

Nuläge termisk komfort

- en kunskapssammanställning



Helena Bülow-Hübe

Mats Finnson

Chuansi Gao

Max Tillberg

Catarina Warfvinge

Mats Persson

2022-12-28

Förord

Denna kunskapssammanställning om nuläget inom termisk komfort har tagits fram med stöd från Boverket. Rapporten har utformats under ledning av Mats Persson (Malmö universitet) och innehållet har författats av en arbetsgrupp bestående av personer som tillsammans representerar både bred och djup kompetens och stor erfarenhet från utredning av byggnaders inomhusmiljö och funktion:

- Helena Bülow-Hübe (FOJAB arkitekter AB)
- Chuansi Gao, (Lunds universitet – Aerosol och Klimatlabb, Avd. för ergonomi och aerosolteknologi, Inst. för designvetenskaper, LTH)
- Mats Finnson (WSP)
- Max Tillberg (EQUA Solutions AB)
- Catarina Warfvinge (Lunds universitet – Avd. för Installationsteknik och klimatiseringslära, Inst. för bygg- och miljöteknologi, LTH)

Nu har vi haft möjlighet att komplettera denna den första versionen av kunskapsinventering inom området. Synpunkter och förslag från denna utgåva samlas in för att kunna ingå i en uppföljande förbättrad utgåva om finansiering kan ordnas. Synpunkter och förslag mottas via epost: mats.persson@mau.se

Malmö 28 december 2022

Mats Persson

Denna rapport finns tillgänglig på <https://blogg.mah.se/bygglearn/projekt/> tillsammans med några fler kunskapssammanställningar

Där finns även listor och länkar tillgängliga i en Excel-fil

Sammanfattning

Boverket ser ett behov av en kunskapssammanställning kring nuläget inom termisk komfort i Sverige för att ha en så bred och korrekt förståelse som möjligt för vilka som utgör branschen, vilka regler som tillämpas, var det finns kunskapscentra och vilka utvecklingsbehov som behöver stödjas för att branschen ska kunna ta större ansvar.

I kapitel 2 introduceras termiskt inneklimat och komfort. Termiskt klimat tas upp och relationen till den upplevelsen av det termiska klimatet som benämns termisk komfort. Hälsoeffekter relaterat till termisk komfort behandlas också.

Kapitel 3 går igenom förutsättningarna för termisk komfort.

Dimensioneringsförutsättningar vad gäller temperaturer jämförs och hur komfort behandlas i projektering och vid utformning av ventilation. Byggnadsteknikens inverkan på det termiska klimatet går också igenom, bland annat solavskärmning och fönsters betydelse.

I kapitel 4 behandlas vad den enskilde individen kan göra för att påverka den egna termiska komforten. Användning av rumsfläktar och möjlighet att komplettera byggnaden på enskilt initiativ.

I kapitel 5 finns en genomgång av möjligheterna att kyla i en byggnad. Vilka källor till kyla som finns och hur kyla kan distribueras.

Kapitel 6 innehåller en genomgång av förordningar som är av betydelse för byggnadsverks utformning och verksamheter i byggnader. Några föreskrifter presenteras också.

Kapitel 7 tar upp system, vägledning och verktyg för termisk komfort. Det gäller vägledning för inomhusklimat och termisk komfort, miljömärkningar och miljöcertifieringssystem samt möjligheterna att analysera och simulera det termiska klimatet och slutligen en genomgång av mätning och utvärdering av upplevt termiskt klimat. Lämpliga mätmetoder av betydelse för termiskt klimat presenteras: lufttemperatur, lufthastighet, luftfuktighet och strålningstemperatur.

Kapitel 8 gör en enkel internationell utblick till hur frågor om termiskt klimat och termisk komfort behandlas av WHO och några av våra grannländer.

I kapitel 9 presenteras några identifierade aktörer som arbetar med inomhusklimat i praktiken och inom forskning och innovation.

Det avslutande kapitlet 10 sammanfattar några faktafrågeställningar som vi författare noterat och som kan vara värda att kartlägga ytterligare:

- Kravställning generellt och krav som inte är samordnade (energi, dagsljus, termisk komfort, buller etc.)
- Tillsyn och bygglov
- Klimatdata för analyser och simuleringar med klimatdata för framtiden
- Metoder att simulera termisk komfort?
- Betydelsen av värmeöar – förtätning och risk för värmeöar
- Åtgärder för att minska värmelaster på byggnader – skuggning med vegetation/löv sommartid
- Förbereda plats i byggnader för komfortkyla
- Vädring och fläktar
- Prioritera passiva åtgärder
- Portabel luftkylning/komfortkyla
- Varningssystem
- Prioriterade rum för termisk komfort
- Upplåtelseformers inverkan, utsatta grupper och lokala regler
- Risker med fukt och påväxt vid komfortkyla

- Kunskapsspridning till arkitekter och ingenjörer om effekten av sommarklimat idag och i framtiden och dess påverkan från byggnadsutformning och gestaltning på termisk komfort och hälsa.

Förhoppningen är att kartläggning av termisk komfort ska bidra till kunskapsspridning om bransch, aktörer, teknik, system, konstruktion, kontroller, drift och underhåll samt forskning och utveckling.

Ingenting är starkare än den svagaste länken. För att byggnader ska möjliggöra god hälsa, vara energisnåla och nå uppsatta miljö- och klimatmål, måste hela byggsektorn samverka, och ha helhetssyn som innefattar boendes behov och beteende även i en framtid med varmare klimat sommartid. Denna rapport är främst tänkt att användas som vägledning i samband med projekteringsarbete och tillsyn. Genomgång och sammanställa kunskaper från produktions- och installatörsled behöver göras ytterligare.

I bilagor finns sammanställt nomenklatur samt kartläggning av aktörer och litteratur.

Innehållsförteckning

1 Inledning	7
1.1 Bakgrund.....	7
1.2 Syfte och avgränsning.....	8
1.3 Genomförande.....	9
1.4 Till dig som läsare.....	9
2 Allmänt om termiskt inneklimat och komfort	10
2.1 Översikt av byggnadsrelaterad påverkan på termiskt klimat	10
2.2 Termiskt klimat och termisk komfort	11
2.2.1 Faktorer för upplevelsen av det termiska klimatet.....	12
2.3 Hälsoeffekter och termiskt klimat	15
2.3.1 Värmestress - Heat stress	16
2.3.2 Bedömning av värmestress.....	16
2.3.3 Hälsoeffekter av värmeböljor, sårbara grupper och åtgärder.....	18
2.3.4 Varningssystem för värmeböljor.....	18
3 Förutsättningar för termisk komfort	20
3.1 Dimensionerande temperaturer.....	20
3.1.1 Dimensionerande utetemperatur vintertid	20
3.1.2 Dimensionerande utetemperatur för sommaren.....	21
3.1.3 Universellt termiskt klimatindex (UTCI) för uteklimat	21
3.1.4 Scenario för framtida uteklimat.....	22
3.1.5 Fastighetsägarens krav på inneklimat.....	25
3.1.6 Aktiva och passiva lösningar	25
3.1.7 Simulerad värmestress av ett flerbostadshus.....	25
3.1.8 Reflektion om dimensionerande temperaturer.....	26
3.2 Orsaker till övertemperatur i byggnader	26
3.3 Verifiering av termisk komfort vid projektering	28
3.4 Ventilation och termiskt klimat sommartid.....	28
3.4.1 Självdragssystem och termiskt klimat sommartid i bostäder	30
3.4.2 Frånluftssystem och termiskt klimat sommartid i bostäder	30
3.4.3 Till- och frånluftssystem och termiskt klimat sommartid i bostäder	31
3.4.4 Till- och frånluftssystem och termiskt klimat sommartid i lokaler	31
3.4.5 Lokaler med stora behov – bad och simanläggningar	32
3.5 Byggnadstekniska åtgärder som kan sänka temperaturen inomhus.....	32
3.5.1 Fasader och ytterväggar.....	32
3.5.2 Tak.....	32
3.5.3 Balkonger	33
3.5.4 Loftgångar	34
3.5.5 Solavskärmning	34
3.5.6 Fönsters utformning i nya flerbostadshus	42
3.6 Fönsters energibalans.....	43
3.6.1 Enkla U-värdes- och komfortförbättrande åtgärder på fönster	44
3.7 Värmetröghet.....	45
4 Individens möjlighet att påverka termiskt klimat och termisk komfort	48
4.1 Brukar- och boendebeteende och termisk komfort	48
4.2 Förebyggande och skyddsåtgärder vid värmeböljor	48
4.2.1 Användning av rumsfläktar	48
4.2.2 Luft-luftvärmepump för att cirkulera kall luft.....	49
4.2.3 Kompletteringar på fasaden initierade av den boende	49
4.2.4 Upprätthåll termisk komfort under värmeböljor och energikris	49
4.3 Exempel från utredning om möjliga åtgärder.....	50

5	Komfortkylning	51
5.1	Kylningsprinciper	51
5.2	Energikällor för kyla	52
5.2.1	Frikyla	52
5.2.2	Kylmaskin	53
5.2.3	Fjärrkyla.....	53
5.3	Möjligheten till komfortkyla	53
5.3.1	Komfortkylning i äldreboenden och bostäder	53
5.3.2	Komfortkylning i skolor	55
5.3.3	Passiv kyla genom vädring	55
5.4	Möjliga lösningar för att öka kylningskapaciteten.....	56
5.4.1	Golvvärmesystem.....	56
5.4.2	Kyld tilluft.....	56
5.4.3	Radiatorsystem	57
5.4.4	Minska kylbehovet i stället!	57
5.5	Komfortkyla – fukt och robusthet.....	57
5.6	Allmänt om regler och lagar	58
5.6.1	Bygglagstiftning.....	59
5.7	Krav på termisk komfort i byggnader (föreskrift)	60
5.7.1	Miljöbalken	60
5.7.2	Egenkontroll enligt miljöbalken	60
5.7.3	Olägenhet.....	60
5.7.4	Tillsyn av olägenheter enligt miljöbalken.....	61
5.8	Arbetsmiljö.....	61
5.9	Allmänt om myndighetstillsyn i Sverige.....	62
6	System, vägledningar och verktyg för termisk komfort.....	63
6.1	Vägledningar för inomhusklimat och termisk komfort	63
6.1.1	Vägledning från myndigheter	63
6.1.2	Andra vägledning för termisk komfort.....	64
6.1.3	Standarder beträffande termisk komfort	64
6.2	Miljömärkningar och miljöcertifieringssystem	66
6.2.1	Certifieringssystem och termiskt klimat	67
6.2.2	Certifieringsprocessen som tillsynsexempel för myndighetskontroller	68
6.3	Simulering av termiskt klimat	68
6.3.1	Möjligheter med dagens designverktyg.....	69
6.3.2	Simuleringstyper	69
6.3.3	Verktyg för bedömning av termisk komfort	69
6.3.4	Data för analys och bedömning av termiskt klimat	70
6.4	Branschvägledningar för inneklimatberäkningar	72
6.4.1	Indikatorer och gränsvärden.....	72
6.4.2	Väder och tidsperiod.....	73
6.4.3	Heat island-effekter	73
6.4.4	Brukarvanor	73
6.4.5	Interna laster.....	74
6.4.6	Fukt	74
6.4.7	Vilka rum ska modelleras?	74
6.4.8	Passiva och aktiva kylmetoder	74
6.5	Mätning och utvärdering av upplevt termiskt klimat	76
6.5.1	Mätning av omgivningsrelaterade parametrar.....	76
6.5.2	Instrument för mätning.....	77
6.5.3	Bedömning av termiskt klimat och termisk komfort	78
6.5.4	Exempel på bedömning och förutsägelse av termisk komfort	80

7 Hur övertemperatur sommartid hanteras i andra länder	82
7.1 Europa enligt WHO	82
7.2 Finland	82
7.3 Norge	82
7.4 Danmark.....	83
7.5 England	83
7.6 Estland	84
8 Aktörer som arbetar med termisk komfort i Sverige.....	85
8.1 Bransch- och intresseorganisationer samt nätverk	85
8.2 Universitet & högskolor	88
8.3 Forskningsinstitut.....	89
8.4 Forskning och utveckling	90
8.5 Utbildare	91
9 Behov av fortsatt arbete med kartläggning	92
9.1 Observerade viktiga faktorer	92

Referenser

Nomenklatur

Bilaga 1 – Lista aktörer för termisk komfort + några internationella

Bilaga 2 – Standarder relaterade till termiskt klimat och termisk komfort

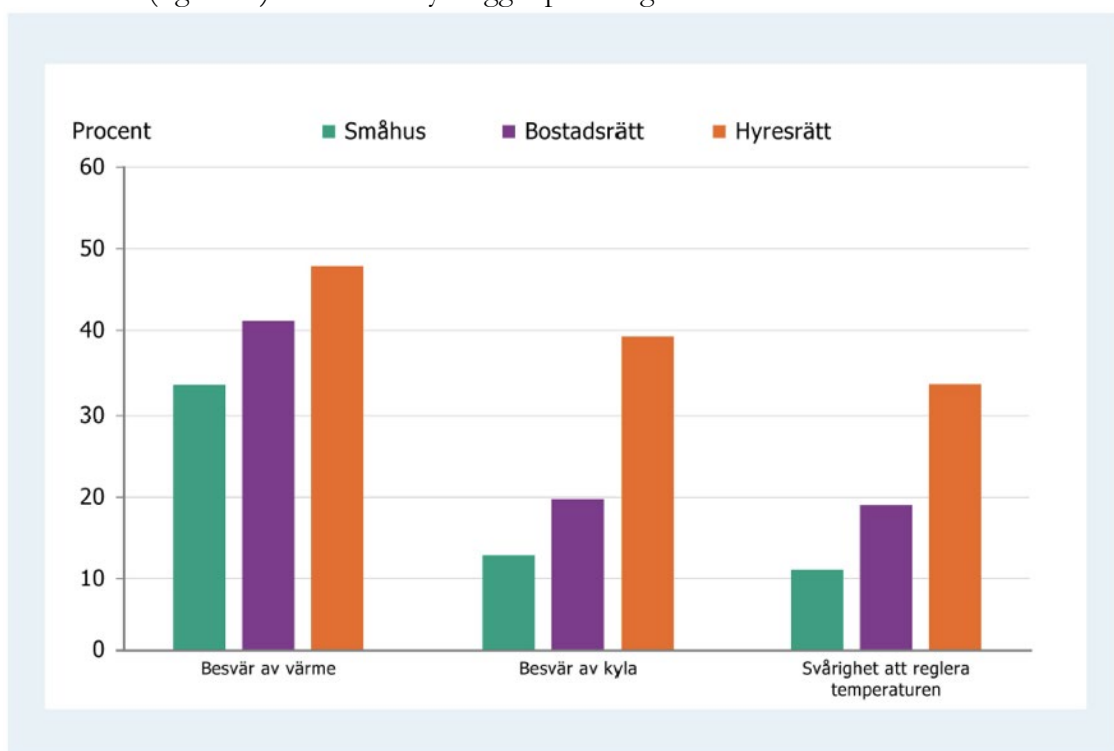
Bilaga 3 – Litteratur och länkar relaterade till termiskt klimat och termisk komfort

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Boverket arbetar i uppdraget *Möjligheternas byggregler* med att skriva om den gällande föreskriften Boverkets byggregler (2011:6), BBR, i ett nytt format. Som ett dialogstöd i detta arbete initierades denna nulägesbeskrivning i anslutning till området termisk komfort som tas upp i avsnitt 6:42 i BBR.

I Folkhälsomyndighetens senaste miljöhälsoberättelse (Folkhälsomyndigheten 2021a) refereras till Barnmiljöhälsoenkäten från 2019 där 37 procent av vårdnadshavarna rapporterar att de besväras av för höga temperaturer i bostaden minst en gång i veckan under sommarhalvåret. Bland dem som bor i hyresrätt är det en högre andel som besväras av att det är för varmt i bostaden under sommarhalvåret än bland dem som bor i bostadsrätt (figur 1.1). Besvär av kyla ligger på en lägre nivå.



Källa: BMHE 19.

Figur 1.1. Besvär av värme, kyla och svårighet att reglera temperaturen inomhus 2019. Andel (procent) av vårdnadshavarna som uppger att de varje vecka besväras av att det är för varmt i bostaden under sommarhalvåret, för kallt i bostaden under vinterhalvåret eller som har svårt att reglera inomhustemperaturen, uppdelat på bostadstyp. (Källa: Folkhälsomyndigheten 2021a)

Både höga och låga inomhustemperaturer kan påverka vår hälsa, komfort och vårt välbefinnande. Enligt Folkhälsomyndighetens allmänna råd om temperatur (FoHMFS 2014:17) bör temperaturen inomhus inte understiga 18 °C (operativ temperatur, för känsliga grupper, 20 °C) eller varaktigt överstiga 24 °C (under sommaren 26 °C). För temperatur inomhus är riktvärdet 18 °C operativ temperatur, vilket motsvarar ungefär 20 °C lufttemperatur (under vinter, under sommar kan lufttemperatur vara lägre än medelstrålningstemperatur, se figur 2.3). Operativ temperatur är medelvärdet av luftens temperatur och omgivande ytors temperatur (medelstrålningstemperatur). Folkhälsomyndigheten har tagit fram rapporter om hälsoeffekter av höga temperaturer,

vägledning till handlingsplan för att hantera hälsoeffekter av värmebölja och värme och människa i byggd miljö (Folkhälsomyndigheten 2017, 2019, 2022).

Värmeböljor har kopplats till en ökad förekomst av luftvägssjukdomar, njursjukdom, elektrolyttrubbning och feber hos barn (Xu et al. 2014). Små barn är en av de grupper som har lägre fysiologisk förmåga att hantera värme och kan därför vara särskilt sårbara under varma perioder (WHO 2018). Dessa studier baseras på mätningar av utomhustemperaturen. Samtidigt finns det få studier av höga inomhustemperaturer (över 24 °C) och hälsoeffekter hos barn (WHO 2018).

Sommaren 2018 var en av de varmaste som uppmätts i Norden med temperaturer runt 30 grader flera dagar i rad. Dessutom sjönk inte temperaturen under 20 grader på nätterna (tropisk natt enligt SMHI 2021). Detta hade stor inverkan på människors hälsa, termisk komfort och välbefinnande. En analys av preliminära dödsdata tyder på att under högsommaren 2018 dog cirka 750 fler än förväntat och Åström et al. (2019) drar slutsatsen att utifrån tidigare funna samband kan värmeböljan 2018 förväntas ha orsakat drygt 600 dödsfall. Än värre var den europeiska värmeböljan i augusti 2003 som ledde till minst 20 000 dödsfall, varav 15 000 bara i Frankrike. Med tanke på förväntade intensivare somrar i framtiden kan situationen antas förvärras om inte främst bostäders utformning förändras.

Den stigande medelåldern i Sveriges är en faktor som inte bara bidrar till allvarliga hälsokonsekvenser utan också höga dödlighetstal. Sommaren 2018 var det fler än 104 000 värmerelaterade dödsfall bland personer över 65 år i Europa (Watts et al. 2021). Som jämförelse var det 19 000 i USA. Den stora skillnaden kan förklaras med den stora förekomsten av luftkonditionering i bostäder i USA. I Sverige förekommer i princip ingen fast installerad komfortkyla i bostäder eller äldreboenden.

För boende är termisk komfort mycket viktig och rankas ofta som viktigare än visuell och akustisk komfort och luftkvalitet (Frontczak et al. 2011). På individnivå kan åtgärder som är inriktade på en eller flera av de faktorer som påverkarkroppens värmebalans minska värmestress och förbättra termisk komfort. Möjliga lösningar inkluderar att öppna eller stänga fönster, skapa drag, ta kadduschar, installera rumsfläktar eller använda personlig kylutrustning (Gao et al. 2012, 2018; Lundgren Kownacki et al. 2019). Dessa åtgärder kan förbättra termisk komfort och hjälpa boende att klara av värmeböljor när det inte finns någon luftkonditionering. Det är dock viktigt att utvärdera föreslagna strategier för att bekämpa de negativa hälsoeffekterna av värmeböljor, med hjälp av en reflekterande holistisk inställning till inomhusmiljöer för att undvika oväntade negativa resultat (Wierzbicka et al. 2018).

Nationella expertrådet för klimatanpassning (2022) lyfter fram risker i sin första rapport. Höga inomhustemperaturer är en av de prioriterade åtgärderna i rapporten där orsaken anges som: *Höga inomhustemperaturer bör minska i fastigheter, särskilt där personer i hälsorelaterade riskgrupper bor eller vistas. Höga inomhustemperaturer kan också öka risken för problem med fukt och exponering för en del kemiska substanser.*

1.2 Syfte och avgränsning

Boverket ser ett behov av att ha en kunskapsammansättning kring nuläget av termisk komfort i befintliga och planerade bostäder och lokaler för att ha en så bred och korrekt förståelse som möjligt för dagens situation och utmaningar, vilka regler som tillämpas, var det finns kunskapscentra och vilka utvecklingsbehov som behöver stödjas för att byggsektorn ska kunna bidra och ta större ansvar. Det ska också kunna bidra till en ökad dialog inom sektorn och stöd till dialogen i arbetet med möjligheternas byggregler.

Kunskapssammanställningen ska ge en klarare bild över:

- vilka regelverk som styr och tillämpas,
- aktörer som på olika sätt arbetar med utformning, installation, kontroller, förbättring, anpassning, provningar m.m. som är av betydelse för termisk komfort,
- litteratur, branschstandarder, och föreskrifter,
- utbildningar inom termisk komfort samt
- utmaningar inom området.

Barnmiljöhälsoenkäten visar på att flest besvär rapporteras för höga temperaturer. Mot bakgrund av detta och den allmänna debatten om klimatförändringar med högre utetemperaturer kommer problem med kyla inte att behandlas på detaljerat. I stället inriktas arbetet på att redovisa kunskapsläget för den varma årstiden.

1.3 Genomförande

En arbetsgrupp bestående av personer som tillsammans representerar både bred och djup kompetens och stor erfarenhet från utredning av byggnaders inomhusmiljö och termisk komfort har genomfört rapporten. Arbetsgruppens huvuduppgift har varit att sammanställa relevanta och aktuella kunskaper om termisk komfort i Sverige och erfarenheter från Europa och globalt.

Arbetet har inriktats på att ta fram ett stort och relevant material. Synpunkter och förslag på den presenterade rapporten kommer att samlas in för att vara underlag för ett fortsatt arbete med kunskapssammanställningen. Synpunkter och förslag skickas till mats.persson@mau.se.

1.4 Till dig som läsare

Den här rapporten presenterar en sammanställning av kunskap och erfarenheter och vänder sig till framför allt två målgrupper:

1. Personer och funktioner inom organisationer inom byggbranschen och myndigheter som direkt eller indirekt arbetar med frågor som berör inomhusklimat och termisk komfort.
2. Personer som önskar en bred sammanställning av viktiga faktorer som är av betydelse för en god termisk komfort och värmestress för att kunna förklara för fastighetsägare, förvaltare och brukare.

Rapporten är tematiskt strukturerad så att du som läsare kan läsa de delar av rapporten som är mest relevanta för just dig om du väljer att inte läsa hela rapporten.

Rapporten är resultatet av författarnas analyser och utredningar. Boverket har inte tagit ställning till innehållet.

2 Allmänt om termiskt inneklimat och komfort

2.1 Översikt av byggnadsrelaterad påverkan på termiskt klimat

Det termiska klimatet inomhus skapas av en kombination av byggnadstekniska egenskaper, arkitektonisk utformning, installationstekniska system, brukarens verksamhet och uteklimat. Sammanfattningsvis är de viktigaste delarna:

- Byggnadens geografiska placering och motsvarande uteklimat vad gäller utetemperatur, sol, fuktighet och vind.
- Klimatskärmen - isoleringsförmåga, fönster, solavskärmning, vädringsmöjlighet och lufttäthet.
- Byggnadens värmetröghet.
- Byggnadens system för uppvärmning, ventilation och i förekommande fall komfortkyla.
- Brukarens och boendes personliga faktorer, aktiviteter, beteende, kläder, värmeacklimatisering, och interaktioner med byggnadssystemet.

Det termiska klimatet avgörs också av hur rummen används och av internvärmestillskott från till exempel personer, apparater och belysning. Här förklaras kortfattat på vilket sätt dessa delar är viktiga för det termiska klimatet. Var och en av dessa har fördjupande och separata avsnitt.

För klimatskärmen är fönster den mest kritiska delen. Fönster släpper in stora mängder solvärme sommartid som orsakar övertemperaturer eller kylbehov, å andra sidan är instrålad solvärme önskvärd under vintern för att minska behovet av värme från värmesystemet. Fönsterglas blir kallt på vintern och orsakar kallstrålning, det blir varmt på sommaren och orsakar värmestrålning. Öppningsbara fönster gör det möjligt att vädra ut överskottsvärme (och släppa in svalare uteluft) och bidrar till det termiska inneklimatet. Öppningsvinkel behöver vara tillräckligt stor (kan begränsas av fönstrets höjd över marken) och vädring ska inte orsaka andra problem (t.ex. buller eller föroreningar utifrån eller inbrottsrisk)

För det termiska klimatet inomhus är förhållandena på den aktuella orten betydelsefulla och utetemperatur och solinstrålning viktigast. Värmesystem dimensioneras för att klara av en viss utetemperatur vintertid, DVUT (data om DVUT publiceras av Boverket 2017, finns även på Svebys hemsida). DVUT anger inte den absolut lägsta temperatur som kan förekomma utan en rimlig temperatur baserad på analys av uppmätt utetemperatur på respektive ort. Vid köldknäppar får man därför räkna med att det tillfälligt blir något kallare inomhus. För komfortkylsystem är det inte bara utemperaturen under sommaren som påverkar utan också solstrålningen. Hänsyn behöver också tas till kombination av utetemperatur och solinstrålning och dess varaktighet. För dimensionering av komfortkylsystem saknas standard motsvarande ”dimensionerande uteklimat” som finns för värmesystem. En del verksamhetsorganisationer tillämpar egna data. Dock saknas dimensionerande utetemperatur sommartid för flera verksamheter som inte har komfortkyla idag: bostäder, äldreboenden och i vissa fall skolor.

Även byggnadens värmetröghet spelar stor roll för det termiska klimatet. Med värmetröghet avses byggnadsdelars förmåga att lagra värme eller kyla för att jämna ut temperatursvängningar framför allt under dygnet. En byggnad med liten värmetröghet kallas populärt lätt och en byggnad med stor värmetröghet kallas tung. Värmetrögheten bestäms till stor del av stommens eller innerväggarnas massa och värmekapacitet. Värmetrögheten påverkas av de material som exponeras mot inneluften, normalt sett de innersta 10 cm antas påverka värmetrögheten. Alla material som ligger utanför isolerskiktet i klimatskärmen påverkar däremot inte byggnadens värmetröghet.

Det termiska klimatet beror också på byggnadens installationstekniska system. Viktigast för det termiska klimatet vintertid är värmesystemet. Det ska kompensera för värmeförluster

genom klimatskärmen och rumsvärmarna ska placeras så att de kan kompensera i första hand för kallstrålning från fönster. För det termiska klimatet är det också av vikt att värmesystemet kan anpassa värmeavgivningen vid ändrad utetemperatur, ändrad vindhastighet, solinstrålning genom fönster, ändrad användning av rummet som till exempel antal personer i rummet, elapparater, belysning som ger ett värmetillskott.

