bruttoeffekt. Angivna verkningsgrader i denna rapport baseras på övre värmevärdet.

Övre värmevärdet: Övre värmevärdet (övre kalorimetriskt värde) utgörs av bränslets energiinnehåll fullständigt förbränd och vid en temperatur där fukt i rökgaserna är kondenserad, så att kondensvärmen tagits tillvara.

Förbränningsverkningsgrad: Förbränningsverkningsgrad är ett momentant värde som visar brännarens förmåga att omvandla bränsle till värme. Förbränningsverkningsgraden beror på rökgasernas sammansättning (CO₂, O₂, eventuell CO och rökgastremperaturen) och därmed rökgasförlusterna.

Värmeförluster: Förlust uppstår genom strålning och konvektion till omgivningen. Storleken beror på hur väl anläggningen är isolerad och är nära nog konstant året om. Nya pannor är som regel välisolerade med låg ytemperatur (35–40 grader). Värmeförlusterna kommer rummet tillgodo.

Genomströmnings-, start- och stoppförluster: Genomströmningsförlusterna uppkommer då undertrycket från skorsten suger luft via brännarspjäll och eventuella otätheter i pannan. Denna luft kyler eldstaden och pannvattnet. Denna förlustpost uppträder inte då brännaren är i drift.

Pannverkningsgrad: Pannverkningsgraden är ett momentant värde som visar pannans förmåga att överföra värmen till förbrukningsmediet. Den påverkas av såväl rökgasförluster som övriga förluster.

Årsverkningsgrad: Pannan/enhetens totala genomsnittliga verkningsgrad under ett år.

Systemverkningsgrad: Systemverkningsgrad tar även hänsyn till förlusterna från ackumulatortank och anslutningar, m m.

2 Befintliga system

En sammanfattning av uppgifter från olika källor har gjorts i en annan underlagsrapport till betänkandet *Energideklarationer av byggnader* och redovisas i tabell 2.1. Vår bedömning är att antalet oljeeldade pannor reducerats i mycket snabb takt och kan därför vara betydligt färre.

Sektor	Genomsnittlig panneffekt	Antal pannor	Anmärkning
Småhus	20–40 kW	610 000	Varav cirka 393 000 oljepannor
Flerbostadshus	170 kW	34 000	Cirka 50 % baspannor
	1000 kW	3 500	—
Lokaler	250 kW	24 000	—
	500 kW	1 700	—
	1 900 kW	– 3 300	—
Summa		676 000	

Tabell 2.1. Pannor i Sverige, en sammanställning för bostäder och lokaler. Källa: Förslag till implementering i Sverige av EG-direktiv 2002/91/EG, artikel 8, Inspektion av värmepannor. K-Konsult Energi Stockholm AB

Anläggningen för värmeproduktion kan med fördel indelas med hänsyn till vilka utbytesalternativ eller komplement som är möjliga. Distributionssystemet är då en viktig beskrivningsparameter eftersom produktionssystemet måste vara anpassat för hur värmen ska distribueras.

2.1 Småhus

Vattenburna värmesystem

1. Panna för olja, el, gas, fastbränsle i form av förnybar bränsle ved, pellets, flis. Dessa system levererar i regel också tappvarmvatten genom förråds-, genomströmningsberedare eller plattvärmeväxlare. De kan förekomma som system med fler energislag. Värmesystem för biobränsleeldning har (ofta) en eller flera ackumulatortankar.
2. Värmepump: luft/vatten, frånluft/vatten och vätska/vatten (ytjord, eller bergvärme). Dessa system levererar normalt också tappvarmvatten i dubbelmantlade beredare eller plattvärmeväxlare och finns som monovalenta eller bivalenta system.
3. Fjärrvärme.

Det finns också vattenburna värmesystem och luft/luftvärmepumpar och vattenburna system med lokal eldstad i form av öppen spis, kakelugnar och kaminer, samt att tappvarmvattenberedning och eventuellt värmetillskott sker med solvärmeanläggning.

Ej vattenburna värmesystem

1. Direktverkande elvärme och förrådsvarmvattenberedare.
 2. Direktverkande elvärme, värmepump med minivattensystem och förrådsvarmvattenberedare.
 3. Direktverkande elvärme, luft/luft värmepump och förrådsberedare.
 4. Frånluftsvärmepump och luftvärme.
 5. Takvärmesystem med el och förrådsberedare.
 6. Golvvärmesystem med elslingor och förrådsberedare.
- I dessa hus förekommer ofta trivseldning eller stöeldning i kaminer. Elbaserad varmvattenberedning kan vara kompletterad med solvärme (kollektor och ackumulator).

2.2 Flerbostadshus

Vattenburna värmesystem

1. Panna för olja, el, gas, fastbränsle i form av förnybar bränsle ved, pellets, flis. Dessa system levererar i regel också tappvarmvatten genom förråds-, genomströmningsberedare eller plattvärmeväxlare. De kan förekomma som system med fler energislag. Värmesystem för biobränsleeldning har (ofta) en eller flera ackumulatortankar.
 2. Enligt ovan kompletterat med frånluftsvärmepump och förrådsberedare/ackumulator för enbart värme, enbart varmvatten eller både värme och varmvatten.
 3. Värmepumpar luft/vatten och vätska/vatten. Monovalenta eller bivalenta system.
 4. Fjärrvärme.
 5. Lägenhetssystem av typ småhus. Elvärme och/eller frånluftsvärmepump.
- Samtliga system kan vara kombinerade med solvärmeanläggning.

Ej vattenburna värmesystem

Samma som för småhus. Kan också ha central förrådsvarmvattenberedare.

2.3 Historik

Ungefärliga installationsperioder för olika värmeanläggningar framgår av tabell 2.2.

Period	Typ av anläggning
1920–1950	Fasta bränslen såsom kol, koks och ved i lokala eldstäder och centralvärme.
1950–1980	Oljeeldning.
1970–1990	Elradiatorer och elektriska varmvattenberedare. Luft/vatten värmepumpar i bivalenta system.
1970– 1985–	Fjärrvärmeundercentraler för flerbostadshus. Luft/luft- värmepumpar i vattenburna och ej vattenburna värmesystem. Frånluftsvärmepumpar, värmepumpar mark/berg. Vedeldning tillsammans med ackumulatortankar.
2000–	Pelletseldning i nya pannor och pelletskaminer, pelletseldning i omrustade oljepannor med pelletsbrännare.

Tabell 2.2. Typiska värmeproduktionssystem för olika åldersperioder.

3 Beräkningsmetodik

Byggnadens kyla och nettovärmebehov beräknas enligt beräkningsstandard prEN 13790. Varmvattenbehovet enligt kapitlet för varmvatten.

För beräkning av energiåtgång i egna pannor eller värmepumpar i (eller i anslutning till) byggnaden beräknas först bruttovärmebehovet enligt:

$$B_{bvb} = Q_{nvb} + Q_{nt} + Q_{vv} - Q_{sol} \quad (ekv 1)$$

där

B_{bvb} = Byggnadens bruttovärmebehov

Q_{nvb} = Byggnadens nettovärmebehov

Q_{nt} = Ej nyttiggjord värme från distributions- och ackumulatorsystem

Q_{sol} = Solenergi

Q_{vv} = Varmvattenenergiebehovet inklusive vvc-förluster.

Eventuell solenergi från solvärmeanläggning dras ifrån här då denna energi inte passerar värmeproduktions-systemet. Solvärmen bokförs senare i total energianvändning enligt pr EN 15603.

