

Anvisningar för val av brukarindata för beräkning av specifik energianvändning i bostäder

**Slutrapport till SBUF
2009-01-20**

**Per Levin
Projektengagemang Energi & klimatanalys AB**

Förord

Projektet som redovisas i denna rapport är finansierat av SBUF och ingår som ett delprojekt i ett större sammanhang, Sveby-programmet, vilket har syftet att säkerställa branschanpassat underlag för energianvändning, från beräkningar i tidiga skeden till verifierade uppmätta värden efter två års användning.

Syftet med detta projekt har varit att ta fram, sammanställa och förankra brukarrelaterade indata till energiberäkningar i form av en vägledande anvisning. Avgränsning har skett till brukarindata för nya bostäder i flerbostadshus och småhus. Förankringen av värden på olika indata har varit viktig i detta projekt och förhoppningsvis kan denna anvisning ersätta de företagsspecifika anvisningar som tagits fram.

I vissa fall har det varit svårt att renodla brukarindata varför även några angränsande faktorer tagits med för att göra anvisningarna mer användbara. Ett exempel på detta är solavskärmning, där brukardata avser solavskärmning med gardiner, markiser eller liknande, men även horisonten, transmittansen genom glasrutorna och övrig avskärmning har tagits med för att inte förlora sammanhanget.

Denna anvisning behöver kompletteras med övriga indata till en energiberäkning, t.ex. klimatskärm, installationsdata.

Arbetsgruppen har haft följande sammansättning:

Ingvar Andréasson	Familjebostäder
Bengt Bergqvist	NCC Teknik
Claes Dalman	Peab
Jonas Gräslund	Skanska
Kjell-Åke Henriksson	JM
Johnny Kellner	Veidekke Sverige
Per Levin	Projektengagemang Energi & klimatanalys

Anslagsmottagare var Veidekke, genom projektledaren Johnny Kellner, och arbetet med rapporten har utförts av Per Levin i samråd med arbetsgruppen.

Resultaten som redovisas har också förankrats i två referensgrupper, varav en med direkt anknytning till projektet bestående av:

Jan Byfors	NCC
Lars Jensen	LTH
Hans Johnsson	EQUA Data
Thomas Johansson	Boverket
Therese Rydstedt	SABO
Stefan Sandesten	Byggherrarna
Åsa Wahlström	CIT Energy Management.

Dessutom har projektet presenterats och diskuterats i referensgruppen till Sveby-programmet med representation av ett 40-tal personer från fastighetsägare, byggherrar, myndigheter och programtillverkare.

Stockholm i december 2008

Per Levin

Läsanvisning

Denna skrift är upplagd för att lätt kunna användas i samband med beräkningar och saknar därför den vanliga rapportstrukturen.

Efter en kort inledning följer sammanfattande resultattabeller. Tabellerna innehåller referenser till underlagsmaterialet.

För den som vill veta mer om bakgrunden till de olika värdena, redovisas tillgängligt underlag i den efterföljande texten, t.ex. de avväganden som gjorts för de olika brukarrelaterade parametrarna.

Förutom rapporten har även ett kalkylark tagits fram, vilket kan användas för att få fram byggnadsanpassade värden på personvärme, tappvarmvatten, hushållsel samt även fastighetsel förutom fläktar och pumpar, vilket i de flesta energiberäkningsprogram matas in separat.

Sveby

Sveby betyder "Säkerställa och verifiera specifik energianvändning i nya byggnader". Sveby är ett utvecklingsprogram som drivs av byggbranschen. Det har syftet att ta fram konkreta och effektiva metoder för bland annat beräkning, mätning och verifiering av nyuppförda byggnaders energianvändning. Programmet finansieras av bygg- och fastighetsföretag, SBUF och CERBOF.

Innehåll

1.	Inledning - Brukarrelaterade indata för energiprognoser	6
	Vad ingår i brukarindata?	6
2.	Sammanställning	8
	Standardiserad brukare	9
3.	Gränsdragningar för bostäder	11
	Fastighetsel	11
	Hushållsel (hyresgästel)	11
	Verksamhetsel	11
	Processel	11
	Gränsdragningstabell	11
4.	Rumstemperaturer	13
	Bakgrund	13
	Referenser	14
5.	Vädning	15
	Bakgrund	15
	Sammanfattande resultat	15
	Vädringsvanor	17
	Ökat uteluftsflöde på grund av vädning	19
	Referenser	19
6.	Behovsstyrd ventilation	21
	Referenser	21
7.	Solavskärmning	22
	Referenser	23
8.	Tappvarmvatten	24
	Bakgrund	24
	Referenser	26
9.	Hushållsel	27
	Bakgrund	27
	Internvärme från hushållsel	29
	Referenser	30
10.	Personvärme	31
	Antal personer	31
	Närvarotid	31
	Referenser	32
11.	Övriga indata som delvis påverkas av brukare	33
	Elanvändning för fastighetsdrift	33
	Processel (processenergi)	33
	Belysning	33
12.	Slutord	34
13.	Övergripande referenser	34
	Bilaga 1. Grundläggande definitioner	36
	Energianvändning	36
	Areabegreppet A_{temp}	36
	Omräkningsfaktorer för befintliga byggnader	36
	Konstruktionsareor vid beräkning av U_m	37
	Specifik energianvändning (energiprestanda)	37
	Bilaga 2. Underlag för vädringspåslag	38
	Test av inverkan av olika informationskällor och strategier	38
	Fall 1: Förutsättningar enligt MEBY-projektet	38
	Fall 2: Förutsättningar enligt LTH-beräkning	38
	Sammanfattning av litteraturkällor om vädning	40
	MEBY-projektet	40

Vädring i skolor.....	40
Experimental and Theoretical Case Study on Cross Ventilation	41
Beräkningshjälpmedel för energianvändning i nybyggda småhus	41

1. Inledning - Brukarrelaterade indata för energiprognoser

Dessa anvisningar gäller för beräkning av energianvändning för bostadshus i anslutning till kraven i de nya byggreglerna, BBR 06. Anvisningarna gäller vid ny- eller tillbyggnad av bostadshus och kan användas i tillämpliga delar vid annan typ av bebyggelse.

Syftet med anvisningarna är att inmatningar ska utföras på ett likartat sätt och att beräkningsresultatet bättre ska stämma överens med verkliga förhållanden, som ska redovisas 24 månader efter att byggnaden tagits i drift. Det är mycket viktigt att beräkningarna uppdateras när byggnaden är färdig så att alla eventuella ändringar kommer med samt att det tydliggörs vilken beräkning och indata som verifieringsmätningarna ska jämföras mot.

Texten i anvisningarna utgör ett komplement till energiberäkningsprogrammets manualer och ersätter dessa i vissa fall.

I Sverige är måttet för specifik energianvändning (energiprestanda) definierat som till byggnaden levererad energi dividerat med antalet $m^2 A_{temp}$. Interna värmestillskott från personer, elanvändning m.m. tillgodogörs således för att minska levererad energi och tydliga definitioner och gränsdragningar behövs för olika delposter av el- och energianvändningen.

Speciellt gränser mellan elanvändning för fastighetsdrift, hushållens och verksamheters elanvändning samt olika processer, som kan finnas i en byggnad, t.ex. laboratorier, serverhotell, restauranger m.m., behöver tydliggöras. Förhållandena kan vara olika för bostäder och lokaler, och det skiljer även mellan småhus och flerbostadshus.

Brukarindata varierar kraftigt beroende på olika beteenden eller verksamheter, vilket kan ge väsentligt olika energianvändning. De indata som används ska vara spårbara, för att noggrannheter ska kunna bedömas och behov av framtida utredningar ska kunna ses.

Indata för standardiserat brukande för boende och olika verksamheter behövs för att:

- Realistiskt och standardiserat kunna beskriva olika normala verksamhetstyper och deras inverkan på energianvändningen
- Underlätta för konsulter att beräkna energianvändningen för olika byggnadstyper
- Ge underlag till rimliga säkerhetspåslag för senare jämförelse med uppmätta värden
- Vara en hjälp för att ta fram referensvärden för olika byggnadskategorier i samband med energideklarationer och för normalisering av uppmätta värden i samband med verifiering av energikraven i byggreglerna.

Vad ingår i brukarindata?

Brukarindata består i första hand av:

- Innetemperatur (börvärde) vid uppvärmning resp. kylning (Inkluderar ev. tidsstyrning på uppvärmnings- och kylanläggning.).
- Luftflödeskrav för brukande, främst drifttider och behovsstyrning.
- Vädringspåslag till luftflöden för främst bostäder. Kan vara olika för olika typer av ventilationssystem.
- Solavskärmning med manuell användning som gardiner, markiser m.m.
- Personvärme, alstrad av brukare. Antal personer och närvarotid för olika brukande som medelvärden eller tidsscheman.
- Tappvarmvattenanvändning per brukare och ev. effekt av individuell mätning.

- Hushållsel till bostäder, medelvärden alternativt tidsscheman.
- Verksamhetsel, processel och processkyla för lokaler av olika slag, medelvärden alternativt tidsscheman.
- Belysning, användning, del av verksamhetsel eller fastighetsel (I EG-direktivet om byggnaders energiprestanda skiljs på belysningsel och fastighetsel.).
- Internvärme, alstrad från andra källor än uppvärmningssystemet (elanvändning m.m.). Kan anges som nyttiggjord/ej nyttiggjord andel av posterna ovan för värme och kyla.

Här visas de viktigaste brukarrelaterade indata för bostäder. En ytterligare strukturering och komplettering av indata kan behövas vid inmatning i olika energiberäkningsprogram. Indata redovisas i olika nivåer, baserat på tillgång på information och önskad noggrannhet, dels i form av en mer schablonmässig nivå för beräkning i tidiga skeden, dels en nivå som kan användas i projekteringskedet. Vilken byggnadstyp som avses påverkar även indata.

Dessa indata är avsedda att användas vid beräkning av byggnadens förväntade specifika energianvändning för ett normalår, ej för beräkning av dimensionerande effektbehov. Vid beräkning av energianvändning i samband med nyproduktion är det även viktigt att se till att ha säkerhetsmarginal för att täcka in rimliga variationer i utförande och brukande.

Indata för brukarinverkan utgår ifrån insamlat underlag av statistiska och andra undersökningar om hur vatten och energi används i Sverige. Indata kan behöva uppdateras om ett eller ett par år eftersom många undersökningar pågår för att förbättra statistiken. I kapitel 2 sammanfattas framtagna indata, som kommenteras i den efterföljande texten.

Statistiska data som innehåller medelvärden för hela bestånd av befintliga byggnader av olika ålder, kan avvika från värden i nyproducerade hus, eftersom förutsättningarna i form av t.ex. nya armaturer kan medföra skillnader i energianvändning för beteendestyrd aktivitet mellan nya och äldre hus.

2. Sammanställning

I detta kapitel har brukarpåverkade indata som resultat av projektet sammanställts för flerbostadshus och småhus, se tabell 1 resp. tabell 2. Bakgrund och referenser till utvalda värden finns under respektive avsnitt i rapporten. Areaangivelser avser A_{temp} , förutom för tillägg på otäthet som avser omslutande klimatskärmsarea, A_{om} .

Tabell 1. Sammanställning av framtagna brukarindata för nya flerbostadshus.