Ventilationssystem medverkar också till det termiska klimatet. Inte så mycket för vilken rumstemperatur som skapas utan för att tillförd luft kan orsaka drag i vistelsezonen, antingen på grund av för hög hastighet på tilluften eller för dess temperatur. I självdrags- och frånluftssystem tillförs utempererad luft direkt in i rummen genom uteluftsventiler. En viss uppvärmning av luften sker om uteluftsventilen är placerad nära en radiator men påverkan på det termiska klimatet vintertid är stor.

Lokalbyggnader ventileras i princip utan undantag med till- och frånluftssystem just för möjligheten att tillföra stora luftflöden utan att det termiska klimatet ska påverkas. Systemet väljs allt oftare också för bostäder både för att förbättra termiska klimatet och för möjligheten att minska värmeenergiebehovet.

Komfortkylsystem påverkar det termiska klimatet oavsett om kylningen sker med ventilationsluft eller med fast installerade rumskylapparater. Ett komfortkylsystem ska klara av att föra bort värme från i första hand solinstrålning och internvärme som t.ex. personer i rummet, elapparater och belysning. Just för det termiska klimatet i rummen spelar inte utemperaturen någon större roll. Värmetroghet, solinstrålning och värmestrålning från solvarma fönster är en större utmaning. Däremot påverkas kapaciteten i kylmaskiner av både utetemperatur och utelufts fuktighet. Förutsättningarna för förbättrat termiskt klimat, minskad energianvändning och enklare reglering är stora om solvärmetillskottet begränsas med effektiva solskydd och vid nyproduktion dessutom anpassade fönsterstorlekar. Komfortkyla är ovanligt i bostäder men vanligt i lokalbyggnader.

2.2 Termiskt klimat och termisk komfort

Det termiska klimatet omfattar alla de parametrar som har inflytande på människans värmebalans. Betydelsen av termiskt klimat behandlas av Boverket på hemsidan *Din hälsa kan påverkas av det termiska klimatet* (Boverket 2021a). Där hänvisas också till Folkhälsomyndighetens och Arbetsmiljöverkets hemsidor som behandlar termiskt klimat och termisk komfort. Termiskt klimat finns under egen rubrik i Boverkets byggregler men ställer krav på inomhustemperatur endast vintertid och inte sommartid. Reglerna hänvisar till Folkhälsomyndighetens allmänna råd om temperaturer inomhus (FoHMFS 2014:17). I dessa råd anges högsta operativa temperaturer för olika varaktighet. Vad varaktigheterna motsvarar i tid saknas det dock information om. I till exempel Danmark finns Branchevejledningen for indeklima-beregninger, (Havngaard Vorre et al. 2017), Tysklands passivhusstandard och Storbritannien (CIBSE TM2; CIBSE TM59; CIBSE Guide A) anges varaktighet i timmar eller som procent av ett år.

Med termisk komfort menas att man är belåten med det termiska klimatet och vill varken ha det varmare eller kallare. Komfort definieras alltså som det tillstånd när en person är tillfreds med det termiska klimatet (Fanger 1970; SS-EN ISO 7730:2006; ASHRAE 55:2020; Parsons 2014). Upplevelsen av det termiska klimatet är subjektiv, olika personer som vistas i samma termiska klimat har olika uppfattning om det är för kallt eller för varmt. Detta förklaras dels med fysiologiska skillnader, dels med psykologiska skillnader. I en grupp personer som vistas i samma termiska klimat anses det vara svårt att komma under 5 % missnöjda.

I detta kapitel presenteras faktorer för termiskt klimat och termisk komfort. Hur dessa mäts redovisas i kapitel 7.4 Mätning och utvärdering av upplevt termiskt klimat.

2.2.1 Faktorer för upplevelsen av det termiska klimatet

Upplevelsen av det termiska klimatet kan beskrivas av ett flertal klimatparametrar. Fyra parametrar är omgivningsrelaterade:

- Lufttemperatur
- Rumsytornas temperatur (medelstrålningstemperatur)
- Lufthastighet
- Luftfuktighet

Två är kopplade till personen:

- Klädsel
- Aktivitetsnivå

Utöver dessa används också följande parameter:

- Operativ temperatur
- Golvs yttemperatur
- Vertikal temperaturgradient

Förutom dessa kan personers beteende, psykologiska faktorer, förväntningar, uppfattning om kontroll, hälsotillstånd, acklimatisering, ålder, kön etc. också påverka uppfattningen av det termiska klimatet. Det innebär att upplevelsen kan vara olika i samma rum beroende på var i rummet man är och vad man gör.

Lufttemperatur

Lufttemperaturen används ofta men felaktigt som ett komplett mått på temperaturupplevelse, varken värme- eller kallstrålning till kalla och varma rumsytor beaktas. Även om lufttemperaturen är hög i ett rum kan det kännas kallt om det finns t.ex. ett kallt fönster i närheten. (mer om mätning av lufttemperatur i kapitel 7.4.1)

Rumsytornas temperatur

Rumsytornas temperatur påverkar temperaturupplevelsen genom värmestrålning till eller från människan. Medelstrålningstemperaturen beror på avståndet till respektive yta, individens position i förhållande till ytan och dess temperatur och inkluderar fönster, väggar, tak, golv, radiator och eventuella kylpaneler. De kallaste ytorna i en rumsmiljö är normalt fönsterglas på vintern. Det kan också uppstå kallare ytor via brister i klimatskärmen, t.ex. i äldre oisolerade byggnader, eller via så kallade köldbryggor (områden med lokalt sämre isolering) och luftläckage. Värmekällor kan ge tillskott genom värmestrålning. Den starkaste är solinstrålning genom fönster. Även andra värmekällor som radiatorer kan bidra med strålningsvärme. För att få god termisk komfort eftersträvas så små skillnader i strålningsutbyte i olika riktningar som möjligt.

Lufthastighet

För hög lufthastighet orsakar en lokal nedkylning av kroppen som leder till en sänkning av hudtemperaturen. Lufthastigheten har stor påverkan på upplevelsen av det termiska klimatet särskilt om lufttemperaturen är låg. Sommartid kan det vara önskvärt med högre lufthastighet eftersom det underlättar värmeavgivningen från kroppen. Orsaken till att för stora luftrörelser uppstår i ett rum kan vara:

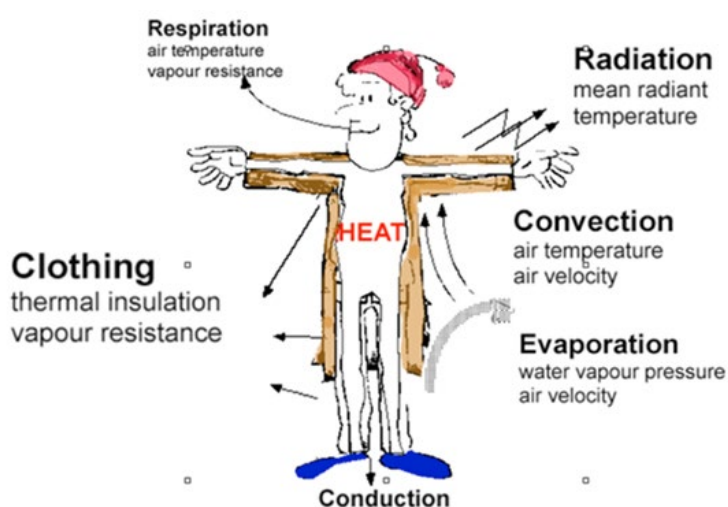
- luftstrålar från tilluftsdon eller uteluftsventiler,
- kallras vid kalla ytor, t.ex. fönster,
- kall luftström från kylbafflar i taket,
- otätheter i byggnadens klimatskärm och
- fläktar i rummet.

Luftfuktighet

Luftfuktigheten ingår i de fyra omgivningsrelaterade parametrarna men har liten påverkan på människans värmebalans vid normala innetemperaturer. Däremot har den stor betydelse för kroppens svettavdunstning och kylning om det är mycket varmt.

Klädsel

Värmeutbytet mellan kroppen och miljön sker genom konvektion, strålning, avdunstning, ledning, och andning. Dessa vägar för värmeutbyte bestäms av lufttemperatur, lufthastighet, luftfuktighet (vattenångstryck), strålningstemperatur, klädernas termiska egenskaper (termisk isolation) och avdunstningsmotstånd och kroppens inre värmeproduktion på grund av basal metabolism och fysiska aktiviteter (figur 2.1). I varma och kalla miljöer kan människokroppen aktivt upprätthålla värmebalansen genom fysiologiska regleringsmekanismer som att blodkärl dras samman eller utvidgas (vasokonstriktion resp. vasodilatation), svettning, huttring eller frosskakning (ofrivilliga muskelsammandragningar). Dessa processer leder dock ofta till termiskt obehag.



Figur 2.1 Schematisk illustration av värmeutbyte mellan människokroppen och miljön, och relaterade faktorer. (Källa: Lundgren Kownacki et al. 2013)

Klädseln påverkar värmeutbytet mellan kropp och omgivningen, ju mer och tjockare kläder desto svårare har kroppen att bli av med värmen. För värdering av det termiska inneklimatet och termisk komfort används enheten **clo** som ett mått på klädernas värmeisolerande förmåga. 1 clo är baserat på klädseln hos en man upplever termisk komfort vid stillasittande arbete i ett rum med den operativa temperaturen 20 °C, normalt ventilerat (0,1 m/s lufthastighet), som motsvarar beklädnadsisolation av kostym med skjorta, slips, väst, byxor, underkläder, strumpor och skor. I tabell 2.1 ges exempel på clo-värden för några olika typer av klädsel (ytterligare information finns i SS-EN ISO 11079:2007 som behandlar termisk belastning vid kyla).

Tabell 2.1 Termisk isolerförmåga i klädsel (beklädnadsisolation) anges i enheten clo enligt SS-EN ISO 9920:2009

Klädsel	Beklädnadsisolation I_{cl} *	
	clo	m^2K/W
Utan kläder	0	0
Lätt sommarklädsel	0,5	0,078
Normal inomhusklädsel	1,0	0,155
Kraftig inomhusklädsel	1,5	0,233
Mycket varm klädsel vintertid	4,0	0,62

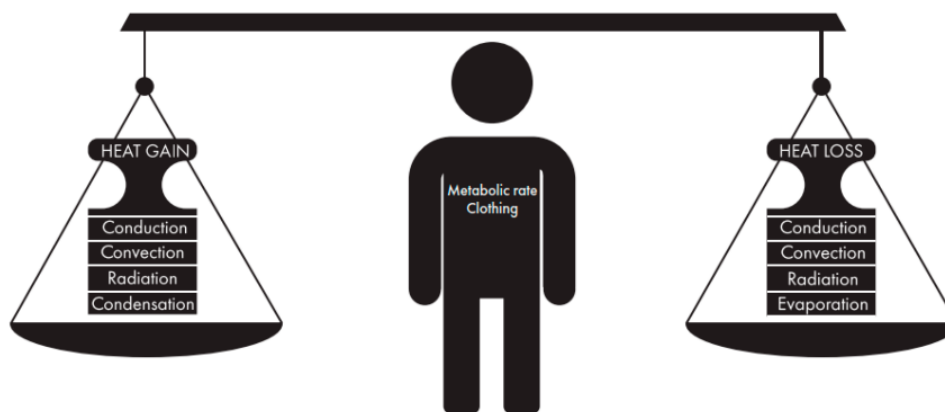
* I_{cl} är eng. clothing insulation - översatt till beklädnadsisolation i SS-EN ISO 11079:2007

Vid kalla temperaturer kan en person ta på mer kläder för att behålla kroppsvärmen och det går att hantera många minusgrader. Vid varma temperaturer rekommenderas naturligtvis lättare klädsel.

Aktivitetsnivå

Människans kroppstemperatur regleras till nära 37 °C (Geneva et al. 2019). För att bibehålla denna kroppstemperatur genererar kroppen inre värme genom metabolisk energiomsättning (M) som delvis används för att utföra externt mekaniskt arbete (W) och som mestadels används för att balansera värmeutbytena genom konvektion (C), strålning (R), avdunstning (E), andning (R) och ledning (K) som visualiseras i figurerna 2.2. Den konceptuella värmebalanskvationen definieras som:

$$M - W = E + R + C + K + S \quad \text{där } S \text{ är kroppens värmelagring.}$$



Figur 2.2 Människokroppens värmebalans (Petersson, Kuklane, Gao 2019).

Värmeproduktionen i kroppen varierar kraftigt med fysisk aktivitet och anges i watt per kvadratmeter kroppsytta eller i enheten MET. För lätt stillasittande arbete är värmeproduktionen cirka 1,2 MET (1 MET motsvarar 58 W/m²).

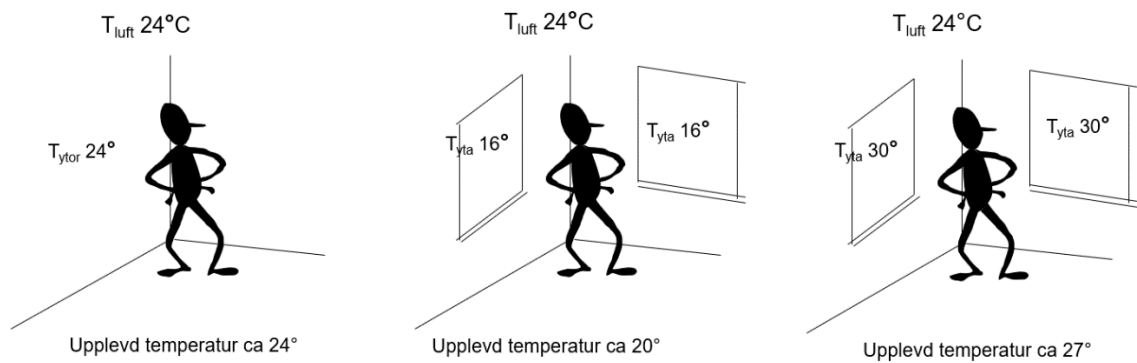
Tabell 2.2 Kroppens värmeproduktion för specifika aktiviteter (SS-EN ISO 8996:2004)

Aktivitet	Genomsnittlig värmeproduktion	
	W/m ² kroppsytta (genomsnittlig area för kroppsytta är ca 1,8 m ²)	MET
Sova	40	0,69
Ligga	45	0,78
I vila, sittande	55	0,95
I vila, stående	70	1,21
Lätt manuellt arbete (skriva, använda dator, rita, sy, bokföra etc.)	100 (70–130)	1,72 1,2–2,2

På hemsidan <https://sites.google.com/site/compendiumofphysicalactivities/home> finns en samling av uppgifter om MET för olika aktiviteter.

Operativ temperatur

Operativ temperatur är ett bättre mått på termiskt klimat än lufttemperatur eftersom den inkluderar kall- och värmestrålning från alla rumsytor. Överslagsmässigt beräknas operativ temperatur som ett medelvärde av luftens temperatur och strålningstemperaturen i en viss punkt. Sambandet gäller under förutsättning att lufthastigheten är låg. Ju närmare en kall eller varm yta man kommer desto större inverkan kommer den ytans temperatur att få på den operativa temperaturen. Även solinstrålning direkt mot kroppen påverkar den upplevda temperaturen och kroppens värmebalans, och kan inkluderas i beräkningen av operativ temperatur.



Figur 2.3 Den upplevda temperaturen blir olika trots samma lufttemperatur på grund av på kalla eller varma fönsterytor. (Källa: Warfvinge & Dahlblom 2010)

Riktad operativ temperatur är ett specialfall av operativ temperatur och som används i BBR. Begreppet inkluderar strålning i endast en riktning. Den riktade operativa temperaturen i en punkt varierar därmed beroende på riktning. I BBR anges nivåer på riktad operativ temperatur. Dessa bör inte underskridas om byggnaden ska kunna uppfylla kraven på termiskt klimat. Riktad operativ temperatur är ett sätt att ta hänsyn till strålningsasymmetrin. Den kan vara mer relevant när personer befinner sig nära stora kalla eller varma fönster eller nära en varm radiator.

Golvs yttemperatur

Golvmaterial kan ha stor inverkan på den upplevda termiska komforten. Betonggolv med yttemperaturen 20 °C känns kallare för nakna fötter än trägolv vid samma yttemperatur, upplevelsen beror på golvmaterialens olika värmeledningsförmåga. Komforttemperaturen för sten- och betonggolv är cirka 5 grader högre än för trägolv (Karlsson 2011).

Vertikal temperaturgradient

Skillnad i temperatur i höjddled, mellan golv och tak, benämns vertikal temperaturgradient. En stor vertikal temperaturgradient kan uppfattas som obehaglig. Det gäller speciellt vid stillasittande arbete.

2.3 Hälsoeffekter och termiskt klimat

Det termiska klimatet och verksamheten i en byggnad påverkar tillsammans vilken termisk komfort som kan uppnås. Termisk komfort är när personer upplever tillfredsställelse av det termiska klimatet. Avvikande temperaturer gör att personer upplever obehag vilket minskar den upplevda kvaliteten på inomhusmiljön. Blir det för varmt eller kallt under längre perioder kan det även leda till hälsoproblem.

Kroppen har viss förmåga att anpassa sig till det termiska klimatet. I varmt klimat ökar blodcirkulationen och förmågan att svettas efter några dagar. I kallt klimat minskar blodcirkulationen i områden nära huden. Det tar upp till ca 10 dagar att nå aklimatisering i värme. Känsliga personer kan av olika anledningar ha kraftigt försämrad eller helt sakna den här förmågan, vilket gör dem extra känsliga för sämre anpassat termiskt klimat. En mer omedelbar anpassning är att ändra klädsel efter uteklimat. Klädsel efter årstiderna gör att även inomhustemperaturen normalt justeras efter årstiden.

Klimatförändringarna kommer att leda till både fler, varmare och längre värmeböljor, vilket kan leda till problem att hålla nere inomhustemperaturen. I stadsmiljöer ökar problemet på grund av luftföroreningar vars mörka och tunga partiklar fångar upp solstrålning under dagen och avger värmen långsamt över natten. Detta leder till varmare dagar och nätter. I tätorter finns också en *värmeöeffekt*. När tät bebyggda områden med tunga material, som i fasader och markbeläggningar, träffas av solstrålning under dagen värms ytorna upp och kan successivt lagras när värmen inte helt kan avges under natten.

Vägledning för bedömning av termiskt inomhusklimat och temperatur finns på Folkhälsomyndighetens (Fohm) hemsida. WHO förordar framtagning av handlingsplan för värme-hälsa i en skrift från 2021 (WHO 2021). Fohm presenterar även en kartläggningsmetodik för att identifiera riskområden i rapporten "Kartläggning av bebyggelse med risk för höga temperaturer. Metodbeskrivning av GIS-verktyg utifrån marktäckning". (Folkhälsomyndigheten 2019b)

2.3.1 Värmestress - Heat stress

Värmestress inkluderar en serie tillstånd där kroppen utsätts för stress på grund av överhettning. Med okompenserad värmestress menas det tillstånd som uppkommer när kroppen inte längre kan reglera sin temperatur genom utsöndring av svett och ökat blodflöde. Kroppstemperaturen stiger och det påverkar bland annat andning, hjärta och blodcirkulation (Folkhälsomyndigheten 2018). För vissa utsatta grupper bidrar övertemperatur till värmestress som påverkar hälsan. Symtom och värmerelaterade sjukdomar är överdriven törst, svettning, yrsel, illamående, huvudvärk, värmekramp, värmesynkope, värmeslag, värmeutmattning och till och med död. Den främsta anledningen till dödsfall på grund av övertemperatur är hypertermi (höjning av djupkroppstemperatur), uttorkning och bakomliggande hjärt-kärlsjukdom, sjukdom i andningsorgan, hjärtsvikt, KOL och psykisk sjukdom. Symptom är sådant som en person kan känna, men uttorkning och ökad kroppstemperatur är vanligen svårt att känna själv. Törst kan man känna men det är inte någon känslig indikator på uttorkning. Detta innebär att värmeböljor kan sägas vara en "tyst mördare" jämfört med andra naturkatastrofer som översvämningar eller stormar. Förutom den fysiska hälsan påverkar värmestress människors välbefinnande, arbetsprestation och livstillfredsställelse. Försämrade arbetsförmåga vid högre temperaturer rapporteras i en nyligen publicerad studie (Lan et al. 2021).

Även i länder med måttliga sommartemperaturer som Sverige kan värmeinducerade hälsoeffekter vara stora. Troligtvis beror detta på att personer vana vid nordiskt klimat är mindre erfarna av värme och inte har aklimatiserat sig till värme. Detta innebär att sårbarhet och dödligheten kan stiga redan vid lägre temperaturtrösklar.

2.3.2 Bedömning av värmestress

Det finns olika sätt att bedöma uppkomst av värmestress inomhus genom direkta mätningar, simulering eller uppskattning. Ett värmestressindex består ofta av ett enda värde som integrerar effekterna av de grundläggande faktorerna i människans termiska miljö så att variationer i termiska förhållanden kommer att påverka dess värde (Parsons 2014; Folkhälsomyndigheten 2018). Många värmestressindex har utvecklats under de senaste 80 åren. Två viktiga index som är internationella standarder för bedömning av värmestress och människans termiska fysiologiska reaktioner som eventuellt kan tillämpas på arbetsmiljöer inomhus är

- Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) och
- Predicted Heat Strain (PHS).

WBGT (SS-EN ISO 7243:2017) är ett värmestressindex som kan användas för att beskriva den termiska miljön för en individ. Det kan fungera som en screeningmetod för att fastställa om det finns (eller inte finns) värmestress. WBGT används för arbetsplatser både inomhus och utomhus. Ekvationen för WBGT baseras på mätningar av följande tre temperaturvariabler:

- T_a lufttemperaturen mätt med en avskärmd termometer (utan strålning men låter luft passera igenom),
- T_g globtemperatur, vilken är temperaturen inuti en svart glob (15 cm diameter) och representerar värmestrålningen, och

T_{nw} den naturliga våttemperaturen, som mäts med en våt strumpa över temperatursensorn och som representerar svettavdunstningens inverkan på värmeförlusten. Lufthastighetseffekt ingår i T_g och T_{nw} .

WBGT-ekvationen för inom- och utomhusmiljöer (utan solstrålning):

$$WBGT = 0,7 T_{nw} + 0,3 T_g$$

För utomhusmiljöer (med solstrålning):

$$WBGT = 0,7 T_{nw} + 0,2 T_g + 0,1 T_a$$

Tröskelvärdena för WBGT-index justeras för att ta hänsyn till klädsel (CAV, Clothing Adjustment Values). Det justerade indexet kallas $WBGT_{eff}$. För vanliga sommarkläder behöver WBGT-indexvärden inte justeras för kläders isolerförmåga, dvs. $CAV = 0$. Högre isolering hos kläder ger högre CAV värden.

$$WBGT_{eff} = WBGT + CAV$$

Den justerade WBGT-tröskelvärdet $WBGT_{eff}$ för acklimatiserade och icke-acklimatiserade personer uppdelat i tre klassificeringar av metabolisk värmeproduktion (fysisk aktivitetsnivå) som är relevanta för arbetsmiljöer inomhus så att kroppstemperaturen inte överstiger 38 °C på åtta timmars arbetspass (tabell 2.3).

Tabell 2.3 Rekommenderade $WBGT_{eff}$ tröskelvärdet (gränsvärden för värmeexponering) för acklimatiserade samt icke-acklimatiserade personer uppdelat i tre klassificeringar av metabolisk värmeproduktion som är relevanta för de flesta inomhusaktiviteter (SS-EN ISO 7243:2017).

Aktivitetsklass	Metabolisk värmeproduktion (W)	WBGT referensvärde för värmeacklimatiserad person (°C)	WBGT referensvärde för ej värmeacklimatiserad person (°C)
Klass 0 - Vila	115	33	32
Klass 1 - Lätt	180	30	29
Klass 2 - Måttligt	300	28	26

Predicted Heat Strain (PHS) (SS-EN ISO 7933:2004) är ett index för en detaljerad analytisk utvärdering av varma miljöer och relaterad termisk fysiologisk belastning som bygger på kroppens värmebalansekvation. Ökning av kroppstemperaturen och uttorkning är två kritiska fysiologiska reaktioner i värme. Modellen gör det möjligt att förutse svettförlust, djupkroppstemperatur och genomsnittlig hudtemperatur för en genomsnittlig person och beräkna tidsgränser för värmeexponering (Folkhälsomyndigheten 2018).

Direkt exponering i form av värmestress har väldokumenterade negativa hälsoeffekter, termiskt obehag och är ansvarigt för överdödlighet bland utsatta grupper (IOM 2011; White-Newsome et al. 2012).

En av de viktigaste faktorerna för att bedöma värmeböljornas hälsoeffekter är nattertemperaturen. Hur varmt det kan vara nattetid innan människor drabbas av värmestress? I en nyligen utkommen rapport från Folkhälsomyndigheten (2021b) beskrivs hälsokonsekvenser av klimatförändringar i Sverige. I rapporten finns ett avsnitt om värmeböljor och ett avsnitt om inomhusmiljöpåverkan. Höjda inomhustemperaturer vid värmeböljor kan påverka hälsan. Äldre och andra grupper som inte kan påverka sin omgivning är generellt extra sårbara. För personer med KOL som tillbringar huvuddelen av sin tid inomhus innebär exponeringen för hetta inomhus under årets varmaste månader en risk för ökad luftvägssjuklighet.

Varma nätter innebär för de flesta även sämre sömnkvalitet, och svårt att återhämta sig från värmestress under dagtid.

Den senaste kunskapssammanställning av Folkhälsomyndigheten (2022b) visade ökad dödlighet på grund av värmeböljor. Dock fokuserade rapporten främst på dödligheten. Värmestress, andra värmerelaterade hälsoeffekter, välbefinnande, termiska obehag, etc. omfattades inte av rapporten.

När inomhustemperaturerna tillåts vara höga påskyndas även passiv uppvärmning av kallvatten, vilket kan påverka skyddet mot legionella.

2.3.3 Hälsoeffekter av värmeböljor, sårbara grupper och åtgärder

Studier om hälsoeffekter av värmeböljor i Sverige visar en ökad känslighet vid höga temperaturer hos personer som är diagnostiserade med hjärtsvikt, diabetes eller psykiatrisk sjukdom samt personer som tidigare har haft en hjärtinfarkt. Barn har också identifierats som särskilt sårbara, vilket beror dels på att barns kroppar har en begränsad förmåga att reglera kroppstemperaturen, dels på att barn har sämre riskuppfattning (Folkhälsomyndigheten 2022b).

Värmeböljor är en av de främsta hälsoriskerna som ett förändrat klimat för med sig. Sommaren 2018 var det runt 700 extra dödsfall i Sverige jämfört mot tidigare somrar, och överdödligheten sågs endast i de äldre åldersgrupperna. Även värmerelaterade symtom och besvär rapporterades i befolkningen kopplat till den långvariga värmen (Folkhälsomyndigheten 2021b).

