

Energibesparing med solskydd i kontor

Potentialbedömning för tre kontor 1970-1990

Helena Bülow-Hübe
Lunds tekniska högskola, Avdelningen för Energi och ByggnadsDesign
Box 118, 221 00 LUND,

Tel 046-222 73 56, helena.bulow-hube@ebd.lth.se

Ver. 2003-12-12

1 Bakgrund

Beställargruppen för lokaler (BELOK) har identifierat två problemområden för kontorsbyggnader, varav det ena är solinstrålning och därmed associerade problem som övertemperaturer och bländning. Ökad användning av datorer, minskande ytor per anställd och ökande glasandel i fasad är orsaker som nämns för ökade problem med övertemperaturer och termisk komfort. Användningen av komfortkyla är idag omfattande, men bedöms kunna minskas eller elimineras helt med användning av solskydd. Hur stor denna potential är undersöks i denna rapport för tre tidstypiska kontorsrum för tre decennier: 1970-tal, 1980-tal och 1990-tal.

2 Metod

Tre kontorsrum simulerades i programmet ParaSol, utvecklat vid Lunds tekniska högskola, Avd för Energi och ByggnadsDesign (Wall & Bülow-Hübe, 2003), (<http://www.parasol.se>). Programmet kan beräkna månadsmedelvärden för direkt (T) och total (g) solenergitransmittans för valfri kombination av glas och solskydd, eller en energibalans för ett kontorsrum (Bülow-Hübe, m fl, 2003).

Rummen har valts med tanke på att vara tidstypiska för tre decennier: 1970-tal, 1980-tal och 1990-tal. Tre stycken fastigheter som ägs av AP-fastigheter inventerades med avseende på rums- och fönsterstorlekar samt fönstertyper och solskydd (Carlsson & Bylund, 2003): Vandenbergh 9 i Bromma/Sundbyberg, byggår 1972; Albydal 3 i Solna, byggår 1976/1982 (i fortsättningen kallat 1980) samt Nacka Strand, byggår 1996. Rumsdata för simuleringarna framgår av Tabell 1.

De storheter som studerats är maximal kyleffekt i rummet, maximal värmeeffekt i rummet samt årsenergibehov för värme och kyla. De värme- och kylbehov som redovisas är de som behöver tillföras eller bortföras konvektivt i rummet. Energibehovet för att värma/kyla tilluften till 18°C ingår ej, men man bör komma ihåg att värmebehovet för detta normalt vida överstiger det lokala värmebehovet i rummet. Uppskattningsvis 860 kWh krävs för att värma tilluften från utetemperatur till 18°C, om värmeväxling ej utnyttjas och ventilationen är 11 l/s dagtid (8-17), i övrigt 5.5 l/s. Med ventilationsflödet 20 l/s dagtid och 10 l/s övrig tid uppgår värmebehovet till 1560 kWh/år.

Rummen simulerades med persienner i olika placeringar: Utvändiga fasadpersienner (fp), mellanliggande persienner (mp) och invändiga persienner (ip). De utvändiga persiennerna var 80 mm breda och silvergrå. De mellanliggande och invändiga persiennerna

var 28 mm breda och vita. Både lamellvinkel 45° och 60° undersöktes, men skillnaden var marginell. Därför kördes de flesta simuleringarna med 45° lamellvinkel eftersom potentialen för dagsljusutnyttjande då antas öka. En enkel reglerstrategi utnyttjades, vilken innebär att solskyddet endast var nere då solinstrålningen mot fasaden översteg 100 W/m², vilket motsvarar ca 10 kLux.

Soltransmissionen för kombinationen fönster plus solskydd (anges med index *system*) har också studerats för söderorienterade fönster. Både den direkta (primära) transmissionen (*T*) som strålar genom fönstret samt den totala (*g*) har studerats. *g* innefattar alltså även den del av solenergin som omvandlats till värme i fönsterpaketet och som kommer rummet tillgodo. Om enbart fönstret avses anges detta som *g_{fönster}*.

Rummen har simulerats mot ett syntetiskt klimat för Stockholm, genererat av programmet Meteonorm (utetemperatur max 29°C, min -19°C). Innetemperaturen har tillåts svänga inom intervallet 20-26°C. Rummen var normalt orienterade mot söder, men i några fall undersöktes även orientering mot öster, väster, norr och sydost.

Rumsdata för de tre fallen valdes i simuleringen enligt Tabell 1 nedan:

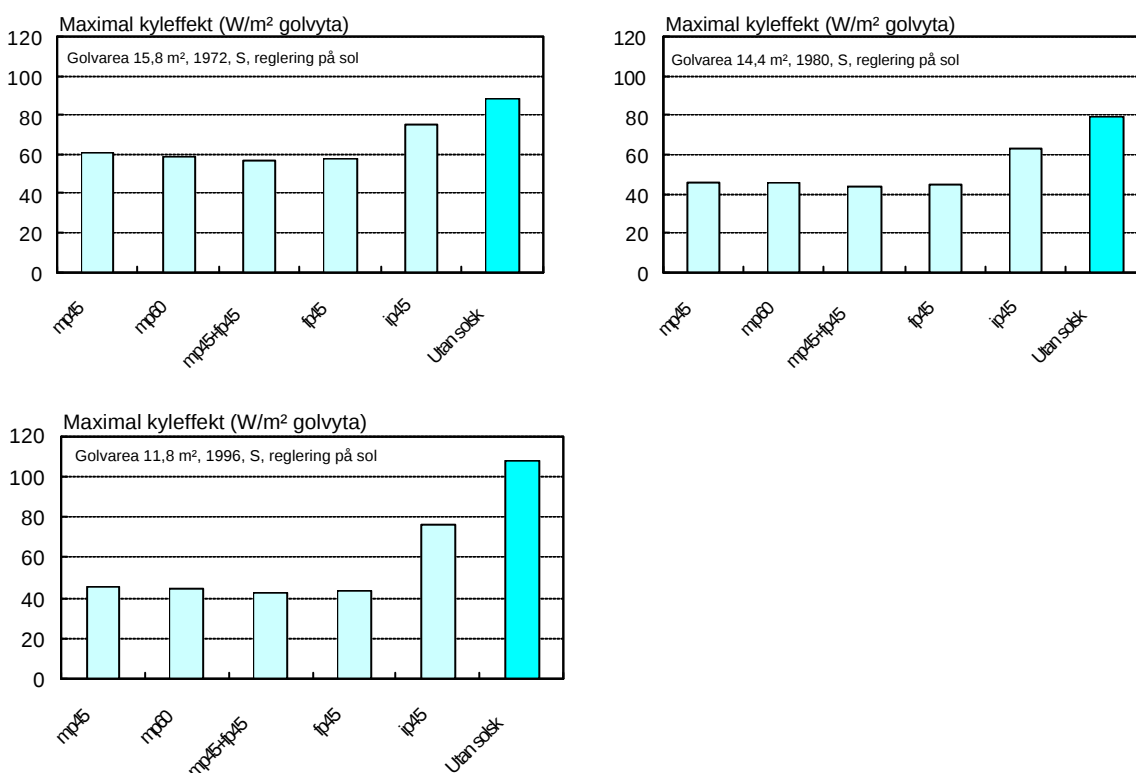
Tabell 1 Rumsdata och övriga indata vid energisimuleringarna i ParaSol.