Parameter	Delparameter	Delparameter	Värden flerbostadshus	Anm.
Innetemperatur	Uppvärmnings-säsong		21 °C	
	Uppvärmnings-säsong	Individuell värmemätning och debitering	21 °C	Ingen sänkning
	Uppvärmnings-säsong	Natt- eller dagsänkning	21 °C	Ingen sänkning
Luffflöden	Behovsstyrda flöden	Forcering i kök	30 min per dag	
	Vädringspåslag	Energipåslag	4 kWh/m ² år	Se förklaring i kapitel 5
Solavskärmning	Avskärmningsfaktor	Total (Fast och rörlig)	0,5 (0,71 och 0,71)	Se förklaring i kapitel 7
Tappvarmvatten	Energi	Årsschablon	25 kWh/m ²	
	Energi	Individuell mätning och debitering	20 % besparing	
	Internvärme	Möjlig att tillgodogöras	20 %	
Hushållsel	Energi	Årsschablon	30 kWh/m ²	
	Internvärme	Möjlig att tillgodogöra	70 %	
Personvärme	Antal personer		Enligt tabell	Se kapitel 10
	Närvarotid		14 timmar per dygn och person	
	Effektavgivning		80 W per person	

Tabell 2. Sammanställning av framtagna brukarindata för nya småhus.

Parameter	Delparameter	Delparameter	Värden småhus	Anm.
Innetemperatur	Uppvärmnings-säsong		21 °C	
Luffflöden	Behovsstyrda flöden	Forcering i kök	30 min per dag	
	Vädringspåslag	Energipåslag	4 kWh/m ² år	Se förklaring i kapitel 5
Solavskärmning	Avskärmnings-faktor	Total (Fast och rörlig)	0,5 (0,71 och 0,71)	Se förklaring i kapitel 7
Tappvarmvatten	Energi	Årsschablon	20 kWh/m ²	
	Energi	Individuell mätning och debitering	Ingår i värdet ovan	
	Internvärme	Möjlig att tillgodogöras	20 %	
Hushållsel	Energi	Årsschablon	30 kWh/m ²	
	Internvärme	Möjlig att tillgodogöra	70 %	
Personvärme	Antal personer		Enligt tabell	Se kapitel 10
	Närvarotid		14 timmar per dygn och person	
			80 W per person	

Standardiserad brukare

Begreppet standardiserad brukare har skapats för att kunna beskriva ett till olika byggnader anpassat brukande, där beteendet är detsamma men förutsättningarna i form av utrustning, t.ex. belysnings- och vattenarmaturer, vitvaror m.m. kan skilja sig åt. Valda armaturer och storlek på badkar ger tillsammans med brukardata vattenvolymer etc.

Tappvarmvatten- och hushållselanvändning byggs upp med aktivitetsbaserade delposter för de viktigaste komponenterna samt en restpost, vilken har kalibrerats till att stämma med tillgänglig statistik och för några flerbostadshus där förhållanden varit kända. Modellen kräver inte så mycket uppdatering som en statistisk modell, eftersom prestanda hos nyare utrustning kan matas in direkt. Principen har sedan 2005 använts inom Stockholm Stads program för miljöanpassat byggande, där det sammanfattats på ett beräkningsblad i Excel. Egenskaper hos den standardiserade brukaren redovisas i tabell 3.

De beteendestudier som är underlag för den standardiserade brukaren, som redovisas i tabellen nedan, är i många fall gamla, och boendevanorna har ändrats sedan dessa studier utfördes. Det finns således ett behov av uppdatering, vilket till en del kommer att kunna göras med hjälp av resultaten från Energimyndighetens pågående projekt och de angränsande boendevaneundersökningar som för närvarande, år 2008, genomförs vid Linköpings Universitet. Dessa data kan även komma att innehålla användningsmönster för datorer och TV mm.

Tabell 3. Sammanställning av egenskaper för den standardiserade brukaren.

Aktivitet	Parameter	Värde	Delta t, °C ¹	Referens
Personvärme	Effekt	80 W		
	Närvarotid, h/dygn	14		
Personlig hygien	Antal bad per person och månad	2	30	
	Antal duschar per månad	21	30	
	Duschtid	9 min/gång		
	Handfat, spoltid	1 min/gång		
	Antal spoln per pers/dygn	5	20	
Övrig vv	3 l/dygn, lgh		25	
Livsmedel	Handdisk med diskmask.	68 ggr/pers, år	30	L. Gaunt, 1985 s. 140
	Handdisk utan diskmask.	150 ggr/pers, år	30	L. Gaunt, 1985 s. 140
	Diskvattenvol. handdisk	15 l/gång	30	
	Spis, kWh/person, år 20% besp. med mikro	160		
Textiltvätt	Tvättmängd, kg/person, år	200		Konsumentverket
	Fyllnadsgrad, %	60		
	Handtvätt, antal/pers, år	20		
	Tvättvattenvolym, l per gg	20	25	
	Tork, samma som tvättmängd, kg person	200		

1. Temperaturhöjning vid tappvarmvattenberedning jämfört med inkommande kallvatten.

3. Gränsdragningar för bostäder

Entydiga definitioner och gränsdragning behövs för att skilja på hushållsenergi och fastighetsenergi. Detta gäller främst för elanvändning men kan även bli aktuellt för viss värmeanvändning. I detta kapitel redovisas ståndpunkter för några av de vanligaste tveksamma fallen i flerbostadshus och småhus.

Fastighetsel

El för fastighetsdrift så att byggnadens installationer och gemensamma funktioner ska kunna drivas. Med detta avses den el (eller annan energi) som används för att driva de centrala systemen i byggnaden som krävs för att byggnaden ska kunna användas på avsett sätt. Exempel på detta är elanvändningen för fläktar, pumpar, hissar, belysning i gemensamma utrymmen och dylikt.

Fastighetselen inräknas i byggnadens energianvändning.

Hushållsel (hyresgästel)

Den el (eller annan energi) som används för hushållsändamål, exempelvis spis, kyl, frys, belysning, TV, datorer etc.

Hushållsel inräknas inte i byggnadens energianvändning.

Verksamhetsel

Den el (eller annan energi) som används för verksamheten i lokaler. Exempel på detta är belysning, datorer, kopiatorer, TV samt andra apparater för verksamheten samt spis, kyl och frys och andra hushållsmaskiner och dylikt.

Räknas inte in i byggnadens energianvändning.

Processel

Processel ingår i verksamhets- eller hushållselen och kan sägas utgöra en för byggnadstypen "främmande" verksamhet, som kan ha stor inverkan på elanvändningen och de interna lasterna. I den mån annat energislag än el används, kan motsvarande termer följt av "energi" användas. Processenergi ingår i verksamhetsenergi.

Processenergi definieras för lokaler som de delar som ej ingår i beräkningen av kravnivå för energianvändning enligt byggreglerna, dvs ej inbegrips i den luftflödesberoende delen.

Gränsdragningstabell

Förtydliganden utöver grundläggande definitioner i BBR 06 visas i följande tabell som exempel på hur elenergi bör beräknas. Definitionerna nedan ska förankras och synkroniseras med Boverket och kan delvis komma att ändras när de nya byggreglerna träder i kraft 2009-01-01.

I kolumnen för hushållsel redovisas för enkelhets skull sådan el som inte ska inräknas i byggnadens energianvändning, även exempelvis markvärme, vilket normalt inte är att betrakta som hushållsel.

Om de definierade delposterna tillförs med annat energislag än el, ska de hänföras till samma kategori som om de vore el.

Definition	Flerbostadshus		Småhus	
	Fastighets- el	Hushålls- el	Fastighets- el	Hushålls- el
Golvvärme avsedd att användas för uppvärmning.	X		X	
Golvvärme avsedd att användas för komfortvärme. Uppvärmning genom annan värmekälla.		X		X
Handdukstork avsedd att användas för uppvärmning.	X		X	
Handdukstork avsedd att användas för komfortvärme. Uppvärmning genom annan värmekälla.		X		X
Värmebatteri i ventilationsaggregat avsedd att användas för uppvärmning.	X		X	
Värmebatteri i ventilationsaggregat avsedd att användas för komfortvärme. Uppvärmning genom annan värmekälla.		X		X
Infravärme på balkong, inglasad balkong, loggia, terrass eller uteplats.		X		X
Motorvärmare på parkeringsplats.		X		X
Tvätt, gemensamhetstvättstuga Elanvändning i vars enda funktion är tvätt för boende i fastigheten.		X		X
Forcering av spiskåpa Ökad elenergi till fläkt vid forcering av spiskåpan i anslutning till matlagning eller annan aktivitet.		X		X
Utebelysning avsedd att lysa upp byggnadens fasad eller entréer som är gemensamma för flera lägenheter.	X			X
Utebelysning vars funktion är att lysa upp området kring byggnaden, men inom fastigheten (gårdsbelysning).		X		X
Utebelysning på byggnadens fasad vid entréer till enskilda lägenheter och deras balkonger, uteplatser, terrasser etc.		X		X
Utebelysning på innergårdar som är helt slutna, men utan tak.	X			X
Belysning inomhus i gemensamma utrymmen som trapphus och källare.	X			
Belysning inomhus i gemensamma utrymmen som tvättstuga och förråd.		X		
El till hiss och hissbelysning	X		-	-
Elvärme i dagvattenbrunnar, hängrännor och stuprör avsedda att förhindra isbildning.	X			
Värmekabel i mark , avsedd för snösmältning, frysskydd för ledning eller liknande.		X		
El till pool eller bassäng avsedd för privat bruk eller en hyresgäst.		X		X
El till pool eller bassäng avsedd för allmänheten eller flera hyresgäster.		X		X
El till bastuaggregat.		X		X

4. Rumstemperaturer

Vid energiberäkningar används vanligen rumsluftens medeltemperatur. Vid inmatning används följande lägsta innetemperaturer för alla veckodagar för både småhus och flerbostadshus, om inte andra temperaturer kan påvisas:

Rekommenderad inomhustemperatur	
Bostäder och lokaler i bostadshus:	21 °C
Bostäder med individuell mätning och debitering av värme:	21 °C
Äldreboende:	22 °C

Ev. natt- eller dagsänkning av inomhustemperaturen liksom individuell mätning av värme i flerbostadshus beaktas inte, eftersom användningen och resultatet av detta är osäkert. Inomhustemperaturer för kyla har inte tagits med här eftersom komfortkyla normalt saknas i nya bostäder.

Genomförda undersökningar av temperaturer i bostäder visar på högre värden än ovanstående, men i beräkningarna ska ändå värdena ovan användas som lägsta innetemperatur. Detta som ett mål att sträva emot vid val av reglerstrategi m.m.

Noteras bör att varje grads minskning av innetemperaturen innebär en minskning av energianvändningen med ungefär 3-5 kWh/m² för flerbostadshus i Stockholm beroende på om värmeåtervinning på frånluften finns eller inte.