Sårbarheten hos förskolor, skolor, särskilda boenden och äldreboenden från värmeböljor kunde fastslås i en värmekartering i Norrköping somrarna 2017 och 2018 (Hjerpe et al. 2017; Hjerpe et al. 2018). Synergier mellan lokala klimatförändringar, energianvändning och energifattigdom, samt hälsorisker lyfter behovet att utveckla strategier för att mildra uppkomst av hälsoskadlig värme i både inomhus- och utomhusmiljöer i städer (Synnefa 2020).

Individuella faktorer som påverkar sårbarheten för värme inkluderar ålder, kön, graviditet, hälsotillstånd, vård och mediciner, lägre socioekonomisk status, etc. Patienter som vårdas på sjukhus, bor på vårdhem eller är sängliggande har alla en förhöjd risk att dö på dagar med temperaturer över vissa tröskelnivåer. En studie fann att dödligheten i Stockholm ökade med cirka 2 procent per grad hos personer som var 75 år eller äldre när temperaturen översteg en tröskelnivå på cirka 23 °C (Folkhälsomyndigheten 2022).

Det finns flera åtgärder som kan minska befolkningens känslighet för värme. På en samhälls nivå är kommunikation och information viktiga faktorer för en effektiv riskanpassning vid höga temperaturer. Värmevarningssystem och relaterade interventioner har haft skyddande effekt, och som följd en lägre värmerelaterad dödlighet. Ett vanligt råd som individer kan vidta är att vara uppmärksam på inomhustemperaturen (Folkhälsomyndigheten 2022).

Anställda inom hemtjänst och på äldreboenden i Sverige visade att de uppfattar värmeböljor som ett problem för brukarna men även för sig själva, p.g.a. ökad belastning. Boende i undermåliga bostäder tillhör riskgrupper som har högre risk under värmeböljor (Folkhälsomyndigheten 2022).

Folkhälsomyndighetens rapport (Folkhälsomyndigheten 2022) fokuserar på förhållandet mellan höga temperaturer och dödlighet eller sjuklighet, och inkluderar inte effekter av värmestress och inomhusklimat på termisk komfort, välbefinnande och arbetsprestation. Inomhusklimat, termisk komfort och kroppens värmebalans påverkas av fler faktorer än lufttemperatur (se kapitel 2.2.1).

2.3.4 Varningssystem för värmeböljor

De länder som drabbades hårdast av värmeböljan 2003, t.ex. Frankrike, Italien och Storbritannien, har infört varningssystem med tillhörande åtgärdsplaner som har minskat

värmens effekt på dödligheten. I t.ex. Italien har vården listor över känsliga personer som ska följas upp vid svåra värmeböljor. I Sverige finns varningssystem sedan några år och de fungerar. Verksamhetsutövare får vägledning till handlingsplaner och rekommendationer:

- Värmebölja (msb.se)
- Varningar och meddelanden (smhi.se)
- Att hantera hälsoeffekter Vägledning till handlingsplaner (folkhälsomyndigheten.se)
- Vägledning VÄRMEBÖLJA (lansstyrelsen.se)

WHO (2021) har identifierat ett antal komponenter som bör finnas i ett värmevarningssystem. Dessa är:

- Överenskommelse om vilken myndighet som är ansvarig samt en tydlig beskrivning av olika aktörers skyldigheter.
- Larmsystem med tydligt fokus både avseende målgrupp och tid.
- Informationsplan för hälso- och sjukvård.
- Särskild omvårdnad för sårbara grupper.
- Långsiktig stadsplanering.
- Realtidsövervakning.

Det finns applikationer på hemsidor och för smartphone (se kapitel 7.3.3) som kan användas som personliga varningsverktyg och råd för att hantera värmestress. Med kunskap om de 6 faktorerna lufttemperatur, luftfuktighet, lufthastighet, strålningstemperatur, aktivitetsnivå och klädsel ger de varningssignal och rekommendationer för äldre och barn.

Det pågående EU-projekt High Horizons kommer att vidareutveckla tidiga varningsverktyg för gravida kvinnor, spädbarn och småbarn och vårdpersonal ([Funding & tenders \(europa.eu\)](#)).

3 Förutsättningar för termisk komfort

I detta kapitel undersöks först vilka temperaturer som ligger till grund för dimensionering av byggnader. Därefter studeras orsaker till övertemperaturer och hur termisk komfort verifieras vid projektering. Det hela följs upp med ventilation och termiskt klimat sommartid och byggnadstekniska åtgärder som kan sänka temperaturen inomhus. Kapitlet avslutas med ett avsnitt om fönsters energibalans.

3.1 Dimensionerande temperaturer

3.1.1 Dimensionerande utetemperatur vintertid

Begreppet dimensionerande vinterutetemperatur, DVUT, används i BBR och finns definierat i SS-EN ISO 15927-5:2005 och används som ingångsvärde för att beräkna vilken värmeeffekt som det är rimligt att dimensionera värmesystemet för radiatorer vintertid. De krav som BBR anger på inomhusklimatet ska kunna uppnås vid en utetemperatur som är lika med DVUT. Värden på DVUT har beräknats av SMHI och baseras på att de underskrids högst 30 gånger på 30 år, eller i genomsnitt 1 gång per år. Här avses medeltemperaturer över 1 dygn, ej momentant uppmätta lufttemperaturer.

Vilken dimensionerande vinterutetemperatur som väljs beror i första hand på var i landet som byggnaden ligger. DVUT sjunker i regel ju längre norrut i landet som byggnaden placeras. DVUT är även mildare (varmare) för orter i kustnära läge jämfört med orter i inlandet på samma breddgrad. Det valda DVUT-värdet kan i andra hand väljas utifrån byggnadens förmåga att klara kortvarig kyla utan att inomhustemperaturen påverkas (byggnadens tidskonstant). Om värmelagringsförmågan är stor, lufttätheten är god och isoleringen god kommer en kortare köldknäpp inte att hinna kyla ned byggnaden. I detta fall tillåts att DVUT-värdet väljs som ett medelvärde av en köldknäpp som varar i flera dygn (motsvarande husets tidskonstant). Det kallaste värdet på DVUT som tagits fram motsvarar 1-dygnsmedelvärdet, dvs. medelvärdet av utetemperaturen under 24 h. För värmesystem som ska värma tilluften i ventilationsaggregat är tidskonstanten inte tillämplig eftersom luftens värmesystem påverkas direkt av utetemperaturen. Vanligtvis tillämpas temperaturen för den kortaste tidskonstanten eller en temperatur någon grad lägre.

SMHI genomförde, efter initiativ från Sveby och på uppdrag av Boverket, under 2016 en förnyad beräkning av DVUT för 310 olika orter i Sverige. Dessa värden är baserade på tidsperioden 1981–2010 och finns publicerade på Boverkets hemsida (Boverket 2017) och även hos Sveby (www.sveby.org). Arbetet är gjordes för samma orter och tidsperiod som de klimatfiler som togs fram för energiberäkningar (typår eller normalår) på uppdrag av Sveby (Karlsson & Andersson 2016). Under 2022 publicerade Sveby nya normalårsfiler för perioden 1991–2020 för samtliga Sveriges kommuner som bygger på nyare mätdata från SMHI. Nya värden på DVUT har dock inte publicerats.

Tabell 3.1 Dimensionerande VinterUteTemperatur DVUT baserat på temperatur 1981–2010. Framtaget av SMHI på uppdrag av Boverket 2016. Exempel för några utvalda orter.

Ort	Ortnr	Latitud	Longitud	1-dygn	2-dygn	3-dygn	4-dygn	5-dygn	6-dygn	7-dygn	8-dygn	9-dygn	10-dygn	11-dygn	12-dygn
Borlänge	102707	60,47	15,46	-20,7	-19,9	-19,3	-18,7	-18,3	-17,8	-17,3	-17,1	-16,9	-16,5	-16,3	-16,0
Gävle	102711	60,68	17,18	-17,2	-16,8	-16,0	-15,2	-15,1	-15,0	-14,5	-14,5	-14,4	-14,1	-13,9	-13,8
Göteborg	102201	57,67	11,96	-12,3	-11,9	-11,2	-10,9	-10,8	-10,8	-10,6	-10,5	-10,4	-10,0	-9,9	-9,7
Jönköping	102320	57,76	14,19	-16,0	-15,1	-14,6	-14,1	-13,6	-13,4	-13,3	-13,0	-12,8	-12,4	-12,1	-11,7
Kalmar	102307	56,68	16,35	-12,6	-11,8	-11,5	-11,1	-10,7	-10,5	-10,4	-10,0	-9,7	-9,5	-9,2	-8,9
Kiruna	102014	67,85	20,25	-30,0	-29,2	-28,5	-27,5	-26,5	-26,2	-25,7	-25,0	-24,7	-24,4	-24,3	-24,2
Malmö	102105	55,59	13,02	-10,2	-9,2	-8,7	-8,4	-8,4	-8,4	-8,2	-7,9	-7,5	-7,4	-7,2	-7,1
Stockholm	102612	59,28	18,04	-15,5	-14,9	-14,4	-13,7	-13,1	-12,8	-12,7	-12,4	-11,9	-11,9	-11,6	-11,4
Växjö	102311	56,88	14,79	-15,0	-13,8	-13,4	-13,0	-12,5	-12,5	-12,3	-12,1	-11,9	-11,5	-11,2	-11,0
Örnsköldsvik	102816	63,28	18,69	-23,0	-22,4	-21,2	-20,5	-19,9	-19,7	-19,2	-19,0	-18,7	-18,4	-17,9	-17,8
Östersund	102810	63,18	14,63	-24,6	-23,8	-22,9	-22,2	-21,1	-20,5	-19,7	-19,4	-18,5	-18,3	-18,0	-17,8

Vid dimensionering av värmebehovet i ett rum antas normalt att rummets uppvärmningssystem ska klara att hålla önskad rumstemperatur utan något som helst värmetillskott från personer, utrustning eller solinstrålning för det valda värdet på DVUT.

Som nämnts ovan beaktas byggnadens tidskonstant i beräkningen genom att värdet på DVUT kan väljas för det antal dygn som motsvarar tidskonstanten.

3.1.2 Dimensionerande utetemperatur för sommaren

I Sverige finns inget standardiserat förfarande för att ta fram en motsvarande dimensionerande utetemperatur sommartid eller sommarklimatdata för att dimensionera komfortkylsystem. Bristen på standardiserat förfarande gör att det blir upp till enskilda projektörer att välja relevant dimensionerande klimatförutsättningar.

Sommarfallet är också något mer komplicerat att standardisera då eventuellt kylbehov påverkas av en samverkan mellan luftens utetemperatur och solinstrålning i rum, samt inte minst, värmeavgivningen i rummet från personer och utrustning. Luftens relativa fuktighet, RF, spelar också in. Främst genom att den påverkar ett kylsystems förmåga att producera kyla då kyleffekten minskar när uteluften är fuktig. Kondensering värmer köldmediet. På liknande sätt som med dimensionerande vinterutetemperatur, bör det främst för bostäder (som idag inte har komfortkyla) finnas en dimensionerande utetemperatur för sommaren. Ett exempel är ASHRAE som för flera orter i många länder anger sannolikhet för olika höga utetemperaturer (ASHRAE climatic design conditions 2009/2013/2017 ashrae-meteo.info). Eftersom temperaturen inomhus kan simuleras med byggnadsmodeller som beskriver byggnaden i detalj, bör en utetemperatur kunna användas per ort utan att kompensering görs för tidskonstant eller annat i byggnadsutformningen.

Ett vanligt förekommande antagande är att dimensionera kylsystem för utetemperaturen 27 °C och RF om 50 %. Var detta krav kommer ifrån är oklart, men anekdotiska berättelser tyder på att den dimensionerande utetemperaturen för ca 20–25 år sedan höjdes från 25 till 27 °C efter många observationer om klagomål på inneklimatet.

De dimensionerande yttre klimatförutsättningarna används tillsammans med krav på högsta tillåten innetemperatur för att dimensionera kylsystem. I teorin innebär detta att om kravet på uteklimat är 27 °C och 50 % RF och om kravet på inneklimatet är maximalt 24 °C inomhus ska kylsystemet vara dimensionerat för detta. Om det blir ännu varmare ute tillåts att inneklimatet "glider med uppåt", dvs. att det även får bli varmare inomhus.

För verksamheter där kraven på funktion är extremt höga används ibland andra dimensionerande temperaturer, t.ex. ska operationssalar i Region Skåne dimensioneras för en utetemperatur om 29 °C och 60 % relativ fuktighet. Detta krav är ställt för att operationsverksamheten i princip aldrig ska behöva upphöra för att inneklimatet, och i förlängningen patientsäkerheten, inte kan garanteras.

3.1.3 Universellt termiskt klimatindex (UTCI) för uteklimat

Universellt termiskt klimatindex - UTCI - utvecklades baserat på en avancerad modell för människors temperaturreglering, med hänsyn till alla termiska klimatfaktorer, aktivitet och klädsel. UTCI använder meteorologiska data för att förutsäga utomhusklimatets inverkan på termisk komfort, termiska fysiologiska och perceptuella reaktioner (Jendritzky et al. 2012). UTCI:s ekvivalenta temperatur (°C) ger en endimensionell egenskap hos komplexa termiska miljöer som bestäms av lufttemperatur, värmestrålning, luftfuktighet och vindhastighet. Tillämpningen av UTCI för bedömning av utomhusvärmestress och resulterande kroppsvärmebelastning begränsas dock av den förmodade måttliga aktivitetsnivån (135 W/m², motsvarande gånghastighet vid 4 km/tim) med typiska kläder för urbana stadsmiljöer och den valda exponeringstiden på två timmar (Gao et al. 2018). Ett beräkningsverktyg för UTCI finns på webbplatsen <http://utci.org/> baserat på en förenklad version av modellen för människans värmereglering. Även om UTCI bygger på en avancerad och komplex modell är den mer begränsad till bedömningen av temperatur i utomhusmiljön (Havenith & Fiala 2016). Med simulering kan värden på UTCI beräknas i marknivå som klimatkartor på begränsade områden t.ex. vid stadsplanering för att se att

områden lämpar sig för sin tänkta aktivitet, t.ex. att utecaféer blir solbelysta och dragfria och platser för vila får platser med både sol och skugga.

Sedan 2020 har den europeiska klimattjänsten Copernicus tillhandahållit termiska komfortindex som härrör från ERA5 omarbetade data från European Centre for Medium-Range Forecasts (ECMWF 2021). ERA5 kombinerar modelldata med observationer (väderstationsdata) från hela världen för att ge en globalt komplett och konsekvent beskrivning av jordens klimat och dess utveckling under de senaste decennierna. Datauppsättningen ger en fullständig historisk rekonstruktion för en uppsättning index som representerar människans termiska komfort i utomhusförhållanden. Denna datauppsättning, även känd som ERA5-HEAT (Human thERmAl comforT), representerar nuvarande ”state-of-the-art” för produktion av bioklimatologiska data. Datauppsättningen är organiserad kring två huvudvariabler:

- medelvärdet av strålningstemperaturen (MRT)
- det universella termiska klimatindexet (UTCI)

Datauppsättningen omfattar för närvarande 1979 till nära nutid och utökas och uppdateras regelbundet när ERA5-data blir tillgängliga. Datauppsättningen med global täckning innehåller timdata med horisontell upplösning på 0,25 °C x 0,25 °C och är tillgänglig från [termiska komfortindex som härrör från ERA5-analys \(copernicus.eu\)](https://climate.copernicus.eu/termiska-komfortindex-som-haeror-fran-era5-analys).

3.1.4 Scenario för framtida uteklimat

Klimatförändringen ökar intensiteten och frekvensen av perioder med ovanligt höga (extrema) temperaturer i framtiden enligt den sjätte utvärderingsrapporten från FN:s klimatpanel IPCC (IPCC 2021). Inomhusklimatet som en del av byggsystemet påverkas av utomhusklimatet, särskilt för självventilerade byggnader (Nicol & Humphreys 2002; White-Newsome et al. 2012), vilket leder till direkta och indirekta konsekvenser för hälsa, komfort, prestanda och välbefinnande. En litteraturöversikt visar att förhållandet mellan utomhustemperaturer och inomhustemperaturer i icke-luftkonditionerade byggnader är komplext, beroende på interaktion mellan naturliga processer, tekniska system, byggnadsdesign, passiva kylåtgärder som solskydd, individuellt beteende och sociala system (Folkhälsomyndigheten 2018; Wierzbicka et al. 2018).

I samband med Klimat och sårbarhetsutredningen (SOU 2007:60) tog Boverket fram ett flertal rapporter om anpassning av byggandet till framtida klimat och dess påverkan på temperatur inomhus (Boverket 2007, 2009, 2010).

SMHI har nyligen publicerat information på sina webbsidor under rubriken *Framtidens klimat*. De har en enkel klimatscenariotjänst med framtidsscenarioer på länsnivå i Sverige. Där går det att se konsekvensen för lufttemperatur och nederbörd för några olika scenarion av klimatförändringar.

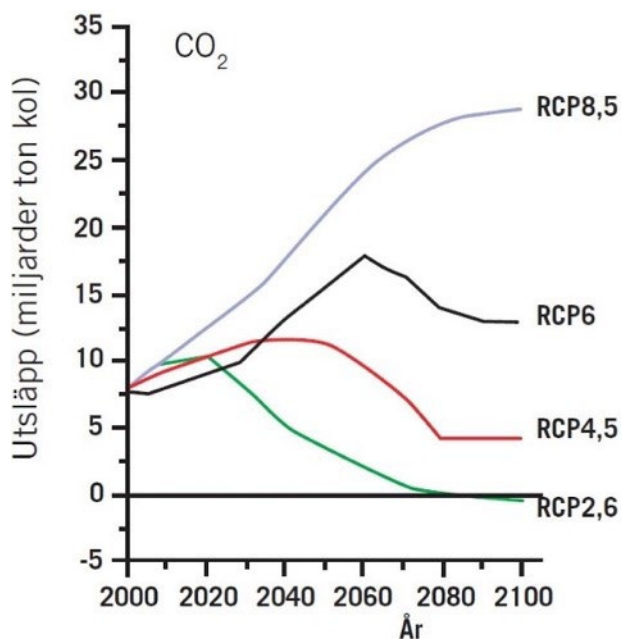
SMHI har också en *Fördjupad klimatscenariotjänst* som riktar sig till dem som planerar framtidens samhälle och behöver ta hänsyn till både långsamma klimatförlopp och extrema väderhändelser. Här ingår resultat från SMHI:s klimutforskning. Olika klimatscenarierna presenteras i form av kartor, diagram och nedladdningsbara data tillsammans med en vägledning som ger stöd för tolkning och användning. Framtida klimatdata som presenteras för olika län är temperaturindikatorer som medelvärde hos dygnets maxtemperatur, antal graddagar värme och kyla och antal tropiska nätter samt nederbördsindikatorer.

SMHI:s Fördjupade klimatscenariotjänst visar att klimatförändringen för Sverige innebär varmare somrar och vintrar. Det är de varmare somrarna som kan orsaka ohälsosamma temperaturer både utomhus och inomhus. Dygnets högsta temperatur de varmaste dagarna kan bli flera grader högre än idag. Antal högsommardagar, alltså dagar med högsta utetemperatur över 25 °C, kommer att öka från ett antal dagar per år till flera veckor med temperaturer över 30 °C. Långa perioder med höga utetemperaturer innebär att antal

tropiska nätter kommer att öka från någon enstaka natt idag till veckor. Den varma intensiva sommaren 2018 kan likställas med en normal framtida sommar och kan förekomma i slutet av seklet oavsett nivå av framtida utsläpp av växthusgaser, men sannolikheten att den förekommer är olika för olika väderparametrar och ändras med ökad klimatpåverkan en sommar utifrån beräknade medelvärden under en 30-årsperiod i slutet av detta sekel vid olika grad av klimatåtgärder för att minska utsläppen (Sjökvist, Abdoush & Axén 2019). År 2050 kommer klimatet i Stockholm bli liknande som Budapest idag (Bastin et al. 2019).

För att få fram information om framtida klimatscenarier och vilken utetemperatur, solinstrålning och luftfuktighet som ska användas vid dimensionering behöver utvecklingsscenario för utsläpp från förbränning av fossilt kol i atmosfären väljas, s.k. Representative Concentration Pathway (RCP), se figur 3.1. Hur stora de framtida utsläppen bedöms till beror på klimatmål och hur väl dessa uppfylls. Till exempel beskriver RCP 2,6 mycket stora ansträngningar att minska utsläppen och att de kulminerar år 2020 och scenariot ligger närmast ambitionerna i klimatavtalet från Paris. RCP 8,5 beskriver att utsläppen fortsätter och är mycket högre än i Paris-avtalet [SMHI klimatmodeller och scenarier](#).

En rekommendation är att använda data från scenario RCP 4,5 och 8,5 och jämföra resultaten mellan dessa (Argos Analytics 2017).



Figur 3.1 Olika scenarier för utsläpp av kol i atmosfären från fossil förbränning. Detta påverkar i sin tur utomhusklimatet (Källa: van Vuuren et al. 2011),

Framtida utsläpps utveckling, alltså RCP-scenario, och den tidshorisont som används ger olika utfall i utetemperaturhöjning. Det behövs dels ett expertutlåtande från t.ex. SMHI om vilket RCP-scenario som för närvarande är mest representativt och som ska tillämpas, dels att specifikt i byggprojekt bestämmer hur långt fram i tiden som byggnadens klimatsystem, i vilket ingår både klimatskärm med fasadlösning och installationssystem med ventilation, värme och komfortkyla, ska dimensioneras. SMHI:s fördjupade klimatscenariotjänst har tidsintervallen 2011–2040, 2041–2070 och 2070–2100.

Även om olika data för uteklimat kan erhållas för framtida klimat behöver dessa data tillämpas och översättas på ett lämpligt sätt för verifiering av byggnadens prestanda och termisk komfort, t.ex. med byggnadssimuleringsprogram. För t.ex. dimensionerande utetemperatur sommar behövs kännedom om tillgängliga data (höjning av medelvärdet hos dygnets maxtemperatur under perioden juni–augusti) som kan läggas direkt på en framtagen

dimensionerande utetemperatur för nuvarande statistiskt (historiskt) klimat. Till dimensionering behövs även framtida data på solinstrålning, molnighet, luftfuktighet och i vissa fall marktemperatur.

Vintrarna blir också varmare i framtiden vilket påverkar hur byggnaden ska klara att upprätthålla rumstemperaturen de kallaste dagarna, samt även energibehovet för uppvärmning under vintersäsongen. För att vara på säkra sidan bör dagens dimensionerande utetemperatur på vintern (DVUT) kunna tillämpas utan att underdimensionera värmesystem i framtiden.

Exempel på parametrar som behövs för dimensionering för framtida sommarfall:

- Dimensionerande utetemperatur vår, sommar, höst. De tre årstiderna har valts för att kunna beräkna termiska komforten med lägre solhöjd under vår och höst.
- Dimensionerande solinstrålning vår, sommar, höst.
- Dygnsamplitud
- Relativ fuktighet

Observera att det framtida klimatet förnärvarande inte kan delas upp mer precist under året enligt SMHI:s Fördjupade klimatscenariotjänst, och det kanske inte heller kan ställas krav på precisare indelning (t.ex. månadsvis) för så långa tidshorisonter och olika RCP-utveckling.

Förutom att simulera dimensionerande dag för sommar kan det också vara aktuellt att beräkna byggnadens termiska komfort och resulterande effekt- och energibehov för ett helt år med ett byggnadssimuleringsprogram. Byggnadens termiska respons och resulterade termiska komfort vid t.ex. höga utetemperaturer vid värmeböljor och perioder med tropiska nätter kan också vara av intressant för byggnader utan komfortkyla. Vid denna typ av byggnadssimuleringar behövs klimatdata för helår med timvis data. Den metod som brukar tillämpas är att framtida klimatdata tas fram genom att normalårsdata används som basår och klimatförändringarna läggs på dessa, så kallad morphing.

Det finns ett antal utländska tjänster där denna morphing utförs (t.ex. www.weathershift.com, CCWorldWeatherGen). Köp och nerladdning av dessa klimatfiler kan göras över internet och i filformat som är kompatibelt med några beräkningsprogram som är vanliga i Sverige. Basåret i dessa klimatfiler baseras på normalårsdata i IWEC eller EPW-filer med något oklara källor. Normalårsdata kan alltså avvika från byggindustrins branschstandard i Svebys normalårsklimatfiler (som baseras på SMHI-data) varför förändringen i en byggnads prestanda vid simulering med ett framtida klimat från en viss källa inte blir jämförbart mot normalårsklimat från SMHI. Framtida klimatdata från dessa källor kan alltså avvika vid jämförelse mot Svebys normalårsfiler som justeras med SMHI:s beräknade länsvisa klimatförändringar.

Sättet morphingen utförs på ger också påverkan i framtida klimatdata (Moazami, Carlucci & Geving 2017). Ett exempel på en enkel metod presenteras av Tsousoglou (2019) där Svebys branschstandard för klimatfil justeras med en framtida klimatförändring.

Den kunskap som efterfrågas för att ta fram framtida klimatscenarier för dimensionering och byggnadssimuleringar är så komplex att fastighetsbranschen och byggindustrin behöver stöd i framtagning av standardiserad framtida klimatdata som går att använda i bl.a. byggnadssimuleringsprogram. Arbetet kan liknas det som SMHI har utfört tillsammans med Sveby gällande standardiserade klimatfiler för normalår avsedda för energiberäkningar.

Behovet av att kunna framtidssäkra befintliga byggnadsbeståndet och byggnader i pågående och framtida projektering för att säkerställa en hälsosam inomhustemperatur bör vara lika prioriterat som att framtidssäkra andra områden inom byggandet som t.ex. kartering av översvämningsrisker, erosion och stigande havsnivåer.

3.1.5 Fastighetsägarens krav på inneklimat

Beställargruppen för lokaler, BELOK, har i en rapport om inneklimatkrav (BELOK 2015) formulerat en alternativ kravställning för inneklimatet sommartid som bygger på temperaturens varaktighet. Enligt BELOK får den högsta kravtemperatur (t.ex. sommartid) överskridas under 80 arbetstimmar på ett år, beräknat för ett normalår. Detta innebär att innetemperaturen måste beräknas för alla timmar på året, med interna värmetilskott och solinfall. Kravet gäller operativ temperatur.

I praktiken söks en kravformulering som ger bra drift av installationerna för de mer normala klimatförutsättningarna som gäller under 90–98 % av tiden och som inte ger upphov till alltför stor olägenhet under extrema situationer som inträffar mycket sällan. En grundläggande förutsättning för att kunna dimensionera byggnader är därför att veta **för vad?** eftersom det i stor omfattning bestämmer vilken typ av lösningar som kommer att krävas.

Upphandlingsmyndigheten har vägledning om krav på inneklimat. I dessa beaktas även effekter av ett förändrat klimat. Kraven är ett stöd till offentliga fastighetsägare och är utformade för att passa projekt för flerbostadshus och boenden, skolor, förskolor, idrottshallar, kontor och liknande lokaler. Kraven är utformade så att de går att använda i upphandlingar av olika typer av konsultuppdrag och entreprenader samt är utformade för nybyggnation och ombyggnation. Upphandlingsmyndigheten har även sådana krav på *Byggnadens värme- och energianvändning* ([webblänk](#)) samt på *Energi- och dagsljusutredning av fönster och glaspartier* ([webblänk](#)). I dessa krav tas även risker för övervärme och kylbehov, solvärmelast samt inneklimat med. Kraven ska alltså samspela och kunna användas tillsammans med myndighetens inneklimatkrav. Upphandlingsmyndigheten har även krav på och en vägledning för luftfilter.