	Fall	1972	1980	1996
Rumsmått (b×l×h)	(m)	3.5×4.5×2.45	3.2×4.5×2.7	2.8×4.2×2.7
Golvarea	(m ²)	15.8	14.4	11.8
Fasadarea	(m ²)	8.6	8.6	7.6
Glasarea	(m ²)	1.8	2.0	2.9
Fönsterarea	(m ²)	2.7	2.8	3.9
GWAR	(%)	21.2	22.6	37.7
Yttervägg				
U-värde	(W/m ² K)	0.86	0.30	0.30
Värmekapacitet		lätt	lätt	lätt
Innervägg				
Värmekapacitet		lätt	lätt	lätt
Fönster				
U-värde karm	(W/m ² K)	2.20	2.20	2.20
U-värde glasdel	(W/m ² K)	2.79	1.85	1.85
g-värde glasdel	(-)	0.78	0.71	0.69
Internlast dagtid	(W/m ²)	50.8	41.6	31.5
varav belysning	(W/m ²)	35	25	10
varav personer	(W)	100	100	100
varav datorer	(W)	150	150	150
Termostatinställning				
värme/kyla	(°C)	20/26	20/26	20/26
Tilluftstemperatur				
dagtid/övrig tid	(°C)	18/18	18/18	18/18
Tilluftsförlöde				
dagtid/övrig tid	(l/s)	11/5.5	20/10	20/10
Infiltration	(oms/h)	0.1	0.1	0.1
Värmeväxling	(-)	65%	65%	65%

3 Resultat energisimuleringar

3.1 Maximal kyleffekt

Den maximala kyleffekten lokalt i rummet, angiven som W/m^2 golvyta illustreras för olika solskydd i Figur 1. En utvändig fasadpersienn ger inte oväntat ett gott resultat, i stort sett lika bra som i kombination med en mellanliggande persienn. Även en mellanliggande persienn ger bra resultat, vilket delvis beror av att fönstren var kopplade och hade klara glas. I två av fönstren (från 1980 resp 1996) kunde persiennen därför placeras i den yttersta spalten då fönstren var sk 1+2 fönster, dvs enkelglas i ytterbågen och tvåglas isolerruta i innerbågen.

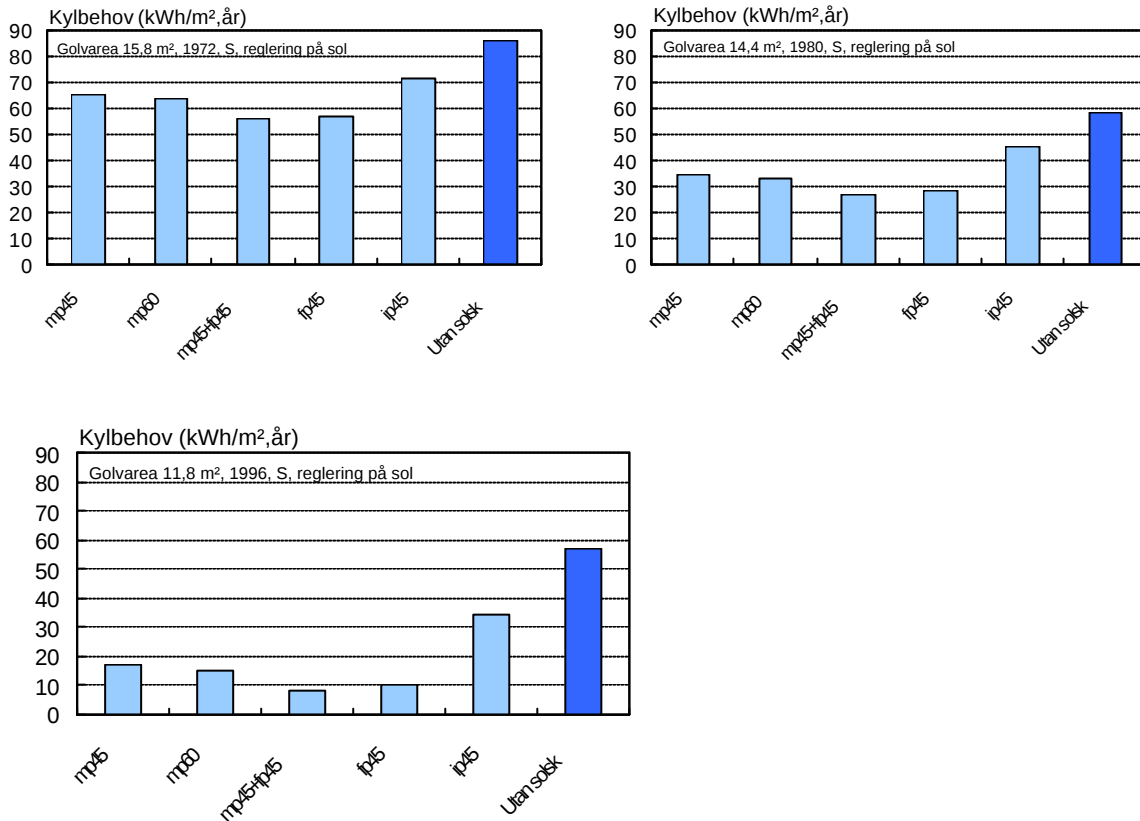


Figur 1 Maximal kyleffekt för mellanliggande persienner (mp), mellanliggande plus fasadpersienn (mp+fp), fasadpersienn (fp), invändig persienn (ip) samt utan solskydd. Persiennens lamellvinkel anges med siffra (45 alt. 60 grader). Kontorsrum med söderorientering från 1972, 1980 resp 1996.

3.2 Årsenergibehov för komfortkyla

Årsenergibehovet för lokal kyla för olika placeringar av persiennen framgår av Figur 2. Kontoren från 1972 och 1980 har ungefär lika stor glasarea men eftersom kontoret från 1972 har simulerats med lägre ventilationsflöde (motsvarande ca 1,0 oms/h för 1972 resp 1,9 oms/h för 1980) samt större internlast (betydligt sämre belysning), blir det resulterande kylbehovet stort. Att kontoret från 1996 har lägst kylbehov är först något förvånande, eftersom glasarean är störst och golvarean minst. Här är dock ventilationen

sett till den rumsvoly men störst (svarar till 2,3 oms/h) samt internlasterna förhållandevis låga genom effektiv belysning.