Bakgrund

För innetemperaturer finns ett flertal undersökningar med väl överensstämmande värden. I början på 90-talet gjordes en mätstudie på 1200 bostadshus vilken redovisade en genomsnittstemperatur under uppvärmningssäsongen för småhus på 20,9 °C och för flerbostadshus 22,2 °C (ELIB, 1992). Under en vintervecka har temperaturer i 390 hushåll, varav 346 småhus, mätts med samma resultat 20,9 °C i medeltemperatur (Hägerhed Engman, 2006). Dessa stämmer också väl överens med mätningar gjorda av Hiller (Hiller, 2007) där medeltemperaturer i 22, 19 respektive 16 småhus mätts under 4 vinterdagar med resultatet 20,9; 20,7 och 20,6 °C.

Mätningar har gjorts i 20 s.k. passivhus under två vintersäsonger vilket visar ett något annorlunda resultat med en medeltemperatur på 23,3 °C (Ruud och Lundin, 2004). Detta kan bero på flera orsaker, där en kan vara att de boende vill ha en högre temperatur för att kompensera för att det inte finns några varma radiatorer under fönster. I en ny version av Kravspecifikation för passivhus i Sverige 2008, anges att en inomhustemperatur av 20 °C ska användas vid beräkning.

I beräkningsanvisningar som finns för Hammarby Sjästad anges att 22 °C ska användas. I Skanskas, JMs, Veidekkes, Peabs och NCCs beräkningsanvisningar anges också 22 °C för flerbostadshus och 21 °C för småhus. I Boverkets nya förslag till regler, som ev. träder i kraft 2009-01-01, anges att en inomhustemperatur på 22 °C kan användas om den är okänd vid projekteringen.

Tidsstyrning av temperatur i småhus kan förekomma genom nattsänkning (eller dagsänkning), vilket inte varit fallet i ovan nämnda undersökningar. Eftersom det är nästan omöjligt att förutsäga hur brukarna använder systemen rekommenderas att den ovan nämnda lägsta innetemperaturen används även för dessa fall.

Socialstyrelsens allmänna råd om temperaturer inomhus är att lufttemperaturer inte bör understiga 20 °C eller överstiga 24 °C vintertid och 26 °C sommartid. Golvtemperatur bör inte vara under 18 °C (BBR kap- 6, 16 °C).

Endast mätningarna i de 20 passivhusen redovisar temperaturer även på sommaren där medeltemperaturen ligger på nära ca 25,2 °C, dvs nära 2 °C högre än under vintern. Ett standardvärde för innetemperatur i svenska småhus på sommaren skulle kunna vara 23 -25 °C. Temperaturökningen sommartid beror sannolikt på mer solinstrålning och att interna tillskott är stora i förhållande till värmeförlusterna. Användandet av de högre innetemperaturerna vid energibehovsberäkning kan ge en ökad användning av värmeenergi som inte motsvaras av köpt energi. Övertemperaturer undviks vanligen med solavskärmning och ökad vädring sommartid, före installation av mekaniskt kylsystem.

Referenser

Socialstyrelsen, "Temperaturer inomhus", ISBN: 91-7201-972-7, 2005.

Lövehed Li 1995, "Villa '95 ett yt- och energisnålt enfamiljshus", Lunds universitet, Lunds tekniska högskola, Institutionen för byggnadskonstruktionslära, Rapport TABK -95/3029.

Hiller, C. ,2007, "Hållbar energianvändning i småhus – etapp II" (pågående doktorandprojekt vid SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut och Lunds Tekniska Högskola)

Hägerhed Engman, L., "Indoor Environmental Factors and its Associations with Asthma and Allergy Among Swedish Pre-School Children". DBH-studien, Report TVBH-1015, Building Physics LTH, Lund, 2006.

Ruud, S. och Lundin, L., 2004. "Bostadshus utan traditionellt uppvärmningssystem – resultat från två års mätningar", SP RAPPORT 2004:31, SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, Borås (Lindåshusen)

Kravspecifikation för passivhus i Sverige - Energieffektiva bostäder, Version 2008:1 Forum för energieffektiva byggnader (FEBY). LTH rapport EBD-R--08/21, IVL rapport nr A1548.

Metod för energiberäkning mot BBR 2006. Hammarby Sjästad, 2007.

5. Vädring

En viktig beteenderelaterad indataparameter är de boendes vädringsvanor och vilken påverkan det har på energiberäkningarna. Inverkan av vädringsvanor varierar med byggnadens exponeringsgrad för vind och typ av ventilationssystem. Vädringsvanor i sig varierar också mellan lägenheter i flerbostadshus och småhus. I detta kapitel redovisas förslag på vädringspåslag och resultatet av några studier i ämnet sammanfattas, som tagits fram med hjälp av kontakter och litteratursökningar på Internet.

Det är enligt BBR tillåtet att korrigera uppmätt energianvändning för avvikelser från normal vädring, vid redovisning av överensstämmelse med byggreglerna, vilket ska utföras i en särskild utredning. Detta ingår dock inte i denna skrift.

Beroende på vilka inmatningsmöjligheter som finns i olika beräkningsprogram, kan ökad luftomsättning på grund av vädring, dvs vädringspåslaget, uttryckas på tre olika sätt:

Som ett schablonpåslag på den framräknade specifika årsenergianvändningen, som ökade otätheter dvs ett förhöjt tryckprovningresultat, samt som en ökning av det fläktstyrda luftflödet.

Påslag med den först nämnda metoden rekommenderas här, på grund av att det är oberoende av energiberäkningsprogrammets olika inbyggda schabloner. Påslaget görs efteråt på beräkningsresultatet.

Rekommenderat påslag	
Schablonpåslag på energianvändningen	4 (kWh/m ² år)

Eftersom underlag för vädringsvanor i småhus saknas, gäller värdena ovan tills vidare för både flerbostadshus och småhus. Till likhet med vattenanvändning kan vädringsvanor skilja sig markant mellan de två bostadsformerna.

Det bör poängteras att både variationen och osäkerheterna är stora, dels hur mycket och hur länge de boende vädrar, dels vilken ökning av luftomsättningen som erhålls av detta. En beräkningsstudie av beteende och reglerstrategier visar att vädringsvanor har stor inverkan på energianvändningen (Eriksson och Wahlström, 2001).

Vädringens verkliga inverkan kan bli betydligt större om injustering av värme- och ventilationssystemen inte utförs så att önskade inomhustemperaturer eller uteluftsmängder erhålls.

Bakgrund

Sammanfattande resultat

Tre olika sätt att mata in inverkan av vädringsvanor provades: Energipåslag på den specifika energianvändningen, som en ökning av byggnadens luftläckning och som en ökning av det fläktstyrda ventilationsluftflödet. De olika inmatningsmetoderna har kalibrerats med Enorm-programmet att stämma överens med den bedömning av ökad luftomsättning som utfördes.

Inmatning som påslag på otäthet innebär att ett värde på ökad luftomsättning på grund av vädring omräknats till tryckprovningresultat. Detta betyder att den förväntade luftläckningen på klimatskärmen ökas med tabellvärdet nedan. Tidigare fanns krav i BBR på 0,8 l/sm² som

maximalt tillåten luftläckning, men i nya reglerna ingår luftläckningen i energikravet, så att den förväntade luftläckningen ska användas. Notera att arean här avser omslutningsarean för klimatskärmen, (A_{om}).

Vid inmatning som ökade fläktstyrda ventilationsflöden tillkommer också en ökning av el till fläktar för de flesta beräkningsprogram, vilken kan vara av olika storlek beroende på ventilationssystem och SFP-tal på fläktarna. Detta har förstås inte med verkligheten att göra, och viss hänsyn till detta har tagits vid beräkningen av påslagens storlek.

Följande jämförbara påslag beräknades med Enorm-programmet för ett flerbostadshus och ett småhus i Stockholm:

	Inmatningsmetod	Beräknat påslag	
		F-vent (FH/SH)	FTX-vent (FH/SH)
1.	Schablonpåslag på energianvändningen (kWh/m ²)	4 / 4	4 / 4
2.	Omräknat till påslag på otäthet (l/sm ² vid 50 Pa tryckskillnad)	0,5 / 0,4	0,5 / 0,3
3.	Ökning av konstanta luftflöden för ventilation (l/s och lägenhet)	2,3 / 4	(2,3/(1- η)) / (2,3/(1- η))

FH=Flerbostadshus, SH=Småhus; η =verkningsgrad på värmeväxlare

Tabell 4 nedan visar mer i detalj inverkan av olika inmatningsalternativ för ett flerbostadshus med 15 lägenheter. Beräkningsunderlag visas i bilaga.

Tabell 4. Inverkan på energianvändning på grund av vädring för några olika antaganden för ett flerbostadshus med 15 lägenheter och F-ventilation utan återvinning placerat i Stockholm. Resultaten baseras på beräkning med Enorm-programmet. Vädringens betydelse blir större vid FTX-ventilation.

Vädringsfall	Ökat vädringsflöde som frånluft	Ökat vädringsflöde som otäthet	Ökad specifik energianvändning	Ökad energianvändning	Ökad användning av fläktel vid F-vent.
	l/s och lgh	l/sm ² vid 50 Pa	kWh/m ²	kWh	kWh
MEBY	2,3		4	4 879	282
		0,5	4	4 678	0

Rekommendationer för påslag för vädring har också påträffats i några andra beräkningsanvisningar, vilka redogörs för nedan.

NCC använder i sina beräkningsanvisningar för Enorm-programmet en förhöjd otäthetsfaktor på 1,4 l/sm² vid 50 Pa, vilket motsvarar ett genomsnittligt luftflöde av ca 7 l/s och småhus och 3 l/s per lägenhet. Värdet bygger på ett ingenjörsmässigt antagande. På detta sätt ökar inte fläktelen på grund av vädringen.

I beräkningsanvisningar för Hammarby Sjästad 2006 och för Skanska, ska 7 kWh/m²BRA i påslag på energianvändningen användas för vädring och forcerad ventilation (ca 1 timme per dag). Bakgrund till detta är okänd.

Beräkningsanvisningar för småhus har tagits fram av SP på uppdrag av STR (Sveriges Trähusfabrikanter) 2007, vilka innehåller ingenjörsmässiga antaganden, där vädringen utförs som ett påslag på kökskåpens forceringsflöde med 60 l/s under en timme per dag under årets kallaste 1/4-del.

Ökad energianvändning på grund av vädring kan indelas i två delar:

1. Hur kan vi beskriva normala vädringsvanor?
2. Vilket ökat uteluftsflöde resulterar det i?

Vädringsvanor

Statistik för vädringsvanor i flerbostadshus finns i relativt stor omfattning genom frågor i Stockholmsenkäten, där vädringstider och frekvens efterfrågas. Detta ger dock inte tillräcklig information för att kunna beräkna ökad luftomsättning. Frågorna täcker om och hur länge vädring sker, men inte hur många fönster som är öppna och öppningsgraden. Nästan alla vädringsstudier omfattar befintlig bebyggelse utan koppling till typ av ventilationssystem.

En utökad Stockholmsenkät genomfördes i det sk MEBY-projektet¹, där ett vädringsindex togs fram utifrån enkätsvar och antagen koppling till ökat uteluftsflöde. Vädringsvanor studerades också med intervjuer i en bullerstudie (SBUF).