I England gjordes en enkätundersökning i London (Overheating in homes, WSP 2016). Mer än 50 % skulle beakta risken för övertemperatur inomhus vid val av bostad. Med ett varmare framtida klimat blir övertemperaturer inomhus allt vanligare vilket kan leda till att byggnader som ofta blir varma blir oattraktiva.

3.1.6 Aktiva och passiva lösningar

Vid en maximal utetemperatur på 25 grader dagtid och 20 grader under natten fungerar passiva lösningar som vädring i kombination med effektiva solskydd bra. Är temperaturen varaktigt 30 grader behövs troligtvis aktiv kyla men det kanske räcker med passiv kyla från marken (om det inte gäller ett flerbostadshus) och med fläkt. Är det i stället 35 grader under längre tid krävs välutformade komfortkylsystem som kan tillföra kyla dragfritt. En del av lösningarna, som t.ex. solskydd, fungerar bra oavsett hur varmt det är ute medan fönstervädring bara fungerar när det är svalare ute än inne. Är det varmare ute än inne innebär fönstervädring i stället att rummen värms. (se även kapitel 4.2.1 om rumsfläktar)

3.1.7 Simulerad värmestress av ett flerbostadshus

I en studie av ett modernt miljöcertifierat flerbostadshus utfördes ett stress-test med ett framtida varmare klimat för att undersöka den termiska komforten och byggnadens energibehov (Tsaousoglou 2019). Byggnaden hade balkonger utmed hela fasaderna vilket innebar skuggning för solvinkel större än 38 grader. Fönstrens areaandel i fasader var mellan 60–70 % mot söder och ca 50 % mot norr. Fönstren hade invändig solavskärmning. Byggnaden simulerades med fönstervädring och öppningsgrad 50 %. De var möjligt att öppna fönsterna eftersom det fanns balkonger utmed hela fasaderna.

Byggnaden analyserades genom byggnadssimulering i ett klimat 2070 och utsläppsscenario RCP 4,5. Modellen var uppbyggd med rum som separata zoner och med öppna dörrar mellan rummen. Svebys klimatfil för normalår justerades genom att utetemperaturen höjdes 2 °C mellan juni och augusti, och 5 °C mellan november och februari enligt SMHI:s

scenarier för framtida klimat. Mellan sommar och vinterperioden ändrades utetemperaturen linjärt.

Antal högsomardagar (dagar när högsta utetemperaturen är 25 °C eller mer) ändrades det tillämpade normalåret 1981–2010 från 4–6 dagar till ca 35 under perioden 2041–2070 och värmeböljas längd på ca 20 dagar (ökade antal högsomardagar och värmeböljas längd är mer likt RCP 8,5, förf. kommentar)

I normalårsklimat beräknades operativa temperaturer till strax under 26 °C i flera rum och som mest 13 h över 26 °C i något rum. PPD (andel personer missnöjda med termiska komforten) under sommaren beräknades till strax under 10% i utvalda rum vilket betyder att byggnaden uppfyller betyg Guld för termiskt klimat sommartid enligt certifieringskrav för Miljöbyggnad.

I ett framtida klimat beräknades den operativa temperaturer från 27 och strax över 28 °C i flertalet rum och antal timmar över 26 °C beräknades till ca 500. Rum mot norr klarade sig bättre och nådde en temperatur strax under 26 °C. Detta visar på den stora betydelsen av att placera sovrum mot norr. Enligt Folkhälsomyndighetens Allmänna råd om temperaturer inomhus (FoHMS 2014:17) tillåts över 26 °C endast kortvarigt och över 28 °C tillåts ej. PPD beräknades till 23 % i flertalet rum och certifieringskrav skulle därmed inte uppfyllas i framtiden. Energibehovet för uppvärmning minskade ca 40 % i det simulerade framtida klimatet, och byggnadens energibehov beräknat enligt BBR minskade ca 18 %. Det kan alltså finnas ett utrymme för komfortkyla utan att öka energibehovet beräknat enligt BBR.

3.1.8 Reflektion om dimensionerande temperaturer

Dagens krav på nya byggnader baseras på hur uteklimatet varit. Ett flerbostadshus, en skola eller ett äldreboende har en livslängd på kanske ett hundra år och det är rimligt att redan vid produktionen ta hänsyn till förväntade framtida klimatförändringar eftersom det kan vara mycket svårt och kostsamt att åtgärda byggnaden i efterhand. De tekniska systemen har kortare livslängd men det kan fortfarande förväntas att klimatet redan under deras livslängd kommer förändras så mycket att byggnadens system behöver kompletteras eller förändras. Det kan behöva vara möjligt att komplettera med större kylsystem i framtiden.

En del system går bra att kombinera medan andra är svåra eller direkt olämpliga att använda tillsammans. Några systemtyper går att använda till flera funktioner, till exempel kan ett rörsystem transportera vatten av olika temperatur, medan andra har begränsad kapacitet vilket innebär att har man dimensionerat systemen utan att ta hänsyn till framtida klimat är det omständligt eller kan vara nästan omöjligt att ändra i efterhand. Med tanke på de osäkerheter som råder kring framtida väderscenarion skulle man kunna utgå ifrån att dimensionera för det värsta tänkbara scenario. Detta kan dock innebära initialt högre kostnader och utökat utrymme för systemen.

3.2 Orsaker till övertemperatur i byggnader

Det finns tre huvudsakliga källor eller orsaker till övertemperatur inomhus och när dessa är höga samtidigt blir effekten ofta höga temperaturer inomhus. Dessa är

- Solinstrålning som kan bidra med över 800 W/m² mot utsidan av glasytan (vid stora glasytor och/eller stora internlasten även vid lägre W/m²)
- Värmealstring från personer, utrustning och belysning i rummet.
- Utomhustemperaturen

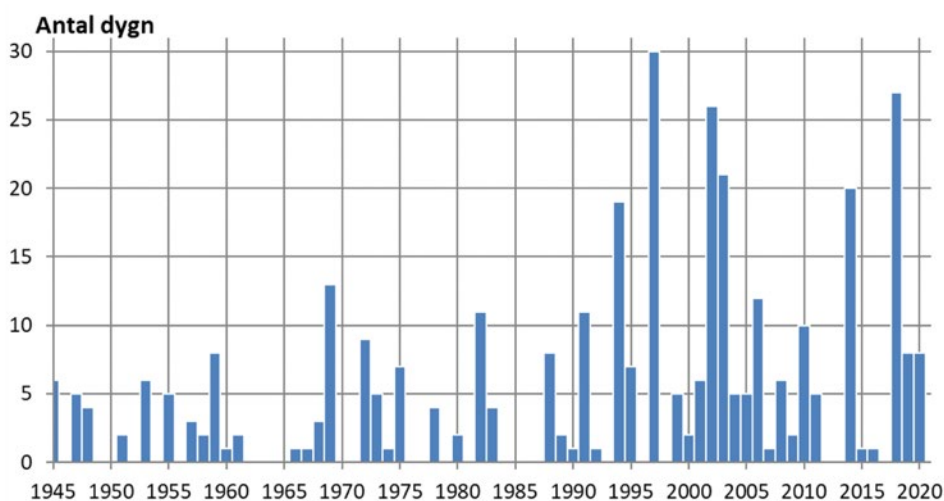
De två första påverkas inte nämnvärt av framtida klimatförändringar och påverkan kan minskas genom olika tekniska lösningar, till exempel solskydd och energieffektiv utrustning och belysning.

Utetemperaturen och lokala värmeöar kommer att förändras på grund av klimatförändringar och stadsutveckling (Hosseini et al. 2022) vilket påverkar byggnader på två olika sätt. Dels att klimatskärmen blir varmare – men effekterna av det på inomhus-temperaturen är ofta mycket begränsad i välisolerade klimatskärmar under förutsättning att solinstrålningen är låg eller måttlig. Är det solinstrålning genom stora oskyddade fönsterpartier, kan värmen ha svårt att lämna byggnaden om byggnaden är väl värmeisolerad. I Norrköpings kommun genomfördes en värmekartering i utsatta områden somrarna 2017 och 2018. Den högsta dagstemperaturen var cirka 10 grader högre på en gata utan träd jämfört med en gata med träd (Hjerpe et al. 2017).

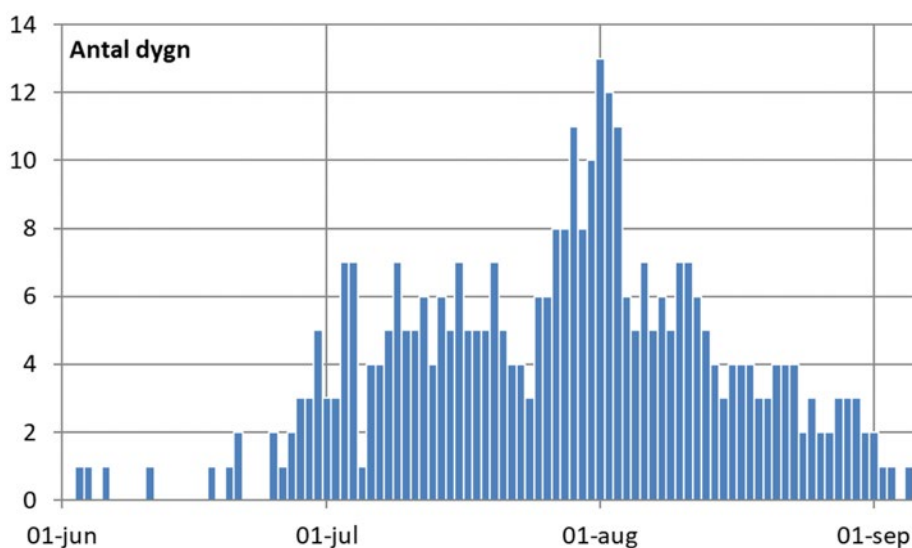
Modern arkitektur tenderar att designa hus med stora fönster eller glasväggar i söderläge, något som blir problematiskt under varmt väder då glas ger en ökad värmebelastning från solinstrålning (Lundgren-Kownacki et al. 2019). Det finns farhågor om att energieffektiva bostäder lätt överhettas på grund av lufttäthet och tjockare isolering, vilket minskar möjligheten att bli av med värme utan luftkonditionering (Nazaroff 2013; Ortiz et al. 2020). I England har det rapporterats om problem med övertemperaturer sommartid i lågenergihus p.g.a. dess höga grad av isolering (Zero Carbon Hub 2016). Stora solbelastade glaspartier tillsammans med välisolerade byggnader ger en förstärkande effekt till övertemperatur inomhus.

Det är alltså inte så att klimatskärmen invändigt blir speciellt varm på grund av att det är varmt utomhus så länge man vädrar på rätt sätt. Vädring kan endast bidra till att sänka innetemperaturen vid vädring när det är kallare ute än inne. Det hjälper alltså inte att vädra när det är varmare eller lika varmt utomhus. Då finns det inget enkelt sätt att kyla byggnader passivt. Även om varma dagar inträffat tidigare i Sverige brukade det då vara svalt på nätterna och byggnaden kan då kylas genom nattvädring eller nattventilation.

De senaste 20 åren har antalet tropiska nätter ökat betydligt vilket innebär att byggnaderna blir svåra att kyla ned och att värmen fortsätter ackumuleras i byggnadsstommen från dag till dag. En tropisk natt definieras av SMHI som en natt då lufttemperaturen aldrig understiger 20 grader. Tropiska nätter är speciellt bekymmersamma eftersom de har stor inverkan både på sömn och på hälsa. Se figur 3.1 och 3.2.



Figur 3.1 Antal tropiska dygn per år i Sverige under perioden 1945–2020. Av praktiska skäl är diagrammet baserat på dygnets minimitemperatur i stället för nattens minimitemperatur, vilket dock inte påverkar helhetsbilden. Källa: SMHI 2021.



Figur 3.2 Antalet tropiska dygn i Sverige för olika datum under perioden 1945–2020. Diagrammet är baserat på dygnets minimitemperatur i stället för nattens minimitemperatur, vilket dock inte påverkar helhetsbilden. Källa: SMHI 2021.

3.3 Verifiering av termisk komfort vid projektering

Vid projektering av bostäder, äldreboenden, skolor och andra byggnader där komfortkyla är ovanligt utförs vanligtvis inte några termiska simuleringar eller annan verifiering av risk för övertemperatur. Anledningen är att det inte finns några krav på verifiering i samband med bygglov eller startbesked. En annan anledning är att mycket få byggherrar har egna krav på maximal temperatur sommartid. Det är också svårt att veta vad som är mest relevant, temperatur en viss timma, dag eller vecka. BBR anger ingen gräns för övertemperatur och Folkhälsomyndighetens allmänna råd ska tillämpas först vid utredningar. Undantag är de projekt som certifieras enligt Miljöbyggnad där det ställs krav på både verifiering av termisk komfort och maximal solinstrålning (solvärmelasttal). Det är just i nämnda byggnadstyper som risk för övertemperatur kommer att finnas i framtida varmare klimat under årets varma period och att det där är angeläget att det finns temperaturkrav. Även om t.ex. skolor är stängda under sommarlovet kan skolor bli värmebelastade under vår och höst p.g.a. solinstrålning. Skolor kan också vara öppna under sommarlovet för fritidsaktiviteter.

3.4 Ventilation och termiskt klimat sommartid

Ventilationssystemets primära uppgift är att hålla rumsluften ren från olika typer av föroreningar men ventilationen har också en viktig funktion för det termiska klimat som skapas i rummen. Storleken på ventilationsflödet bestäms av hur mycket föroreningar som genereras och som ska föras bort för att hålla gränsvärden på luftkvaliteten. WHO:s riktlinjer för formaldehyd är $0,1 \text{ mg/m}^3$. Principen för alla ventilationssystem är att frisk luft ska tillföras de rum där människor vistas. Om byggnaden används som arbetsplats, Under den tid som arbete pågår ska arbetsplatser inomhus ha en tillfredsställande luftkvalitet i vistelsezonen. Luften ska, så långt som möjligt, vara fri från föroreningar som kan vara skadliga för hälsan eller ge besvärande lukt enligt Arbetsmiljöverket föreskrift AFS2020:1. I bostäder är det vardagsrum och sovrum, i lokalbyggnader är det t.ex. de rum eller på de platser där personer utför arbete. Den förorenade luften ska sugas ut från de rum med föroreningar som man inte vill ska spridas i bostaden eller lokalbyggnaden, dvs. kök, badrum, WC, tvättstuga, kopieringsrum, förråd, korridorer etc.

Storlek på ventilationsflöde i bostäder

I bostäder är det i huvudsak fukt och lukt som avgör storleken på ventilationsflödet. Myndighetskravet på lägsta uteluftsflöde är $0,35 \text{ l/s,m}^2$ (kan jämföras med kravnivåer enligt SS-EN ISO 16798-1:2019). I vissa bostäder (främst i mindre lägenheter) blir det

dimensionerande luftflödet större baserat på antal rum med frånluft dvs. kök och våtrum. Det största av dessa två anses räcka till för att ventileras bort andra föroreningar som lukt, partiklar, matos och emissioner från ny inredning och möbler. Tillfälliga belastningar som att flera personer befinner sig i bostaden löses med fönstervädring.

Exempel: En lägenhet på 50 m² med kök och ett badrum behöver enligt myndighetskravet ventileras med minst 17,5 l/s i uteluftflöde (50 * 0,35).

Det finns inga myndighetsregler för storlek på frånluftsflöden men det finns väl beprövade frånluftsflöden som i det här fallet ger cirka 25 l/s (10 l/s i kök och ca 15 l/s i badrum). I exemplet med denna lägenhet kommer frånluftsflödet att bestämma det totala ventilationsflödet.

Ventilation och kylning i bostäder

Oavsett ventilationssystem är ventilationsflödena oftast så låga i bostäder och äldreboenden att det är osannolikt att temperaturen inomhus ska kunna sänkas tillräckligt via normal ventilation när det är varmt och soligt ute. En bostad som ventileras med 25 l/s kan teoretiskt kyla bort omkring 350 W värme om tilluftstemperaturen kan kylas till 10 grader under rumstemperaturen, se kapitel 5 och figur 5.1. En solig dag kan värmelasten inklusive personvärme lätt bli flera gånger högre än den normala värmelasten. Ventilationsflödet skulle hypotetiskt behöva ökas 3 gånger för att kyla tillräckligt vilket innebär stora kanaler och fläktar. Ökat flöde innebär även mer ljud från ventilationen. Ventilationen i en bostad räcker alltså inte ensamt som teknisk lösning för att hålla nere rumstemperaturen soliga dagar.

Ventilation och kylning i lokaler

I lokaler är det interna värmetillskottet betydande: mer belysning, fler personer och många elapparater som alla avger värme. Lokalbyggnader har också ofta mer uppglasade fasader än bostäder och därmed blir också solvärmetskottet betydande. Att välja system för att föra bort värmeöverskottet kräver noggrann analys eftersom det blir tekniskt komplicerat.

Ventilationsluften som behövs av hygieniska skäl kan bidra till att hålla nere lufttemperaturen inomhus eller så kan ventilationssystem i sin helhet anpassas för att kombineras till ett ventilations- och komfortkylsystem, se även kapitel 5.

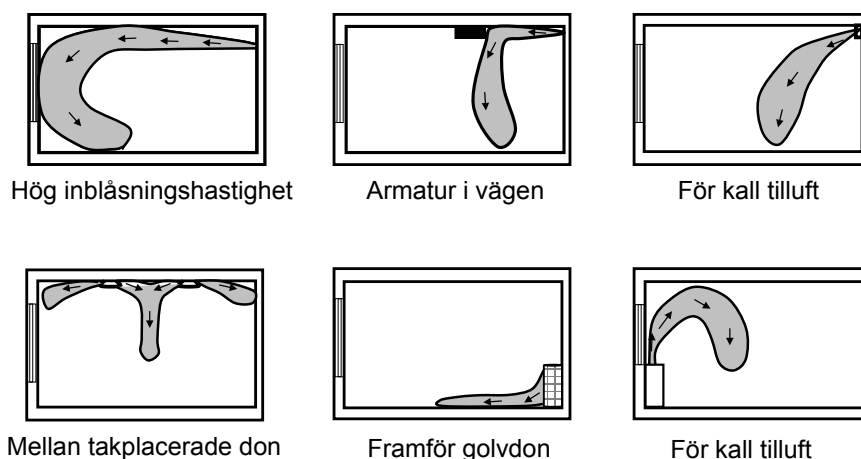
I skolor, förskolor, kontor, samlingslokaler etc. är det normalt det antal personer som ska vistas i respektive rum som avgör det lägsta accepterade ventilationsflödet.

Enligt Arbetsmiljöverket ska luftflödet under den tid som arbete pågår vara minst 7 liter uteluft per sekund och person, med ett tillägg av minst 0,35 l/s, m² golvyta (AFS 2020:1 112§). I andra lokaltyper som laboratorier, sjukhus, verkstäder, lättare industrier är det förekomsten av andra föroreningar som är avgörande. Ofta behövs processventilation i kombination med allmänventilation för att luftkvaliteten ska uppfylla kraven enligt Arbetsmiljöverkets gränsvärden som avgör lägsta accepterade storleken på ventilationsflödet. Storleken på ventilationsflöde och luftomsättning i lokaler är därmed betydligt större än i bostäder.

Risken för drag orsakad av ventilationen i bostäder och lokaler

Ventilationssystemet påverkar det termiska klimatet i form av drag som i sin tur beror på tilluftstemperatur, storlek på luftflöde, hastighet på tilluften och placering av tilluftsdon eller uteluftsventiler, se figur 3.3 som visar exemplet för ett rum i en till- och frånluftsventilerad byggnad.

I bostäder som ventileras med självdrags- eller frånluftssystem är risken stor för drag kring uteluftsventiler vintertid. Trots att radiatorerna vid uteluftsventilerna är dimensionerade för att kunna värma ventilationsluften så blir det ofta dragigt under vintern. Sommartid förekommer inga klagomål på drag.



Figur 3.3 Exempel på hur tilluften kan orsaka drag i vistelsezonen i till- och frånluftsventilerad byggnad. Källa: Warfvinge och Dahlbom 2010.

Lufthastigheten tillåts vara högre på sommaren eftersom acceptansen för högre lufthastighet ökar vid högre rumstemperaturer. Detta stämmer så länge som tilluften inte är alltför undertempererad jämfört med rumsluften. Problem med drag är alltså större under den kalla årstiden än vid varmt väder.

3.4.1 Självdragssystem och termiskt klimat sommartid i bostäder

Det finns fortfarande många bostäder i Sverige som ventileras med självdragssystem. Ventilationsluften tas in genom uteluftsventiler placerade i ytterväggen eller i fönster och frånluften evakueras i murstockar med separata kanaler från respektive kök och våtrum.

I en självdragsventilerad byggnad kommer ventilationsflödet att variera över året. Under vintern när det är stor temperaturskillnad mellan ute och inne kommer ventilationsflödet att vara stort på grund av termiska krafter. Sommartid är den termiska drivkraften mycket liten i hela huset och därmed också ventilationsflödet och luftväxlingen. Utöver den termiska kraften påverkar också vind och vindriktning ventilationsflödet – ibland till att öka och ibland till att minska ventilationen.

Ett sätt att ta hand om ventilation när den termiska kraften är för liten är att använda fläkthjälpstärkt självdrag som innebär att självdragssystemet är kompletterat med en hjälpfläkt placerad utomhus på krönet av murstocken (Ekberg et al. 2022). Fläkten startar när den termiska drivkraften är för låg och kan på så sätt upprätthålla ventilationsflödet under den varma årstiden.

Kännetecknen för termiskt klimat sommartid i bostäder med självdragssystem:

- Lågt ventilationsflöde.
- Inte möjligt att kyla den tillförda ventilationsluften.
- Små möjligheter till svalkande drag på grund av litet ventilationsflöde.

3.4.2 Frånluftssystem och termiskt klimat sommartid i bostäder

Frånluftssystem är ett av de vanligaste ventilationssystemen för flerbostadshus i Sverige. Ventilationsluften tas in genom uteluftsventiler placerade i ytterväggen eller i fönster, dvs. som i ett självdragssystem. I ett frånluftssystem kan dock uteluftsventiler placeras bakom radiatorer som på sätt förvärmer uteluften vintertid och därmed minskar risken för drag. Frånluften evakueras från kök och våtrum via frånluftskanaler. Dessa kan vara gemensamma för flera rum och lägenheter. En frånluftsfäkt säkerställer att ventilationsflödet blir tillräckligt stort året runt.

Ventilationen i byggnader med frånluftssystem påverkas i mindre utsträckning av temperaturskillnaden mellan ute och inne eller hur det blåser. Fläkten kan kompensera för ändringar i den termiska drivkraften och ventilationsflödet blir det samma oavsett lägenhetens placering och oavsett årstid.

Vädning kan slå ut ventilation i andra rum i F-system då all frånluft kan komma från ett öppet fönster. Då kommer inte den normala luftomsättningen mellan rummen att fungera.

Kännetecknen för termiskt klimat sommartid i bostäder med frånluftssystem:

- Säkerställd ventilation sommartid oavsett lägenhetens placering.
- Tillförd ventilationsluft håller samma temperatur som uteluften.
- Inte möjligt att kyla tillförd ventilationsluft. (varma fasader kan värma tilluften beroende på placering och utformning av tilluftsdon och uteluftsventiler)

3.4.3 Till- och frånluftssystem och termiskt klimat sommartid i bostäder

I bostäder med till- och frånluftssystem tas uteluften in centralt i byggnaden för att filtreras och eventuellt värmas. Via tilluftskanaler fördelas luften till vardagsrum och sovrum där den tillförs via tilluftsdon. Ventilationsluften evakueras precis som i ett frånluftssystem i kök och våtrum genom gemensamma frånluftskanaler till ventilationsaggregatet där värmen i frånluften kan återvinnas och den återvunna värmen användas till att värma tilluften. Ventilationsaggregatet är oftast placerat antingen på vinden eller i källaren. Oavsett om ett flerbostadshus har centralt aggregat eller lägenhetsaggregat så finns det normalt i varje aggregat en tilluftsfäkt, frånluftsfäkt, värmeåtervinning och luftvärmebatteri.

I praktiken kan den här typen av ventilationsaggregatet i bostäder byggas om eller kompletteras så att tilluften kan hålla lägre temperatur än uteluften. Till exempel kan värmeåtervinningen utnyttjas för sänka tilluftstemperaturen under sommaren när frånluftstemperaturen är lägre än utetemperaturen. Ett annat alternativ är att cirkulera kall luft med luft-luftvärmepump, eller kyla tilluften med kallt vatten från borrhål om byggnaden har bergvärme för uppvärmning.

Kännetecknen för termiskt klimat sommartid i bostäder med till- och frånluftssystem:

- Säkerställd ventilation oavsett lägenhetens placering.
- Tilluften håller normalt minst samma temperatur som uteluften. Tekniskt är det möjligt att kyla ventilationsluften i ventilationsaggregatet så att tilluften blir undertempererad jämfört med rumsluften.
- Tilluftstemperaturen kan inte sänkas allt för mycket på grund av dragriskerna. I kombination med låga ventilationsflöden i befintliga bostäder blir kyleffekten begränsad.
- Risk att olycklig placering av luftintag tar in varmare uteluft.

3.4.4 Till- och frånluftssystem och termiskt klimat sommartid i lokaler

Till- och frånluftssystem är den vanligaste typen av ventilationssystem i lokalbyggnader, dels för att det är möjligt att tillföra stora luftflöden dels för att det är möjligt att återvinna värmen i frånluften för att minska energianvändningen.

Lokalbyggnader är generellt sett bättre förberedda för att klara framtida höjd utetemperatur än bostadsbyggnader. De befintliga systemen i lokalbyggnader har teknik för att antingen öka ventilationsflöden eller sänka tilluftstemperaturen. De byggs även ofta med en viss överkapacitet i ventilationssystemet för att vara flexibla för en möjlig framtida ändring av rumsindelning.

3.4.5 Lokaler med stora behov – bad och simanläggningar

Bad- och simanläggningar är en typ av anläggningar som har stora risker avseende inneklimatet att hantera specifikt avseende luftens halt av hälsofarliga ämnen så som bland annat trikloraminer. Hälsoriskerna föreligger inte minst för de som arbetar inom anläggningarna men även för besökare.

Upphandlingsmyndigheten har tagit fram krav avseende bad- och simanläggningar som också täcker inomhusklimat med krav som berör bland annat klimatzoner, golvtemperatur, dimensionering av luftflöden, ventilation av tekniska utrymmen, mätning av fritt klor med fler krav. Kraven beaktar även Folkhälsomyndighetens och Socialstyrelsens regler och rekommendationer. Kraven är stöd till byggande av bad- och simanläggningar och stödet omfattar bland annat problematiken med inomhusklimatet. [webblänk](#).

3.5 Byggnadstekniska åtgärder som kan sänka temperaturen inomhus

I det här avsnittet beskrivs några byggnadstekniska hänsyn som kan tas för att minska risken för övertemperaturer inomhus.