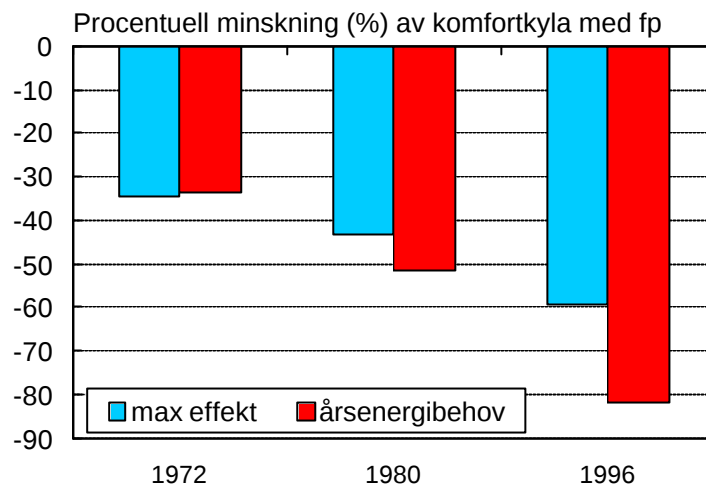


Figur 2 Årligt kylenergi behov (kWh/m²,år) för mellanliggande persienn (mp), mellanliggande plus fasadpersienn (mp+fp), fasadpersienn (fp), invändig persienn (ip) samt utan solskydd. Lamellvinkel anges med siffra (45 alt 60 grader). Kontorsrum med söderorientering från 1972, 1980 resp 1996.

3.3 Potential för reduktion av komfortkyla

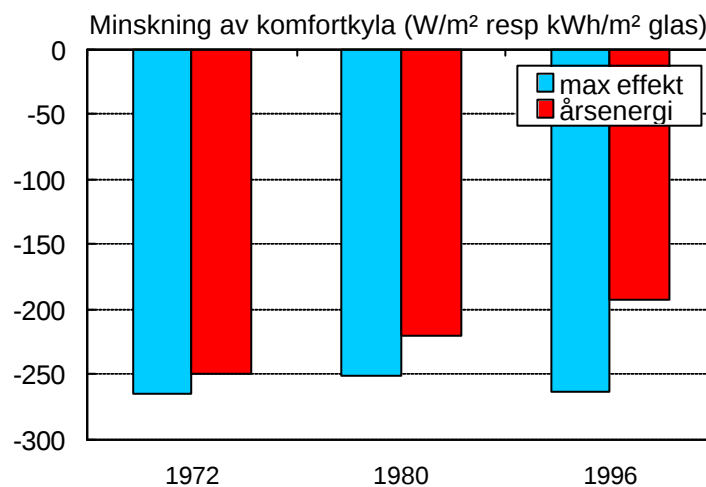
Besparingspotentialen, dvs den procentuella reduktionen av max kyleffekt i relation till inget solskydd, varierar mellan 39% och 60% för fasadpersiennen, se Figur 3.

För samtliga solskydd som studerats är besparingspotentialen för komfortkyla något större sett till årsenergi behovet än för den maximala kyleffekten. För exempelvis fasadpersiennen är reduktionen 58% för kontoret från 1972, 52% för 1980 respektive 82% för 1996, se Figur 3. En förklaring är att för kontoret från 1996 har man dels en effektiv belysning dvs rätt låga internlasterna och större ventilation, dels större glasarea. Sammantaget gör detta att en större "andel" av kylbehovet genereras av solinstrålningen än för de andra fallen där interlasterna är högre, ventilationen lägre och glasytorna mindre.



Figur 3 Minskning av maximal kyleffekt resp årsenergibehov för kyla (%) i rummet för utvändigt fasadpersienn i relation till inget solskydd. Söderorientering, reglering på solinstrålning och kontor från 1972, 1980 resp 1996.

Om man däremot tar besparingen i absoluta tal och dividerar med glasarean fås följande, se Figur 4: Besparing för topplasten ligger mellan 200-260 W/m² glas och årsenergibehovet minskar med mellan 170-220 kWh/m² glas.



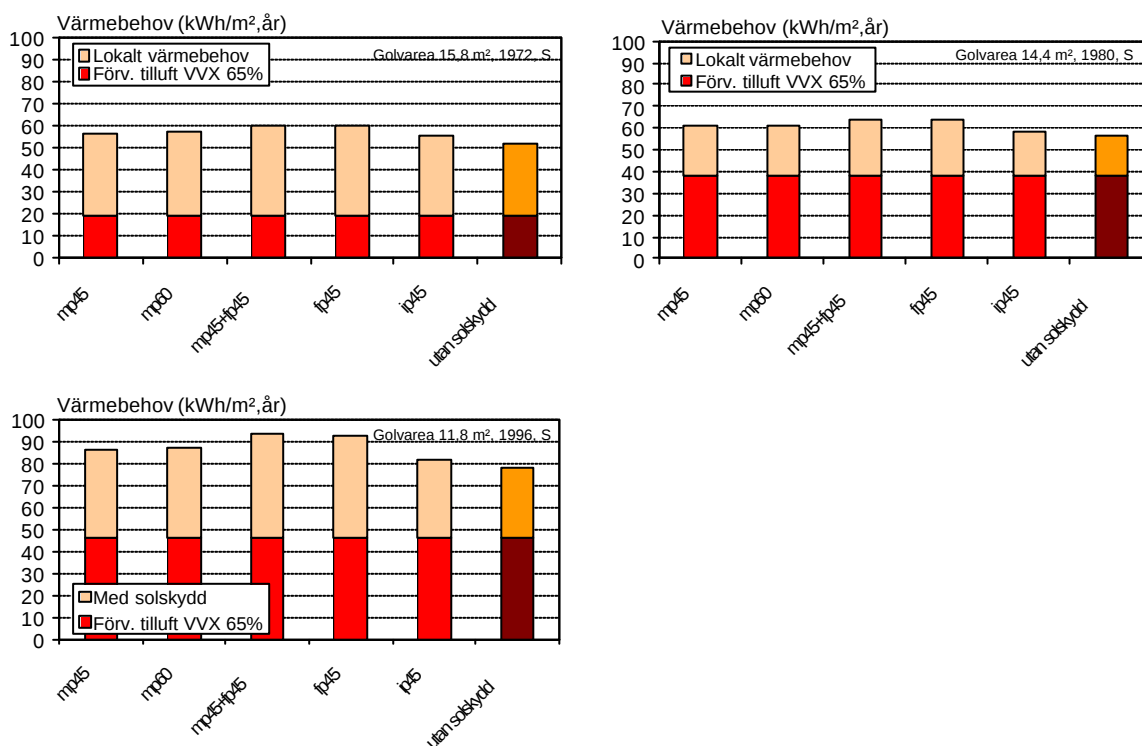
Figur 4 Absolut minskning av maximal kyleffekt (W/m² glas) resp årsenergibehov för kyla (kWh/m² glas) i relation till glasarean för utvändigt fasadpersienn i relation till inget solskydd. Söderorientering, reglering på solinstrålning och kontor från 1972, 1980 resp 1996.

3.4 Årsenergibehov för lokal uppvärmning

När solskydd dras ner minskar solinstrålningen även vid tillfällen då solen kunde bidra till passiv rumsuppvärmning, vilket kommer att leda till något ökade värmebehov lokalt i rummet. Om solskydd antas förbättra U-värdet för fönstren då de är nere kan den enkla reglerstrategi som tillämpats här, dvs solskydd antas vara nere då solinstrålningen mot fasaden är större än 100 W/m^2 , faktiskt ge ett något högre värmebehov än utan reglering, dvs om de antas vara nere alltid. Fasadpersienner antas dock inte ge någon förbättring av fönstrets U-värde, varför värmebehovet ökar mindre än utan reglering i detta fall, se Figur 5.