Vädringsbeteendet som påverkar energianvändningen redovisas lite olika i olika studier, men ett försök till sammanfattning redovisas nedan:

MEBY ² Andel lgh vars vädring påverkar	10	%
SBUF-rapport ³ Andel lgh vars vädring påverkar	10	%
NCC ⁴ energiuppföljning i Sth, andel lgh vars vädring påverkar	12	%

En enkätundersökning om bl.a. vädringsvanor genomfördes för 393 lägenheter i Stockholmsområdet i det s.k. MEBY-projektet under vintersäsongens solfattigaste del (Sandberg och Engvall, 2002). Enkätresultatet visade att 75 % vädrar dagligen och att 20 % vädrar genom att ha fönster/balkongdörr öppet ständigt eller hela dagen eller natten.

En enkätstudie genomfördes i början av 2000-talet bland 600 hushåll i flerbostadshus (Carlsson-Kanyama m.fl. 2004). Under vinterhalvåret vädrade ca 39 % bland hushållen dagligen sin bostad, ca 37 % någon gång i veckan och ca 12 % ett par gånger i månaden medan 9 % aldrig vädrade. Studien visade också på att det är ovanligt att täcka för fönster för att förhindra solinstrålning.

En enkätundersökning i början av 80-talet av 80 hushåll i Stockholm (80 % svarsfrekvens) visade att 66 % av hushållen vädrar i stort sett varje dag under mer än en timme i ett eller flera av bostadens rum (Widegren-Dafgård, 1982). På vintern förekommer denna typ av vädring i 34 % av hushållen. Endast 5 % vädrar inte vanemässigt. Under vår och höst vädrar 44 % i mer än en timme.

Resultaten för frågorna 15 och 16, vilka behandlar vädring, från Stockholmsenkätens⁵ referensmaterial (ca 10 000 lägenheter) från 1991/1993 har sammanställts per byggnadsår (Engvall 2007), samt jämförts med den förnyade studien som genomfördes 2006. Resultaten

¹ Teknikupphandling av energiberäkningsmodell för energieffektiva sunda flerbostadshus (MEBY).

² MEBY, Bilaga 2. Kommentarer och underlag till kravspecifikationen, sid 12

³ SBUF NR 04:11, Störning från trafikbuller i nybyggda bostäder, 2004

⁴ Enkät svar från uppföljning enligt Stockholms Stads program för miljöanpassat byggande (226 svar), NCC 2007.

⁵ USK formulär 1990:2

redovisas i tabellerna 5 och 6 nedan. Resultaten indikerar att andelen boende som vädrar dagligen har minskat. Vädringsfrågorna redovisas i tabell 7.

I mars-april 2007 utfördes en enkätundersökning med Stockholmsenkäten i 5 st nya fastigheter med sammanlagt 226 bostadsrättslägenheter i flerbostadshus i Stockholm, byggda enligt Stockholm Stads program för miljöanpassat byggande. Resultaten för de två frågor som berör vädring, 15 och 16, redovisas i tredje kolumnen i tabell 6. Ur enkätresultaten kan utläsas att 23 hushåll (av 226) vädrar dagligen/nästan varje dag genom öppet fönster hela dagen/natten, vilket är ca 10 %. 57 hushåll vädrar dagligen/nästan varje dag några timmar, vilket är ca 25 % osv. Vid antagande att dessa 57 hushåll vädrar 2 timmar per dag, vilket motsvarar ca 5 st hushåll som vädrar ständigt. Detta skulle totalt motsvara att ca 12 % vädrar ständigt. I detta urval lägenheter är andelen hushåll som vädrar dagligen och nästan kontinuerligt betydligt färre än för det stora referensmaterialet.

Tabell 5. Vädringsvanor i flerbostadshus enligt enkätstudier i Stockholm 1991/1993 sorterat per byggnadsår.

	-1930	1931-60	1961-75	1976-84	1985-90
Hur ofta vädrar ni?	%	%	%	%	%
Dagligen	76	84	84	85	77
En gång i veckan	14	9	9	8	13
Någon gång i månaden	5	3	3	2	3
Sällan eller aldrig	3	2	2	3	4
Bortfall	2	1	2	2	2
Hur lång tid vädrar ni?					
Hela dagen/natten	13	15	25	30	20
Några timmar	42	43	40	34	38
Korsdrag i några minuter	35	31	20	22	27
Aldrig	1	1	1	1	2
Bortfall	10	10	14	12	13

Tabell 6. Jämförelse mellan resultat på vädringsvanor i likadana enkätstudier i Stockholm 1991/93 och 2006 (Engvall 2007), samt för 226 nya lägenheter i bostadsrätter.

Undersökningsår	1991/93	2006	2007
	Hela	Hela	226 nya brf
Hur ofta vädrar ni?	%	%	%
Dagligen	84	64	49
En gång i veckan	10	21	23
Någon gång i månaden	4	9	15
Sällan eller aldrig	2	6	12
Hur lång tid vädrar ni?			
Hela dagen/natten	20	17	11
Några timmar	47	50	46
Korsdrag i några minuter	32	31	39
Aldrig	1	2	3

Tabell 7. Vädfrågor i Stockholmsenkäten.

15. Hur ofta vädrar Du vanligtvis under eldningssäsongen? (dvs. september - april)	16. När Du vädrar, vädrar Du då oftast genom att ... ?
1 dagligen/nästan varje dag	1 ha vädringsfönster/fönster öppet hela dagen/natten
2 ungefär 1 gång i veckan	2 ha vädringsfönster/fönster öppet några timmar
3 någon gång i månaden	3 korsdrag i några minuter
4 vädrar sällan eller aldrig	4 vädrar aldrig

Ökat uteluftsflöde på grund av vädring

Omräkning från fönsteröppning till ökat luftflöde har beräknats för skolor av Nordquist, samt uppmätts och beräknats av Schmidt m.fl., se även bilaga. Resultaten är inte direkt tillämpbara för svenska flerbostadshus, men en uppfattning om luftflödets storlek kan fås med hjälp av några antaganden enligt nedanstående beräkningsexempel, som grundar sig på Nordquists arbete.

Fönstret, med dimension B x H = 1,2 x 1,3 m, antas vara öppet 10° och rummet har ett frånluftsflyde på 30 l/s. Enligt beräkningsformeln, se bilaga, blir luftflödet ca 42 l/s på grund av vädringen vid temperaturerna $T_i = 22 \text{ °C}$ och $T_u = 1,1 \text{ °C}$. Ingen hänsyn till vindpåverkan tas i modellen. Med antagandet att 1,5 st fönster är öppet per lägenhet hela tiden i 10 % av lägenheterna blir

Vädringsflödet = $42 \times 1,5 \times 10 \% = 6,3 \approx 5 \text{ l/s lgh}$ (enligt B.N)

Om medelvärden för den utökade enkätstudien i MEBY-projektet följs (Sandberg och Engvall 2002), erhålls för en frånluftsventilerad lägenhet ett ökat kontinuerligt luftflöde av 2,3 l/s, och för övriga system 4,6 l/s och lägenhet.

Referenser

Eriksson, J., Wahlström, Å., 2001, Reglerstrategier och beteendets inverkan på energianvändningen i flerbostadshus. ISBN: 91-7848-853-3. Rapport från Effektiv 2001:04.

ELIB-rapport nr 4, Forskningsrapport TN: 39, Gävle, Statens Institut för Byggnadsforskning; 1992.

Stockholms stads LIP-kansli, 2002, Teknikupphandling av energiberäkningsmodell för energieffektiva sunda flerbostadshus (MEBY). Anbudsunderlag.

Stockholms stads LIP-kansli, 2002, MEBY, Bilaga 2. Kommentarer och underlag till kravspecifikationen.

Sandberg Eje och Engvall Karin, 2002, MEBY-projektet, delrapport 3, Beprövad enkät – hjälpmedel för energiuppföljning,

Metod för energiberäkning mot BBR 2006. Hammarby Sjästad, 2007.

Engvall, K., 2007, Personlig kommunikation.

NCC, 2007, Sammanställda svar om vädring i Stockholmsenkäten. Personlig kommunikation.

Störning från trafikbuller i nybyggda bostäder, SBUF NR 04:11, Stockholm 2004.

Carlsson-Kanyama A., Lindén A. & Eriksson B. "Hushållskunder på elmarknaden. Värderingar och betenden". Sociologiska institutionen. Lunds universitet, 2004.

Widegren-Dafgård, 1980, "Ventilation through window-openings in residential buildings", Tekniska meddelanden no 170, Inst. för Uppvärmnings- och ventilationsteknik, KTH, Stockholm.

Nordquist, Birgitta. 2002, Ventilation and Window Opening in Schools - *Experiments and Analysis*. (Report TABK--02/1024). Building Services, Installationsteknik, LTH

6. Behovsstyrd ventilation

Behovsstyrd ventilation innebär i detta fall forcering av köksfläkt, vilket anges med 30 min per dag för bostäder. För datorprogram med timvis inmatning antas forceringen ske varje dygn mellan klockan 17 och 1730. Erforderliga luftflöden för att uppfylla hygienkrav används. Vid kolfilterfläkt med intern luftcirkulation behöver inte forcering medräknas.

Rekommenderat värde	
Forcering av köksfläkt	30 min per dag

För närvarostyrning av ventilationen bör tills vidare ingen sänkning av luftflödena användas i beräkningarna, eftersom det idag saknas studier och det kan finnas ett antal boende vars beteende ej eller i liten utsträckning påverkas.

För all ventilation ska givetvis myndighetskrav på minsta luftväxling uppfyllas (0,35 l/(s m²)). Som en konsekvens av ovanstående ska inte minsta tillåtna luftflöde vid bortavaro (0,10 l/(s m²)) användas.

Referenser

Bedömning av projektgruppen.

7. Solavskärmning

Beteenderelaterad solavskärmning sker med användning av rörliga solskydd som markiser, persienner och gardiner. Övrig avskärmning kan förekomma vid horisontlinjen, skuggande byggnader och träd, utkragande balkonger eller nischer. Dessutom släpper fönsterglasen inte igenom all instrålad solenergi utan en del reflekteras och absorberas i rutorna, olika beroende på glaskvalitet och pålagda skikt.

Få studier finns hur de boende använder rörliga solskydd, speciellt i småhus. Därför får samma värden användas för både flerbostadshus och småhus. En skillnad mellan småhus och flerbostadshus kan vara att det är lättare att undvika de solvarma rummen i ett småhus än i en lägenhet i ett flerbostadshus.

Trots att den övriga solavskärmningen inte är brukarrelaterad, har den tagits med här med tanke på att alla avskärmningsfaktorer multipliceras med varandra, antingen innan de matas in eller i själva beräkningsprogrammet. Olika strategier finns att ta hänsyn till (g-värde, F1 och F2, relativt 3-glas etc.). Avskärmningen ska redovisas för de olika väderstrecken.

Avskärmningsfaktorn, vilken enligt standard bestäms på varje fasads mittpunkt, kan ändras med tiden beroende på t.ex. tillkommande skuggande byggnader. Den bör därför inte överskattas i byggnader utan komfortkyla. Rekommenderade värden på avskärmningsfaktorer anges nedan:

Rekommenderade värden på avskärmning	Faktor
Sammanlagd avskärmning	0,5
Fast avskärmningsdel	0,71
Beteendestyrd avskärmningsdel	0,71

För avskärmningsfaktor ska således värdet 0,5 användas för alla väderstreck, dvs hälften av all instrålning in mot glasrutan ska skärmas av. Värdet är en uppskattning, där både fast och beteenderelaterad avskärmning ingår. Underlag för uppdelning av de olika delarna saknas och varierar givetvis från byggnad till byggnad. Vid behov kan antas lika delar beteendestyrd och fast avskärmning, dvs faktorn för vardera delen ska då vara 0,71.