3.5.1 Fasader och ytterväggar

Värmetransporten genom en vägg är inte speciellt stor under sommaren. Anledningen till detta är dels att fasaderna i svenska byggnader ofta är välisolerade, dels att temperaturskillnaden mellan ute och inne är liten. Vad som kan påverka är färgen på fasaden. En mörk fasad absorberar solvärme och kan bli mycket varm. Temperaturer över 80 grader förekommer. Denna värme kan värma rum innanför om byggnadsdelen är dåligt isolerad men framför allt kan den värma luften på utsida fasad vilket gör att effektiv vädring försvåras. Även om man inte vädrar kan denna värme komma in genom uteluftsventiler eller andra öppningar i fasad. En annan viktig egenskap är väggens massa. En tung betongvägg kan lagra en hel del energi. Detta kan vara både positivt och negativt. Vid en kortvarig värmebölja kan stommen hjälpa till att kyla rummet både dag- och nattetid men efter en lång värmebölja blir stommen så varm att den i stället kan värma rummet och det blir svårare att få ner temperaturen nattetid.

En analys i ett tidigt skede av klimatanpassad design för flerfamiljshus under framtida klimatscenario för att tillåta termisk komfort och minimal energianvändning visar att öppna frågor kvarstår för design när det gäller korrekt val av kylbelastning, ytterligare utrymme för framtida installation och effektiviteten av nuvarande kylanordning, etc. Värmeböljor och gradvis stigande luftfuktighetsnivåer förväntas vara ett sårbart problem för konventionellt lättviktsbygge i Stockholm. Byggnader med en tung värmebelastning tenderar att ha större kylbehov, särskilt de med dåliga ventilationsresurser eller större interna värmevinster. Det föreslås att optimering av klimatskärmen, oavsett klimattyp, är en av de mest effektiva och effektiva anpassningsåtgärderna till framtida klimatförhållanden (Shen 2020).

3.5.2 Tak

På samma sätt som fasader har tak relativt liten inverkan på temperaturen inomhus. Vad man ska tänka på är att ouppvärmade självdragsventilerade vindar kan bli varma sommartid och att de kommer bli ännu varmare i samband med framtida klimatförändringar. Detta kommer att påverka de rum som vetter mot dessa utrymmen men också eventuell teknisk utrustning som placeras på vind, t.ex. ventilationsaggregat, ventilationskanaler och styrutrustning. En kallvind kan på sommaren värmas upp så mycket att den påverkar kanaler för utelufts- och tilluft som vanligtvis inte är speciellt välisolerade vilket kan göra att luft i kanaler på vinden under det varma taket får höga temperaturer (Ekberg et al. 2022).

Att ersätta takbeläggningar med ljusa eller reflekterande material har en mycket begränsad inverkan på temperaturen inomhus (Björk 2005).

3.5.3 Balkonger

Balkonger är en viktig komponent för att undvika övertemperatur sommartid. I princip alla nybyggda flerbostadshus, både hyresrätter och bostadsrätter har balkonger och även en betydande del av de befintliga flerbostadshusen i Sverige har balkonger. Ofta placeras balkonger i söderläge vilket innebär att de reducerar solinstrålningen avsevärt, speciellt sommartid. Även om balkongerna är placerade i väster och öster reduceras solinstrålningen men inte lika effektivt eftersom solen står lägre på himlen när den står i öster eller väster. Av samma skäl är balkonger mot öster och väster (och även södervända) något mindre effektiva i norra Sverige eftersom solhöjden är lägre p.g.a. den höga latituden. Nyttan minskar med minskande solvinkel. Därför är nyttan större i södra Sverige.

Den andra fördelen med balkonger är att de tillåter en kontrollerad, trygg och effektiv vädring. I princip kan balkongdörrar ställas upp helt utan att orsaka problem med säkerhet och trygghet. En konventionell balkongdörr har en bruttoarea på omkring 2 m² och även vid måttliga vindhastigheter kan denna öppningsarea ge betydande ventilationsflöden. De är dessutom reglerbara och går att låsa i valfri öppningsvinkel. Balkongen skyddar även ganska bra mot regn vid vädring med öppen dörr eller fönster.

En nackdel med vädring genom balkongdörrar jämfört med vädringsfönster är att de inte kan filtrera luften vilket kan ge nedsmutsning och som med all annan vädring reduceras klimatskärmens ljuddämpande förmåga. Moderna balkongdörrar har ofta stora glasningar vilka kan ge upphov till onödig solinstrålning om dessa inte förses med solskyddsglas eller utförs så att mellanglaspersiennor kan monteras. Balkongdörrar är svåra att komplettera med solskydd då de är vindutsatta och det lätt uppstår oljud. Effekten av skuggningen från balkonger kan förbättras genom växter och spaljéer och många gånger är moderna balkonger så stora att de går att sova på om det är allt för varmt inomhus. Förutom alla dessa fördelar med balkonger går de dessutom att använda för att placera utedelar för kylmaskiner på, detta kan dock innebära andra olägenheter som t.ex. buller.

Inglasade balkonger kan ha samma fördelar som konventionella balkonger men beroende på utformningen kan de bli väldigt varma. Nackdelen med detta är att i stället för att vara en möjlighet till vädring värmer de innanför liggande rum. Alternativ till balkonginglasningar kan vara mer luftgenomsläppliga och solskyddande gardiner (se figur 3.4).



Figur 3.4 Exempel på balkonger med solavskärmade screenvävar, eller vertikalmarkiser. Från stadsdelen Erlenmatt i Basel, Schweiz. (Foto: Helena Bülow-Hübe).

3.5.4 Loftgångar

Loftgångar innebär problem både avseende inneklimat och energianvändning. Dörrarna till lägenheterna punkterar klimatskärmen då alla ytterdörrar leder direkt in till den uppvärmda bostaden vilket innebär betydande drag och värmeförluster vintertid varje gång man öppnar dörren (jämfört med ytterdörrar i flerbostadshus som öppnas mot trapphus).

Moderna dörrar har fortfarande avsevärt sämre isolerförmåga jämfört med moderna ytterväggar och är ofta sämre än fönster. Dörrar kan med tiden också bli ganska otäta vilket leder till problem med kallstrålning, kallras och drag. Det stora problemet ur ett termiskt perspektiv är att loftgångar innebär otrygghet vilket gör det svårt att vädra med hjälp av fönster eller dörrar som vetter mot loftgång. Även när loftgångshus har balkonger på motsatta sidan blir det svårt att i praktiken skapa tvärdrag genom lägenheter på grund av ovilja att låta fönster och dörrar vara öppna mot loftgången. En positiv egenskap ur ett termiskt perspektiv är att loftgången skuggar effektivt, men eftersom de ofta placeras mot norr eller mot andra byggnadskroppar ger detta ofta liten inverkan på solinstrålningen. Den stora skillnaden är att loftgångarna kraftigt reducerar mängden dagsljus.

3.5.5 Solavskärmning

Solavskärmning eller solskydd används för att minska solinfallet genom glas och därigenom minska risken för övertemperaturer orsakade av solinstrålning. Därmed nås en bättre termisk komfort utan att behöva tillföra kyla. Solskydd kan även ha en funktion nattetid där strålningsförlusterna minskar. Solskydd är ofta ett bra sätt att minska kyleffektbehovet och maxtemperaturen som nås varma dagar. Studier visar att solskydd är en av de effektivaste passiva åtgärderna att hålla nere temperaturen (Hilliaho et al. 2016).



Figur 3.5 Exempel på olika slags solavskärmning. Den bruna fasaden är försedd med utvändigt mörk screenväv som är nerfälld i bilden. Till höger i bild finns balkonger/loftgångar som skuggar fönstren. Det vita uppstickande huset är försedd med mellanglaspersienner, och man kan tydligt se vilka fönster som har dem nerfällda. (Foto: Helena Bülow-Hübe).

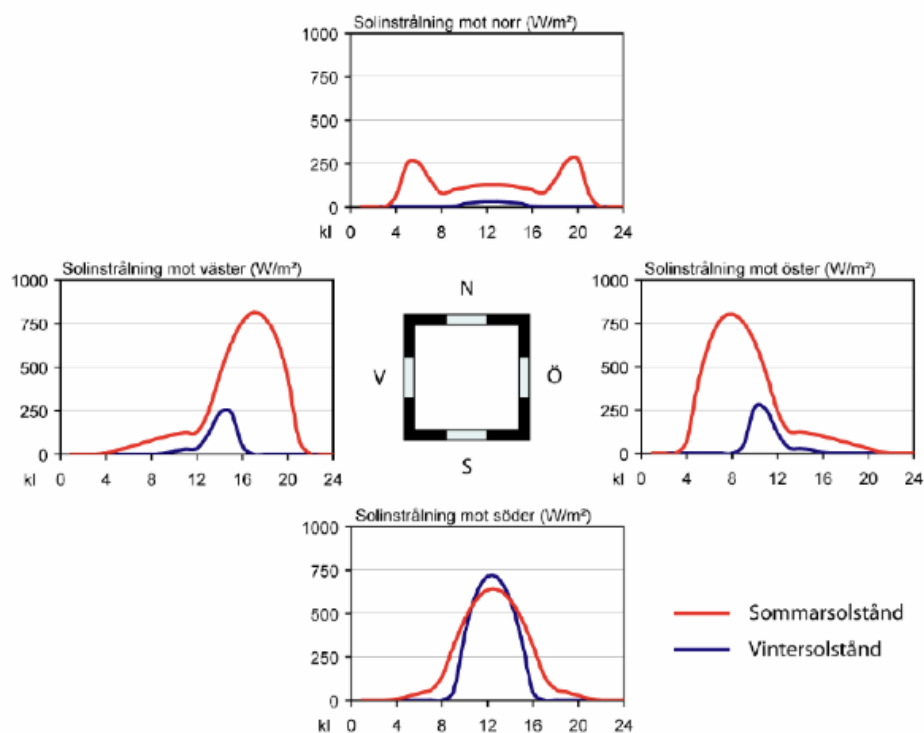
Under längre perioder med höga utetemperaturer och kraftig solinstrålning, och i synnerhet om även de interna värmelasterna är stora, kan dock även det bästa solskydd inte garantera termisk komfort.

Utvändiga solskydd

För att minska solinfallet är det i regel effektivast att använda solavskärmning på utsidan av fönstret, för då stoppas det mesta av solinstrålningen redan innan den når glaset. Solskydden kan vara utformade på olika sätt, t.ex. fasta skärmar, rörliga markiser, markisoletter, screenvävar, fasadpersienner etc. Man måste alltid beakta väderstreck och solens höjd på himlen för att hitta den produkt som är effektivast. Mot söderläge kan horisontellt utstickande solskydd vara effektiva medan man mot öster och väster måste beakta att solen står lågt då den är intensiv. Här lämpar sig solskydd som täcker glaset bäst, t.ex. fasadpersienner och screenvävar (exempel finns i figur 3.6). Med kunskap om breddgrad och ort går det att ladda hem soldiagram från SMHI hemsidor (SMHI 2013).

Utvändiga solskydd som persienner kan ofta hållas relativt öppna, särskilt mot den högt stående sommarsolen i söderläge, och ändå vara relativt effektiva. De kan därigenom medge relativt mycket dagsljus till rummet bakom. Utvändiga vävar säljs ofta med mycket låg hålarea (2–6 %) på väven och då kommer de att ta bort mycket utblick och dagsljus från rummet bakom.

Utifrån sett blir utvändigt solavskärmning mycket påtaglig och när den är nedfälld ger den ofta ett mycket stängt uttryck till fasaden.



Figur 3.6 Intensitet av solinstrålning under ideala klara dagar mitt i sommaren respektive mitt i vintern för fönster åt fyra väderstreck för södra Sverige. Ett fönster mot öster utsätts av kraftig solinstrålning om morgonen medan det omvända råder för ett västervänt fönster. (Källa: Helena Bülow-Hübe).

I nyproduktion används ofta solskyddsglas (särskilt för kontorslokaler) för att begränsa solinfallet. Ofta används de i kombination med rörliga solskydd. Moderna solskyddsglas bygger på avancerade tunna beläggningar som släpper igenom solstrålningen selektivt, där transmission inom dagsljusområdet prioriteras medan solinstrålningen inom UV- och NIR-området nästan helt stängs ute. De har även en energisparande funktion (låg emissivitet) som ger glasningen ett lågt U-värde.

Solskyddsfilm kan betraktas som en form av utvändigt solskydd som är väldigt likt solskyddsglas. Med solskyddsfilm menas en tunn plastfilm som klistras till ytterglaset. Detta är en teknik som lämpar sig för befintliga fönster. Moderna solskyddsfilmer bygger på samma teknik som solskyddsglas och har därmed samma selektiva egenskaper som dessa. Däremot har de vanligen ingen låg emissivitet då den selektiva beläggningen är ömtålig och ligger inbakad i plastfilmen. Solskyddsfilm monteras gärna till ytterglaset baksida när detta är möjligt (t.ex. i delbara s.k. kopplade fönster) för att minska utsatthet för väder och vind. Solskyddsfilm är vanligen betydligt mindre effektiva än solskydd som persienner, markiser etc. Solskyddsfilm har ifrågasatts i antikvariska sammanhang då den kan vara svår att avlägsna från glaset.

Både moderna solskyddsglas och solskyddsfilmer kommer i en rad olika varianter med olika effektivitet för att bromsa solinfallet. Ju effektivare de är på detta, desto lägre är även transmissionen av synligt ljus vilket ger glaset en påtagligt mörkare ton. De kan även öka reflektansen av glaset sett utifrån.

Solskydd mellan glas

Det näst effektivaste solskyddet är i regel produkter som kan placeras mellan glaset i t.ex. ett kopplat tvåglasfönster (1+1) eller treglasfönster (1+2). Detta förutsätter att utrymmet är ventilerat. Den produkt som är vanligast förekommande här är mellanglaspersienner men det förekommer även t.ex. plisségardiner.

Mellanglaspersienner är förvånansvärt effektiva men under förutsättning att de är mer eller mindre helt stängda när solen är stark.

I praktiken är mellanglaspersienner ofta manuellt styrda. Ljusregleringsförmågan är stor. Genom att vrida på lamellerna blir insidan succesivt mörkare och brukaren kan enkelt välja den lamellvinkel som gör insidan så mörk att man inte längre upplever någon bländning från fönstret. En viss del av ljuset kommer att reflekteras upp mot taket och man får en något jämnare ljusfördelning i rummet (rummet blir dock alltid mörkare när persiennen faller ned).

Genom att persiennen är placerad mellan glasen kommer en långt större del av solstrålningen att avges till uteluften jämfört med samma slags persienn placerad helt på insidan av fönstret. En mellanglaspersienn i ett treglasfönster är nästan 3 ggr så effektiv på att bromsa solinfallet som samma persienn hängd lös på insidan av fönstret. Den är dock inte lika effektiv som en persienn på utsidan av fönstret.

Vid mellanglaspersienner är man hänvisad till montage i spalten mellan fönstrets glas. Detta innebär att man måste montera en persienn i varje fönsterluft. Håltagning för snören till manövrering görs normalt genom innerbågen. Hålen måste dock borras snett för att mynna på rätt plats på innerbågen. För att säkerställa att man inte skadar/har sönder glaset är det därför säkrast att vid nyproduktion beställa fönster med mellanglaspersienner förmonterade eller låta en yrkesman utföra montaget.

I äldre fönster med bevarandevärda glas (t.ex. munblåst glas) får man väga risken för nymontage mot risken att inte kunna hitta ersättningsglas av samma slag.

Persiennhålen innebär också en risk att varm rumsluft läcker ut till luftspalten vilket kan ge kondensbildning på ytterglasets baksida vid kall väderlek.

Eftersom mellanglaspersienner kommer utsättas för damm och sot som tränger in i fönstret verkar standardkulören vara något off-white. I beräkningar brukar en standardreflektans på 67 % anges för vita persienner, vilket tyder på att de inte är helt vita.

Idag finns även teknik för att permanent försegla en persienn inne i isolerglaskassetter. Persiennen sitter väl skyddad, men om den går sönder måste hela isolerglaskassetten bytas ut. Denna teknik kallas ofta för integrerade persienner. Den som överväger denna teknik i treglasrutor bör ställa krav på att persiennen monteras i den yttersta spalten för att den ska vara effektiv som solavskärmning.

Invändiga solskydd

När solstrålning träffar en produkt som glas eller väv kommer den antingen att transmittas (släppas igenom), absorberas ("fastna" och omvandlas till värme) eller reflekteras. Om andelen som transmittas kallas T, absorptionen A och reflektansen R kan följande enkla ekvation ställas upp: $T + A + R = 1,0$.

I lägen där det inte är möjligt att ha solskydd på utsidan eller mellan glasen återstår att försöka dämpa solinstrålningen på insidan av fönstret. För att detta alls ska vara möjligt måste solskyddet reflektera ut strålningen igen. För detta krävs en yta som är relativt tät och ljus. Idag finns utvecklat s.k. tekniska vävar som är belagda av aluminium på utsidan, medan de kan ha vilken kulör som helst mot rummet. De effektivaste vävarna har en reflektans på ca 80 % av solstrålningen på den sida som vänds mot ute. Det finns dock bara en handfull produkter på marknaden med så hög reflektans.

Önskar man ett större utbud av invändiga vävar finns det betydligt fler som har en reflektans mellan 65–drygt 70 %. Detta gör vanligen att hålarean eller öppenhetsgraden är större vilket medger bättre utblick. Å andra sidan kan de inte reflektera ut lika mycket sol varför g-värdet för systemet glas + solskydd ökar.

Alla vävar kommer att absorbera en viss andel av strålningen, vanligen ca 15 % för moderna tekniska vävar. Det som blir kvar är den strålning som passerar genom främst hålen i väven, dvs. den del som transmitteras. Eftersom dagsljus utgör ca 50 % av energiinnehållet i solstrålning (se figur 3.9) blir det inte mycket kvar av dagsljusdelen i strålningen heller efter passage genom väven. Av 100 % solstrålning blir soltransmissionen ca $100 - 80 - 15 = 5$ % och dagsljustransmissionen blir ungefär densamma för en väv med 80 % reflektans. Detta innebär därför att ljusinsläppet blir lågt då väven är helt nere. Dessa slags vävar bör dock kunna erbjuda ett gott bländskydd.

Invändiga solskydd kan också utföras som persienner. Åter gäller samma principer som för vävarna, för att de ska vara mest effektiva måste de ha mycket högreflekterande lameller (helt vita eller metalliska), vara nerdragna och stängda (lamellerna måste vinklas maximalt). Rent ljusmässigt fungerar invändiga persienner på samma sätt som persienner mellan glaset, så som beskrivet under solskydd mellan glas. De erbjuder fin möjlighet till ljusreglering och god möjlighet till bländskydd. Dagsljusmässigt är placeringen likvärdig.

Invändiga solskydd – för och emot

Ur ett rent praktiskt perspektiv förefaller invändiga solskydd ofta som enklast att använda, då de inte är utsatta för regn, vind och snö. Beroende på hur fönstren är utformade, hur de öppnas etc. kan det ibland krävas en produkt för varje fönsterluft, medan det på utsidan kan räcka med en produkt som täcker ett helt fönsterparti. De produkter som finns på marknaden idag (tekniska vävar med aluminium på en sida) ger rätt stora möjligheter att faktiskt arbeta med invändiga solskydd även som solskydd och inte enbart som bländskydd. Dessa vävar kan ha valfri kulör mot rummet men sidan som har belagts med en ytterst tunn aluminiumbeläggning vänds mot utsidan (mot fönstret). Dessa nya vävar har till stor del förändrat synen på invändiga vävars effektivitet.

Fördelar med invändiga solskydd är:

- Sitter skyddat från väder och vind
- Kan ge ett relativt lågt g-värde om produkter med hög solreflektans väljes, t.ex. $R_{sol} > 80$ % i första hand, eller ev. produkter med R_{sol} ca 65–70 % i andra hand (medger bättre utsikt då hålarea kan vara högre) men ger något sämre g-värde. Detta innebär i normalfallet rullgardiner med s.k. teknisk väv.
- När en sådan effektiv gardin är nerdragen är den så pass effektiv att brukaren inte längre känner strålningsvärmens från solen, och detta ger en påtaglig komfortförbättring förutom att lufttemperaturen sänks.
- Kan vara automatiska eller manuellt styrda
- Persienner bör kunna ge samma fördelar om man medvetet väljer persienner med hög reflektans (riktigt vita eller silverfärgade (metalliska)). Dock måste de vara helt stängda för att vara lika effektiva som gardinen. Standardpersienner är dock något sämre då de brukar ha lägre reflektans än de bästa vävarna, då de brukar komma i en lätt brun vit kulör.

Nackdel eller risk:

- Ger något högre solinfall än produkter mellan glaset men skillnaden kan i praktiken vara rätt liten.
- De tekniska vävarna med hög R_{sol} ger mindre utblick än glesare vävar, vilket är priset att betala för det bättre solskyddet (högre reflektans och därmed mindre transmittans och mindre hålarea).
- Av samma skäl ger de relativt lite dagsljus då de är nerdragna (gäller rullgardiner) eller för den delen persienner om de stängs helt.
- En risk som bör beaktas med väv/persienn med hög reflektans är att den energi som passerar ut genom fönstret även till viss del absorberas på vägen ut, dvs. man kan få

en något ökad uppvärmning av glaset. Risken för termosprickor i glaset bör kontrolleras av en glassakkunnig. Äldre glas är dock ofta väldigt klart och ofärgat och bör därmed absorbera relativt lite av solinstrålningen. Deras tunnhet gör dock att de är relativt ömtåliga.

- Solskyddet värms upp ger upphov till en varm yta även om solskyddet är reflekterande.

Mellanliggande solskydd – för och emot

Kopplade fönster var den normala utformningen av fönster från ca 1910/1920-talet fram till genombrottet för fönster med isolerkassetter, någon gång under 1970-talet.

Under 1990-talet var det också relativt vanligt med kopplade fönster med enkelglas i ytterbågen och en 2-glas isolerkassett i innerbågen (1+2 fönster). I fönster från dessa tider var mellanglaspersiennerna ett ganska vanligt alternativ i såväl bostäder som kontor, skolor, sjukhusmiljöer etc. Mellanglaspersiennerna sitter här väl skyddad för väder och vind och den har också avsevärt större möjligheter att begränsa solinfallet än om persiennen monteras på insidan av fönstret eftersom den värme som absorberas på lamellerna till större del kan avges till uteluften. Dock krävs att persiennen monteras i varje fönsterluft. Om de befintliga fönstren har haft persiennerna tidigare och har en håltagning för persiennsnören och vridpinne kan man enkelt montera nya persiennerna.

I modern produktion av flerbostadshus har kopplade fönster blivit relativt vanliga igen, i synnerhet i projekt med fokus på att begränsa solvärmelasten i rummet, vilket ofta studeras i olika miljöcertifieringssystem. I kontor har det också kommit ett antal lösningar som liknar det gamla kopplade fönstrets funktioner, t.ex. dubbelskalsfasader och hybridfönster, men där formatet på det enskilda fönstret kan göras större. Syftet är att kunna placera en solavskärmning i ett relativt effektivt läge men fortfarande skyddad för väder och framför allt vind.

Fördelar mellanliggande solskydd:

- Ger i regel effektivare solavskärmning än rullgardin eller persienn på insidan
- Ger god möjlighet till bländskydd och steglös ljusreglering
- Motorisering är möjlig men det vanligaste är helt manuell manövrering med snören och vridpinne, vilket är en relativt billig lösning.

Nackdelar eller risk:

- I ett fönster med flera lufter måste en persienn monteras i varje luft, dvs. kan ge ökade kostnader jämfört med invändig lösning.
- Visst ingrepp i fönster kan krävas för montage i befintliga kopplade fönster, dels måste persiennerna monteras i överkant av varje luft, dels måste hål för persiennsnören och vridpinne borraras i varje båge. Viss risk för att glas går sönder vid håltagning i båge.
- Mellanglaspersiennerna kräver normalt sett kopplade fönster som vanligtvis utförs som sidohängda och inåtgående med vissa måttbegränsningar som följd. En del förvaltare är negativt inställda till sidohängda inåtgående fönster p.g.a. att regn lättare kommer in vid vädring och att de kan ha tendens att "hänga ner".

Kopplade fönster kan även förekomma i så kallade Dreh-Kipp fönster (fönster med två öppningsalternativ, antingen via underkantshängning (tippar inåt), eller sidohängda (vrids inåt)). Med Dreh-Kipp funktion kan fönster ofta utföras bredare än rena sidohängda fönster och de ger även en mer väderskyddad vädringsfunktion. Det finns även tillverkade av s.k. H-hängda fönster som har lösningar för mellanglaspersiennerna i en 1+2 lösning, men dessa är ej särskilt vanliga.



Figur 3.7 Interiör från modern lägenhet där fönster utförts som kopplade (1+2) med mellanglaspersiennier i östligt väderstreck (till höger i bild) och utan persiennier åt norr (fönstren till vänster i bild). (Foto: Helena Bülow-Hübe).

Beräkningar för fönster och solskydd

För att ta reda på g-värdet för ett fönstersystem med solskydd måste glasets sammansättning vara känd och även egenskaperna och placeringen för solavskärmningen. Under senare hälften av 1990-talet och under 2000-talets början bedrevs relativt omfattande forskning på olika solskydds effektivitet vid Lunds tekniska högskola, Avdelningen för Byggnadskonstruktionslära och senare Avdelningen för Energi och ByggnadsDesign (Wall & Bülow-Hübe, 2001 & 2003). Där utvecklades bl.a. en programvara för att beräkna g-värdet för fönster och solskydd, Parasol-LTH. Idag finns dessa forskningsresultat inarbetade i den kommersiella programvaran IDA ICE och även i enklare gratisversioner som SSF ESBO Light.

Typiska g-värden för fönster och solskydd

I Svebys brukarindata bostäder (Sveby 2012) finns följande figur 3.8 som grovt sammanfattar typiska eller schablonmässiga g-värden för olika slags solskydd. Den kan användas som en grov riktlinje innan man vet exakt glassammansättning och exakt solskydd.

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		
Dubbelkalkfasad/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 kor tvågiga direkta strålningen) tillbaka ut dvs solvärme kommer inte in i rummet.
3. Med en väl ventilerad luftspalt jämfört med kopplade bågar.

Figur 3.8 Tabell med typiska eller schablonmässiga g-värden för fönster och solskydd. (ur Sveby 2012)

Beräknade g-värden glas+solskydd

Egentligen är det omöjligt att ange exakta g-värden för en kombination av glas och solskydd då bägge produkternas optiska data samverkar. Det är lite enklare för utvändiga solskydd att prata om schablonmässiga g-värden, då det utvändiga solskyddet tar bort det mesta av solinstrålningen på egen hand. Men utvändiga, från fasaden utstickande solskydd, bjuder även på vinkelberoende egenskaper, dvs. deras effektivitet som solskydd beror av solhöjden. För mellanliggande och i synnerhet för invändiga solskydd är samverkan mellan glaset och solskyddets egenskaper starkt. Det är därför inte möjligt att ange ett g-värde för ett solskydd, utan detta måste räknas ut tillsammans med den aktuella glasuppbyggnaden. Av detta skäl bör g-värden alltid beräknas för aktuellt förslag av glasning och förslag på solskydd. I tabell 3.1 ges dock ett enkelt exempel på beräknade värden som bygger på ett praktiskt exempel för en äldre K-märkt byggnad med bevarandekrav, där de ursprungliga 2-glasfönstren till stor del har kvar sitt handblåsta glas. Exemplet kan dock användas för alla äldre fönster med kopplade fönster i 1+1 utförande och hur dessa fönster kan förbättras utan stora åtgärder på fönstret självt. Här har antagits att befintliga glas utgörs av 2 stycken 2 mm tjocka glas som innebär att 80 % av solinstrålningen går igenom glaset, $g = 0,80$.