Bruttoenergiebehovet, Q_{beb} , vilket motsvarar begreppet ”levererad energi” (ofta = köpt energi) beräknas sedan med hänsyn till förluster och/eller tillskott i pannor, värmepumpar, undercentraler etc.

$$Q_{beb} = (B_{bvb} + \Phi_{gn,env} \times C_{tt} \times DT + \Phi_{ch,off} \times (DT - FT)) / (1 - ST) \quad (ekv 2)$$

där

DT = drifttid (h)

FT = brinntid (h)

$\Phi_{gn,env}$ = värmeförluster (kW)

$\Phi_{ch,off}$ = genomströmningsförluster (kW)

ST = rökgasförluster (%)

C_{tt} = korrektionsfaktor för strålningsförlusternas tillgänglighet.

För värmepumpar erhålles uttrycket:

$$Q_{beb} = (B_{bvb} + (\Phi_{gn,env} \times C_{tt}) \times DT) / COP \quad (ekv 3)$$

där

COP = värmefaktor med beaktande av pump och/eller fläktenergi för att driva systemet och där värmeförlusterna avser till exempel anslutna ackumulatorer och rörledningssystem.

För värmepumpar med varmvattenberedare i samma enhet och där värmefaktorn anges för hela enheten kan uttrycket förenklas till motsvarande:

$$Q_{beb} = B_{bvb} / COP \quad (ekv 4)$$

För enkla pannanläggningar som enbart försörjs med ett energislag, kan en alternativ metodik med årsmedelsverkningsgrader övervägas. Stöd för sådana kalkyler finns i CEN-standarder, men förutsätter framtagning av nationella typvärden för dessa. Då bivalenta system är så vanliga i Sverige rekommenderas istället metodiken enligt ovan, eftersom konsekvenserna för bivalenta system då blir hanterbara. Vidare förutses att beräkningarna inte sker för hand utan med datoriserat beräkningsstöd och då behöver inte beräkningen förenklas.

Detaljerade anvisningar för dimensionering och energikalkylering av olika alternativ ges inte i denna rapport utan förutsätts integreras i beräkningshjälpmedel utifrån känd kunskap om dessa system.

3.1 Schablonvärden småhus

Värmeförluster, $\Phi_{gn,env}$, från ackumulatorer (och varmvattenberedare) och pannor utan konvektionskylning kan beräknas genom mantelyta och temperaturskillnad mellan ytan och rummet enligt metodik beskriven i standard.. Detta förfarande förutsätter mätning under period när pannan är i drift. Dessa värmeproduktionsförluster kan för småhusprodukter alternativt uppskattas via leverantörsdata (hjälpstabeller där samtliga marknadens produkter finns listade kan övervägas i datoriserade hjälp-system) eller schablonvärden ur hjälptabell 3.1.

	Watt
Varmvattenberedare cirka 100 liter	50
Varmvattenberedare cirka 200 liter	90
Varmvattenberedare cirka 300 liter	130
Elpanna med varmvattenberedare	100
Värmepump med varmvattenberedare	100
Fjärrvärmecentral med beredare	0,06
Fjärrvärmecentral utan beredare	0,03

Tabell 3.1. Hjälpstabell värmeförluster för småhuskomponenter yngre än 1995. Äldre komponenter än så har vanligen sämre isolering och dubbla förlusten kan antagas.

För oljepannor i småhus kan de absoluta värmeförlusterna, $\Phi_{gn,env}$, uppskattas enligt:

$$\Phi_{gn,env} = 0,25 + 0,01 \times T_p \quad (kW) \quad (ekv 5)$$

där

T_p = Pannans ålder.

För specialpannor av typen lågtemperaturpannor kan förlusterna bli lägre, se bilaga 1.

Som stöd för besiktningen bör en hjälpstabell för värmefaktorer tas fram för typiskt förekommande värmepumpssystem. Värmefaktorn för värmepumpssystem beror på ålder och systemutformning. Observera att eventuella hjälpsystem som fläktar och pumpar och dess drifttider ska beaktas i värmefaktorn såvida dessa inte redan tagits med i andra delar av byggnadens energisystem.

Värmeförlusterna för driftperioden ger en värmeförlust som beroende på anläggningens placering mer eller mindre kan komma byggnadens uppvärmning tillgodo vid beräkning av byggnadens nettovärmebehov. Den *tillgängliga* spillvärmen från strålningsförlusterna uppskattas enligt korrektionsfaktorn C_{tt} i tabell 3.2

Placering	Andel tillgänglig spillvärme, C_{tt} , %
Utanför klimatskal	0
Innanför klimatskal, källare med två ytterväggar	80
Innanför klimatskal, källare med en yttervägg	90
Innanför klimatskal, källarmitt, eller bostadsplan	100

Tabell 3.2. Tillgängliga spillvärmen från värmeförluster. Egna värden.

I pannanläggningar tillkommer genomströmningsförluster under perioden pannan är i drift (varm), men brännaren inte är igång, dvs. $DT - FT$.

För mindre oljepannor uppskattas $\Phi_{ch,off}$ enligt:

Genomströmningsförluster	Effekt, kW
Oljepanna äldre än 1988	0,25
Oljepanna yngre än 1988	0,05

Tabell 3.3. Genomströmningsförluster normala oljepannor i småhus. Egna värden.

I tabell 3.3 avser värdet för yngre pannor att brännaren har en automatisk avstängning av luftintaget när brännaren inte är i drift.

Schablonvärden för rökgasförluster i oljepannor ges i tabell 3.4. Uppskattningarna för befintliga pannor baseras på tester som Preem utförde för Statoil på cirka 300 pannor och visade ett genomsnittsvärde på 10 procent rökgasförluster räknat på undre värmeverdet och med en variation inom intervallet 8 och 12 procent. Rökgasförluster mäts inte i Sverige om inte servicekontrakt föreligger.

Rökgasförluster, olja	
Ny kondenserande panna	0,01
Brännare som uppfyller Svanmärkn.	0,07
Panna servad < 12 månader	0,10
Panna utan service	0,12

Tabell 3.4. Rökgasförluster för oljepannor i småhus (övre värmeverde).

För exaktare värden som gäller nya pannor hänvisas till pannans specifikation.

Rökgasförlusterna uppskattas till 10 procent för panna som nyligen genomgått brännarservice (högst 12 månader sedan) och till 12 procent för pannor utan regelbunden service.

För biobaserad förbränning är variationen i utrustning mycket stor och därmed svårare att ge bra schablonvärden för. Följande uppskattningar ska därför användas med stor försiktighet och kan ersättas med bättre dokumenterade värden. För nya pannanläggningar används specifikation från leverantören om dessa är baserade på standardiserade testresultat, eller tester från Konsumentverket.

För äldre vedeldad panna antages en årsverkningsgrad på 60–70 procent.

För pelletseldad äldre panna: Värmeförluster enligt ekv 5. Genomströmningsförluster enligt tabell 3.3.

Förbränningsverkningsgrad för pelletsbrännare: cirka 90 procent*.

Pelletseldad kamin: 75–80 procent*.

Braskamin, spisinsats: 70–80 procent*.

Öppen spis: beaktas inte.

*Värden från marknadens bättre utrustningar se www.konsumentverket.se.

3.2 Schablonvärden för värmecentraler Undercentraler

Skillnaden mellan den energi som en fjärrvärmecentral förbrukar, dvs. köpt energi och den energi den energi den levererar till sekundärsystemet består enbart av värmeförluster via strålning och konvektion som överförs till det utrymme centralen står i.

Värmeförlusterna bestäms i huvudsak av hur väl isolerad undercentralen är, dvs. hur väl isolerentreprenören lyckats täcka alla rör med isolering eftersom en undercentral innehåller en mängd böjar, givare och ställdon. Detta gör att ingen leverantör av prefabricerade fjärrvärmeväxlare kan ge annat än mycket schablonmässiga uppgifter om förlusterna, eftersom de i så stor utsträckning hänger på isolerentreprenörens noggrannhet.

Vi ser därför ingen möjlighet att utifrån typ av växlare, effekt och andra iakttagbara parametrar bedöma energiförlusten från undercentralen.