I dessa figurer har värmebehovet för att förvärma tilluften till 18°C adderats, med en antagen verkningsgrad på värmeåtervinningen om 65%. Detta kan vara något högt för vätskekopplade system som det ofta är frågan om i dessa kontor, där 50% kanske hade varit en bättre siffra. Detta hade inneburit ännu högre värmebehov för tilluften. Det totala värmebehovet för förvärmningen (utan värmeväxling) beräknades till ca 860 kWh för flödet 11 l/s (Fall 1972) och 1560 kWh för flödet 20 l/s (Fall 1980 och 1996).

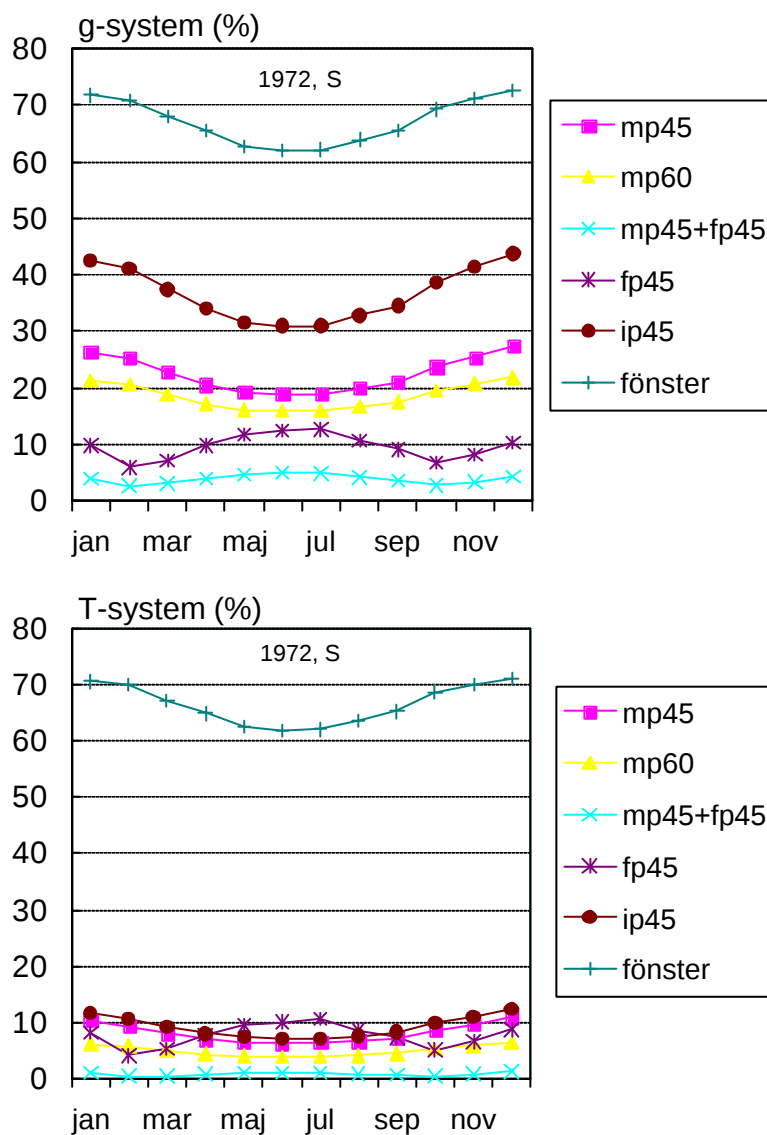
De lokala värmebehoven för kontoret från 1972 och 1996 är rätt lika. I fallet 1972 vägs en sämre isolering alltså upp av betydligt högre internlast. Att 1980 fallet har lägre rumsbehov än 1996 beror troligen på en kombination av något högre internlast samt bättre totalt U-värde på väggen pga en betydligt lägre fönsterandel i fasaden.



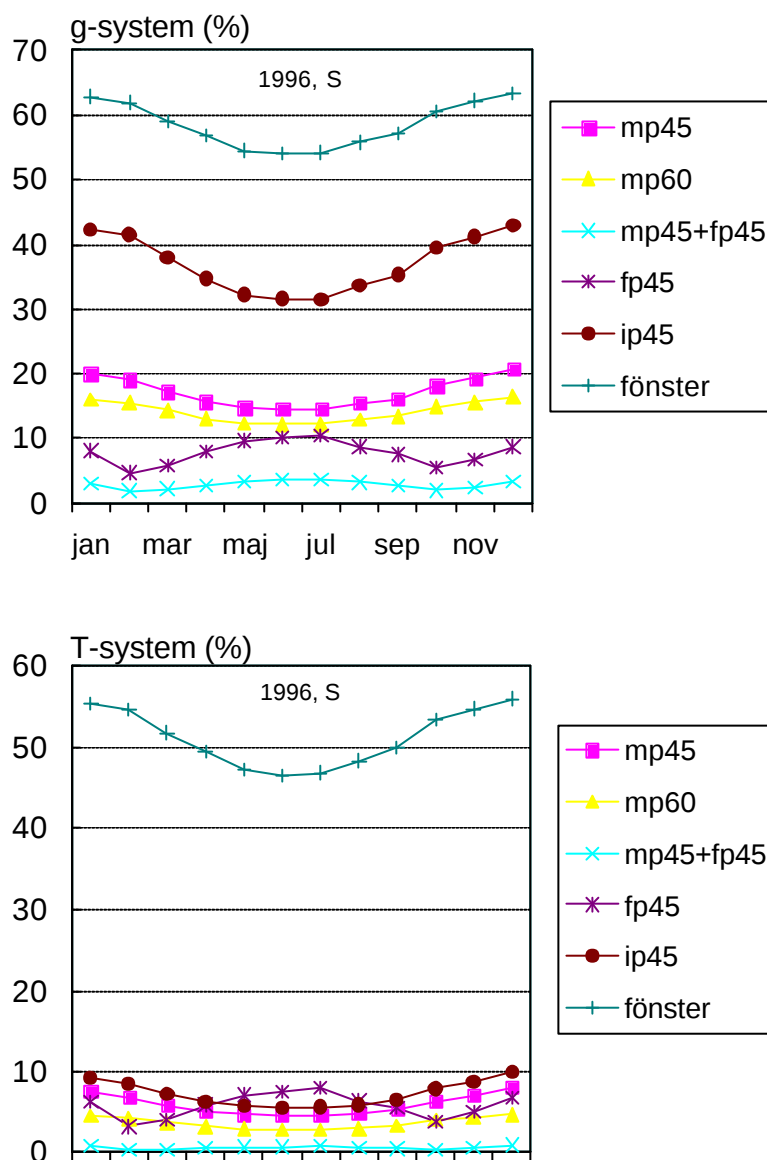
Figur 5 Årligt energibehov för värme för mellanliggande persienner (mp), mellanliggande plus fasadpersienn (mp+fp), fasadpersienn (fp), invändig persienn (ip) samt utan solskydd. Persiennens lamellvinkel anges med siffra (45 alt. 60 grader). Kontorsrum med söderorientering från 1972, 1980 resp 1996.