Detta medger ändå ett visst utrymme för arkitektonisk anpassning.

Observera att solinstrålningen reduceras ytterligare av fönsterglasens egenskaper. Solfaktorer relateras till den strålning som transmitteras genom fönstret, ofta betecknad med g , vilken ska kunna fås från fönstertillverkare. Standardvärden för olika glastyper finns inbyggda i några energiberäkningsprogram. Enorm-programmets solfaktor är relaterad till 3-glasfönster utan lågemissionsskikt, vilket skiljer sig från andra. Erhållet värde på solfaktorn (g) kan inmatas i Enorm om den multipliceras med 1,49. Exempel på transmittanser för olika glastyper visas i tabell 8.

Enkätstudier utförda inom MEBY-projektet för fyra flerbostadshus visade att ca hälften av de som har persienner har dem nere även på vintern, även om de då är öppna för ljusinsläpp. Detta ger en viss ytterligare avskärmning jämfört med utan persienner men minskar också utstrålningen.

Tabell 8. Transmittanser för olika fönsterglastyper och 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		
Dubbelkalsfasad/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.

Referenser

Sandberg, E., et al, 2007, Underlagsrapport till metodstudie, Klimatskärm

8. Tappvarmvatten

Användningen av tappvarmvatten beror, förutom på brukarens vanor, på armaturer och tiden till det varma vattnet när blandaren (varmvattencirkulationen i flerbostadshus). Temperaturer på inkommande kallvatten och utgående varmvatten samt stillestånds-förluster i beredare påverkar energiåtgången. Både varmvattenanvändning och inkommande kallvattentemperatur varierar över en årscykel, olika mycket i olika delar av landet vilket medför en högre energiåtgång för tappvarmvattenproduktion vintertid jämfört med sommartid. Storleken på årstidsvariationerna har visats av Sjögren 2007. Hänsyn till detta kan tas vid användning av energiberäkningsprogram som har den inmatningsmöjligheten.

Rekommenderade inmatningsalternativ	Värde FH/SH
Årsschablon i kWh/m ² (A_{temp})	25/20
Beteende- och utrustningsstyrda indata för bad, dusch, handtvätt, textiltvätt, disk, övrigt (Stockholmsmodellen).	Byggnadsanpassat

FH=Flerbostadshus; SH=Småhus

Besparing med individuell mätning och debitering: 20 % avdrag i flerbostadshus

Tillgodogjord andel värme från tappvarmvatten: Tills vidare kan den gamla schablonen 20 % användas. Vidare utredning krävs.

I energianvändningen för tappvarmvatten ingår inte energiförluster för VVC och stillestånds-förluster i varmvattenberedare, eftersom tappvarmvattenenergin baseras på mätningar av tappvarmvattenflöde (kallvattenvolym som blir tappvarmvatten). Denna post ingår dock inte i brukarpåverkade indata.

Bakgrund

De flesta studier som redovisas har utförts i befintlig bebyggelse, med varierande ålder på armaturer m.m, varför statistiska värden bör vara högre än de som kan förväntas i nyproducerade bostäder. Skillnaden i användning mellan olika lägenheter kan vara mycket stor och är svår att förutsäga. Vid energiprognoser används därför en standardiserad användning som bygger på statistik från nyare byggnader och boendevanor.

För användning av tappvarmvatten finns några studier gjorda för flerbostadshus medan få finns för småhus. Ett flertal undersökningar visar att den totala vattenanvändningen i småhus är betydligt mindre än i flerbostadshus, dvs central vattenmätning jämfört med individuell. Till exempel gjordes en undersökning i Halmstads kommun 1994 (VVS-Forum 1995:8) vilken visar en vattenförbrukning i områden med 80 % villor på 53 m³ per person och år medan områden med 40 % villor hade en snittförbrukning på 81 m³ per person och år och områden med enbart hyreshus hade en förbrukning på 91 m³ per person och år.

En studie av 65 lägenheter i Göteborg visar på en vattenanvändning för ettgreppsblandare på 28 m³ per person och år (26 % av den totala vattenanvändningen var varmvatten) (Wahlström, 2000). I samma studie mättes varmvattenanvändning i två lägenheter vid vart tappställe med ett resultat på 16 m³ per person och år (50 % av den totala vattenanvändningen var varmvatten). Studien visar även att varmvattenanvändning sänktes med 28 % vid byte från tvågreppsblandare till ettgreppsblandare och ytterligare 10 % vid byte till ettgreppsblandare med två vattenbesparande tekniker.

I två av de s.k. passivhusen i Lindås visar mätningar en genomsnittlig tappvarmvattenanvändning på 13 m³ per person och år (Boström et al., 2003).

En studie i Stockholm 2005 där varm- och kallvattenanvändning mättes i flerbostadshus med 2187 boende hade en varmvattenanvändning på 32 m³ per person och år (44 % av den totala vattenanvändningen var varmvatten) (Hultström med fl., 2005).

I en studie av 1500 lägenheter flerbostadshus i Stockholm byggda mellan 1997 och 2003, utförd av JM 2005, var medelvärdet för tappvarmvattenanvändning ca 25 kWh/m² (BRA). Värdena togs fram i byggnader med separat varmvattenmätning men utan individuell debitering.

I det s.k. MEBY-projektet (2002) mättes varmvatten i 64 lägenheter med central mätning med resultatet 25 m³ per person och år. I ytterligare 3 flerbostadshus med individuell mätning var varmvattenanvändningen 21, 21 och 13 m³ per person och år. Dvs individuell mätning indikerade en besparingspotential på 14 – 46 %.

I Boverkets handbok Termiska Beräkningar från 2003, rekommenderas för uppvärmning av varmvatten för flerbostadshus att räkna med 1800 kWh per lägenhet plus 18 kWh per m². För en lägenhet på 85 m² och 2 personer motsvarar det ca 21 m³ per person och år. Samma antagande görs i Byggvägledning 8 från Svensk Byggtjänst men att tillägg för handdukstork på VVC-kretsen ska göras med 1000 kWh/lägenhet och år samt även för stilleståndsförluster i beredare samt VVC (ej specificerat).

En nyligen gjord studie med vattenmätning vid alla tappställen i 4 lägenheter och 4 småhus visar preliminära resultat på varmvattenanvändning i lägenheterna på 18 m³ per person och år och småhusen 12 m³ per person och år (Johansson and Wahlström, 2007).

I Boverkets föreskrift om energideklarationer (BED 1, BFS 2007:4) kan schablonen att energianvändning för tappvarmvatten är 25 % av köpt energi för uppvärmning användas.

Ovanstående underlag av användning vid individuell eller kollektiv debitering och användning för flerbostadshus respektive småhus kan sammanfattas med följande standardvärden för varmvattenanvändning i nya svenska bostadshus:

- 18 m³ per person och år för flerbostadshus (motsvarar ca 1000 kWh/person och år)
- 14 m³ per person och år för småhus (motsvarar ca 800 kWh/person och år).

Värdena stämmer relativt väl med de rekommenderade energianvändningarna för tappvarmvatten.

För antal personer per lägenhet hänvisas till avsnittet personvärme.

Vid beräkning av energi som åtgår för att värma upp tappvarmvatten finns ofta en varmvattenberedare som håller över 60 °C, vilket således är temperaturen som vattnet bör höjas till. Temperaturen på inkommande kallvatten varierar över landet och med årstiderna, olika mycket beroende på vilken källa som vattnet tas från. Som ett riktvärde på tappvarmvattenberedning kan 55 kWh/m³ användas, där det inte finns någon VVC.

Energistillskott från varmvatten som kan tillgodogöras för att värma byggnaden har ofta satts till 20 % (Termiska beräkningar, 2003). Tillskottet består av stilleståndsförluster i beredare och ledningar och värmeavgivning vid spolning av tappvarmvatten. Energi åtgår även för att värma upp stående kallvatten, t.ex. i WC-cisterner. Mätstudier saknas inom detta område.

Referenser

Boverket, 2003, Termiska Beräkningar. Rumsklimat, värmeisolering, transmissionsförluster och omfördelningsberäkning, Handbok, Karlskrona 2003.

Elmroth, A., 2007, Energihushållning och värmeisolering. Byggvägledning 8. Svensk Byggtjänst, Stockholm

Henriksson, K-Å., Kellner, J. "Energistatistik för bostadshus i Stockholm stad uppförda 1995-2002. Mätperiod 1 april till 30 mars", Opublicerad rapport, 2005.

Sjögren, J-U., 2007, Användning av kall- och varmvatten i flerbostadshus. Energi & miljö, nr 11 2007, Stockholm.

Johansson, A., Wahlström, Å., Berggren, T., Pettersson, U. Time-resolved measurements of water use in 8 dwellings, submitted to the conference ECEEE2007, Paper ID# 6.284.

Tappvarmvattnet –en okontrollerad energislukare, VVS-Forum 1995:8.

9. Hushållsel

För definitioner vad som ingår i hushållsel hänvisas till bilaga 1 samt gränsdragningslistorna. För enklare beräkningar utan kylbehov kan schabloniserade värden för dygn, månad eller år vara tillräckligt, även om t.ex. belysning varierar med årstiderna. Hushållselanvändningen kan vara 30 % högre än årsmedelvärdet på vintern och 30 % lägre sommartid, vilket har betydelse för hur mycket av elanvändningen som kan tillgodogöras för uppvärmning (Elmroth 2007).

Nedanstående värden kan användas tills vidare.

Rekommenderat inmatningsalternativ	Värde (FH/SH)
Årsschablon i kWh/m ² (A_{temp})	30/30
Beteende- och utrustningsstyrda indata för vitvaror, brunvaror m.m (Stockholmsmodellen).	Byggnadsanpassat

FH=Flerbostadshus; SH=Småhus

Andel av elanvändningen som är möjlig att tillgodogöras antas till 70 %.

Tilllägg bör göras för komfortgolvvärme i badrumsgolv med 1000 kWh/lägenhet och år samt handdukstork med 500 kWh/lägenhet och år.

Motorvärmare ingår i hushållsel och ska inte påverka byggnadens specifika energianvändning vid jämförelse med normkrav. Om inte separat mätning av motorvärmare finns, kan ett schablonavdrag göras med:

Utan timer 1400 kWh/år
Med timer 240 kWh/år.

Värdet kan dock variera kraftigt med geografiskt läge, styrning m.m.

Bakgrund

Hushållselanvändningen verkar ha ökat under senare tid, vilket gör gamla undersökningar inaktuella. Orsaken till detta är troligen att den ökade användningen av datorer samt det ökande antalet apparater i hemmen inte har kunnat kompenseras av att apparaterna blivit alltmer energieffektiva.

Bättre underlag för bedömning håller på att tas fram, bl.a. genom Energimyndighetens "Mätprojektet 400 bostäder", vilket ska förbättra energistatistiken för bostäder under 2005-2008. I den utförs undersökningar och mätningar av hushållsel i ca 200 småhus och 200 flerbostadshus både totalt och uppdelat för olika ändamål (Bennich, 2007). Preliminära resultat från mätningarna visa i tabell 9.