En mer direkt metod är att skatta övertemperaturen i undercentralen. Med kännedom om lokalens area kan från undercentralen avgiven energi bedömas. En sådan bedömning görs enligt ekvation 6 i nästa avsnitt.

Panncentraler

Värmeförluster, $\Phi_{gn,env}$, från ackumulatorer (och varmvattenberedare) och pannor utan konvektionskylning beräknas genom mantelyta och temperaturskillnad mellan ytan och rummet enligt metodik beskriven i Annex E CEN TC 228 WI som också beskriver hur övriga förluster kan kalkyleras. Nyare pannor är som regel välisolerade med yttemperaturer på 35–40 grader. Eldstadsluckor och rökgaskanaler kan vara betydligt varmare.

Dessa värmeproduktionsförluster kan för panncentraler mer förenklat uppskattas med följande metodik:

Förlusten beräknas schablonmässigt utifrån skillnad i temperatur mellan värmecentral och omgivande utrymmen. Metoden baseras på vanligaste konstruktionstypen (betong) och att forceringsfläktar (styrts vanligen på temperatur) inte är aktiverade. Schablonvärde erhålls från följande funktion:

$$\text{Avgiven värmeeffekt } P1 = dT_{in} \times A_{in} \times U_{in} + dT_{ut} \times A_{ut} \times U_{ut} \quad (\text{ekv 6})$$

där

A_{in} = Omgivande vägg och takareor in mot byggnaden

A_{ut} = Omgivande vägg och golvareor i värmecentral från byggnaden

U_x = U-värde för väggkonstruktion innevägg och tak, resp golv och yttervägg

dT_x = Temperaturskillnad värmecentral och omgivande temperatur in respektive ut.

All den värme som frigörs kan inte tillgodogöras ens om värmebehov finns, endast värmen som leds in i byggnaden, dvs del av ekvation 6 ovan:

$$\text{Värmeeffekt spillvärme} = dT_{in} \times A_{in} \times U_{in} \quad (\text{ekv 7})$$

Kommentar: Detta förslag till metodik är inte testat och bör stämmas av med värden för ett antal panncentraler med kända förlustnivåer. För att snabbt bestämma dessa förluster kan hjälptabeller eller ännu bättre programstöd tas fram för enkel inmatning.

I pannanläggningar tillkommer genomströmningsförluster under perioden pannan är i drift (varm), men brännaren inte är igång, dvs. $DT - FT$.

För större pannor uppskattas $\Phi_{ch,off}$ utifrån en förlustfaktor på pannans nominella effekt Φ_{nom} och huruvida pannans brännare automatiskt stänger till luftflödet när brännaren är i drift eller inte enligt:

Genomströmningsförluster	Effekt, % av nominell
Brännare som stänger luftflöde	0,2
Brännare som inte stänger luftflöde, skorsten < 10 m	1,0
Brännare som inte stänger luftflöde, skorsten > 10 m	1,2

Tabell 3.5. Genomströmningsförluster oljepannor i panncentraler.

Rökgasförluster hämtas från senast genomförd pannkontroll. Observera att denna sannolikt uttrycker rökgasförluster baserat på nedre värmevärdet.

Saknas mätvärden utgör detta en indikator på dåligt skött anläggning och 11 procent rökgasförluster antages. För pannor som kondenserar rökgaser hänvisas till pannans specifikation.

4 Åtgärdsförslag

Syftet med dessa åtgärdsförslag är att påvisa om lönsamma alternativ till fortsatt drift finns och därmed skapa ett intresse för husägaren att gå vidare. Eftersom det finns många konkurrerande alternativ med samma lönsamhet kan det vara tidskrävande att detaljstudera alla dessa. Strategin bör istället vara att guida husägaren till vilka kontakter som kan tas om man vill gå vidare, till exempel att själv räkna på olika alternativ i en webb-baserad konverteringsguide.

4.1 Lönsamhetskalkyl

Åtgärder på produktionssidan har stor betydelse för byggnadens energiekonomi och miljöpåverkan. Lönsamhet på åtgärdsförslag som rör energiproduktionen bör beakta, inte bara energikostnader, utan även andra driftkostnader samt åtgärdens livslängd. Föreslagen lönsamhetskalkyl för bostäder avser LCC. LCC står för livscykelkostnad vilket innebär att till investeringarna för en åtgärd lägger man framtida drifts- och underhållskostnader för hela brukstiden, vilka sedan diskonteras till investerings-tidpunkten. För en LCC-kalkyl behövs även real kalkyl-ränta och antagen årlig prisökning på energi.

Såväl för befintliga system som för utbytesalternativ kan anläggningen beskrivas som huvudsystem som sedan kan vara kompletterat med ett eller flera komplement-system.

För småhus beskrivs livslängd och årlig underhållskostnad i tabell 4.1.

Livslängd och underhållskostnader

Med livslängd avses i detta fall den tidsperiod inom vilken man kan antaga att åtgärden fortfarande utgör det mest lönsamma produktionssättet. Om man byter ut elpannan till en ny elpanna så ska man alltså tro att elvärme kommer vara det mest lönsamma alternativet under den antagna livslängden. I annat fall får man välja en kortare livslängd.

För värmepumpsinvesteringar kan förutses behov av kompressorbyte före det anläggningen helt tjänat ut. Om till exempel kompressorbyte och service för en kostnad av 15 000 kronor antas ske vart 8:e år, så kan detta nuvärdesberäknas och läggas ut som årlig underhållskostnad på 1 500 kronor (exempel för småhusfallet).

Förslag till underhållskostnader och livslängd för småhusinstallationer ges i tabell 4.1 och för panncentraler i större byggnader i tabell 4.2, där den tekniska livslängden ger vägledning vid bedömning av installationens kvarvarande livslängd och den ekonomiska livslängden används för den ekonomiska kalkylen.

Huvudsystem	Underhåll kr/år	Teknisk livslängd, år
Fjärrvärme	200	30
Elradiatorer	0	30
Elpanna	200	20
Oljepanna	1 000	30
Vedpanna	1 000	15
Pelletspanna	1 000	20
Gaspanna	500	20
Värmepump 100 %	1 500	20
Komplementsystem		
Braskamin	500	20
Pelletskamin	500	15
Elvärm VVB	200	15
Solvärmd VVB (50 %)	200	20
Solvärme VVB + värme	200	20
Frånluftsvärmepump	1 500	15
Uteluft/vatten-värmepump	1 500	15
Luft/luft-värmepump	1 500	15
Berg-/ytjordvärmepump	1 500	20

Tabell 4.1. Livslängd och underhållskostnader för olika värme-produktionssystem.

I energikostnaderna förutsätts att eventuella effektagifter, flödesavgifter (fjärrvärme) etc beaktas i värmekostnads-kalkylen.

	Teknisk livslängd, år	Ekonomisk livslängd, år
Oljepannor	30–35	20
Gaspannor, tryckoljebrännare	15–30	7–10
Gas/fläktbrännare	25	15
Expansionskärl, skorsten	50	30
Pumpar	20	10
Oljecisterner, fläktar (rökgaser)	35	25
Varmvattenberedare	15	10
Styr/reglerutrustning	30	20
Styr/reglerventiler	20	10
Avstängningsventiler	40	15
Rörsystem, värmeväxlare	40	25

Tabell 4.2. Livslängd för olika komponenter i produktionssystem för panncentraler.

4.1.1 Investeringskostnader – småhus

Investeringskostnaderna för småhusinstallationer kan schablonmässigt uppskattas enligt uppgifterna i bilaga 1 där kostnaderna för arbetsinsatsen särredovisats. Detta för att kunna ta ställning till orfsfaktor för arbetet, eventuella arbetsmarknadspolitiska stöd etc. Dessa kostnader bör sedan uppräknas mot kostnadsutvecklingen, men även revideras minst vart femte år.