3.5 Soltransmission för studerade system

Den totala solenergitransmittansen, eller g-värdet, för hela systemet fönster + solskydd redovisas nedan som månadsmedelvärden för persienner med olika placering mellan glas och olika lamellvinkel.



Figur 6 Månadsmedelvärden för total (g) och direkt (T) solenergitransmission för systemet fönster plus solskydd samt för fönstret självt för kontoret 1972.

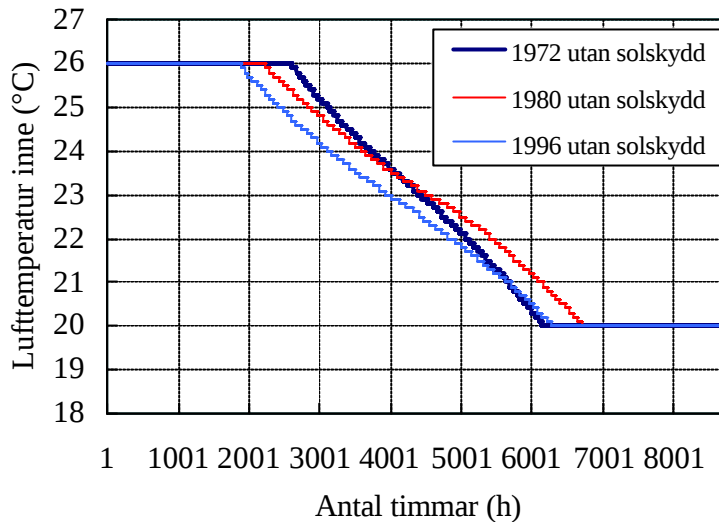


Figur 7 Månadsmedelvärden för total (g) och direkt (T) solenergitransmission för systemet fönster plus solskydd samt för fönstret självt för kontoret 1996.

3.6 Termisk komfort

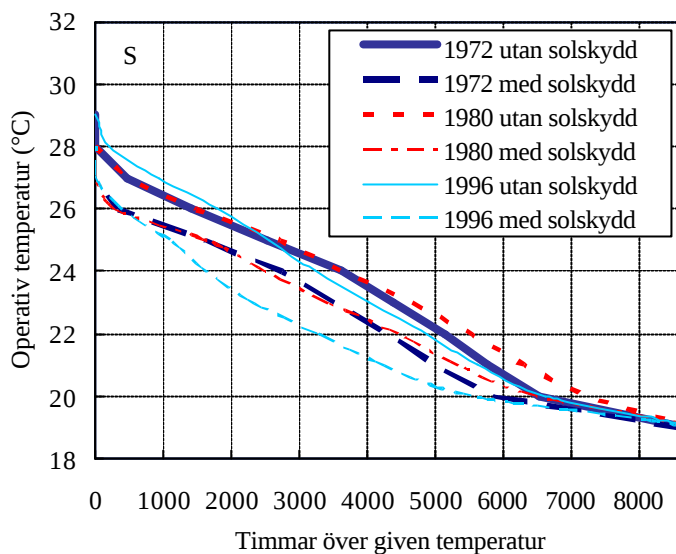
Inomhustemperaturen (lufttemperaturen) i de tre kontoren utan solskydd visas i Figur 8. Kontoret från 1972 ser ut som ett mycket energislösande kontor med höga kylbehov, trots dålig isolering, och ligger lika dåligt till vintertid som fallet 1996. Detta visas av att kontoret från 1972 har flest timmar med 27 grader, dvs ett stort kylbehov. Samtidigt har det lika många timmar med 20 grader som kontoret från 1996, vilket också pekar rätt stora lokala värmebehov vilket bör ha sin främsta orsak i den mycket höga internlasten

från belysningen och det betydligt lägre ventilationsflödet. Kontoret från 1996 har det lägsta antalet timmar med 27 grader, vilket pekar på ett mindre kylbehov och framför allt en något kortare kyla-säsong än huset från 1980.

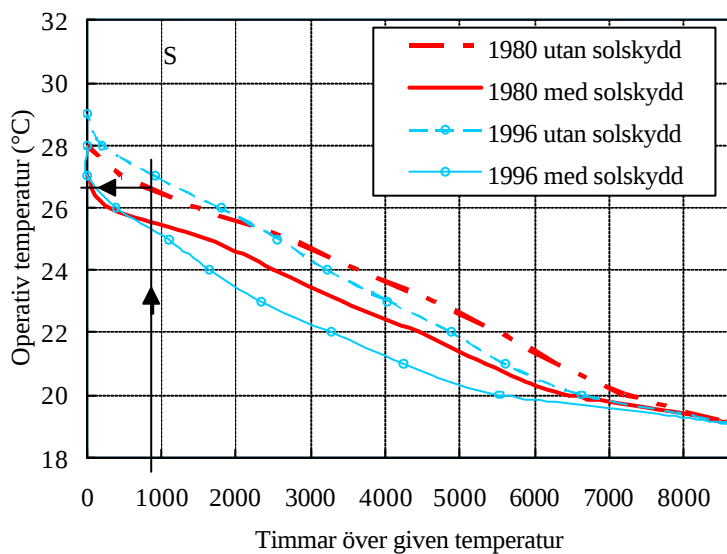


Figur 8 Lufttemperatur inomhus, varaktighetsdiagram. Utan solskydd.

Den operativa temperaturen, T_{op} , kan beräknas på olika sätt, exempelvis enligt ISO 7730. Det finns även olika begrepp som global och riktad operativ temperatur. Den operativa temperaturen är ett sätt att ta hänsyn både till lufttemperaturen och strålningsutbytet med omgivningen. Därför blir den operativa temperaturen både högre och lägre än lufttemperaturen, eftersom rumsytorna ibland är kallare och ibland varmare än luften. I ParaSol beräknas T_{op} på ett förenklat sätt som medelvärde av lufttemperaturen och den areaviktade ytttemperaturen hos omgivande rumsytor. Nedan har den operativa temperaturen för årets alla timmar ritats upp som ett varaktighetsdiagram för de tre olika kontoren i sitt grundutförande utan solskydd. Som synes är kurvorna för 1972 och 1980 tämligen lika för den varma delen av året, medan 1972 och 1996 sammanfaller för den kalla delen av året, Figur 8. Utan solskydd är den operativa temperaturen högre än 26 grader (trots att lufttemperaturen i simuleringen aldrig är högre än 26 grader) under mer än 1410 h för kontoret från 1972, 1480 h för 1980 och 1790 h för kontoret från 1996. Med solskydd i form av utvändiga fasadpersienn, 45 grader, sjunker antalet timmar med $T_{op} > 26^\circ\text{C}$ till: 325, 295, resp 390 h, se Figur 9. Detta motsvarar mindre än 5 % av årets alla timmar.



Figur 8 Operativ temperatur med och utan fasadpersienn, 45°, för de tre kontoren.