Separata mätningar av golvvärme i 18 lägenheter i flerbostadshus gav ett medelvärde av 1300 kWh/år och lägenhet, med en spridning mellan 100 och 3400 kWh/år. Motsvarande mätning av elektriska handdukstorkar i 17 bostäder gav ett medelvärde av 520 kWh/år och bostad, med spridning mellan 10 och 2350 kWh/år (Öfverholm 2008).

Tabell 9. Preliminära resultat för uppmätt fördelad hushållsel för småhus och lägenheter i flerbostadshus från Energimyndighetens Mätprojekt 400 bostäder.

Preliminära (okorrigerade) resultat

	Hus, samfliga hushåll [kWh/år]	Lägenhet, samfliga hushåll [kWh/år]
Kyl och frys	1020	720
Belysning	1275	630
Matlagning	510	390
Diskmaskin	306	120
Tvätt och tork	306	210
Stereo	102	60
TV	255	150
DVD, VCR mm	153	60
Dator med tillbehör	459	270
Övrigt	357	60
Ej uppmätt	357	330
Summa hushållsel	5100	3000

I 5 av de s.k. passivhusen i Lindås visar mätningar under 2 år en genomsnittlig hushållselanvändning på 3700 kWh per hus och år (Ruud och Lundin, 2004). I Boverkets handbok Termiska Beräkningar från 2003, rekommenderas för hushållsel för flerbostadshus att räkna med 2200 kWh per lägenhet plus 22 kWh per m². För en lägenhet på 85 m² motsvarar det 4070 kWh per år.

I det s.k. Elan-projektet konstaterades att elanvändning inte är proportionell mot antalet personer i ett hushåll med en möjlig förklaring att det finns en miniminivå på den elektriska utrustningen som ett hushåll har enligt vanor och värderingar. Projektet visar att hushållselanvändningen år 2000 per hushåll och år var 5700 kWh i småhus och 4600 kWh i flerbostadshus (Bladh, 2005).

Statistiska centralbyrån redovisar från en undersökning av över 7000 småhus att hushållselanvändningen stiger sakta för varje år enligt (SCB, 2003). Ökningen sker trots att vi installerar mer och mer energieffektiva apparater. Ett medelvärde de senaste 10 åren är 5700 kWh per år och hushåll.

I Boverkets föreskrift om energideklARATIONER (BED 1, BFS 2007:4) anges att fastighetselen är försumbar för en- och tvåbostadshus. Enligt föreskriften kan således elanvändningen räknas som hushållsel eller el för värme.

Driftel till pumpar och fläktar bör inte ingå i hushållselanvändning, vilket kan vara en av orsakerna till att hushållselanvändningen skiljer sig i undersökningarna för flerbostadshus jämfört med SCBs statistik för småhus. Beroende på pumpar och fläktars eleffektivitet ligger elanvändningen på ca 1000-2000 kWh per år som SCBs statistik bör minskas med. Fläktar är oftast placerade på vindar eller dylikt där internvärme från fläkten inte kan tillgodogöras.

I MEBY-projektet rekommenderades för övrig användning av hushållsel i flerbostadshus, exklusive vitvaror och ev. elvärmare, en årlig elanvändning av 1040 kWh/lägenhet plus 300 kWh/person.

Konsumentverket har gjort en undersökning av 1000 hushåll i flerbostadshus som visar på en hushållselanvändning i genomsnitt på 2400 kWh/år, variationen var mellan 1800 och 4400 kWh per år beroende av antal boende och storlek på bostad (Ekholm, 2003).

En energistatistikundersökning av 1210 relativt nybyggda lägenheter i Stockholm visar på en genomsnittlig hushållselanvändning på 2680 kWh per år och lägenhet, vilket motsvarar ca 26 kWh/m² (BRA) och år (Henriksson och Kellner, 2005). Ingen komfortgolvvärme ingår i dessa siffror.

Ovanstående underlag kan sammanfattas med följande standardvärden för hushållselanvändning i bostäder:

- 2000 kWh per hushåll + 800 kWh per person och år för flerbostadshus
- 2500 kWh per hushåll + 800 kWh per person och år för småhus.

Värdena stämmer relativt väl med de rekommenderade energianvändningarna för hushållsel.

För antal personer per lägenhet hänvisas till avsnittet personvärme.

Internvärme från hushållsel

Det är endast under uppvärmningssäsongen som värme från elanvändning kan tillgodogöras i huset. Dessutom kommer inte all el som används tillgodo som värme, utan en del försvinner direkt bort från huset eller ger övertemperaturer som vädras bort. En del av användningen av elenergi för tvätt, matlagning och disk försvinner ut med avloppsvattnet enligt (Svensson och Kåberg, 1991):

- 20% av energin till tvättmaskinen kan anses bli spillvärme
- För en torktumlare som inte har någon återvinning kommer 10 % av torktumlarens energianvändning bli värme
- Ungefär 20% av diskmaskinens energi kan tillgodogöras som spillvärme
- 30% av spisens energi kan tillgodogöras som värme i lägenheten
- 53% av ugnens energi kan bli nyttig värme
- 30 % av kaffebryggarens energi kan bli nyttig värme.

En barnfamilj beräknas tvätta 364 tvättar per år, diska ca 8 kuvert per dag och använda 568 kWh/år för matlagning, Lövehed (1995). Baserat på ovanstående undersökningar har beräkning gjorts för fyra olika familjers beteenden med resultatet att 70 % av hushållselanvändningen kan komma byggnaden till godo i form av värme som kan nyttiggöras under uppvärmningssäsongen om behov finns (Eriksson och Wahlström, 2001).

Även i en av underlagsrapporterna för implementering av byggnaders energiprestanda indikeras att 70 % är en lämplig siffra för att beskriva hur stor del av hushållselanvändningen kan komma byggnaden tillgodo i form av fri värme (Sandberg, 2005).

I Boverkets handbok Termiska Beräkningar från 2003, beskrivs att 80 % av hushållselanvändningen kan komma byggnaden tillgodo i form av fri värme.

Baserat på ovanstående underlag rekommenderas att:

- 70 % av hushållselanvändningen kan komma byggnaden till godo i form av värme som, om behov finns, kan nyttiggöras under uppvärmningssäsongen.

Referenser

Stockholms stads LIP-kansli, 2002, Teknikupphandling av energiberäkningsmodell för energieffektiva sunda flerbostadshus (MEBY). Anbudsunderlag.

Stockholms stads LIP-kansli, 2002, MEBY, Bilaga 2. Kommentarer och underlag till kravspecifikationen.

Bennich, P. "Förbättrad energistatistik i bebyggelsen – Mätning av hushållsel i 400 bostäder", Energimyndigheten, opublicerad, 2007.

Öfverholm, 2008, personlig kommunikation.

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

Boström et al., "Tvärvetenskaplig analys av lågenergihusen i Lindås Park, Göteborg". Arbetsnotat nr 25 forskarskolan Program Energisystem, Linköpings Universitet, Linköping, 2003.

Elmroth, A., 2007, Energihushållning och värmeisolering. Byggvägledning 8. Svensk Byggtjänst, Stockholm

Ekholm, F, Opublicerad rapport, Konsumentverket, 2003.

Eriksson, J., Wahlström, Å. "Reglerstrategier och beteendets inverkan på energianvändningen i flerbostadshus", ISBN 91-7848-858-3, ISSN 1650-1489, *En rapport från EFFEKTIV 2001:04*, in Swedish, 2001.

Henriksson, KÅ., Kellner, J. "Energiestatistik för bostadshus i Stockholm stad uppförda 1995-2002. Mätperiod 1 april till 30 mars", Opublicerad rapport, 2005.

Sandberg, E. Editor. "Energideklarering av bostadsbyggnader - Underlagsrapport Systemdelar", 2005.

SCB, "Energiestatistik för småhus 2003", Statistiska meddelande EM 16 SM 0403, SCB Statistiska central byrån, 2003.

SCB, "Boende och boendeutgifter 2005", Statistiska meddelande BO 23 SM 0701, SCB Statistiska central byrån, 2005.

Svensson och Kåberger, 1991, "Handla el-effektivt", Naturskyddsföreningen ISBN: 91 558 7641 2

10. Personvärme

Vid beräkningar används ofta värdet 100 W intern värme från vuxna personer och 60 W från barn men dessa värden varierar med kön och personernas aktivitet (rörliga, sovande, stillasittande etc.). Ett rekommenderat medelvärde är 80 W per person, där antal personer beräknas enligt tabell 10 nedan.

Rekommenderad personvärme	
Effekt per person	80 W
Närvarotid per dygn	14 tim
Antal personer per lägenhet	Se tabell 10 nedan

All personvärme har möjlighet att tillgodogöras i byggnaden om värmebehov finns.

Tabell 10. Rekommenderat antal boende per lägenhet av olika storlek. I brist på annat underlag kan tabellvärdena tills vidare användas även för småhus.

Lgh storlek	1 rkv	1 rk	2 rk	3 rk	4 rk	5 rk	6+rk
Antal boende	1,42	1,42	1,63	2,18	2,79	3,51	3,51

Vid känd lägenhetsfördelning kan antalet personer i byggnaden beräknas med hjälp av tabellen. Denna modell kan användas för att beräkna andra personrelaterade förbrukningar, t.ex. tappvarmvatten, tvättmängder, hushållsel m.m.

I beräkningsanvisningar för Hammarby Sjöstad, uppgår personvärmerna till $1 \text{ W/m}^2 A_{\text{temp}}$ (exklusive garage). I Skanskas anges $8,76 \text{ kWh/m}^2\text{år}$, vilket är samma värde.

Antal personer

Genomsnittligt antal boende (oberoende av närvarotid) i lägenheter av olika storlek visas i tabell 11 nedan. Siffrorna bygger på bearbetad statistik från Stockholms Stads utrednings- och statistikkontor, (USK) 1990, utgående från den senaste folk- och bostadsräkningen, från Energimyndighetens "Mätprojektet 400 bostäder", från Kravspecifikationen för Passivhus (FEBY) samt från 3H-projektets enkätstudier som genomfördes 2005.

Tabell 11. Boendestatistik för bostadshus för olika stora lägenheter och småhus från olika källor.

Lgh storlek	1 rkv	1 rk	2 rk	3 rk	4 rk	5 rk	6+rk	Källa
	1,16	1,13	1,37	1,99	2,61	2,83	3,06	Lägenheter, USK 1990
			1,62	2,65	3,09			Lägenheter, 400 bostäder
					4,04	2,93	3,19	Småhus, 400 bostäder
		1	1,5	2	3	3,5		FEBY, kravspec.
	1,42	1,42	1,63	2,18	2,79	3,51	3,51	3H-projektet, 116 byggnader i Stockholm med bå 1998-2003

Närvarotid

SCB genomförde 1996 en studie i 179 hushåll från olika ortstyper och delar i Sverige, där de boende själva fick anteckna sina vanor i en dagbok, utförd av och senare bearbetad av

Ellegård 2002, redovisas närvarotid inomhus i bostaden på i genomsnitt 61,5 % på vardagar och 73,1 % på helger, vilket motsvarar 14,76 resp. 17,54 timmar per dygn. Genomsnitt för en vecka blir då 15,5 timmars närvaro per dygn och person. Genomsnittet, speciellt på veckodagarna, dras upp något av åldersgruppen över 65 år.