Den effektivaste invändiga lösningen med högreflekterande väv ($R_{sol} 82 \%$) får ett g-värde på 0,24 då gardinen är helt nerrullad till fönsterbrädan. Motsvarande värde för en standardvit mellanglaspersienn ($R_{sol} 67 \%$) som är helt stängd ger något lägre g-värde, 0,19. Detta värde ökar snabbt om persiennen öppnas något för bättre utblick. På samma sätt kommer g-värdet för gardinen att öka om den inte rullas hela vägen ner till fönsterbrädan. Denna väv släpper endast in ca 3 % av dagsljuset och öppenhetsgraden är låg, vilket minskar utblicken. En väv med $R_{sol} 74 \%$ ger det lite högre g-värdet 0,28 och samtidigt högre ljustransmission, LT ca 8 %. Detta bör innebära något högre öppenhetsfaktor och något bättre utblick.

Skillnaden i g-värde mellan två olika lösningar är enklast att jämföra som en kvot mellan de två g-värdena. Till exempel mellan en stängd vit mellanglaspersienn och den mest

högpresterande invändiga väven blir $g_1/g_2 = 0,24/0,19 = 1,26$. Detta betyder att den invändiga vägen släpper in 26 % mer sol än en stängd mellanglaspersienn.

Jämfört med fallet utan väv kommer en invändig väv med $g = 0,28$ ($R_{sol} 74\%$) att ta bort en hel del solinfall, $g_1/g_2 = 0,35/0,80 = 0,35$. Dvs. enbart 35 % av solen kommer att komma in i rummet med denna väv jämfört med ett fönster utan något skydd.

Tabell 3.2 Exempel på beräknade g-värden för vinkelrätt infallande sol (förenklad beräkning enligt standard). För persiener blir detta lite missvisande om solen står högt på himlen med öppna lamellvinklar. Exempel för kopplat fönster med 2 st tunna klara glas.

Beräknade g-värden	Lamellvinkel	g-värde	U-värde glas (W/m ² K)	Notering
Enbart glas				
Befintligt glas 2+2 mm antas	-	0,80	2,8	Avser enbart glas
Invändigt solskydd				
Gardin $R_{sol} 82\%$	-	0,24	2,6	LT ca 3 %
Gardin $R_{sol} 74\%$	-	0,28	2,6	LT ca 8 %
Gardin $R_{sol} 51\%$	-	0,47	2,6	LT ca 27 %
Standardvit persienn $R_{sol} 67\%$	80°	0,39	2,6	För vinkelrätt infallande sol
	60°	0,48		
	45°	0,56	2,7	
	30°	0,66	2,7	
	0°	0,80	2,7	
Mellanglaslösning				
Standardvit persienn $R_{sol} 67\%$	80°	0,19	1,95	För vinkelrätt infallande sol
	60°	0,27	2,21	
	45°	0,37	2,35	
	30°	0,52	2,45	
	0°	0,80	2,53	

LT = ljustransmission

3.5.6 Fönsters utformning i nya flerbostadshus

Vid byggande av nya flerbostadshus är valet av fönsterstorlekar beroende på segment eller mottagare och till viss del geografisk indelning. Vid uppförande av flerfamiljshus är vridfönster vanliga. Större projekt med högre byggnader har övervägande del inåtgående sidhängda och KippDreh (benämns också Dreh-Kipp, dvs. fönster som kan öppnas på två sätt, tippas eller vridas) samt 10 % fasta karmar. Fönster med fast karm används ofta mot balkonger eftersom dessa kan putsas från utsidan utan att behöva öppnas.

Storlekar påverkas av arkitektens designönskemål och projektens förutsättningar, men 1100 x 1300 till 1100 x 1600 är vanliga.

Det är inte ovanligt med solskyddsglas i fönster. Persiener är inte vanliga när det är prispress på projektet men är relativt vanliga i miljöcertifierade projekt, för att klara solvärmelastkrav. När större fokus läggs på LT-värdena minskar andelen solskyddsglas.

Det finns solskyddsfilm som även är till för inbrottsskydd och säkerhet.

Invändig gardin/persienn skyddar, men det bästa solskyddet sitter längre ut i konstruktionen/fasaden.

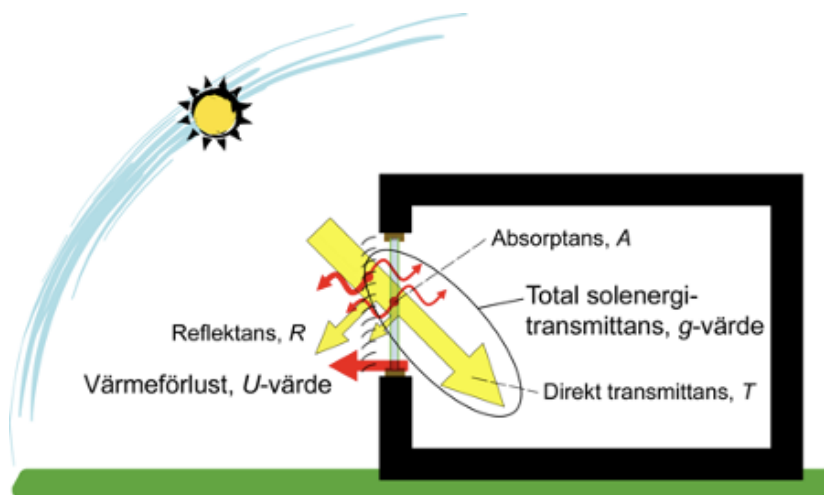
EU kommissionen har lagt fram ett förslag på ny Byggproduktförordning kombinerat med förordning om Ecodesign. Det kommer ställa krav på redovisning av egenskaper och produktinnehåll och hållbarhet samt krav på energi och hållbarhetsgenskaper som kan påverka användande av solskyddsglas. Redovisningen görs i ett digitalt produktpass.

Det finns många standarder som behandlar klassificering och metoder för fönster. En viktig standard för glas termiska egenskaper är SS-EN 410:2011 Byggnadsglas - Bestämning av ljus- och soloptiska egenskaper.

3.6 Fönsters energibalans

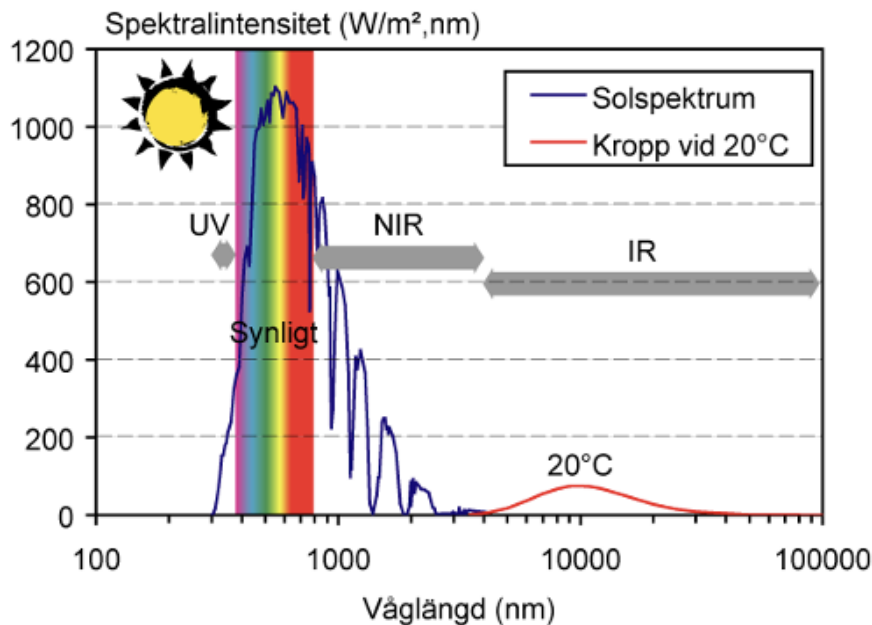
Värmeöverföring genom fönster är en komplicerad process. Lite förenklat kan man tala om fönsters värmebalans (figur 3.8) som balans mellan värmeförluster och soltillskott. Förlust av värme inifrån och ut sker så länge som det är varmare inne än ute (vilket är större delen av året). Värmeförlusterna mäts genom fönstrets U-värde ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$) som anger värmeförlusten i watt vid en grads temperaturskillnad mellan inne och ute, per kvadratmeter fönster. Några typiska U-värden från förr till idag anges nedan:

- Ett traditionellt tvåglasfönster med klara glas har ett U-värde på ca $2,6\text{--}2,8 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$.
- Ett traditionellt treglasfönster från 1980-talet med tre klara glas (helt utan energisparbeläggningar) i en isolerkassett har ett U-värde på ca $1,8 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$.
- Ett energireoverat traditionellt tvåglasfönster kan erhålla ett U-värde på ca $1,6 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ för 2 enkla bågar om ett glas ersätts med ett hårdbelagt energisparglas, t.ex. innerglaset. Beläggningen måste vara vänd mot luftspalten.
- Ett modernt fönster med tre glas, varav ett glas har energisparbeläggning och argonfyllning i isolerkassett har ett U-värde på ca $1,3\text{--}1,5 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$.
- Ett modernt nytillverkat fönster med tre glas, varav två har energisparbeläggningar och argonfyllning i isolerkassett har ett U-värde på ca $0,8\text{--}0,9 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$.



Figur 3.9 Fönstrets värmebalans. Värmeförluster mäts i U-värde. Det totala soltillskottet mäts i g-värdet (andel solenergi på utsidan som tar sig in genom glas och solskydd). En del av soltillskottet är kortvågig strålning som transmitteras direkt (varav en del faller inom dagsljusområdet), medan en annan del av soltillskottet består av strålning som absorberas i glas eller solskydd och som sedan belastar rummet. (Källa: Helena Bülow-Hübe).

När solen skiner på fönstret (eventuellt tillsammans med solskydd) kommer en del av strålningen att belasta rummet som kortvågig solinstrålning ($300\text{--}ca\ 3000 \text{ nm}$). En del av denna strålning faller inom det våglängdsområde som kallas synligt ljus eller dagsljus i dagligt tal ($380\text{--}780 \text{ nm}$). En mindre del av strålningen absorberas som värme i glas och solskydd. En del av denna värme kommer landa i rummet medan en del kommer avges till uteluften.



Figur 3.10 Uppdelning av solstrålning (300–ca 3000 nm) i UV, synligt ljus och NIR (nära-infraröd strålning). Långvågig värmestrålning kallas IR. Värmestrålning från ett objekt vid 20 grader skickar ut sin mesta energi vid 10 000 nm. (Källa: Helena Bülow-Hübe).

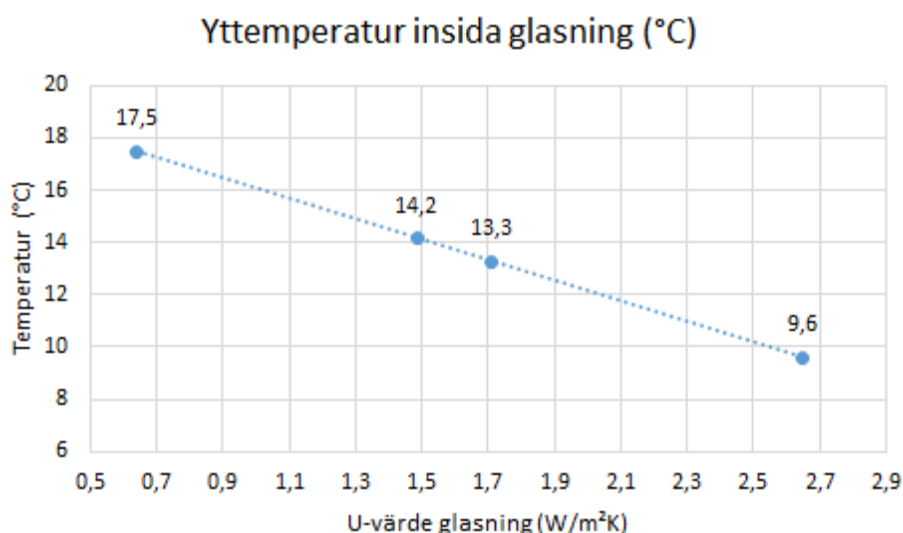
Den totala andelen av solinstrålningen som belastar rummet brukar kallas g-värde (eller ibland solfaktor). Den mäts alltså som en kvot mellan solenergi på utsidan och totalt överförd energi till rummet.

3.6.1 Enkla U-värdes- och komfortförbättrande åtgärder på fönster

För äldre byggnader med kopplade fönster eller fönster med två enkla båggar används ibland en relativt enkel metod för att minska U-värdet. Denna består av byte av ena glaset till ett glas med lågemissionsskikt med en s.k. hård och tålig beläggning.

Dessa hårda energisparbeläggningar på glas är pyrolytiska. De läggs på glaset när det kommer ut ur smältugnen och blir då väldigt beständiga. Detta gör att glaset kan användas som enkelglas. Under produktion/renovering kan man behöva kontrollera att beläggningen är vänd mot spalten, annars förloras effekten och U-värdet blir inte lågt.

Dessa glas fås som planglas, normalt sett från 3 mm tjocklek och uppåt. Detta är sannolikt något tjockare än de originalglas som förmodas finnas på många äldre fönster. Planglas är perfekt plant och ger inga optiska effekter eller ”skevheter” såsom ges av valsat eller ännu mer av munblåst glas. De optiska effekterna i äldre glas ger ofta en vacker karaktär åt ljuset inomhus och ger också betydligt mer liv åt fönstren sett utifrån eftersom reflektansen blir oregelbunden och ljuset fångas lite olika på olika punkter i glaset. Av detta skäl brukar innerglaset vara det glas som byts ut, men rent U-värdemässigt spelar det ingen roll så länge som den belagda sidan vänds mot luftspalten (Fredlund, 1999). För fönstret som helhet är det möjligt att komma ner i ett U-värde på ca 1,6–1,8 $\text{W/m}^2\text{K}$ med denna metod.



Figur 3.11 Beräknad yttemperatur på insidan av glasningen i olika fönster vid 20 graders inomhustemperatur och -10 grader utomhus för olika U-värden på den glasade delen i fönstret. U-värde runt 0,6 erhålls idag i energieffektiva fönster med tre glas varav 2 med energisparglas. U-värde ca 1,5 kan fås i treglasfönster med 1 energisparglas. U-värde 1,7 motsvarar t.ex. ett energirenoverat 2-glasfönster med ett hårdbelagt energisparglas. U-värde 2,6–2,7 motsvarar ett äldre 2-glasfönster med klara glas. (Källa Helena Bülow-Hübe)

En annan teknik för renovering av äldre fönster är att bygga om fönstret till ett treglasfönster. I vissa fall kan det vara möjligt att montera en isolerkassett i befintlig båge för enkelglas. En annan svenskutvecklad teknik går ut på att på plats bygga en isolerkassett på befintligt innerglas genom att limma en distansprofil till befintligt glas och på denna limma fast ett inre, tredje glas. Det tredje glaset har vanligen en energisparbeläggning för att ytterligare reducera U-värdet hos glasningen och enligt leverantören ska det då vara möjligt att komma ner till U-värde 1,3 W/m²K.

Det är inte bara i energisparande syfte som det är intressant att förbättra fönstrets U-värde. Ju lägre U-värde som fönstret har, desto högre blir även yttemperaturen på glasets insida och därmed förbättras även den termiska komforten vintertid. Detta illustreras av diagrammet nedan som visar beräknad yttemperatur på glasningen i olika fönster vid 20 grader inne och -10 grader utomhus för olika utförande eller U-värde på själva glasningen.

3.7 Värmetröghet

Byggnadens värmetröghet spelar stor roll för det termiska klimatet. Med värmetröghet avses byggnadsdelars förmåga att lagra värme eller kyla för att jämna ut temperatursvängningar. Värmetrögheten påverkar både tiden det tar för att värma upp ett en byggnad, och även hur lång tid det tar för den att svalna. En värmetrög byggnad påverkas också mindre av kortvariga köldknäppar och behöver därför lägre installerad effekt i värmesystemet. På motsvarande sätt påverkas temperaturökningen inomhus mindre i en tung byggnad vid en värmebölja.

Byggnadens värmetröghet kan utnyttjas aktivt under driftskedet sommartid då den tomma byggnaden ventileras nattetid med sval uteluft, se kapitel 5.2.1.

Tidskonstant

En byggnad med liten värmetröghet kallas populärt lätt och en byggnad med stor värmetröghet kallas tung. Byggnadens tidskonstant är ett mått på dess värmetröghet, den kan beräknas eller mätas och bestäms av byggnadens

- transmissionsförluster (värmeisolering)
- luftläckageförluster
- ventilationsförluster (luftflöde och värmeåtervinning).
- värmekapacitet i konstruktionsmaterial som är i kontakt med inomhusluften.

Värmekapaciteten beror av materialets massa och dess specifika värmekapacitet. I praktiken är det mest relevant att jämföra olika material per cm tjocklek, se tabell 3.3.

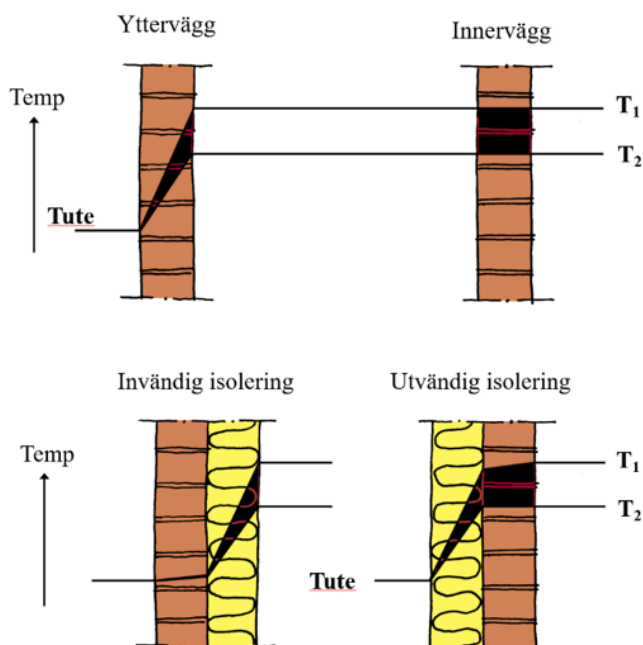
Tabell 3.3 Några byggnadsmaterials ungefärliga densitet ρ i (kg/m³), specifik värmekapacitet c (J/kg,K) och värmekapacitet C ($\rho * c$) i (kJ/(m³K)/cm för ett material som är 1 cm tjockt.

Material	ρ (kg/m ³)	c (J/kg,K)	$C = \rho * c$ (kJ/m ² K/cm) (1 cm tjocklek)
Stål	7 800	500	39
Betong	2 400	900	22
Tegel	1 500	800	12
Trä	500	1 500	7,5
Gips	900	800	7,2
Lättbetong	500	1 000	5,0
Trällsblock	280	1 700	4,8
Mineralull	15–150	800	0,4

Tidskonstanten beräknas som summan av byggnadsmaterialens värmekapaciteter dividerat med effektförlusten via transmission, luftläckage och ventilation.

För att samverka med rumsluften måste materialet vara i direkt kontakt med rummet, normalt sett beaktas de innersta 10 cm av byggdelens tjocklek vid beräkning av byggnadens tidskonstant och alltid bara material innanför isolerskiktet. Naken betong och tegel som är exponerad mot rummet kan effektivast utnyttjas för korttidslagring av värme och kyla, men även massivträ har en hyfsat stor värmelagringsförmåga enligt tabell 3.3.

Ett par principbilder nedan kan hjälpa till att illustrera en byggnads "effektiva" värmekapacitet, se figur 3.11. Överst visas principiellt hur mycket energi som kan frigöras om utetemperaturen är konstant och innetemperaturen sänks med någon grad för en massiv tegelvägg som är utvändig respektive invändig. Den oisolerade yttreväggen har liten praktisk värmelagringsförmåga. Underst visas effekten av invändig eller utvändig isolering på samma tegelvägg. Väggen med invändig isolering får p.g.a. den låga densiteten hos mineralull nästan ingen värmelagringsförmåga, medan den utvändigt isolerade väggen kommer bete sig mer likt en innervägg.



Figur 3.12 Effektiv värmekapacitet illustrerat av en tegelvägg och temperaturfördelningen genom denna. I översta raden illustreras en massiv tegelvägg som yttervägg (till vänster) eller innervägg (till höger). På understa raden visas vad som händer med temperaturerna i ytterväggen med invändig (till vänster) respektive utvändig isolering (till höger). I samtliga fall antas att utetemperaturen är lägre än innetemperaturen. Om temperaturen inne sjunker från T_1 till T_2 kan värme som är lagrad inom svarta områden frigöras och tillföras rummet. I ytterväggsfallet kommer även värme att avges mot ute genom värmeledning. I ytterväggen med invändig isolering blir muren kall och i isoleringen, som är lätt, finns väldigt lite energi lagrad. Tegelmuren blir här överksam och bidrar inte till värmetröghet i byggnaden. Den utvändigt isolerade ytterväggen har bättre förmåga att tillföra värme till rummet när innetemperaturen sjunker, och kommer bete sig mer likt innerväggen (Bild: Helena Bülow-Hübe).

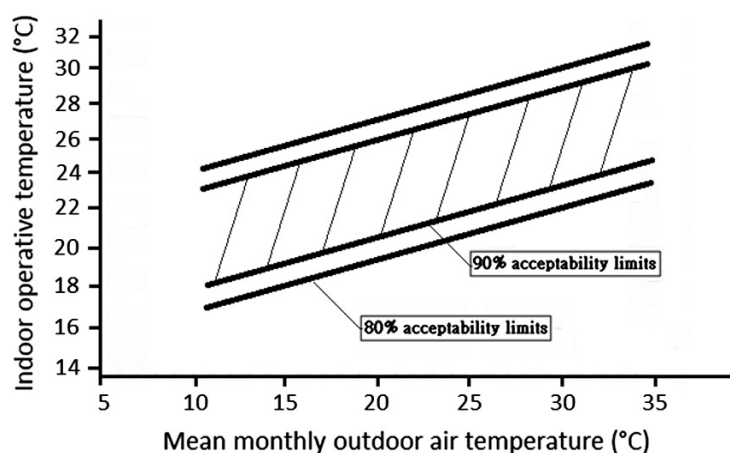
4 Individens möjlighet att påverka termiskt klimat och termisk komfort

4.1 Brukar- och boendebeteende och termisk komfort

Det primära målet med värmning eller kylning av rum är att skapa termisk komfort. Samtidigt som de boende och brukarna anpassar sig till och påverkar sin omgivande miljö och termiska komfort.

Som beskrivits i avsnitt 2.2.1 bestäms termisk komfort av åtminstone sex faktorer. Vid en konstant lufttemperatur, t.ex. 22 °C kommer den upplevda termiska komforten att vara beroende av andra klimat- och personliga faktorer, till exempel minskad lufthastighet och exponering för solstrålning genom fönster, och förändring av användarens beteende som att bära mer kläder, utföra mer intensiv fysisk aktivitet, öppna eller stänga fönster, slå på eller stänga av rumsfläktar. Dessa justeringar ger de boende möjlighet att anpassa sig till variabla termiska miljöer. Den acceptabla temperaturen kan ha ett bredare intervall (Nicol & Humphreys 2002, Yang et al. 2014).

Med en adaptiv modell kopplas inomhustemperaturer eller acceptabla temperaturområden till meteorologiska parametrar utomhus (ASHRAE-55 2020, Parsons 2014). Godtagbara operativa temperaturintervall för naturligt ventilerade utrymmen är relativt breda (se figur 4.1). Tillämpningen av den adaptiva modellen gör det möjligt att spara energi för att värma upp och kyla ner rum och byggnader. Men det finns en gräns för anpassning. Värmeböljor och perioder med extremt varmt väder, som överskrider gränsen för anpassningskapaciteten kan utgöra ett hot mot termisk komfort och hälsa, särskilt för utsatta grupper.



Figur 4.1 Godtagbara operativa temperaturintervall för naturligt ventilerade utrymmen. (ASHRAE-55 2020).

4.2 Förebyggande och skyddsåtgärder vid värmeböljor

4.2.1 Användning av rumsfläktar

I byggnader där komfortkyla vanligtvis saknas, t.ex. bostäder, kan rumsfläktar användas som förebyggande åtgärd vid värmeböljor för boende, sårbara grupper som äldre och funktionshindrade, personer med kroniska sjukdomar. Rumsfläktar (bords-, golv- och takfläktar) sänker inte direkt lufttemperaturen men kan fördela varmare och svalare luft jämnare i rummet samtidigt som den ökade lufthastigheten ger svalka.

Det finns några studier om hur användning av rumsfläktar kan lindra värmestress och förbättra termisk komfort (Gao et al. 2012, Zhao et al. 2013). En ny studie och tillhörande

webbaserat verktyg hjälper forskare, byggare och beslutsfattare att bättre förstå under vilka förhållanden rumsfläktar kan användas för att kyla friska människor säkert under värmeböljor (Tartarini et al. 2022). Rumsfläktar är mer kostnadseffektivt vid värmeböljor än att installera komfortkyla. Studien visar att rumsfläktar är fördelaktiga för friska vuxna i en rad termiska miljöer som kan beräknas med hjälp av ”open source”-verktyget (https://comfort.cbe.berkeley.edu/fan_heatwaves). Beräkningen baseras på värmebalansmodellering för människor med hänsyn till lufttemperatur, lufthastighet, luftfuktighet, aktivitetsnivå (kroppens värmeproduktion) och kläder. Studien visar också att nuvarande riktlinjer för rumsfläktar, som varnar för användning vid höga temperaturer, är för restriktiva. Även om temperaturen inomhus mätt med torr termometer överstiger +35 °C, speciellt när luftfuktigheten inte är hög, kan fristående fläktar fortfarande användas säkert för friska vuxna eftersom de avsevärt förbättrar svettavdunstningen. Avdunstning och evaporativ kylning från huden kan minska kroppens värmestress (Tartarini et al. 2022). Men de flesta känner sig inte bekväma vid svettning.

4.2.2 Luft-luftvärmepump för att cirkulera kall luft

En luft-luftvärmepump som främst används för uppvärmning kan på sommaren också användas för kyla rumsluften och cirkulera den i rummet, genom att man byter driftläge från värme till kyla. Det finns även särskilda AC-aggregat anpassade bara för att producera kyla.