Figur 9 Operativ temperatur med och utan fasadpersienn, 45°, för kontoren från 1980 och 1996. Hur den operativa temperaturen för 10% av årets timmar kan bestämmas illustreras av de svarta pilarna.

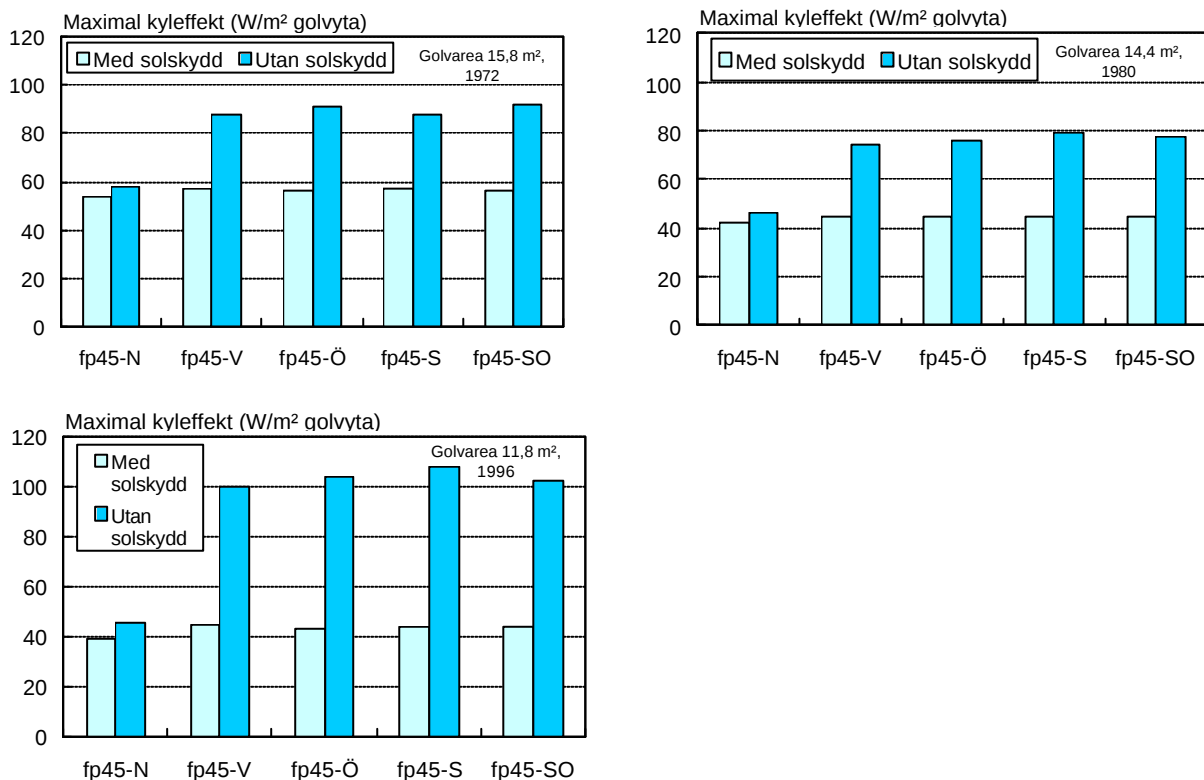
3.7 Inverkan av fasadens orientering

Om fönsterarean är stor och övriga internlaster låga, kommer fönsterorienteringen att vara betydelsefull för kylbehovet, eftersom solinstrålningen då utgör en stor andel av det interna värmetillskottet dagtid. Detta illustreras av staplarna utan solskydd i Figur 10 för de tre kontoren där 1972 representerar en måttlig fönsterarea och stor internlast från belysningen, medan 1996 har en något större fönsterarea och energi-effektivare belysning.

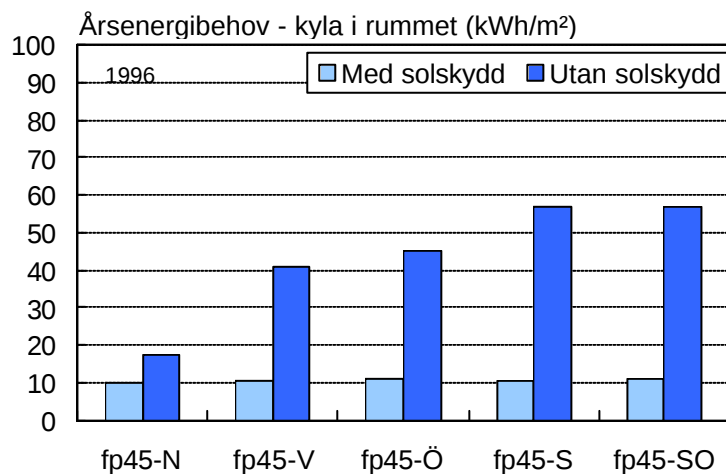
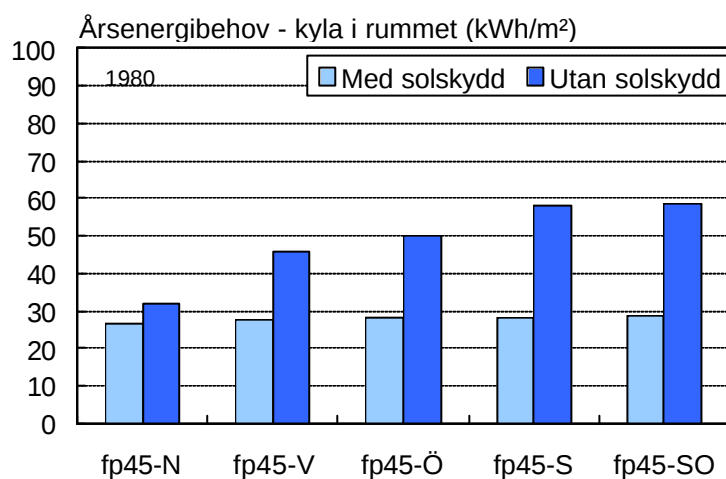
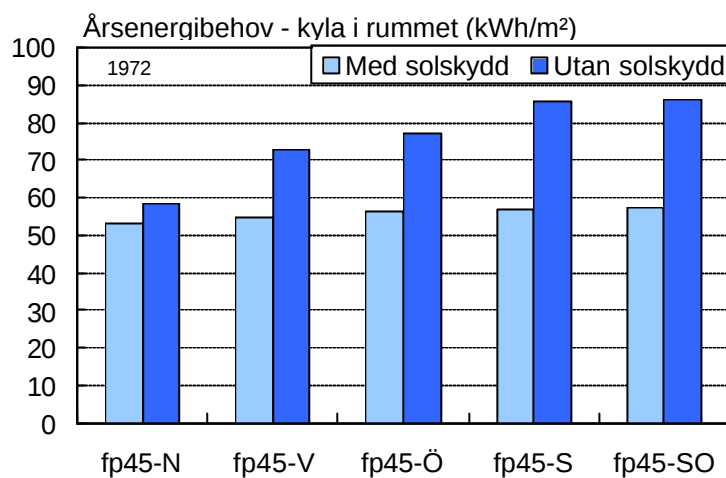
Den absoluta kyleffekten utan solskydd är vanligtvis störst om fönstret orienteras mot sydost eller söder och något lägre mot öst och väst.