I en annan dagboksstudie i 21 småhus, har närvarotid noterats från torsdag till söndag (Hiller, 2007). I genomsnitt var varje person hemma 15,8 timmar per dygn. En bedömning av genomsnittlig närvarotid under en hel vecka ger ungefär 14 timmar per dygn och person, eftersom undersökningen studerar två vardagar och två helger.

Utifrån dessa studier rekommenderas följande (något konservativa) standardvärde för närvarotid:

- 14 timmar per dygn och person.

Referenser

Boendestatistik för flerbostadshus. Stockholms Stads utrednings- och statistikkontor (USK), personlig kommunikation.

Ellegård, Kajsa, 2002, Lockropen ljuder: Kom hem, I: E Amnå & L Ilshammar (red) *Den gränslösa medborgaren*. En antologi om en möjlig dialog, Agora Stockholm, sid119-148.

Hiller, C. ,2007, "Hållbar energianvändning i småhus – etapp II" (pågående doktorandprojekt vid SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut och Lunds Tekniska Högskola).

11. Övriga indata som delvis påverkas av brukare

Elanvändning för fastighetsdrift

I fastighetsel ingår främst el för att upprätthålla byggnaders funktioner, dvs, cirkulationspumpar, fläktar, belysning i allmänna utrymmen, mm. I kapitel 3 förtydligas gränsdragningen mellan fastighetsel och hushållsel för några poster. El till värme, tex till värmepumpar eller elpanna, ska bokföras som uppvärmning.

I energiberäkningsprogram hanteras fläktar och pumpar oftast separat, där aktuella prestanda ska matas in. Övriga förhållanden i byggnaden, t.ex garage, typ av installationssystem, area på gemensamma utrymmen gör att fastighetselen varierar relativt mycket från byggnad till byggnad vilket gör årsschabloner mindre meningsfullt. Det rekommenderade förfarandet är att försöka bedöma fastighetselen utifrån verkliga indata på belysningsnivåer, hissar m.m, t.ex. med hjälp av Stockholmsmodellen.

Tillgodogjord andel för fastighetsel får anses vara samma som för hushållselen, dvs 70 %.

Posten fastighetsel är inte aktuell för småhus, där endast cirkulationspump för värme och ventilationsfläkten kan anses utgöra fastighetsel.

En energistatistikundersökning av 1210 relativt nybyggda lägenheter i Stockholm med frånluftsventilation visar på en genomsnittlig fastighetselansvändning på 15 kWh/m² (A_{temp}) och år (Henriksson och Kellner, 2005).

Processel (processenergi)

Processel (-energi) är verksamhetsberoende del av hushållsel eller verksamhetsel, t.ex butiker, restauranger och kontor i bostadshus. De inräknas ej i byggnadens specifika energianvändning. Processel avses behandlas i kommande projekt om standardiserade indata för lokalbyggnader. Troligen måste hänsyn tas till variationen över dygnet. Den tillgodogjorda andelen kan också vara svår att bedöma.

Småhus kan ha andra verksamheter än boende t.ex. hemkontor, frisörsalong, liten verkstad mm för småföretagare. Dessa verksamheter kan ha stor betydelse för både vatten- och energianvändningen och kräver vid energiberäkningar en uppskattning av brukarrelaterade indata för processen. Processdata för vatten- och energianvändning har inte studerats vid litteraturstudien.

Belysning

Enligt preliminära resultat från Energimyndighetens "Mätprojektet 400 bostäder", utgör belysning i lägenheter ca 21 % av hushållselen. Motsvarande värde för småhusen var 25 %, vilket framgår av tabell 9.

Det är troligt att elanvändning för belysning varierar med årstiderna, något underlag till bedömning av storleken på detta har dock inte hittats. Användning av månadsvisa värden kan vara befogat, om datorprogrammet har den inmatningsmöjligheten.

Belysning som ingår i fastighetselen, se kapitel 3, kan summeras i den sk Stockholmsmodellen.

12. Slutord

I rapporten visas framtagna och sammanställda spårbara brukarindata för flerbostadshus och småhus vilka redovisats och förankrats av projektets referensgrupp samt referensgruppen för SVEBY-programmet.

I många av de beräkningsprogram som används idag finns indatakataloger som innehåller mer eller mindre av erforderade indata som redovisas här. Man kan även lägga till egna indata i många program. Dock är beräkningsmodellerna för de befintliga datorprogrammen olika och kräver att indata tillhandahålls/modifieras på olika sätt, vilket gör det svårt att ta fram generella indata för vissa parametrar.

13. Övergripande referenser

Regelsamling för byggande, Boverkets Byggregler, BBR, BFS 1993:57 med ändringar till och med 2006:22, Karlskrona 2006.

Boverket, 2007, Begrepp som förekommer i energideklarationen, Utgåva 1 0709. Boverkets hemsida, www.boverket.se

STEM, 2004, Definitioner för en bättre energistatistik, STEM energistatistik etapp 2, för bostäder.

Slutbetänkande samt underlagsrapporter till Utredningen om byggnaders energiprestanda.

CEN 2008, Standarder som ansluter till EG-direktivet om byggnaders energiprestanda (ca 30 st).

NKB 1997, National input data for calculations according to prEN 832.

Stockholms Stad, Teknikupphandling av energiberäkningsmodell för energieffektiva sunda flerbostadshus (MEBY). Anbudsunderlag för tekniktävling 2002.

Stockholms Stad, 2005, Program för Miljöanpassat byggande. Bilaga 2. Anvisningar för energiberäkningar.

IEA Annex 27, Demonstration and validation of domestic ventilation systems (boende profiler).

EU-projektet Reshyvent, residential demand controlled hybrid ventilation (energi-, vent-, boendeindata).

Gaunt, Louise, 1985, Boendevanor och energi: Om vardagsrutiners inverkan på energiförbrukning i elvärmda småhus. Statens institut för byggnadsforskning, Meddelande nr M85:14, ISBN 91-540-9232-9.

Levin, P., 2005, Indatabehov vid användning av nya europastandarder för energianvändning i Sverige. Rapport till Regeringskansliet - Utredningen om byggnaders energiprestanda (N2003:12).

Levin, P., Blomsterberg, Å., Wahlström, Å., Gräslund, J., 2007, Indata för energiberäkningar i kontor och småhus. En sammanställning av brukarrelaterad indata för elanvändning, personvärme och tappvarmvatten. ISBN: 978-91-85751-65-5. Boverket, Karlskrona, oktober 2007.

Bilaga 1. Grundläggande definitioner

Energianvändning

Byggnadens energianvändning är den till byggnaden levererade (normalt köpta) energi som vid normalt brukande årligen tillförs för:

- Uppvärmning
- Kyla
- Tappvarmvatten
- Drift av installationer (pumpar, fläktar etc)
- Övrig fastighetsel (trapphusbelysning etc)

Hushållsel och verksamhetsel ingår inte i "byggnadens energianvändning".

En byggnad definieras normalt som en varaktig konstruktion av tak och väggar som står på marken och är så stor att människor kan uppehålla sig i den. Vid tillämpningar har t.ex. även villabygge med rest stomme, transformatorbyggnad, stort varmluftstält, carport och husbåt ansetts som byggnader (BBR 06). Tillbyggnad innebär att byggnadens volym ökas.

Areabegreppet A_{temp}

A_{temp} är golvarean i utrymmen avsedda att värmas till mer än 10 grader begränsade av klimatskärmens insida (m^2) utan avdrag för innerväggar, schakt m.m.

Golvarean för uppvärmda garage ingår i A_{temp} . Anledningen är att fristående uppvärmda garagebyggnader ska få en area att fördela energianvändningen på. Observera att garagearean inte får medräknas vid beräkning av specifik energianvändning (se nedan).

Fastighetsägare använder olika areadefinitioner. Vanligt förekommande är bruttoarea, BTA (landsting och andra offentliga verksamheter) eller lokalarea, LOA och boarea, BOA samt bruksarea, BRA. Areabegreppen skiljer sig främst åt genom att LOA och BOA inte omfattar trapphus och andra kommunikationsutrymmen.

Omräkningsfaktorer för befintliga byggnader

Omräkningsfaktorer har tagits fram och redovisats av Boverket, dec 2007, för beräkning av A_{temp} utifrån BOA, LOA, BRA och BTA. Omräkningsfaktorerna är medelvärden från utförda beräkningar av olika typer av flerbostadshus. Dessa måste användas med stor försiktighet i enskilda byggnader.

$$A_{temp} = 1,25 * (BOA+LOA) \text{ för flerbostadshus med uppvärmd källare över } 10^{\circ}\text{C}$$

$$A_{temp} = 1,15 * (BOA+LOA) \text{ för flerbostadshus utan uppvärmd källare över } 10^{\circ}\text{C}$$

$$A_{temp} = BRA$$

$$A_{temp} = 0,9 * BTA$$

Dessa definitioner är till för att räkna om det befintliga byggnadsbeståndet med tidigare kända areabegrepp.

Konstruktionsareor vid beräkning av U_m

Vid beräkning av den genomsnittliga värmegenomgångskoefficienten U_m enligt BBR 06 skall följande formel användas:

$$U_m = \frac{(\sum_{i=1}^n U_i A_i + \sum_{k=1}^m I_k \Psi_k + \sum_{j=1}^p \chi_j)}{A_{om}}$$

där areorna:

A_i avser klimatskärmens olika delars invändiga area mot uppvärmd inneluft.

A_{om} är sammanlagd area för omslutande byggnadsdelar mot uppvärmd inneluft.

Definitionerna skulle betyda att t.ex. bjälklagskanter som enbart har en längd och inte någon egentlig area, inte alls kommer med i A_{om} , vilken då blir summa A_i . Eftersom U_m -formeln sällan används direkt i en energiberäkning, spelar denna otydlighet mindre roll.

Det är, vid beräkning av byggnaders transmissionsförluster, viktigt att ta med hela klimatskärmens förluster, så att ingen byggnadsdel kommer bort, dvs de invändiga areor som räknas bort, måste tas med i köldbryggetermerna.

Specifik energianvändning (energiprestanda)

Genom att dividera byggnadens energianvändning med A_{temp} erhålls byggnadens specifika energianvändning.

A_{temp} ska reduceras med garagearean när man bestämmer byggnadens specifika energianvändning för byggnader vars huvudsakliga användning är för bostads- eller verksamhetsändamål. Där byggnaden är ett garage sätts $A_{temp} = A_{varmgarage}$.

Bilaga 2. Underlag för vädringspåslag

Test av inverkan av olika informationskällor och strategier

Sammanfattande resultat för nedanstående avsnitt har redovisats i kapitel 5.

Det insamlade materialet har jämförts med varandra genom att använda de olika antagandena i ett och samma energiberäkningsprogram, Enorm 2004, för ett referensobjekt. På så sätt kan skillnaderna mellan de olika antagandenas inverkan på energianvändningen tydliggöras.