4.2.3 Kompletteringar på fasaden initierade av den boende

För en boende som upplever hög värme inomhus finns det oklarheter i vad som är tillåtet och möjligt att utföra när det gäller komplettering på fasaden. Reglerna för vad som är bygglovspliktigt varierar från kommun till kommun då kommunen kan besluta om minskad eller utökad bygglovsplikt. Det innebär att det många gånger är svårt som boende att veta vad som är tillåtet. Till exempel är det tillåtet att montera markiser på fasad i flera kommuner medan det i andra kräver bygglov. Det samma gäller installation av luft-luftvärmepump även om dessa bygglov begränsas av bl.a. bullerkrav. I många fall har detta dock liten praktisk betydelse för en boende eftersom de flesta fastighetsägare och bostadsrättsföreningar inte tillåter några installationer eller förändringar på utsidan av fasad och heller inte några genomföringar genom fasad. Ett undantag kan vara att installera solskydd på en balkong vilket i princip en styrelse i en bostadsrättsförening enbart kan vägra om de kan visa påtaglig skada eller olägenhet för föreningen (7 kap. 7 § bostadsrättslagen 1991:614). HSB har även ett speciellt avtal för denna typ av åtgärd.

För en fastighetsägare eller bostadsrättsförening är det möjligt att genomföra åtgärder som kan minska risken för övertemperatur trots att de påverkar fasaden men möjligheten är inte densamma för en enskild boende och hyresgäst. En hyresvärd eller bostadsrättsförening har inte någon skyldighet att montera persienner men en hyresgäst kan själv välja att själv sätta upp persienner, i alla fall i en hyresrätt. Då ansvarar hyresgästen för persiennerna och får betala för att få dem lagade eller bytta. Om persiennerna redan finns uppsatta vid inflyttning ansvarar hyresvärden för reparation och underhåll av dessa. Flera hyresvärdar frånskriver sig dock ansvar för persienner, även om de installerats i samband med nyproduktion eller fönsterbyte. Invändiga solskydd som persienner kan monteras utan någon större risk men installation av mellanliggande persienner kan innebära en risk, både i form av fukt och termiskt bräckage om inte fönstren är förberedda för mellanglaspersienn. Oavsett typ av solskydd kan hyresgästen drabbas om en skada på bostaden uppstår p.g.a. att hyresgästen installerat solskydd.

4.2.4 Upprätthåll termisk komfort under värmeböljor och energikris

För att ta hänsyn till boendes förmåga att anpassa sig till olika inomhusklimat genom beteendeförändringar, kan ekvivalent beklädnadsisolationsindex (I_{equiv}) användas, vilket gör

att beklädnadsisolationsvärdet, som används vid beräkningen av PMV, kan justeras för att ta hänsyn till effekterna av eventuella boendes anpassningsmöjligheter i inomhusmiljöer (t.ex. möjligheter att minska kläder, öppna fönster, etc. på sommaren) (ASHRAE 2020). I_{equiv} -metoden ger en förenklad men direkt metod för att redogöra för anpassningsmöjligheter som finns tillgängliga för boende i värmeböljor (Parsons 2009).

Metoden föreslår att för rimliga nivåer av adaptiv möjlighet, kommer det inte att vara nödvändigt att kyla kontor eller hem under 25 °C för att ge termisk komfort. Denna åtgärd kommer att ha en betydande effekt, i byggnader med komfortkyla, för att minska energianvändningen (Parsons 2009). Vice versa, under vintersäsongen, kan inomhustemperaturen sänkas till en viss grad för att spara energi genom att klä på sig mera (t.ex. undvika att bara bära T-shirt på vintern) för att bibehålla termisk komfort. Detta kan ge en enkel lösning för att upprätthålla termisk komfort under energikriser (se avsnitt 6.3 för att beräkna rekommenderad beklädnadsisolering (IREQ, Required clothing insulation).

4.3 Exempel från utredning om möjliga åtgärder

I Helsingborg har några äldreboenden och vårdboenden undersökts utifrån åtgärder att hålla nere temperaturen inomhus under varma dagar. Genom datorsimuleringar har resultat enligt tabell 4.1 erhållits. Simuleringarna gjordes för en lägenhet i ett vårdboende byggt på tidigt 1990-tal som redan hade balanserad ventilation. Det normala luftflödet i lägenheten var 25 l/s tilluft och 25 l/s frånluft. En långvarig värmebölja simulerades genom att skapa ett fiktivt dygn med en utetemperatur om 29 grader på dagen och 19 grader på natten som simulerades flera gånger i rad. Lägenheten simulerades för detta uteklimat, tillsammans med solinstrålning, och befintliga treglasfönster med invändiga vita persienner. G-värdet för befintliga glas uppskattades till ca 0,7. Den högsta operativa temperaturen inomhus blev ca 34–35 grader beroende på om de invändiga persiennerna användes eller inte.

Tabell 4.1 Analysresultat från ett äldreboende där olika förslag att sänka temperaturen inomhus undersöktes. (Källa: Helena Bülow-Hübe).

		Max operativ temperatur i sovrum
Basfall (ingen vädring)		
	Utan invändig persienn	35,3 °C
	Med invändig persienn	34,0 °C (-1,3 °C)
Bättre solavskärmning (ingen vädring)		
	Screenväv + invändig persienn	30,9 °C (-4,4 °C)
	Markis + invändig persienn	31,3 °C (-4,0 °C)
	Ljust solskyddsglas + invändig persienn	30,9 °C (-4,4 °C)
Vädring (med invändig persienn)		
	Vädring nattetid (22-7), liten fönsteröppning	32,6 °C (-2,7 °C)
	Vädring dagtid (7-22), liten fönsteröppning	31,2 °C (-4,1 °C)
	Vädring em, natt (14-8), liten fönsteröppning	31,2 °C (-4,1 °C)
	Vädring hela dygnet, liten fönsteröppning	30,7 °C (-4,6 °C)
	Vädring em, natt (14-8), helt öppna fönster	29,3 °C (-6,0 °C)
Kyld tilluft		
	20 °C - frånluft/tilluft 25 l/s	31,9 °C (-3,4 °C)
	16 °C - frånluft/tilluft 45 l/s	27,8 °C (-7,5 °C)

Utredningen visar att med några olika enklare åtgärder som förbättrat solskydd går det att sänka inomhustemperaturen med runt 3–4 grader jämfört med den befintliga situationen.

Vädring med liten fönsteröppning gav en viss sänkning av temperaturen, men för att närma sig utetemperaturen inomhus måste man hålla samtliga fönster vidöppna.

Utredningen visar också att en större temperatursänkning (under utetemperaturen) endast kan nås via tillförd kyla. Om kylan ska distribueras med ventilationen krävs ett avsevärt högre luftflöde än det som lägenheten projekterats för, tillsammans med relativt kall tilluft. I exemplet simulerades för upp till 45 l/s istället för 25 l/s, och med en inblåsningstemperatur ner till 16 grader. Detta scenario är inte enkelt att åstadkomma i praktiken av flera olika skäl: Att åstadkomma ett så högt luftflöde via befintliga kanaler och tilluftsdon skulle leda till avsevärt högre ljudnivå från ventilationen. Det finns även dragrisker med att blåsa in så kall tilluft i rummen. För att garantera kyleffekten får inte tilluftens temperatur stiga särskilt mycket från att den lämnar det centrala luftbehandlingsaggregatet (där den kyls) tills den når rummet. Detta kräver att kanalerna måste vara välisolerade. För att undvika fuktrisker måste de även förses med kondensskyddande hölje. Sammanfattningsvis konstaterades att skapa komfortkylning via kyld tilluft i befintliga boenden med balanserad ventilation är teoretiskt möjlig, men för att garantera att lösningen ger den efterfrågade effekten så kommer det att krävas relativt omfattande tekniska ombyggnadsåtgärder. Förutom att skapa kyla via t ex en kylmaskin och placera ett kylbatteri i tilluften kan det krävas utbyte av luftbehandlingsaggregat (beroende på skick och ålder), utbyte av kanaler och don, samt energi- och kondensisolering av kanaler.

5 Komfortkylning

I lokalbyggnader tillförs mycket värme genom solinstrålning, belysning, kontorsapparater, brukare etc. När värmetillskottet är större än värmeförlusterna uppstår övertemperaturer inomhus vilket kan inträffa även när det är kallt ute. För att hålla temperaturen på komfortnivå installeras system för att aktivt föra bort överskottsvärmen, så kallad "komfortkyla".

5.1 Kylningsprinciper

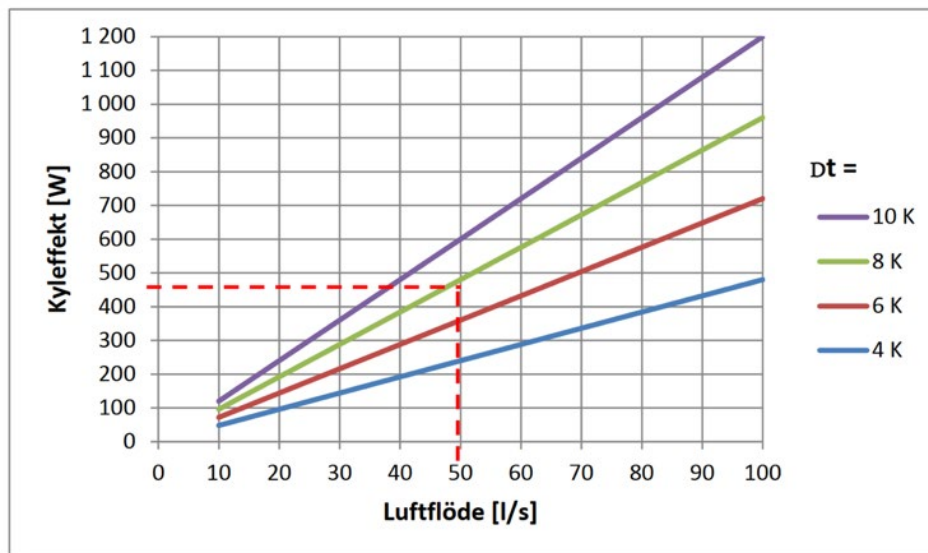
Vid analys av vilket system som ska väljas utgår man från dimensionerande kylbehov. Byggnader och rum med värmeöverskott kyls antingen med

- luftburen (med ventilationen) kyla eller
- vattenburen kyla lokalt i rum, så kallad rumsburen kyla.

Luftburen kyla

Vid måttligt kylbehov kan ventilationsflödet, som grundar sig på att hålla luften ren, utnyttjas genom att vid behov sänka tilluftstemperaturen. Detta gäller vid CAV-system, eller konstantflödessystem (eng. *Constant Air Volume*) och kräver att det finns ett luftkylningsbatteri i tilluftsaggregatet. Kylbatteriet aktiveras när utetemperaturen (eller förkyld uteluft) är högre än erforderlig tilluftstemperatur.

Temperaturen i kylbatteriet i aggregatet begränsas inte av risken för kondens. Kylning med ett CAV-system begränsas av att alltför kall tilluft inte kan tillföras på grund av risken för drag. I figur 5.1 visas kyleffekt vid olika temperaturdifferenser mellan till- och frånluft.



Figur 5.1 Luftens kyleffekt vid olika temperaturdifferenser mellan till- och frånluft.
Om frånluftstemperaturen är 24 °C, tilluftstemperaturen 16 °C och luftflödet 50 l/s så är luftens kyleffekt 480 W. (Källa: Lindinvent 2021).

Vid större kylbehov kan ventilationssystemet dimensioneras för ett större ventilationsflöde. För att inte överventilera rummen när kylbehovet är litet, t.ex. när solen inte lyser, behöver ventilationsflödet kunna regleras ner i respektive rum. Systemet kallas VAV-system eller DCV-system (eng. *Variable air Volume* respektive *Demand Controlled Ventilation*) som innebär ventilationssystem med behovsstyrt luftflöde. Även dessa system har sina begränsningar. Kombinationen stort ventilationsflöde och låg tilluftstemperatur ökar risken för klagomål på drag. Systemen använder luftkylningsbatteri i tilluftsaggregatet. Kylbatteriet aktiveras när utetemperaturen (eller förkyld uteluft) är högre än önskad tilluftstemperatur.

CAV-systemet dimensioneras normalt för att hålla luften (hygienventilation) ren medan VAV-systemet oftast också dimensioneras för komfortkylning. VAV-system är därför mer utrymmeskrävande än ett CAV-system. Fläktrummen tar större plats, kanalerna är större och kanalkorsningar kräver planering.

Vattenburen kyla (rumsburen kyla)

Vid stora kylbehov är det nödvändigt med ett vattenburet komfortkylsystem som kyler direkt i rummen och dimensioneras för att kyla kompletterat med ett CAV-system som dimensioneras för att hålla luften ren för föroreningar. I rummen finns kylbafflar eller kylpaneler som i varierande grad kyler med strålning och egenkonvektion. I vissa fall ansluts ett kylbatteri till tilluftsdonet i rummet så att ventilationsluften bär ut kylan, det sker i så kallade fönsterapparater, fasadapparater eller aktiva kylbafflar. Det cirkulerande kylvattnet kyls antingen av kylmaskin eller av fjärrkyla. Vattentemperaturerna i rumsplacerade kylbatterier, kylbafflar eller kylpaneler kan inte hålla för låg temperatur på grund av att fukten i rumsluften då kommer att kondensera.

5.2 Energikällor för kyla

För att åstadkomma kylning behövs en kylkälla och energi. Den vanligaste kylkällan är frikyla som förekommer som egen lösning, eller i kombination med kylmaskin eller fjärrkyla.

5.2.1 Frikyla

Begreppet frikyla används för kylning som inte kräver tillförsel av energi förutom el till pumpar och fläktar. Dessa system kan utgöras av

- Nattkyla – uteluft under svalare tid på dygnet.
- Kyla från mark och berg via borrhål.
- Kyla från grundvatten eller sjövattnen.
- Spillkyla från värmepumpar i byggnaden eller grannbyggnad.

Nattkyla innebär att byggnaden kyls nattetid genom att den ventileras med sval uteluft. Effekten beror på byggnadsmaterialets värmetröghet och exponering av t.ex. naken betong. Det kommer att vara lite svalare i byggnaden under förmiddagen och kan innebära att installerad kyleffekt kan begränsas eller kanske till och med inte installeras.

För kylning från **mark och berg via borrhål** utnyttjas mark som kylager under sommaren. Vintertid hämtas värme från borrhålet antingen direkt eller via en värmepump. Sommartid hämtas kyla så långt som möjligt utan att starta värmepumpen. Begreppet benämns Geo-FTX.

Frikyla från **grundvatten**, sjöar, hav eller andra vattendrag innebär att vatten med en låg temperatur pumpas upp och kyler, via värmeväxlare, vattnet i byggnadens kylsystem.

Med **spillkyla** avses den kylenergi som kan utnyttjas på förångarsidan i en värmepump och som annars inte används.

5.2.2 Kylmaskin

Kylmaskin är det vanligaste sättet för att producera kyla för komfortändamål till luftkylbatteriet i ventilationsaggregatet och till kylelement placerade i rummet. Kompressorn i kylmaskinen drivs med el och energin som levereras på förångarsidan är det intressanta. Kylmaskinens kondensator placeras ofta på tak för att kylas med uteluft. Placering på tak behöver tänkas igenom eftersom solstrålning på mörka tak kan ge upphov till mycket varm uteluft.

5.2.3 Fjärrkyla

Fjärrkyla innebär att kyla produceras centralt i en tätort och distribueras i markförlagda ledningar till respektive byggnad. Produktionen kan ske med stora kylmaskiner, antingen med eldrivna kompressorer eller som absorptionskylmaskiner med tillförd energi t.ex. från förbränningsanläggning. Det finns också möjlighet att komplettera med kallt vatten från sjöar och vattendrag. Att anlägga nät för fjärrkyla är resurskrävande och används i princip endast i områden med lokalbyggnader.

5.3 Möjligheten till komfortkyla

Problematiken som exemplifieras här är för äldreboenden, bostäder och skolor.

5.3.1 Komfortkylning i äldreboenden och bostäder

Äldreboenden och bostäder har i flera avseenden samma förutsättningar. Den stora skillnaden är att det finns personal i gemensamhetsutrymmen och korridorer i äldreboenden som innebär att även Arbetsmiljöverkets föreskrifter behöver efterföljas. Detta gäller inte i de boendes rum/lägenheter som räknas som bostad. Det är också vanligt med vård i hemmet som ger egna förutsättningar för t.ex. möjligheter med vädring.

De allra flesta äldreboenden och bostäder saknar system för komfortkylning.

Passiva lösningar som solskydd och vädring kan minska sannolikheten för övertemperaturer men blir det tillräckligt varmt ute krävs det tekniska lösningar för komfortkylning.

Vädring kan dessutom ofta vara svårt att hantera praktiskt för både personal och boende.

För många boende innebär den praktiska lösningen portabla luftkylare (t.ex. bords- eller golvstående fläkt) eller eventuellt portabla luftkylare (aggregat för komfortkyla). Se exempel

på lösning med portabla lyftkylare i figur 5.1. Dessa luftkylare innebär en ökad energi-användning och har några stora tekniska nackdelar, t.ex. att kylan ofta leds ut via en stor slang som hängs ut genom ett öppet fönster och att kondensvatten behöver samlas upp i t ex en hink. Genom att fönstret står öppet släpps även mycket varm uteluft in vilket bidrar till att öka kylbehovet i rummet.

Befintliga byggnader är vanligtvis inte förberedda för installation av fasta aggregat för komfortkyla. De är ofta svåra eller helt omöjliga att installera så att de fungerar energi-effektivt i befintliga byggnader. Nya byggnader kan därför behöva förberedas för framtida ombyggnad till komfortkyla som ett möjligt sätt att framtidssäkra byggnadsbeståndet.

Många befintliga äldreboenden äldre än 15 år har enbart mekanisk frånluft i bostads-lägenheterna. Tilluften kommer in via springventiler eller ventiler bakom radiatorn. Med denna lösning är det inte möjligt att kyla tilluften centralt. Det är dock inte ovanligt att dessa äldreboenden har balanserad ventilation (både till- och frånluft) i gemensamma vardagsrum, matsal etc. Dessa delar av äldreboendena kan då enklare byggas om för att få en viss mängd kyla, åtminstone via kyld tilluft, och kan erbjuda en kyld tillflyktsort under extrema värmeböljor.

Äldreboenden som har balanserad ventilation i bostadslägenheterna kan enklare byggas om så att man kyler tilluften i anslutning till ventilationsaggregatet. Den tillförda kyleffekten i bostadsrum kommer dock i praktiken att begränsas av flera faktorer: Det befintliga kanalsystemet är kanske inte alls är isolerat eller endast tunt isolerat och då ökar temperaturen på den kylda tilluften längs kanalsträckorna och den förväntade kyleffekten uteblir eller försvagas. Kanalsystemet är sannolikt inte heller isolerat med tanke på kondensrisk, så det är inte möjligt att köra fram alltför låga temperaturer, för då riskeras kondensutfällning mot utsidan av kanalväggen. Flödena och därmed kanaldimensionerna är inte dimensionerade för att bära fram tillräcklig mängd luft för att få en god kyleffekt. Tilluftsdon mm kan ge buller ifall man försöker forcera fram högre luftflöden är avsett.

Att använda befintligt system för golvvärme till kylning under sommaren kan vara en möjlig metod. Styrdon etc. måste dock anpassas för att släppa fram kallt vatten, i stället för varmt.



Figur 5.2 Exempel på användning av portabla luftkylare. Fönster måste stå öppna då luftkylarna används, vilket leder till att varm uteluft kommer in. Kondensvatten samlas upp i en hink. Detta trots att fönster har både mellanglaspersienn samt utvändiga screenvävar som skydd mot solinstrålning och att det finns god vädringsmöjlighet via inåtgående bågar. (Foto Helena Bülow-Hübe).

5.3.2 Komfortkylning i skolor

Till- och frånluftssystem är vanliga i nyare skolor och i äldre skolor förekommer en hel del frånluftssystem (Svensk ventilation 2017, 2019). De flesta skolor saknar idag komfortkylsystem. Vid utformning av skolor och deras tekniska system har man tidigare förlitat sig på vädring mellan lektionerna och kortare lektioner än vad som är vanligt idag. Numera har dock inte alla skolelever rast samtidigt vilket gör att vädring i klassrum vanligtvis inte kan användas på grund av störande ljud från skolgården. Det är viktigt att hålla temperaturer inom acceptabla gränser för barnens välbefinnande och inlärningsförmåga. Forskning har visat att innemiljön har större inverkan på barns skolarbete än vuxnas kontorsarbete (Teli & Dalenbäck 2018).

De skolor som har till- och frånluftssystem kan teoretiskt utan alltför stora ingrepp kompletteras med komfortkyla i form av kylning av tilluften. Hygienflödena i klassrum är cirka 10 liter/sekund och person, men eftersom persontätheten (antal personer per m²) är så hög i ett klassrum finns det en begränsning i ventilationssystemets kylande förmåga i och med att alltför kall tilluft skapar drag. Det är tveksamt om det är möjligt att med enbart hygienluftflöde kyla klassrummen även med effektiva solskydd och energieffektiv belysning.

Frånluftsventilerade skolor har samma problem att vädra som till- och frånluftsventilerade med tanke på ljud från skolgården. Dessutom saknas möjligheten att kyla tilluften eftersom den tas in via uteluftsventiler direkt i klassrummet. Uteluften kan till och med värmas av fasaden beroende på placering av uteluftsventiler.

Oavsett ventilationssystem (gäller inte skolor med självdragsventilation) kan nattkyla utnyttjas. Det innebär att ventilationen är i gång nattetid tills en viss nedkylning uppnås. Effekten av nattkyla löser inte hela problemet med övertemperaturer men kan vara en bit på vägen.

I vissa skolor kyls tilluften redan idag och troligtvis kommer det att bli vanligare (Ylmén et al. 2021) för att möta framtida förväntad klimatutveckling. En stor utmaning blir att producera och tillföra denna kyla på ett energieffektivt sätt. Konverteras befintliga ventilationssystem till behovsstyrda system med kyld tilluft måste framför allt ventilationsaggregat anpassas, ventilationskanaler isoleras och de behöver dessutom kompletteras med styrsystem för behovsstyrning.

5.3.3 Passiv kyla genom vädring

Ur energi- och miljösynpunkt bör i första hand så kallade passiva åtgärder, vilka inte behöver tillföras energi i driftskedet, vidtas. Ett sätt att passivt kyla ner är att öppna fönstren och ersätta den varma rumsluften med svalare utomhusluft. En förutsättning för god fönstervädring är tillräckligt stor öppningsgrad vilket betyder att fönstret behöver vara nära marken eller att en balkong finns under fönstret för att undvika fallrisk. Risk för inbrott med öppet fönster får inte heller finnas eller att luftföroreningar eller buller utifrån kommer in i rummet.

En handberäkningsmetod som kan användas för att överslagsmässigt bestämma vädringstiden för att byta ut större delen av rummets luftvolym redovisas i (Nordquist 1999a). Denna kan användas i alla typer av byggnader. Endast fönster- och rumsmått behöver vara kända. En mer omfattande beskrivning av teorin ges i (Nordquist 1998, 2002). Handfasta råd om effektiv vädring redovisas i (Nordquist 1999b). Eventuella föroreningar i utomhusmiljön får beaktas. Om fönstren är placerade nära en mycket trafikerad gata bör man exempelvis undvika att öppna i rusningstid.

Flera andra parametrar påverkar också kyleffekten bland annat byggnadens termiska massa. En datorsimulering som tidigare nämnts kan även genomföras för att undersöka ett lämpligt vädringsscenario för en specifik byggnad.

5.4 Möjliga lösningar för att öka kylningskapaciteten

Här redovisas några idéer för att öka möjligheten till kylning i byggnader, både i befintliga byggnader och som förberedelse för nya klimatsäkrade byggnader. Idéer som behöver utredas vidare.

5.4.1 Golvvärmesystem

För byggnader med uppvärmning via golvvärmesystem kan det också vara möjligt att distribuera kyla i golvvärmesystemet, så som TABS (Thermally Active Building Systems). Frikyla från borrhål kan användas även om vattnet inte är speciellt kallt eftersom kyleffekter kan erhållas tack vare den stora överföringsytan, framför allt i golv men även i tak. Kylta bjälklag kan ta tid innan de återgår till rumstemperatur, om uteklimatet växlar kan kondens uppstå och ytor kan upplevas som kalla. Möjliga fukt- och kondensrisker behöver utredas närmare.

I t.ex. Örebro finns ett system installerat som under uppvärmningssäsongen produceras värmen till bjälklagen med värmepump ansluten till borrhål (bergvärme). För komfortkyla cirkuleras värmebäraren i borrhålen med en reglerad temperatur några grader lägre än rummets börvärde. Under den varma sommaren 2018 provades anläggningen genom att kyla bjälklagen. När utomhustemperaturen var 30 °C blev inomhustemperaturen 24–26 °C beroende på dygn, och framledningstemperaturen i golven var 17 °C och returtemperatur 5–7 °C högre (Thermotech 2022). Kylta bjälklag för bort värme i luften och leder bort infallande solstrålning mot golven, samt sänker den operativa temperaturen. Bjälklagen fungerar som en slags solfångare – värmeenergin i solstrålning som träffar golvytor transporteras bort från rummen och kan t.ex. återladda borrhål om det finns en geoenergilösning. Kombinerad bjälklagsvärme- och kyla finns även beskrivet för äldreboende (Åslund 2019).

Tekniken är inte vanlig i Sverige och behöver utredas mer, bland genom erfarenhet från byggnader där tekniken tillämpas. Man bör beakta följande:

- Reglertröghet. Precis som med golvvärme har kylta bjälklag har en tröghet innan de intar en temperatur som är anpassad till rummet. Om uteklimatet snabbt blir kallare finns risk att ytorna fortfarande är kalla ett tag och kan försämra komforten.
- Fukt. Kalla ytor i kombination med hög utelufttemperatur innebär risk för kondens. För låg temperatur i bjälklagen kan ge fukt på golven och i byggnadskonstruktionen.
- Värmeisolering i golv. Normalt sett utformas golvvärmesystem med isolering under slingorna för att styra värmeavgivningen uppåt, så att värmen inte ska bli takvärme i lägenheten undertill.

Mer teknisk information om värme och kyla i bjälklag finns att läsa i REHVA Guidebook No. 7 (REHVA u.å.).

5.4.2 Kyld tilluft

Luftflöden i bostäder är avsett för att föra bort föroreningar och lukt. Flödet är inte tillräckligt att fullt ut ge den kyleffekt som behövs varma somrardagar. Det finns exempel där kyld tilluft har skapats med geoenergilösningar (markslingor eller borrhål) och sorptiv kyla.

I ena fallet med geoenergilösning kyldes tilluften med ett system av markvärme, värmepumpar och varm- och kallvattentankar i vård- och omsorgsboendet Rosenbacken (Larsson 2019). Högre frånluftsflöden än normalt för wc kan behövas i äldreboenden vilket betyder större tilluftflöde i rummen. Inomhustemperaturen tillåts stiga en begränsad tid under sommaren och höga inomhustemperaturen kan dämpas de värsta somrardagarna med kyld tilluften. Kylan som levererades från värmepumpen till ventilationen kunde värma vattentank för tappvarmvatten på värmepumpens varma sida. Detta är en intressant lösning

då tappvarmvattenbehovet i framtiden är den största energiposten hos ett modernt flerbostadshus när uppvärmningsbehovet minskar i framtida varmare klimat (Tsaousoglou 2019) och det finns ett behov av komfortkyla.