Det är uppenbart att den utvändiga fasadpersiennen är effektiv på att ta bort den direkta solinstrålningen, för med solskydd är kylbehoven ungefär lika stora i samtliga väderstreck. Att det även mot norr finns ett kvarstående kylbehov med solskydd betyder att de interna lasterna från personer, datorer och belysning dagtid på ett avsevärt sätt bidrar till kylbehovet. Den relativt höga inblåsningstemperaturen gör dessutom att luftens kylande effekt är låg. I samtliga fall reducerades dessutom ventilation kraftigt efter arbetsdagens slut. Med dessa förutsättningar är potentialen för att reducera maxbehovet för kyla: 7-39% för kontor från 1972, 8-43% för kontor från 1980 respektive 14-60% för 1996.

Årsenergibehovet för kyla uppvisar samma trend som maxbehovet med avseende på olika fasadorienteringar, se Figur 11. I procent är potentialen för att reducera årsenergibehovet med solskyddet precis som tidigare något större än för maxeffekten: 9-34% för kontor från 1972, 17-52% för kontor från 1980 respektive 42-82% för 1996.

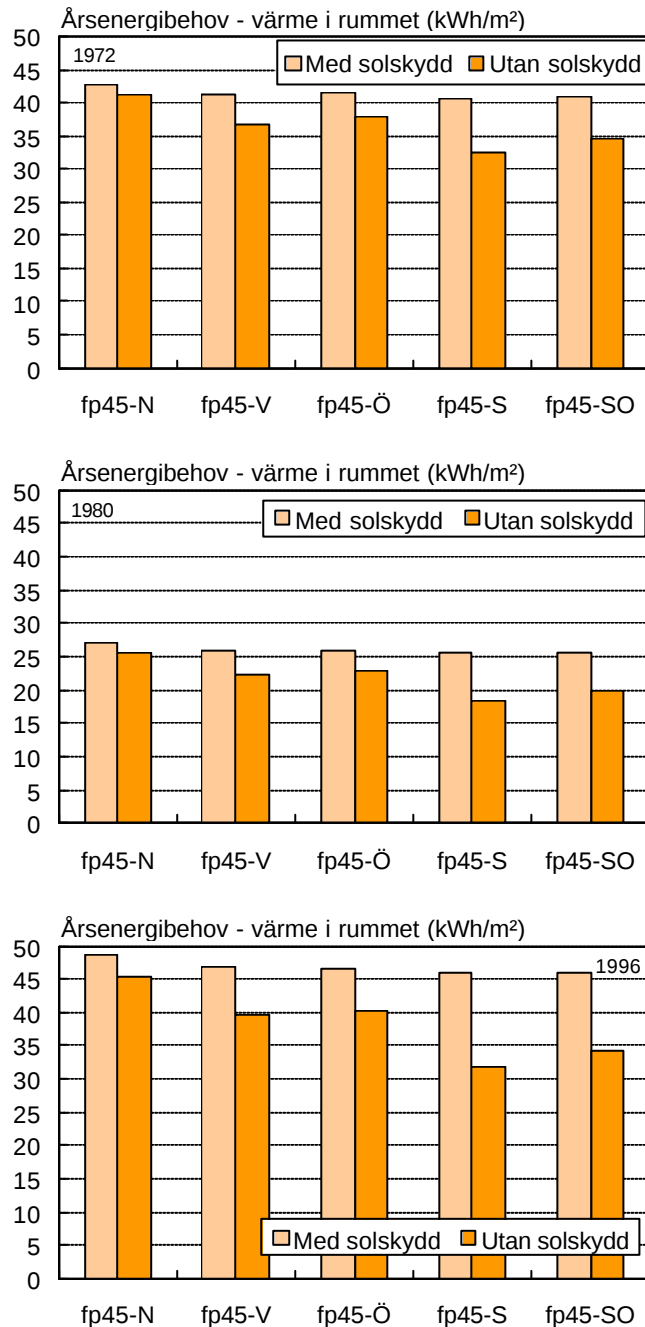


Figur 10 Maximal kyleffekt (W/m²) för fasadpersienn 45° (fp45), samt utan solskydd för olika fasadorienteringar. Kontorsrum från 1972, 1980 resp 1996.



Figur 11 Årsenergibehov (kWh/m²,år) för lokal kyla med och utan fasadpersienn 45° (fp45), för olika fasadorienteringar. Kontorsrum från 1972, 1980 resp 1996.

Utan solskydd är värmebehovet naturligtvis störst vid orientering mot norr. Med solskydd är värmebehoven ungefär lika stora i alla väderstreck vilket återigen visar att det utvändiga solskyddet är effektivt på att reducera den direkta solinstrålningen. Figur 12.



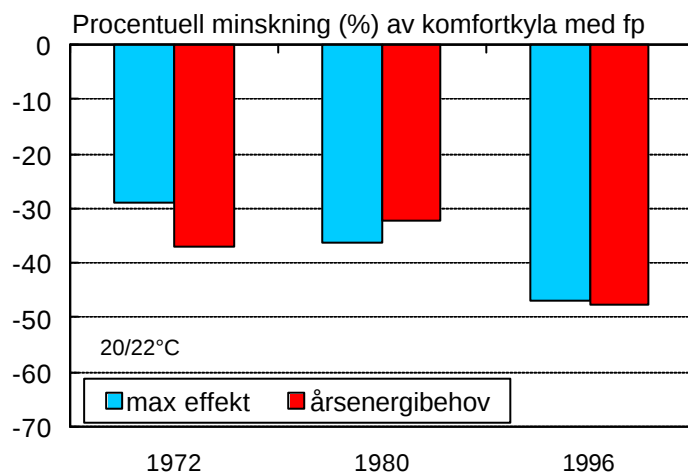
Figur 12 Årsenergibehov (kWh/m²,år) för lokal värme med och utan fasadpersienn 45° (fp45), för olika fasadorienteringar. Kontorsrum från 1972, 1980 resp 1996.

3.8 Inverkan av temperaturspannets storlek

Om innetemperaturen endast tillåts svänga inom ett snävt intervall kan lagringseffekter i stommen inte utnyttjas. Deesutom kommer både kylanläggningen och värmeanläggningen att arbeta hårdare och under längre tidsperioder. Detta studerades för fallet utvändig fasadpersienn genom att ändra termostatinställningen till min 20°C och max 22°C. I dessa körningar finns inte mycket massa i rummen att tillgå, så det är främst kylbehovens storlek som kommer att påverkas. Det maximala kyleffektbehovet kommer då att öka för de tre kontorsrummen: med 15% för 1972, med 19% för 1980 resp med 29% för 1996. Att ökningen är störst för kontoret från 1996 beror troligtvis på den större glasarealen, samt att övriga internlastar är förhållandevis mindre.