Investeringskostnaden för en åtgärd är beroende av husets utgångspunkter. Finns vattenburet system, finns skorsten, finns kostnader för demontering av befintlig panna, oljetank etc. Besiktningsförrättaren måste alltså från de olika kostnadskomponenterna i bilagan ställa samman den totala kostnaden för tänkbara åtgärdsalternativ och för den aktuella byggnaden.

Investeringskostnaden för att fortsätta med befintlig utrustning är noll kronor om ingen upprustning krävs. Detta under förutsättning att befintlig utrustning bedöms som fullt funktionsduglig i minst fem år till.

4.1.2 Investeringskostnader – värmecentraler

Investeringskostnaderna för värmecentraler begränsas i schablonkostnads-kalkylerna till utbyte eller nyinstallation av:

- oljepanna
- värmepump som baslast
- pelletseldad panna som baslast (inklusive stofffilter och pelletslager)
- undercentral för fjärrvärme.

Investeringskostnaderna för de första tre alternativen beskrivs i en generell kalkyl med:

$$\text{Investeringskostnad} = A, \text{ baskostnad (kk)} + B, \text{ effektkostnad (kk/kW)}$$

till exempel för konventionella oljepannor:

A = 125 000 kronor (inklusive moms och installation)

B = 250 kr/kW (inklusive moms och installation).

Investeringskostnaden för en fjärrvärmeanslutning tas alltid in via fjärrvärmeleverantören i de fall fjärrvärme är ett tillgängligt alternativ.

4.2 Åtgärdsförslag småhus

Åtgärdsförslag för optimering, pannbyte, konvertering, etc. konkurrerar alla med varandra. Alla tänkbara åtgärder som är realiserbara och acceptabla för husägaren bör alltså testas ekonomiskt, vilket endast kan ske rationellt genom automatiserade kalkyler eller genom att besiktningsmannen redan tidigare har gått igenom tänkbara alternativ för den aktuella ortens förhållanden.

Vid komplettering av befintliga system med värmepumpar, solvärme etc. krävs särskild sakkunskap. Värmepumpsdrift tillsammans med äldre oljepannor i småhus kräver kunskaper om hur värmepumpen ska kopplas in. Hur ska till exempel varmvattentemperaturkravet klaras under sommarperioden och problemet med för hög returtemperatur i vinterfallet?

Exakt vilka kombinationer som är lämpliga att ingå i en standardiserad hjälpkalkyl bör diskuteras närmre i samarbete med den part som utvecklar beräkningshjälpmedel för kalkyleringen.

4.3 Åtgärdsförslag värmecentraler

Strategin är likartad den för småhus. Atingen hitta lönsamma konverteringsmöjligheter, eller också se hur anläggningen ska kunna optimeras och trimmas in. I de senare fallet krävs fördjupade studier genomförd av speciell sakkunskap. Kalkylen för eventuell konvertering eller pannbyte görs på enklaste sätt. Endast investeringen för den del som sänker produktionskostnaden beaktas. Antag att det därutöver behövs en allmän pannrumsupprustning, upprustning av skorsten etc. av rena åldersskäl så är det kompletterande kostnader som ändå skulle behövt göras och som därför inte beaktas i lönsamhetskalkylen.

I de fall en kvarvarande panna behövs även efter genomförd konvertering så rekommenderas en fördjupad besiktning enligt förslagen 5 och 6 nedan så att de olika komponenterna används optimalt.

Följande åtgärdsförslag bör övervägas.

1. Fjärrvärmeanslutning. Bör alltid studeras om anslutningsmöjlighet finns. Kontakta fjärrvärmeleverantören för offert och prisuppgifter.
2. Konvertering till pelletseldning. Brännare eller pellets-panna blir en optimeringsfråga, men kan också vara en utrymmesfråga. Finns lönsamhet för en konvertering bör nästa steg bli en fördjupad konverteringsutredning eller att leverantörerna tar fram ett förslag.

3. Komplettering med värmepump. Kan också ske i kombination med utbyte av äldre oljepanna. Jfr 5. För uteluftvärmepump måste placering av fläktssystem och därmed bullerfrågan särskilt studeras för bostadsbyggnader. Bergvärme är en mer generellt tillgängligt alternativ och är därför det alternativ som studeras i den generella kostnadskalkylen. Inför upphandling kan fler alternativ övervägas.
4. Utbyte befintlig oljepanna. Om skillnad i prestanda (jämför förluster i befintlig anläggning och ny anläggning) täcker investeringskostnad och alternativ 1–3 inte är möjligt/önskvärt, eller om befintlig panna är uttjänt (haveririsk inom fem år). Om inget av dessa utbytesalternativ är motiverade finns kanske skäl att optimera och trimma.
5. Förslag till fördjupad systemutredning: I utredningen studeras möjligheterna till optimering av driften genom driftomläggning och översyn av driftinstruktioner. Systemutredning föreslås om fler än en panna ingår i produktionen och har stora förluster eller består av äldre pannor i dåligt skick. Se vidare förslag 4.
6. Fördjupad pannkontroll: Omfattar rökgasanalys, munstycksanpassning, temperaturinställningar, etc. Detta föreslås om pannanalys saknas.
7. Fördjupad systemutredning värmepump: effektivitet, köldmedia, COP-faktor, drifttid, inkopplingsprinciper och var värmen gör störst nytta. Aktuellt om värmepumpen är installerad före 1995, då en stor andel värmepumpar hade felaktiga eller dåligt optimerade systemlösningar (LIP-kansliet i Stockholm 2001).
8. Fördjupad värmepumpsanalys komponentkontroll. (kyltekniker). Om service inte är utförd sedan y år och/eller låg verkningsgrad
9. Utbyte/upprustning av undercentral ansluten till fjärrvärme.
10. Annat. Besiktningsmannens egna förslag utifrån egen kompetens. Inget kunskapsstöd ges utan hänvisas till fördjupad utredning enligt 1 och 2.

4.3.1 Byte av befintliga produktionssystem, konvertering

Åtgärdskod: Värmeproduktion 2–4.

Åtgärdsbeskrivning: Befintlig panna/or bytes eller kompletteras med pelletsbrännare eller värmepump.

Kalkyleringsmodell energibesparing: För bivalenta system delas kalkylen upp i baslast och topplast utifrån varaktighetsdiagrammets effektkurva för nettoenergi. Mängden producerad nettoenergi för respektive del beräknas.

Nytt värde för förbränningsverkningsgrad eller värmefaktor för respektive last anges.

Efter pannbyte eller värmepumpsinstallation förändras även stilleståndsförluster och värmeförluster.

För oljepanna i baslastdrift testas även ekonomi vid byte till lågtemperaturpanna och kondenserande panna.

I den mån förändringen även påverkar sekundärsystemet (pumpar, reglersystem, etc) så ska det beaktas inom delsystemet värme.

Åtgärdskostnad: Exempel på entreprenadkostnad för installation av produktionssystem ges i tabell 4.3.

För installation av pelletspanna summeras kostnad för posten pelletsbrännare och ny oljepanna.

Inventeringsmetodik: Ifyllda besiktningsdata, beräknat nettoenergibehov, bedömning av baslast- och topplastdimensionering, utrymme och framkomlighet samt anläggningens ålder och skick.

Upphandlingsdata:

- Fotodokumentation, befintliga produktionssystem och pannrum. Framkomlighet för pelletstransport och lagerplacering genom fotodokumentation av exteriör.
- Besiktningsdata.
- Nettoenergibehov.

Åtgärdens varaktighet: 20 år.

Systemkonsekvenser: Eventuella ljudemissioner ska beaktas och ingå i kravspecifikationen.

Beräkningsmetodik: Energibesparing enligt kapitel 3 (respektive förlustpost och hur de påverkar nettoenergibehovet). Större förändringar i servicekostnaden ska också beaktas.