Referensobjektet var kv Getfoten (JM, ej originalberäkningen):

Antal lgh	15	st
A_{temp}	1611	m^2
A_{om}	1765	m^2
Spec. läckn. vid 50 Pa	0,4	l/m^2s
Ventilationsflöde bas (drift 23,5h)	2160	m^3/h
Ventilationsflöde forcerat (drift 0,5h)	3780	m^3/h
Totalt beräknat behov av köpt energi	116	kWh/m^2

Fall 1: Förutsättningar enligt MEBY-projektet

I en frånluftsventilerad lägenhet ger MEBY's medelvärden ett ökat luftflöde av $0,54 \cdot 8,4 \cdot 0,5 = 2,3$ l/s och lgh.

Vädringsflöde: $15 \times 2,3 = 34,5$ l/s $\Rightarrow 124$ m^3/h

Ventilationsflöde bas = $2160 + 124 = 2284$ m^3/h

Ventilationsflöde forcerat = $3780 + 124 = 3904$ m^3/h

Resultat vid ökat frånluftsflöde

Totalt behov av köpt energi	119	kWh/m^2
Ökning med	3	kWh/m^2
Ökning av el till fläktar 8051-7761	290	$kWh/år$
Ökning av fjärrvärme	3826	$kWh/år$

Resultat med ökade otätheter enligt NCC-metod

Årsmedelflöde $[l/s] = \text{läckageflöde } [l/s m^2] \times \text{omslutande area } [m^2] / 20$

Årsmedelflöde = $2,3$ l/s $\Rightarrow (2,3 \times 15 \times 20) / 1765 = 0,4$ l/s m^2 (ökning av 50 Pa-värdet)

Totalt behov av köpt energi	118	kWh/m^2
Ökning med	2	kWh/m^2
Ökning av fjärrvärme (127276-124136)	3140	$kWh/år$

Fall 2: Förutsättningar enligt LTH-beräkning

Enligt beräkningsexemplet som redovisas i den följande litteratursammanställningen (Birgitta Nordquist, LTH) skulle luftflödet bli ca 42 l/s på grund av vädring genom en fönsteröppning på 10° .

För att använda resultatet från formeln måste man väga in vädringsbeteendet. I Birgitta Nordquist exempel använder hon sig av följande:

Antal fönster öppna per lgh	1,5 st
Antal lgh vars vädring påverkar MEBY ⁶	10 %
Antal lgh vars vädring påverkar enl. SBUF-rapport ⁷ (NCC)	10 %
Antal lgh vars vädring påverkar Enl. energiuppföljning utförd av NCC ⁸	15 %

BN-metod

Vädringsflöde = $42 \times 1,5 \times 10\% = 6,3 \approx 5$ l/s lgh (enligt B.N)

Ventilationsflöde bas = $2160 + 270 = 2430$ m³/h

Ventilationsflöde forcerat = $3780 + 270 = 4050$ m³/h

Resultat vid ökat frånluftsflöde BN-metod

Totalt behov av köpt energi	122 kWh/m ²
Ökning med	6 kWh/m ²
Ökning av el till fläktar 8398-7761	637 kWh/år
Ökning av fjärrvärme	8373 kWh/år

NCC statistik (Stockholm) med BN-metod

Vädringsflöde = $42 \times 1,5 \times 15\% = 9,5 \approx 8$ l/s lgh

Ventilationsflöde bas = $2160 + 432 = 2592$ m³/h

Ventilationsflöde forcerat = $3780 + 432 = 4212$ m³/h

Resultat vid ökat frånluftsflöde NCC statistik (Stockholm)

Totalt behov av köpt energi	125 kWh/m ²
Ökning med	9 kWh/m ²
Ökning av el till fläktar 8781-7761	1020 kWh/år
Ökning av fjärrvärme	13 452 kWh/år

Resultat med ökat läckageflöde enligt NCC-metod med BN statistik

Årsmedelflöde [l/s] = läckageflöde [l/s m²] x omslutande area [m²] / 20

Årsmedelflöde = 5 l/s $\Rightarrow (5 \times 15 \times 20) / 1765 = 0,85$ l/s m² (Ökning av 50-Pa-värdet)

Totalt behov av köpt energi	120 kWh/m ²
Ökning med	4 kWh/m ²
Ökning av fjärrvärme (130824-124136)	6 688 kWh/år

Resultat med ökat läckageflöde enligt NCC-metod med NCC statistik (Stockholm)

Årsmedelflöde [l/s] = läckageflöde [l/s m²] x omslutande area [m²] / 20

Årsmedelflöde = 8 l/s $\Rightarrow (8 \times 15 \times 20) / 1765 = 1,4$ l/s m² (Ökning av 50-Pa-värdet)

Totalt behov av köpt energi	123 kWh/m ²
Ökning med	7 kWh/m ²
Ökning av fjärrvärme (135184-124136)	11 048 kWh/år

⁶ sid 12, Kommentarer och underlag till kravspecifikationen.

⁷ SBUF NR 04:11, Störning från trafikbuller i nybyggda bostäder, 2004

⁸ Enkätundersökning från energiuppföljning enligt Stockholms Stads miljöbyggande (226 svar)

Sammanfattning av litteraturkällor om vädring

MEBY-projektet

Inom MEBY-projektet⁹ genomfördes enkätundersökningar i ca 300 lägenheter i flerbostadshus där bland annat vädringsvanorna efterfrågades mer i detalj (öppningsgrad på fönster, m.m.). Med utgångspunkt från enkätsvaren skapades ett vädringsindex som inverkar på energiberäkningen¹⁰ med mellan ca 3-40 kWh/m², där 3 kWh/m² är för genomsnittligt vädringsbeteende och 40 kWh/m² för en storvädrare.

Slutsatsen i rapporten är att *"Vädringen är kraftigt beteendeberoende och kan variera med inne- och utetemperaturer, luftflödesstorlek, rökning eller gammal vana."*

Inga ventilationsmätningar genomfördes i projektet. Efter bearbetning av enkätsvaren har man producerat ett schabloniserat luftflödespåslag q_v l/s lgh enligt:

$$q_v = V_i * k * V_s \quad [\text{l/s lgh}]$$

V_i = Vädringsindex (medelvärde 0,54 enligt studien)

k = Korrektionsfaktor för omräkning till luftflöde ($k = 8,4$)

V_s = Faktor som tar hänsyn till ventilationssystemet ($V_s = 0,5$ för F-system och $V_s = 1$ för FT, FTX och S-system).

I en frånluftsventilerad lägenhet ger dessa medelvärden ett ökat kontinuerligt luftflöde av 2,3 l/s, och för övriga system 4,6 l/s och lägenhet.

Vädring i skolor

Birgitta Nordquist, LTH, har i sin Lic-avhandling¹¹ med hjälp av ekvationer från ASHRAE beräknat påverkan på luftomsättningen i ett rum med avseende på vädring och fastställt att påverkan är stor.

Ekvationerna hon använde var följande:

$$q_{in} + q_{tilluft} = q_{ut} + q_{frånluft}$$

$$q_{in} = B \sqrt{\frac{2 * \Delta \rho g}{\rho_i}} * \frac{2}{3} h_{NL}^{\frac{3}{2}} * C_d$$

$$q_{ut} = B \sqrt{\frac{2 * \Delta \rho g}{\rho_i}} * \frac{2}{3} (H - h_{NL})^{\frac{3}{2}} * C_d$$

B = bredden på fönster

H = höjd på fönster

ρ = densitet på luft

g = gravitation

h_{NL} = neutrala lagret

C_d = kontraktionsfaktor

⁹ Teknikupphandling av energiberäkningsmodell för energieffektiva sunda flerbostadshus (MEBY).

¹⁰ Energiberäkning i MEBY-projektet är utfört med Enorm 1000.

¹¹ Nordquist, Birgitta. 2002, Ventilation and Window Opening in Schools - *Experiments and Analysis*. (Report TABK--02/1024). Building Services, Installationsteknik, LTH

Beräkningsexempel:

$B = 1,2 \text{ m}$, $H = 1,3 \text{ m}$, $T_i = 22 \text{ }^\circ\text{C}$, $T_u = 1,1 \text{ }^\circ\text{C}$.

Fönstret antas vara öppet 10° och rummet har ett frånluftsflyde på 30 l/s.

Enligt beräkningsexemplet skulle luftflödet bli ca 42 l/s på grund av vädringen genom en fönsteröppning på 10° när fönstret är öppet. Ingen hänsyn till vindpåverkan tas i modellen.

Experimental and Theoretical Case Study on Cross Ventilation¹²

Genom spårgasmätningar har Schmidt m.fl. konstaterat att omsättningen luft i ett rum genom vädring främst är beroende av vindhastigheten och inte av vindriktningen. Ytterligare konstateras att temperaturdifferensen påverkar luftomsättningen, men är underordnad vindhastigheten. Mätningar indikerar i vissa fall att en ökning av temperaturdifferensen leder till minskat luftflöde.

Genom mätningarna i studien har man modellerat fram en ekvation för att beräkna luftflödet som en funktion av vindhastigheten, temperaturdifferensen mellan inomhus och utomhus och en luftflödeskonstant i fönsteröppningen.

Det finns en del skillnader mellan modellen och mätningarna med avseende på luftflödet och felmarginalen för ett fult öppet fönster med ett litet luftflöde ligger mellan -62,1 % och 347,7 %.

Den framtagna modellen kan endast användas för korsdragsvädring och med fönstren i samma höjd.

Beräkningshjälpmedel för energianvändning i nybyggda småhus

Utdrag ur manual för småhus angående hur vädring behandlas.

”Vädring och användning av spisfläkt/-kåpa skiljer något mellan beräkningsprogrammet och Boverkets Indata för energiberäkningar i kontor och småhus. Boverket antar ingen användning av spisfläkt/-kåpa. Programmet antar ingen specifik vädring. Däremot antas det att en utsugande spisfläkt används 0,5-1,0 h per dygn (utan värmeåtervinning). Detta känns mer rakt fram än att försöka beräkna vad en viss tids vädring med ett 20% öppet fönster innebär i W eller kWh. Denna del i Boverkets indata skulle ha behövt specificeras bättre. Det beror ju väldigt mycket på vilket fönster som öppnas, dess utformning, i vilket väderstreck det är orienterat och hur väderutsatt det är. Vädringen effektueras därför i programmet genom användningen av spisfläkt/-kåpa. Normal användning av spisfläkt/-kåpa antas vara 1,0 h/dygn, med sänkning till 0,5 h/dygn under årets kallaste 1/4-del. Detta motsvarar då tidsschemat i Boverkets angivna vädringsprofil. Spisfläktens/-kåpans flöde antas vara forcerat vid användning och bör inte sättas till ett lägre värde än 60 l/s. Installerad spisfläktens/-kåpas aktuella forcerade flöde skall anges, detta för att få med dess inverkan på energianvändningen. Om kolfilterfläkt används skall ändå ett lägsta flöde på 60 l/s anges i beräkningsbladet. Detta dels för att bibehålla en vädringsprofil i beräkningen, men också därför att ett ökat behov av utvädring av övertemperaturer bedöms uppstå.”

Svein Ruud, SP Energiteknik, Borås, 20071219

¹² Dietrich Schmidt, Anton Maas, Gerd Hauser. Department of Construction Physics, University of Kassel