Det årliga energibehovet för kyla ökar än mer dramatiskt: med 65% för 1972, med 140% för 1980 resp med 280% för 1996. Även värmebehovet ökar: med 35% för 1972, med 45% för 1980 resp med 14% för 1996. Däremot påverkades inte det maximala effektbehovet för värme, eftersom min.temperaturen varit densamma.

Potentialen för att minska effektbehovet för komfortkylan skiljer däremot inte så mycket mot det tidigare fallet 20/26°C procentuellt sett, jämför Figur 13 och Figur 3.



Figur 13 Minskning av maximal kyleffekt resp årsenergibehov för kyla (%) i rummet för utvändig fasadpersienn i relation till inget solskydd. Söderorientering, reglering på solinstrålning och kontor från 1972, 1980 resp 1996. Innetemperatur min 20°C / max 22°C.

4 Diskussion och slutsatser

Värme- och kylbehovet i kontoren har simulerats med mycket liten tröghet (massa) i ParaSol genom att både innerväggar och ytterväggar satts till lätta. Detta innebär för innerväggarnas del att de antagits bestå av enkel gipsvägg på regelstomme. I praktiken förekommer alltid en viss mängd material med värmekapacitet, i allmänhet används betong i golv och tak, men i dagens version av ParaSol modelleras väggar och golv/tak tyvärr på samma sätt. Detta medför att de beräknade kylbehoven är större än de blir om

viss massa införs. Andra studier har visat att skillnaden kan vara avsevärd. Den inbördes relationen mellan simuleringsfallen bör dock vara densamma.

De tre kontoren har alla lite olika egenskaper vilket gör det vanskligt att dra snabba slutsatser mellan fallen. Här är några exempel på parametrar som skiljer, vilka spelar in på resultaten: Ju yngre kontor desto mindre rumsstorlek har antagits. Därmed slås energibehoven (som ju främst påverkas av fasadens utformning) ut på en mindre yta, vilket dock även internlasten från en person och en dator gör. Vidare har antagits en kraftigt förbättrad belysning (åtminstone ur energisynpunkt) ju yngre kontoren är. Det äldsta kontoret har sämst värmeisolering, både avseende yttervägg och glas, men också minst glasandel i fasad. De två andra kontoren har samma väggisolering och i stort sett samma glastyper, men olika glasandel, vilket gör att 1996 kontorets vägg totalt sett har ett sämre U-värde. Slutligen har det äldsta kontoret simulerats med ungefär halva flödet i l/s gentemot de två andra. Sett till rumsvolymen skiljer dock ventilation sig åt något för alla tre fallen.

Sammanfattningsvis sticker kontoret från 1972 ut som ett mycket energislösande kontor med höga kylbehov, trots dålig isolering. Detta har sin främsta orsak i den mycket höga internlasten från belysningen och det betydligt lägre ventilationsflödet. Detta illustreras tydligt av varaktighetsdiagram av innetemperaturen, där kontoret från 1972 har flest timmar med 27 grader. Samtidigt har det lika många timmar med 20 grader som kontoret från 1996, vilket också pekar rätt stora lokala värmebehov, lika som för 1996, trots betydligt högre internlast. Kontoret från 1996 verkar bättre optimerat ur kylsynpunkt med effektiv belysning som troligen främsta orsak. Detta innebär att effekten av solskydd blir som allra störst för kontoret från 1996. Analysen som gjordes för olika väderstreck visar också på att två av kontoren har höga internlast och mot norr, vilket är ett annat sätt att illustrera att kylbehoven till stor del beror på de höga internlasterna.

Potentialen för att sänka effekttoppar och årliga kylbehov mot söderorienterade kontor med utvändiga eller mellanliggande solskydd varierar något mellan fallen. Variationen kan hänföras till de olika antaganden som görs om internlast, isolering, glasytor, ventilation mm, vilka alla påverkar energibalansen i kontorsrummet. Potentialen för att sänka maxeffektbehovet med ett gott utvändigt solskydd bedöms dock ligga mellan 30 och 50 %. Potentialen för att sänka årsbehovet för kyla bedöms vara ungefär lika stor, eller ev något högre (upp till 80%) om optimala driftvillkor för klimatiseringsystemet väljs. Samtidigt förväntas de lokala behoven för uppvärmning att öka något, men sett till behovet för att förvärma tilluften till en komfortabel inblåsningstemperatur, är dock de lokala behoven små. Värmeväxling finns i samtliga verkliga kontor som studien baserar sig på. I studien har för enkelhetens skull samma effektivitet, 65%, antagits, och det är tydligt att en hög verkningsgrad måste eftersträvas för att bringa ner de annars våldsamt stora behoven för att, i princip, luftvärma kontoren. Detta visar dock på ett dilemma med styrd FT-ventilation i moderna kontor: För att undvika drag och kallras från ventilationen kan inte tilluften blåsas in med alltför låg temperatur. Det behövs sedan inte mycket solinstrålning ovanpå de övriga interna lasterna innan denna ger problem med övertemperaturer. Det är svårt att undvika att man värmer centralt och kyler lokalt.

För kontor med större glasytor kommer en större andel av kylbehovet att utgöras av instrålad solenergi, och potentialen att minska kylbehoven med goda solskydd bedöms därför vara högre i sådana kontor. Det förutsätter dock att också "insidan" på kontoret

görs så energieffektiv som möjlig, med låga internlasten genom energieffektivare kontorsutrustning och effektivare belysning. Dagsljusstyrning av belysningen kan därefter ytterligare sänka kylbehoven, och i synnerhet utan att samtidigt öka värmebehoven i samma grad, eftersom belysningen kan dimmas just som solinstrålningen är som starkast.

Den operativa temperaturen kommer att vara både högre och lägre än lufttemperaturen, eftersom hänsyn tas till omgivande ytors temperatur. I denna studie låg alltid rumsluften mellan 20 och 26°C, eftersom inget tak hade satts på effektuttaget för värme och kyla. Med hänsyn till rumsytornas temperaturer blir då den maximala operativa temperaturen ca 28-29 grader utan solskydd och ca 27 grader med fasadpersienn. Med ett utvändigt solskydd kan dock ett krav på $T_{op} \leq 26^\circ\text{C}$ innehållas under 95% av årets alla timmar.

Referenser

ParaSol kan fritt laddas ner från följande hemsida: <http://www.parasol.se>

Bülow-Hübe, H., Kvist, H., Hellström, B. (2003). Estimation of the Performance of Sunshades using Outdoor Measurements and the Software Tool Parasol v 2.0. *Proc. of ISES Solar World Congress 2003*, Gothenburg June 14-19, 2003.

Carlsson, P.-O. & Bylund, S.-I. (2003). *Föreskrifter för tekniktävling. Dagsljus och solavskärmning*. Bilaga 3. Objektbeskrivning referenshus. Statens Energimyndighet.

ISO 7730, 2nd ed. (1994). *Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort*. Reference number ISO 7730:1994(E).

Wall, M., & Bülow-Hübe H. (eds.). (2003). *Solar protection in buildings. Part 2: 2000-2002*. (Report EBD-R--03/1). Lund (Sweden): Lund University, Lund Institute of Technology, Dept. of Construction & Architecture, 157 s.