Produktionstyp	Effektintervall kW	Investering A kkr exklusive moms	Investering B kkr/kW	Varav arbete %
Oljepanna + brännare	20–100	80	25	
Oljepanna + brännare	100–1000	50	0,5	x
Oljepanna lågtemperatur	20–100	Enl standard + 20%		Enl standard
Oljepanna lågtemperatur	100–1000			Enl standard
Oljepanna kondenserande	20–100	Enl standard + 20%		Enl standard
Oljepanna kondenserande	100–1000			Enl standard
Pelletseldning*	40–500	70	2	
Pelletseldning*	500–2000	70	1,3	
Bergvärmepump			15	

Tabell 4.3. Hjälpstabell för val av installationskostnad exklusive moms för produktionssystem.

Indata: Nettoenergibehov från huskalkylen, energipriser (schablonvärden), investering och servicekostnader. För värmepumpsinstallationer beaktas kostnad för kompressorbyte i posten för årlig service genom påslag.

4.3.2 Systemutredning pannor

Åtgärdsnamn: Fördjupad systemutredning, driftoptimering och driftinstruktioner för panndrift.

Åtgärdskod: Värmeproduktion 5.

Villkor:

Systemmässiga villkor: Vattenburet system.

Tekniska villkor: Mer än en värmekälla som kan köras i kombination med andra värmekällor.

Driftsmässiga villkor: Möjlighet att påverka driften genom aktiva val av produktionskälla samt dess funktion. Förutsätter att en driftinstruktion upprättas hur pannor och övriga komponenter ska drivas under året via varaktighetsdiagram eller liknande. Även en övergripande instruktion ska upprättas hur inställningar av termostater och reglercentraler ska se ut vid normal drift.

Teknisk funktion: Genom att fastställa det faktiska effektbehovet i ett varaktighetsdiagram kan verkningsgraden höjas genom minskade rökgasförluster och stillestånds-förluster.

Beräkningsformler finns under punkt 4.

Efter genomförande av en fördjupad systemutredning förväntas även driftsäkerheten öka, då antalet start och stopp minskar för pannorna.

Ordningsföljd: För att få ett bra utfall bör denna åtgärd efterföljas av en pannservice där fackman genomför föreslagna åtgärder så som till exempel anpassning av munstycken på oljebrännare eller andra anpassningar.

Åtgärds kostnad: Cirka 4–8 arbetstimmar för ingenjör. Besparing beräknas enligt nedan:

Effektområde kW	n _{förbättring}
20–100	<2 %
100–500 (1–2 pannor)	<3 %
> 500 (2–3)	<5 %

$$\text{Besparing } B \text{ (kr)} = \text{Energikostnad (kr/kWh)} \times \text{årsförbrukning (kWh)} \times n_{\text{förbättring}}$$

4.3.3 Pannkontroll

Åtgärdsbeskrivning: Rökgasanalys, munstycksanpassning samt temperaturinställningar.

Typ av byggnad: Flerbostadshus och lokaler.

Åtgärdsnamn: Pannkontroll.

Åtgärds kod: Värmeproduktion 6.

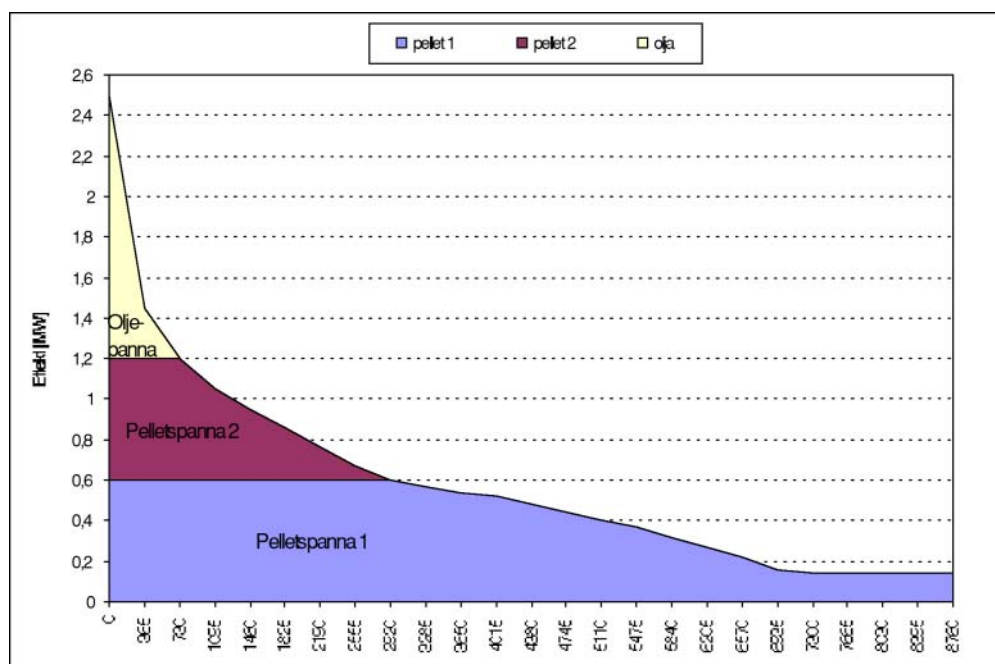
Villkor:

Systemmässiga villkor: Vattenburet system. En eller flera pannor eldade med olja eller andra bränslen.

Tekniska villkor: Möjlighet att byta ut slitdelar, samt komponenter vid återkommande service.

Driftsmässiga villkor: Vid en pannkontroll ska det finnas ett värmebehov som möjliggör drift av pannor under en sammanhängande period för att kunna få rättvisande värden vid rökgasanalys och trimning av brännare.

Teknisk funktion: Genom att rengöra och serva pannor och brännare enligt tillverkarens instruktioner kan bästa förbränningsverkningsgrad uppnås med befintliga installerade komponenter. Rökgasanalys ska genomföras och redovisas i protokoll. Om trasig eller felaktig komponent eller utrustning upptäcks vid pannkontrollen ska dessa omedelbart rekommenderas att bytas ut.



Figur 4.1. Exempel varaktighetsdiagram.

Ordningsföljd: En pannservice bör alltid utföras årligen och behöver inte vara knuten till några andra åtgärder. Konvertering av pannor till bibränsle eller fjärrvärme ska alltid övervägas om pannanläggningen är eldad med fossila bränslen.

Ekonomi: Vid pannkontrollen beaktas ekonomisk och teknisk livslängd enligt punkt 5 och rekommendation lämnas om utbyten av enskilda komponenter. Vid pannkontrollen utförs underhållsarbeten för att upprätthålla erforderlig funktion, samt miljövärden och är inte direkt relaterade till ekonomiska besparingar som är kalkylerbara. Nedan följer rekommendation för antalet pannkontroller på årsbasis.

Effektområde kW	Besök
20–100	1 gång (September–oktober)
100–500 (1–2 pannor)	2 gånger (September–oktober samt mars–april)
> 500 (2–3 pannor)	2 gånger (September–oktober samt mars–april)

Åtgärds kostnad: Montörlön cirka 2–3 timmar.

4.3.4 Fördjupad systemanalys värmepump

Åtgärdsbeskrivning: Åtgärden omfattar analys av inkopplingsprincip, drifttid och kontroll av värmefaktor och vid behov även loggning av temperaturer under något dygn. Åtgärden är alltid aktuell om värmepumpen är installerad 1995 eller tidigare. (Underlag för framtagning av besiktningsmetodik och blanketter finns i referens 1.)

Typ av byggnad: Flerbostadshus och lokaler.

Åtgärds kod: Värmeproduktion 7.

Villkor:

Systemmässiga villkor: Vattenburet värmesystem, ventilationsåtervinning, borrhål i berg, luftkollektor, samt i kombination med en eller flera pannor eldade med olja eller andra bränslen.

Tekniska villkor: Värmepumpen ska vara inkopplad på el och vattensida så att drift och underhållsarbeten kan utföras under drift.

Driftsmässiga villkor: Vid systemanalysen bör det finnas ett värmebehov som möjliggör drift av värmepump under en sammanhängande period. Systemanalys kan dock utföras utan krav på möjlighet till drift.

Teknisk funktion: Denna åtgärd är tänkt som ett komplement till fördjupad analys/komponentkontroll av värmepump och kontroll av köldmedia, när man kan misstänka felaktig inkoppling av värmepump eller felaktig dimensionering.

Ekonomi: Vid fördjupad analys av värmepump beaktas ekonomisk och teknisk livslängd. I uppdraget ingår att klarlägga dimensionering och samkörning av värmepump

mot andra komponenter med målet att optimera funktionen så att värmepumpens drifttid och temperaturutbyte blir så optimalt som möjligt.

Ekonomisk vinst beräknas utifrån erhållen energibesparing enligt ekvation 3 i kapitel 3 för värmepumpssystemet före och efter genomförd åtgärd.

Åtgärds kostnad: Ingenjörstid cirka 5–6 timmar.

4.3.5 Funktionskontroll av värmepump

Åtgärdsbeskrivning: Komponentkontroll och kontroll av köldmedia.

Typ av byggnad: Flerbostadshus och lokaler.

Åtgärds namn: Värmeproduktion 7.

Villkor:

Systemmässiga villkor: Vattenburet värmesystem, ventilationsåtervinning, borrhål i berg, luftkollektor, samt i kombination med en eller flera pannor eldade med olja eller andra bränslen.

Tekniska villkor: Värmepumpen ska vara inkopplad på el och vattensida så att drift- och underhållsarbeten kan utföras under drift.

Driftsmässiga villkor: Vid en pannkontroll ska det finnas ett värmebehov som möjliggör drift av värmepump under en sammanhängande period.

Teknisk funktion: Genom att mäta in och utloppstemperaturer, flöden, samt köldmediemängder fastställs värmefaktor för värmepumpen. Kontroll utförs på ingående komponenter. Fyllnadsmängd av köldmedia kontrolleras. Fastställd värmefaktor jämföres med tillverkarens uppgifter där avvikande värmefaktor och driftsdata redovisas i protokoll.

Om trasig eller felaktig komponent eller utrustning upptäcks vid kontrollen ska omedelbart utbyte rekommenderas. Vid kontrollen utförs underhållsarbeten för att upprätthålla bästa värmefaktor och funktion, samt öka drifttiden

Ordningsföljd: En fördjupad analys av värmepump bör utföras som ett komplement till en pannkontroll för att uppnå bästa effekt för pannanläggningens ekonomi och verkningsgrad.

Konvertering till lämpligaste miljövänliga köldmedia ska alltid föreslås och om värmepumpen är tillverkad före 1995 bör utbyte övervägas.

Ekonomi: Ekonomisk vinst beräknas utifrån erhållen energibesparing enligt ekvation 3 i kapitel 3 för värmepumpssystemet före och efter genomförd åtgärd om detta nu är möjligt att uppskatta.

Åtgärds kostnad: Kyltekniker cirka 2–3 timmar.

5 Inventering

Inventeringsarbetet kan underlättas med en standardiserad inmatningshantering via handdator där merparten av erforderlig information insamlas och som därmed direkt kan länkas till utskriftsrapport och kalkyleringsberäkning.

5.1 Inventering av småhussystem

Ett första utkast till besiktningsprotokoll redovisas i bilaga 2.

5.2. Inventering av värmecentraler

Nuvarande status

Även för inventering av värmecentraler behövs en inventeringsmall snarlik den som finns som utkast för småhus och med syftet att dokumentera nuvarande status men här också kompletterat med beskrivning av förutsättningar för olika alternativ.

Protokollet bör omfatta: Avlästa värden på tillförd energi och levererad energi, där sådana mätdata finns. Därmed kan systemets totalverkningsgrad bestämmas. Saknas mätare för detta kan installation av mätare övervägas. För värmepumpar kan levererad energi beräknas utifrån drifttid och avgiven effekt, eller från elmätning till värmepump och uppskattad värmefaktor (teknisk dokumentation).

Finns inte drifttidsmätare eller elmätare eller värmemätare kan en fördjupad utredning föreslås (som åtgärdsförslag) och där en mätloggning ingår.

Om ingen pannservice utförts föreslås pannkontroll och service, (såvida inte brutto/netto-relationen är låg).

Fjärrvärme

Kontakt tas med lokala fjärrvärmebolaget som offererar anslutning om detta är möjligt.

Förutsättning för fastbränsle och värmepump

Pelletseldning: För enkelhets skull studeras bara ekonomin för den enklaste åtgärden där en helt ny panna för pelletseldning installeras. Om denna visar lönsamhet så är det möjligt att i senare detaljstudier (utförs av konsult eller leverantör) se om befintlig panna kan kompletteras

med enbart brännare eller om en ny pelletspanna ger bättre ekonomi. Däremot ska studeras

- Finns plats för placering av lager/silo inom x meters avstånd (inomhus eller utomhus). Fotodokumentation.
- Bygglovsplikt?
- Utrymme för rökgasrening inom aktuellt effektintervall. Fotodokumentation.

Vanligen krävs inte åtgärder på skorsten, men ska kontrolleras i samband med genomförande.

Utbildningsmaterial för denna inspektion bör tas fram, lämpligen av biobränslebranschen.

Komplettering med värmepump: Systembeskrivning och systemkontroll där systemtemperaturerna fram och retur framgår. Om högre systemtemperaturer är fallet, kan en inledande injustering av sekundärsystem krävas och eventuellt komplettering i värmesystemet med ny/ytterligare radiatorer för att sänka temperaturbehovet i de sämst placerade delarna i byggnaden (den svagaste punkten).

För alternativet frånluft kontrolleras frånluftsflöde, åtkomlighet, läckageluft i kanalen. Om uteluft studeras ljudförutsättningarna ute, placeringsalternativ (jfr markaltaner och balkonger).

Om den ekonomiska analysen ger bäst ekonomi för värmepumpar föreslås en kompletterande värmeumps-utredning där detaljfrågorna kan penetreras. Saknas systembeskrivning är en enkel systemskiss bra underlag vid eventuella upphandlingar. Finns någon ackumulator? I så fall storlek och ålder. Finns utrymme för ackumulator? Vilket energislag ska föreslås för spetsvärme?

Fortsatt oljedrift

För renodlade panncentraler baserade på olja och utan bivalenta system där konvertering inte är önskvärt eller genomförbart kan årsmedelsverkningsgraden ge en vägledning om lämpligt nästa steg för panncentraler. Årsmedelsverkningsgrad som indikator för lämplig åtgärd förutsätter dock att årsmedelsverkningsgraden kan bestämmas.

Effektområde	n_{panna}	Åtgärdsförslag
20–100	<71	Pannkontroll
100–500 (1–2 pannor)	<75	Pannkontroll + utredning drift- omläggning + driftinstr.
> 500 (2–3 pannor)	<80	Pannkontroll + utredning drift- omläggning + driftinstr.

Tabell 5.1. Årsmedelsverkningsgrad oljepannor i panncentraler baserat på bränslets övre värmevärde. Preliminära värden.

I övrigt refereras till driftinstruktioner, systemritningar, instruktionshandlingar, loggningsbok och serviceprotokoll.

Besiktningsprotokollet bör innehålla en friskrivning vad avser sådana miljöfaktorer som kan påverka åtgärds-kostnaderna och som inte studerats, till exempel vad avser asbest, kvicksilver, PCB, tanksanering och förorening i mark.

5.2.1 Upphandlingsunderlag energiexpert

För att energiexpert med behörighet för pannrumsbesiktningar i fastigheter ska kunna planera sin tidsinsats och kunna lämna en anpassad offert för den besiktning som ska utföras som ordinarie del i byggnadens besiktning, bör fastighetsägaren om möjligt lämna ett kompletterande underlag. Enklast sker detta via en webb-service där data kan lämnas av husägaren och hämtas av energiexperter som ska lämna offert.

Underlag som underlättar upphandling av energiexpert: Uppgifter som lämnats vid inmatning av förenklad deklaration (nivå 1)

- Installationsår för huvudsaklig värmekälla: äldre än 10 år, yngre än 10 år
- Installationsår för eventuell VP, cirka: före 1995, efter 1995
- Om fastbränsle: pellets, flis, pulver, annat
- Driftinstruktioner värmecentral: ja, nej
- Rondprotokoll/driftlogg: ja, nej
- Datoriserad driftövervakning: ja, nej
- Driftansvarigt företag/person: namn, telefon
- Pannbesiktningsprotokoll ej äldre än två år: finns, finns inte
- Finns separat elmätare för panncentralen: ja, nej

5.3 Tidsåtgång

Småhus: En erfaren besiktningsman av värmeanläggningar och utrustad med ett bra besiktningsunderlag och termometer kan bedöma anläggningen inom 20–25 minuter. Resultatbedömningen och åtgärdsförslag ingår i energideklarationsarbetet och tar cirka 30 minuter.

Fastighetscentraler: För enkla flerbostadshus är tidsåtgången ungefär densamma, men kan kräva väsentligt större insatser i större och komplicerade anläggningar.

5.4 Kompetenskrav

Bakgrund: dokumenterad erfarenhet av installations-tekniska system i små- och flerbostadshus. Cirka åtta timmars utbildning åtgår för denna besiktningsdel. Däremot krävs inte ingående kunskaper i rökgasanalyser eftersom detta inte ingår i standardbesiktningen, men väl översiktlig kunskap och förstå att värdera protokoll från sådana analyser.

Småhus: Allmän energikompetens. Genom att komplettera besiktningsprotokollet med foto-dokumentation kan särskild kompetens på produktionssystem komplettera besiktningsmannen i företag där pannkompetensen inte finns hos alla medarbetare.

Panncentraler: VVS – ingenjör eller likvärdigt.

6 Referenser

1. Befintliga frånluftsvärmepumpar i flerbostadshus. Energimyndigheten/LIP-kansliet Stockholm. 2001.
2. IVT 1999. IVT Systemhandbok – fastighetsvärmepumpar.
3. CEN/TC 228 wi 228020. Heating systems in buildings – Inspections of boilers and heating systems. 2004-12.
4. PrEN 15203. Energy performance og buildings – Assessment of energy use and definitions of ratings. March 2005.

Bilaga 1

Investeringskostnadstabell för småhussystem

Följande kostnadsbeskrivning är tänkt som en lathund för att kostnadskalkylera alternativa åtgärder på värme-produktionssystemet i småhus och när småhussystem används i lägenheter.

Priserna avser 2005 inkluderande moms och kostnads-nivå för installationsarbete utfört i storstad, men kan om-räknas genom följande schabloner:

Ort	Arbetskostnad kr inklusive moms	Servicebil/dag kr inklusive moms
Storstad	560	625
Mindre ort	530	500
Landsbygd	560	500

Tabell 1. Kostnadsnivå för installationsarbete. 2005.

Följande tabell omfattar inte bara de mer genomgripande åtgärdsförslagen som kan hanteras på ett automatiserat sätt utan även mer detaljerade åtgärder, som normalt kräver mer ingående kompetens hos besiktningsförrättaren för att kunna föreslås. Detta kan i dessa fall utgöra ett stöd för de besiktningsförrättare som utför mer ingående be-siktningar vilket kan bli fallet när husägaren vill ha en för-djupad (frivillig) energirådgivning.

1. Befintlig oljepanna. Service och enkla åtgärder.

Översyn inklusive service	~1 000 kr
inklusive material 200 kr	
Montage av spädluftspjäll (draglucka)	1000–3 000 kr
inklusive material 1 000 kr (vid översyn) annars tillägg på 500 kr	
Montage av ny oljebrännare	~9 000 kr
inklusive material 7 000 kr	
Omkoppling av oljebrännare till 2-rörssystem	~1 000 kr
inklusive material 700 kr	
Kontroll av pannans säkerhetsutrustning	~200 kr
exklusive material som kan behöva bytas	
Montage av reglerutrustning adaptiv med pumpstopp	~10 000 kr
inklusive material 6 500 kr	
Montage av reglerutrustning enkel med kurvinställning	~7 500 kr
inklusive material 3 500 kr	

2. Komplettering med stödvärmare till oljepannan

Separat VVB sommar drift 60 liter	~10 000 kr
inklusive material 7 000 kr	
Separat VVB 300 liter	~15 000 kr
inklusive material 7 000 kr	
Solfångare inklusive separat VVB 300 liter	~45 000 kr
inklusive material 30 000 kr	
Luft/fuvt värmepump	~25 000 kr
inklusive material	
Luft/vatten värmepump	~65 000 kr
inklusive material 30 000 kr	

3. Utbyte oljeeldning

Pelletsbrännare som ersättning för oljebrännare	~25 000 kr
inklusive material 15 000 kr exklusive demontage av oljetank	
Naturgasbrännare som ersättning för oljebrännare	~30 000 kr
inklusive material 20 000 kr exklusive demontage av oljetank	
Ny oljepanna enkel inklusive oljebrännare	~50 000 kr
inklusive material 30 000 kr	
Ny oljepanna lågtemperaturpanna inklusive oljebrännare	~65 000 kr
inklusive material 45 000 kr	
Ny kondenserande oljepanna inklusive oljebrännare och skorsten	~80 000 kr
inklusive material 55 000 kr	
Ny panna inklusive pelletsbrännare	~75 000 kr
inklusive material 40 000 kr exklusive lager	

Övrigt

Besiktning/rengöring av oljetank	3 500 kr
Tillägg till tankrengöringen: 1-rörs system med rundpumpning i oljepump (typ "Tiger-Loop")	1 500 kr
Flytande sug: Den flytande sugen har till uppgift att hela tiden ta oljan högst upp i oljetanken. Fördelen med detta är att man undviker att botten slam virvlar upp och sätter igen filtret. Den heter flexi-block och kostar	600 kr

5. Konvertering från oljeeldning

Ny pelletspanna med integrerad brännare	~90 000 kr
inklusive material	60 000 kr
Luft/vatten värmepump inklusive ny elpanna	~85 000 kr
Bergvärmepump	135 000 kr
Ytjordvärmepump	100 000 kr
Fjärrvärme	~60 000 kr
inklusive material	30 000 kr

6. Demontage av oljetank

Demontage av oljetank inomhus upp till 3 m ³	~6 000 kr
Demontage av oljetank utomhus upp till 3 m ³ ovan mark	
Farmartank	~5 000 kr inklusive material 30 000 kr
Demontage av oljetank markförlagd upp till 3 m ³ .	
Ståltank och glasfibertank	~15 000 kr

7. Vattenburen el

Detta gäller rena elpannor och inte oljepannor som körs på el.	
Dessa räknas som oljepannor och konverteras som en oljepanna	
Luft/luft värmepump	~25 000 kr
inklusive material	
Luft/vatten värmepump	~85 000 kr
inklusive ny elpanna	
Montage av ny kondenserande oljepanna inklusive oljebrännare/skorsten/tank	~120 000 kr
inklusive material	85 000 kr
Montage av ny panna inklusive pelletsbrännare	~75 000 kr
inklusive material	40 000 kr. Eventuellt tillkommer skorsten.
Montage av ny pelletspanna med integrerad brännare	~90 000 kr
inklusive material	60 000 kr. Eventuellt tillkommer skorsten.
Bergvärmepump	135 000 kr
Ytjordvärmepump	100 000 kr
Fjärrvärme	~60 000 kr
inklusive material	30 000 kr

8. Direktverkande el

Fjärrvärme inklusive byte till vattenburna radiatorer	~100 000 kr
inklusive material	50 000 kr
Montage av mjukelsystem	25 000 kr
inklusive material	10 000 kr
Separat VVB 300 liter	~15 000 kr
inklusive material	7 000 kr
Solfångare inklusive separat VVB 300 liter	~45 000 kr
inklusive material	30 000 kr
Luft/luft värmepump	~25 000 kr
inklusive material	
Bergvärmepump inklusive radiatorer	200 000 kr
Ytjordvärmepump inklusive radiatorer	170 000 kr
Kondenserande gaspanna inklusive radiatorer	130 000 kr

9. Övrigt

Byggnation av pelletsförråd 3 tons förråd i pannrum 8 m ³		~25 000 kr
Elinstallation		
Inkoppling på befintlig installation		0 kr
Ny matning max 6 kW 5G x 1,5 mm ²		2 500 kr
Ny matning max 12 kW 5G x 4,0 mm ²		3 500 kr
Ny styrkabel hög/låglast 2 x 1,5 mm ²		800 kr
Ny ledning för belastningsvakt 5G x 1,5 mm ² (4 x 1,5 mm ²) .		1 000 kr

Bilaga 2

Exempel på besiktningsmallar

– Värmeproduktion i småhus

Vattenburna system • Exempel panna

Typ av panna

- ☐ Olja ☐ Gas ☐ Elpanna ☐ Pellets ☐ Vedpanna
☐ Konstant temperatur 80 °C ☐ Lågtemperatur
☐ Kondensering av rökgaserna
☐ Panna för värme och tappvarmvatten
☐ Panna enbart för värme

Pannfabrikat

Modell

Tillverkningsår

Brännarfabrikat

Brännare, år

Service senast utförd

- ☐ < 12 mån ☐ > 12 mån

Placering av pannan

- ☐ Utanför klimatskalet ☐ I huset/källaren ☐ Övrigt
 Antal ytterväggar till pannrum i huset (st, 0–2)

Som underlag för dessa bedömningar fanns

- ☐ Värmesystemets och pannans instruktionshandlingar
☐ Service och inspektionsrapporter
☐ Bränslefakturer
☐ Ritningar över anläggningen
☐ Loggböcker

Solvärmesystem

Användningsområde

- ☐ Tappvarmvatten ☐ Värme och varmvatten
☐ Utomhuspool

Typ av kollektorer

- ☐ Plana solfångare ☐ Vakuumbör

Kollektorsyta: m²

Placering av kollektors väderstreck:

- ☐ Slinga/Slingor ☐ Koppar ☐ Annat
☐ Förrädsberedare ☐ Säsongslager

Elpatron/Elpatroner i annan panna än elpanna

Effekt kW

Effektsteg kW

Användningsområde elpatron

- ☐ Sommar drift ☐ Reserv
☐ Baslast, effekt kW ☐ Kombination med ved
☐ Spetslast

Värmepump

Typ av värmepump

- ☐ Luft/Luft ☐ Luft/Vatten
☐ Vatten/Vatten ☐ Berg Mark Sjö
☐ Frånluft
☐ Annat

Producerar

- ☐ Värme ☐ Kyla
☐ Varmvatten ☐ Varmvatten prioriterat

Fabrikat

Fabrikat

Modell

Installationsår

Kompressorbyte år:

Tekniska data

Avgiven/Tillförd effekt 0/35 °C / kW

Avgiven/Tillförd effekt 0/50 °C / kW

Avgiven/Tillförd effekt –10/45 °C / kW (uteluftvp)

Startström A

Effekt värmebärarpump W

Köldmedium

Typ av köldmedium

Köldmedelmängd kg

Fram- och returledningstemperatur

Max temp framledning/returledning °C

Snittemp framledning/returledning °C

Temperatur i apparat-/pannrum °C

Värmen levereras till

- ☐ Radiatorsystem ☐ Luftburet system
☐ Golvvärmesystem, hela huset
☐ Golvvärmesystem, undervåning
☐ Luftkonvektor kW

Drifthistorik

Genomsnittlig drifttillgänglighet senaste 3 åren %

Lokala eldstäder

Typ

- ☐ Kamin ☐ Kachelugn ☐ Öppen spis
☐ Spisinsats ☐ Kåkspis ☐ Annat

Material

- ☐ Sten ☐ Plåt ☐ Gjutjärn
☐ Annat

Bränsle

- ☐ Ved ☐ Pellets ☐ Annat

Användning

- ☐ Trivseldning ☐ Regelbunden eldning under uppvärmningssäsongen

Beskrivning

Märke:

Modell:

- ☐ Typgodkänd ☐ Miljögodkänd
☐ Termostatstyrd ☐ Effektstyrd
☐ Primärluft ☐ Sekundärluft
☐ Enbart värme ☐ Värme och tappvarmvatten
☐ Lokal eldstad ☐ Ansluten till radiatorkretsen

Värmeavgivning

- ☐ Strålningsvärme ☐ Strålnings och konvektionsvärme
☐ Konvektionsvärme

Skorsten

- ☐ Tegel, murad ☐ Prefabricerad sten/betong
☐ Plåt ☐ Rostfritt stål

Lokala eldstäder

Typ

- ☐ Kamin ☐ Kachelugn ☐ Öppen spis
☐ Spisinsats ☐ Kåkspis ☐ Annat

Material

- ☐ Sten ☐ Plåt ☐ Gjutjärn
☐ Annat

Bränsle

- ☐ Ved ☐ Pellets ☐ Annat

Användning

- ☐ Trivseldning ☐ Regelbunden eldning under uppvärmningssäsongen

Beskrivning

Märke:

Modell:

- ☐ Typgodkänd ☐ Miljögodkänd
☐ Termostatstyrd ☐ Effektstyrd
☐ Primärluft ☐ Sekundärluft
☐ Enbart värme ☐ Värme och tappvarmvatten
☐ Lokal eldstad ☐ Ansluten till radiatorkretsen

Värmeavgivning

- ☐ Strålningsvärme ☐ Strålnings och konvektionsvärme
☐ Konvektionsvärme

Skorsten

- ☐ Tegel, murad ☐ Prefabricerad sten/betong
☐ Plåt ☐ Rostfritt stål

Varmvattenberedning

Beredartyp

- ☐ Genomströmningsberedare ☐ Förrådsberedare, Enkelmantlad
☐ Plattvärmväxlare ☐ Förrådsberedare, Dubbelmantlad

Fabrikat

Modell

Installationsår

Material i kärlet

- ☐ Koppar ☐ Emailj ☐ Stål
☐ Offeranod ☐ Annat

Kapacitet

Volym liter

Temperatur i beredaren °C

Temperatur vid tappställe °C

☐ Blandningsventil ☐ Avstrålningsförluster W

☐ Termostatinställning °C

Vattenkvalitet

Hårdhet dH

Akkumulatortankar

Akkumulatortank

Antal tankar Total volym m³

Tank 1 Volym m³

Tank 2 Volym m³

Tank 3 Volym m³

Fabrikat

Fabrikat

Modell/modeller

Installationsår

Typ

- ☐ Sol ☐ Biobränsle
☐ Olja ☐ Värmepump

Isolering

- ☐ Mineralull ☐ PUR ☐ Annat

Tjocklek

Form av varmvatten beredning

- ☐ Batteri ☐ Slinga
☐ Förrådsberedare ☐ Plattvärmväxlare

Kapacitet

Elpatron kW

Effektsteg kW

Temperaturmätning i akkumulatortank

- ☐ Botten ☐ Mitten ☐ Toppen

Temperaturer

Ute: °C

Inne: °C

"Pannrum": °C

Pannvatten: °C

Tappvarmvatten: °C

Vid tappställe: °C

Framledningstemperatur: °C

Returledningstemperatur: °C