Ett annat exempel är s.k. geo-FTX vilket innebär att bostaden har till- och frånluftssystem med värmeväxlare tillsammans med borrhål. I flerbostadshuset Valvankaret används borrhålsvätskan till att förvärma uteluften innan värmebatteriet (Åslund 2020). På sommaren kan tilluften kylas med hjälp av borrhål vilket ledde till att under den extrema sommaren 2018 kunde inomhustemperaturen dämpas några grader.

Tilluften kan även kylas med sorptiv kyla vilket innebär att tilluften befuktas vilket leder till att temperaturen sjunker när vattnet förångas. Tilluften torkas därefter med värme, t.ex. med värmeöverskott eller med fjärrvärme för att sänka fjärrvärmens returtemperaturen. Eftervärmningen leder till torrare tilluft vilket höjer komforten på sommaren. (Åslund 2019) beskriver ett exempel från Strömnäsbackens förskola. Innetemperaturen sänks med några grader jämfört med utetemperaturen de varmaste sommardagarna.

5.4.3 Radiatorsystem

Att radiatorsystem för komfortkyllning är ett sätt som skulle kunna användas för att distribuera kyla. Risker som behöver utredas är kylningskapacitet, risk för kondens, avsaknad av isolering på många ledningar och att befintliga styrventiler är avsedda för varmt vatten, inte kallt (de stänger när det är för varmt).

Installera fläktkonvektor ("hotellapparat"). Detta kan vara en lösning på problemet med övertemperatur i bostäder och äldreboenden, speciellt i befintliga byggnader.

Fläktkonvektor är en enhet som är vanlig i hotell. Tilluft tillförs tillsammans med ett kylbatteri och en cirkulationsfläkt vilket säkerställer ett luftflöde genom kylbatteriet som är många gånger större än tilluftsflödet. Apparaten kan även användas utan tilluft och placeras t.ex. i bostadens hall. I en befintlig byggnad måste kylledningar dras fram till varje fläktkonvektor och kondensledningar dras till avlopp. Dessa ledningar är dock inte speciellt stora, även om de måste isoleras. I många fall behövs en inbyggnad i trapphus. Att använda luft-luftvärmepumpen för cirkulationskyla är en liknande åtgärd.

5.4.4 Minska kylbehovet i stället!

Både vid nyproduktion och i befintliga byggnader finns stora möjligheter att minska kylbehovet, till och med så mycket att det kanske inte ens behövs ett separat system för komfortkyla. Den effektivaste åtgärden är att begränsa solinstrålningen med antingen solskyddsglas eller solavskärmning. Ju längre ut solskyddet placeras desto effektivare blir det. Vid nyproduktion kan också storlek, placering och orientering på fönster analyseras.

Riktlinjer för dagsljusnivåer bör ses över och vägas mot vad som är mest skadligt för hälsan: för låg dagsljusnivå (p.g.a. något mindre fönster) eller övertemperaturer (p.g.a. stora fönster). I dagsljusnivåer bör man även väga in möjligheten för brukaren att få dagsljus utomhus i anknytningen till bygganden, t.ex. anpassade områden kring bygganden.

5.5 Komfortkyla – fukt och robusthet

Det finns även en risk för kondensutfällning i rummen om köldmediet är för kallt. Denna risk ökar om luftmassan är fuktig. Därigenom minskar också möjligheten att tillföra kyla.

Det är viktigt att planera för en robusthet också. Vad händer med den termiska komforten vid t.ex. strömavbrott. Det är då viktigt att kunna öppna fönstren även i moderna byggnader med FTX-ventilation för att både kunna sänka temperaturen och skapa en luftomsättning i lokalen.

Regelverk (samt kontroller) för termisk komfort

5.6 Allmänt om regler och lagar

Det finns en rad olika lagar och regler som är bindande för alla i Sverige. Vanligtvis delas dessa in i fyra olika kategorier, grundlagar, lagar, förordningar och föreskrifter. Med ett samlingsnamn kallas de för författningar.

Vissa områden påverkas även av överstatliga organisationer. EU utfärdar bland annat direktiv för att harmonisera medlemsländernas lagstiftning. Därefter överlämnar EU till respektive medlemsland att bestämma formerna och tillvägagångssätten för att implementera direktiven i respektive lands lagstiftning.

Tabell 6.1 Styrande dokument för byggprojekt (Källa: Byggföretagen 2020)

Organisation		Ansvarar för	Exempel på styrdokument
Internationell nivå/ Europainivå	FN, IPPC, EU, WHO	Förordningar, direktiv, beslut, yttranden, rekommendationer.	Direktiv om: byggprodukter, byggnaders energiprestanda, miljökonsekvensbeskrivning
Nationell nivå	Riksdag	Grundlagar Lagar	Plan- och bygglagen (PBL), Lag om energideklaration, arbetsmiljölagen, miljöbalken (MB) m.fl.
	Regering	Förordningar	Plan- och byggförordning, förordning om tekniska egenskaper på byggnadsverk
	Myndigheter: t.ex. Boverket Arbetsmiljöverket Folkhälso-myndigheten	Föreskrifter och regler Rekommendationer	BBR Boverkets byggregler EKS Svensk tillämpning av Eurocode Arbetsplatsens utformning (AFS 2020:1) Systematiskt arbetsmiljöarbete (AFS 2001:1)
Regional nivå	Länsstyrelser	Samordning mellan kommuner och region	Planeringsunderlag Prövning av PBL och MB
Lokal nivå	Kommuner	Översikts- och detaljplanering	Översiktsplan, Detaljplan
Beställare/ fastighetsägare	Bostadsbolag, Offentliga organisationer, Privatpersoner	Handlingar i byggprojekt, Finansiering, Miljöhandlingar	Programhandling inomhusklimat, Ritningar, Byggnadsbeskrivning, Miljökonsekvensbeskrivning, Byggarbetsmiljösamordning
Utförare	Byggföretag	Byggproduktionen	Kalkyl, budget, produktionstidplan, arbetsplatsdispositionsplan (APD-plan), Kvalitets-, miljö- och arbetsmiljöplan (KMA-plan)
Leverantörer	Material- och system-leverantörer	Byggprodukter och systemlösningar	Montageanvisningar, Drift och skötselinstruktioner.
Bransch- eller intresse-organisation	SGBC m.fl.	Verifiering av branschens vedertagna krav inom olika delar av en byggnad	Certifiering av installatörer och underentreprenörer - ByggaE, ByggaL, Leed, Breeam-se, Svanen, miljöbyggnad i drift...
Den boende	Kund	Boendevanor, Egna önskemål	Önskemål om god inomhusmiljö. Specifika användningsförutsättningar

Lagar, förordningar och föreskrifter är alltid tvingande. Allmänna råd som följer med föreskrifter ska vägleda och ibland visa på goda exempel. De allmänna råden och rekommendationer är förtydligande för hur de olika regelverken ska tolkas. När allmänna råd förekommer i t.ex. Boverkets byggregler blir dessa ofta nivå-sättande vid myndighetsgranskningen, t.ex. vid bygglovsgivning och startbesked. Vägledning och

handböcker, tillsynsvägledning med mera är mer av karaktären bakgrundsbeskrivningar på ett mer allmänt sätt där det även kan finnas referenser till bakomliggande forskning etcetera.

I tabell 6.2 sammanställs några regler och råd avseende termisk komfort i anslutning till plan- och bygglagen (PBL), miljöbalken, arbetsmiljölagen samt lagen om skydd mot olyckor.

Tabell 6.2 Några regler och råd byggnader och termisk komfort.

	Lagstiftning				
	Plan- och bygglagen, PBL (2010:900)	Miljöbalken (1998:808)	Arbetsmiljölagen (1977:1160)	Förordning (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd	
Ansvarig myndighet	Boverket	Folkhälso-myndigheten/ Socialstyrelsen	Arbetsmiljöverket	Miljödepartementet	Myndigheten för samhällsskydd och beredskap
Lokal/ regional tillsyns- myndighet	Kommunal byggnadsnämnd Stadsbyggnadskontor	Kommunal miljönämnd Miljöförvaltning	Regionala arbetsmiljö- inspektionen		
När och var?	Nybyggnad, till- och ombyggnad	Bostäder och lokaler för allmänna ändamål*	Arbetsplatser och skolor, ej förskolor med avseende på barnen		
Föreskrifter	Boverkets byggregler, föreskrifter och allmänna råd - BBR 29, (BFS 2011:6) med ändringar till och med BFS 2020:4		Arbetsmiljöverkets författningssamling Arbetsplatsens utformning, (AFS 2020:1). Systematiskt arbetsmiljöarbete (AFS 2001:1)		
Allmänna råd	Boverkets byggregler, föreskrifter och allmänna råd. BBR 29, (BFS 2011:6) med ändringar till och med BFS 2020:4	Folkhälso-myndighetens allmänna råd om temperatur inomhus (Folkhälso-myndigheten 2014:17)	Arbetsmiljöverkets författningssamling Arbetsplatsens utformning, (AFS 2020:1)		Händelsescenario värmebölja (rapport från MSB)

*) Till lokaler för allmänna ändamål räknas bland annat samlingslokaler och lokaler för vård, undervisning och hygienisk behandling, idrottsanläggningar, badanläggningar, hotell och liknande men även köpcentrum såsom exempelvis gallerior.

Grunden i myndighetstillsyn i Sverige regleras till stor del i förvaltningslagen.

Genom de flesta regelverk sätts minimikrav som inte får underskridas. Minimikraven är satta för att inte ohälsa eller skador ska riskera uppstå. I många fall missuppfattas minimikraven som ”önskvärda” värden. Det finns flera exempel på att när minimikrav från flera regelsystem och föreskrifter kombineras uppstår oönskade komplikationer. I praktiken är det ofta sammansatta krav (på exempelvis bättre komfort) som styr den nödvändiga nivån.

5.6.1 Bygglagstiftning

Enligt plan- och bygglagen, PBL (2010:900), ska ett byggnadsverk ha de tekniska egenskaper som är väsentliga i fråga om skydd med hänsyn till hygien, hälsa och miljö. Enligt plan- och byggförordningen, PBF, ska byggnadsverk vara projekterade och utförda på ett sådant sätt att de inte medför en oacceptabel risk för användarnas eller grannarnas hygien eller hälsa. Dessa krav preciseras i Boverkets byggregler, BBR när det gäller termiskt klimat och termisk komfort i kapitel 6:4.

Förordning (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd anger att en bostad ska ge betryggande skydd mot värme, kyla, m.m.:

Särskilda bestämmelser till skydd mot olägenheter för människors hälsa

33 § I syfte att hindra uppkomst av olägenhet för människors hälsa skall en bostad särskilt;

- 1 ge betryggande skydd mot värme, kyla, drag, fukt, buller, radon, luftföroreningar och andra liknande störningar,
- 2 ha tillfredsställande luftväxling genom anordning för ventilation eller på annat sätt,
- 3 medge tillräckligt dagsljus,
- 4 hållas tillfredsställande uppvärmd,
- 5 ge möjlighet att upprätthålla en god personlig hygien,
- 6 ha tillgång till vatten i erforderlig mängd och av godtagbar beskaffenhet till dryck, matlagning, personlig hygien och andra hushållsgöromål.

För utomhusluftens kvalitet, det vill säga den som tillförs en byggnad, finns flera regelverk som sammanflätas. Plan- och bygglagen hänvisar särskilt till miljöbalkens bestämmelser om bland annat miljökvalitetsnormer som i sin tur är kopplade till luftkvalitetsförordningen.

Reglerna är också tillämpliga när det gäller uppkomna störningar i befintlig bebyggelse. Kraven gäller byggnader i allmänhet och reglerna är tillämpliga vid såväl nyproduktion som vid ändring och renovering.

Höga temperaturer behandlas i Folkhälsomyndighetens och arbetsmiljöverkets anvisningar (FoHMFS 2014:17; AFS 2020:1).

5.7 Krav på termisk komfort i byggnader (föreskrift)

Vid ändring, om- och nybyggnation gäller reglerna enligt plan- och bygglagen genom i huvudsak Boverkets byggregler, BBR29 (BFS 2011:09 med ändringar till och med BFS 2020:4), och regler kring ändring som inte är bygglovspflichtig, VÄS 3 (BFS 2012:12 med ändringar till och med BFS 2017:4).

5.7.1 Miljöbalken

Av miljöbalken (SFS 1998:808 9 kap. 3§ och 26 kap. 19§) framgår att bostäder och lokaler för allmänna ändamål ska användas på ett sådant sätt att olägenheter för människors hälsa inte uppkommer och hållas fria från ohyra och andra skadedjur.

Ägare eller nyttjanderättshavare, verksamhetsutövare, till denna typ av lokaler är skyldiga att skaffa sig den kunskap som behövs med hänsyn till verksamhetens eller åtgärdens art och omfattning för att skydda människors hälsa och miljön mot skada eller olägenhet och vidare vidta de åtgärder som skäligen kan krävas för att hindra uppkomsten av eller motverka besvär för människors hälsa.

Folkhälsomyndigheten har i sitt Allmänna råd om temperaturer inomhus (FoHMFS 2014:17) tagit fram rekommenderade riktvärden som en tillämpning av miljöbalken.

5.7.2 Egenkontroll enligt miljöbalken

Alla som bedriver en verksamhet, såsom exempelvis en fastighetsägare, ska kontrollera sin verksamhet för att motverka eller förebygga olägenheter för människors hälsa och miljön. Den kommunala miljönämnden är ansvarig för att bedriva tillsyn och har rätt att kontrollera om exempelvis egenkontroller sköts som de ska. För en fastighetsägare är det exempelvis alltid bra att ha skriftliga rutiner för underhåll och egenkontroll.

5.7.3 Olägenhet

Begreppet olägenhet för människors hälsa definieras i 9 kap. 3 § miljöbalken. Med olägenhet för människors hälsa avses störning som enligt medicinsk eller hygienisk bedömning kan påverka hälsan menligt och som inte är ringa eller helt tillfällig.

Av förarbeten till bestämmelsen (prop. 1997/98:45) framgår att bedömningen av vad som kan anses vara en olägenhet ska utgå från vad människor i allmänhet anser vara en olägenhet och inte enbart baseras på en enskild persons reaktion i det enskilda fallet. Hänsyn ska dock tas till personer som är något mer känsliga än vad som kan anses normalt, exempelvis allergiker och astmatiker. Innebörden av detta är att klagandens hälsotillstånd inte alltid fullt ut kan beaktas vid bedömningen av om en olägenhet föreligger. Det finns med andra ord en gräns mellan vad som kan anses vara en olägenhet och individuell ohälsa där det i det senare fallet mer är en fråga för sjukvården och inte för verksamhetsutövaren. Lite mer populärt uttryckt så kan kraven för exempelvis en bostad uttryckas som en "normal" bostad för en "normal" människa.

För att mer i detalj beskriva vilka kriterier som gäller för bedömning av olägenhet så har Folkhälsomyndigheten utarbetat allmänna råd. Dessa råd är en tolkning av Miljöbalken för att ge rekommenderade riktvärden. Allmänna råd innehåller rekommendationer om hur en författning kan eller bör tillämpas och utesluter inte andra sätt att uppnå de mål som avses i författningen. Ett exempel är Folkhälsomyndighetens (FoHMFS 2014:17) Allmänna råd om temperatur inomhus. Riktvärdena anger gränser för temperaturer för olika exponeringstid uttryckt som "kortvarigt" och "varaktigt". Den högsta angivna temperatur som inte får överskridas (operativ temperatur 28 °C) är för hög för många sårbara persongrupper. Vad som i tid dessa exponeringstider avser, till exempel timmar per år som i andra länders krav, finns inte definierat och blir en tolkning från fall till fall. Rådet kan därför bli svårt att tillämpa eller godtyckligt, och kan innebära nationella skillnader för samma typ av byggnad eller verksamhet. Råden gäller inte vid extremväder som t.ex. extrem värmebölja, men detta avser värmebölja enligt historiskt mått. Framtidens värmeböljor som i dagens mått är extrema är i framtiden normala vilket gör att allmänna råden kan tillämpas.

Med stöd av dessa riktvärden kan den kommunala tillsynsmyndigheten både ställa krav på utredningar och som ett resultat av dessa även krav på åtgärder. Tillsynsmyndigheten har då även skyldighet att göra en rimlighetsavvägning enligt miljöbalken. Kraven får alltså inte vara orimliga att uppfylla varför en avvägning när det gäller olägenhet ofta är relationen mellan omfattning/kostnad och hälso nytta.

5.7.4 Tillsyn av olägenheter enligt miljöbalken

Det är fritt för var och en som exempelvis bor i en lägenhet att göra en olägenhetsanmälan till den kommunala tillsynsmyndigheten. Efter bedömning och enligt förvaltningslagen regler ska därefter den ansvarige verksamhetsutövaren kommuniceras för att ges möjlighet att åtgärda bristen/olägenheten, ofta med en tidsfrist på runt tre veckor.

5.8 Arbetsmiljö

De mest grundläggande reglerna om utformning av arbetsplatser finns i arbetsmiljölagen, AML (SFS 1977:1160). Där framgår till exempel att hänsyn ska tas till människors olika psykiska och fysiska förutsättningar. Vill man förekomma så planerar man och bygger en flexibel arbetsplats som enkelt kan ändras och justeras så att den passar så många som möjligt, till exempel en person med funktionshinder. Fokus ligger även på att lokalerna ska vara ändamålsenliga, dvs. vara anpassade för den verksamhet de används till.

Förutsättningarna för att arbetsmiljön ska bli bra även för dem som är överkänsliga avgörs redan vid projekteringen av byggnader och anläggningar. Detaljerade regler om arbetsplatsens utformning finns i arbetsmiljöverkets föreskrift AFS 2020:1 som också innehåller omfattande råd om tillämpningen av reglerna. En arbetsgivare ska redan på idéstadiet börja samverka med arbetstagare och skyddsombud om nybyggnad och förändringar. Arbetsgivaren ska också i det systematiska arbetsmiljöarbetet analysera risker och åtgärda dessa för att inte arbetstagarna ska utsättas för risker som kan vara negativa för hälsan. Det systematiska arbetsmiljöarbetet finns i AFS 2001:1. Arbetsmiljöverkets föreskrifter om systematiskt arbetsmiljöarbete finns grundläggande bestämmelser om hur

arbetsgivaren ska organisera, genomföra och följa upp sitt arbetsmiljöarbete för att förebygga risker för ohälsa och olycksfall i arbetet, samt skapa en tillfredsställande arbetsmiljö. Arbetsgivaren ska, i sitt systematiska arbetsmiljöarbete, beakta och hantera de arbetsmiljöförhållanden som regleras i 22–166 §§ i dessa föreskrifter.

Enligt AFS 2020:1 124 § ska arbetsplatser inomhus ha ett lämpligt termiskt klimat. Temperatur och lufthastighet ska anpassas till typen av arbete, om arbetet är lätt eller tungt eller om det är rörligt eller utförs stillasittande. Omgivande ytor ska ha sådana temperaturer att strålningsasymmetri, det vill säga skillnad i värmestrålning till olika ytor, undviks. Om olika arbetsuppgifter sker i olika delar av en lokal, kan de behöva ha olika termiskt klimat.

Enligt AFS 2020:1 126 § ska, om det inte är möjligt att skapa ett lämpligt termiskt klimat i hela lokalen, ett lämpligt klimat eftersträvas i de delar av lokalen där arbete huvudsakligen bedrivs. Om detta inte kan ordnas, ska arbetsgivaren vidta andra åtgärder för att minska risken för ohälsa och olycksfall. Exempel på åtgärder kan vara användning av skyddskläder mot kyla. Exempel på hur erforderlig skyddsklädsel, samt lämplig längd på arbetspass, kan beräknas vid arbete i kyllda lokaler, finns i standarden SS-EN ISO 11079:2007.

Under energikriser, om det är svårt att behålla en förväntad inomhustemperaturnivå, kan ytterligare kläder vara en enkel och tempererad lösning för att minska köldstress. Hur mycket kläder som behövs kan beräknas utifrån IREQ-modellen. Webbaserad beräkning av IREQ finnas via denna [weblänk](#). Andra personliga miljökontrollsystem t.ex. personlig uppvärmning eller kylning, kan också användas (AIVC 2022).

Tillsyn av arbetsmiljön

Arbetsgivaren ska regelbundet undersöka arbetsförhållandena och bedöma riskerna för att någon kan komma att drabbas av ohälsa eller olycksfall i arbetet. Arbetsgivaren ska ge arbetstagarerna, skyddsombuden och elevskyddsombuden möjlighet att medverka i det systematiska arbetsmiljöarbetet (AFS 2001:1). Arbetsmiljöarbetet behöver bedrivas både under löpande drift och vid förändringar, exempelvis vid nybyggnad och när nya arbets- och produktionsmetoder ska införas. Vid brister i arbetsmiljön kan arbetstagarernas skyddsombud vända sig till arbetsgivaren för att begära sådana åtgärder eller undersökningar, arbetsmiljölagen 6 kap. § 6a. Om arbetsgivaren inte gör detta finns möjlighet för skyddsombudet att vända sig till arbetsmiljöverket.

Arbetsmiljöverket kan då göra en inspektion, upprätta ett föreläggande eller utfärda ett förbud. Vid en inspektion upprättas en inspektionsrapport som inte kan överklagas varför arbetsmiljöverket som ovan beskrivit kan fatta ett beslut.

Arbetsmiljöverket bedriver också annan tillsyn än de fall som anmäls enligt ovan. Sådana inspektioner kan ske efter allvarliga olycksfall eller tillbud eller genom planerade inspektioner inom något arbetsområde.

Precis som är fallet med ärenden enligt miljöbalken kan arbetsmiljöverkets beslut överklagas. Första instans för överklagade är förvaltningsrätten och beslut härifrån kan överklagas till kammarrätten. Det finns också möjlighet att begära prövningstillstånd hos högsta förvaltningsdomstolen.

5.9 Allmänt om myndighetstillsyn i Sverige

Grunden i myndighetstillsyn i Sverige regleras till stor del i förvaltningslagen, (SFS 2017:900). Denna lagstiftning reglerar i huvudsak hur olika myndigheter ska handlägga ärenden, krav på tillgänglighet och upplysning, men även vilka regler som gäller avseende beslut och regler i och omkring överklaganden av beslut.

Genom möjligheten till överklagande i åtminstone två instanser och kraven på transparens och offentlighet och service till medborgarna får systemet betraktas som rättssäkert.

6 System, vägledningar och verktyg för termisk komfort

6.1 Vägledningar för inomhusklimat och termisk komfort

Detta avsnitt summerar och exemplifierar kort tillgängliga vägledningar på rörande inomhusklimat och termisk komfort i Sverige. Hänvisningarna redovisas i tur och ordning för:

- Myndigheter
- Branschorganisationer
- Standarder beträffande termisk komfort och värmestress

Redovisningen innefattar vägledningar som riktas till olika målgrupper, exempelvis beställare/byggherrar, konsulter, entreprenörer, tekniska fastighetsförvaltare, driftorganisationer, verksamhets/arbetsmiljöansvariga, miljö- och hälsoskyddsinspektörer. Redovisningen är inte indelad med hänsyn till avsedd målgrupp.

6.1.1 Vägledning från myndigheter

Arbetsmiljöverket

Arbetsmiljöverkets web-portal har en sektion med vägledning inriktad på inomhusmiljö. Där finns en sektion som specifikt behandlar temperatur och klimat.

<https://www.av.se/inomhusmiljo/temperatur-och-klimat/?hl=temperatur>

Boverket

PBL kunskapsbanken är Boverkets handbok till plan- och bygglagen. Handboken är webbaserad och sökbar. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/>

Folkhälsomyndigheten

På Folkhälsomyndighetens webbsida ger återfinns vägledning för bedömning av termiskt inomhusklimat och temperatur.

<https://www.folkhalsomyndigheten.se/livsvillkor-levnadsvanor/miljohalsa-och-halsoskydd/tillsynsvagledning-halsoskydd/temperatur/termiskt-inomhusklimat-och-temperatur/>

Folkhälsomyndigheten har också vägledning till handlingsplaner för att hantera hälsoeffekter av värmeböljor

<https://www.folkhalsomyndigheten.se/contentassets/ea328afcc93f4ad6a37693176fbb3158/hantera-halsoeffekter-varmeboljor.pdf>

Myndigheten för Samhällsskydd och beredskap (MSB)

MSB är en expertmyndighet som arbetar för ökad säkerhet i samhället. MSB har t.ex. en hemsida inriktad mot värmebölja

<https://www.msb.se/sv/arnesomraden/skydd-mot-olyckor-och-farliga-arnen/naturoluckykor-och-klimat/varmebolja/>

Upphandlingsmyndigheten

Upphandlingsmyndigheten har krav på inneklimate. I dessa beaktas även effekter av ett förändrat klimat. Kraven är ett stöd till offentliga fastighetsägare och är utformade för att passa projekt för flerbostadshus och boenden, skolor, förskolor, idrottshallar, kontor och liknande lokaler. Kraven är utformade så att de går att använda i upphandlingar av olika typer av konsultuppdrag och entreprenader samt är utformade för nybyggnation och ombyggnation.

Upphandlingsmyndigheten har även sådana krav på Byggnadens värme- och energianvändning ([webblänk](#)) samt på Energi- och dagsljusutredning av fönster och glaspartier ([webblänk](#)). I dessa krav tas även risker för övervärme och kylbehov in, solvärmelast samt inneklimate med. Kraven ska alltså samspela och kunna användas

tillsammans med myndighetens inneklimatekrav. Upphandlingsmyndigheten har även krav på och en vägledning för luftfilter

På myndighetens [web-sida](#) publiceras stöd för att sätta krav på bra inomhusklimat.

Länsstyrelserna

Länsstyrelserna ger tillsynsvägledning till kommunernas byggnadsnämnder. Syftet är att tillsynen ska bli så effektiv och enhetlig som möjligt. Länsstyrelsen och Boverket ansvarar tillsammans för att samordna arbetet med tillsynsvägledning till byggnadsnämnder.

Länsstyrelserna tillhandahåller handläggarstöd och mallar för den kommunala handläggningsprocessen. Se exempelvis <https://www.lansstyrelsen.se/vastra-gotaland/samhalle/planering-och-byggande/tillsynsvagledning-for-byggnadsnamnden.html#0>

Länsstyrelsen i Västra Götalands län (2019) har tagit fram ett informationsblad:

Vägledning värmebolja

<https://www.lansstyrelsen.se/download/18.737a752716f1a7f842317bb4/1577967040109/vagledning-varmebolja.pdf>

SMHI

SMHI levererar information och prognoser om väder, vind och temperatur. På en av SMHIs hemsidor informeras om Varningar och meddelanden för bland annat höga temperaturer.

<https://www.smhi.se/vader/varningar-och-brandrisk/varningar-och-meddelanden/hoga-temperaturer>

Följande myndigheter har också vägledningar som berör inomhusklimat:

- Kemikalieinspektionen
- Livsmedelsverket
- Socialstyrelsen
- SKR - Sveriges kommuner och regioner

6.1.2 Andra vägledning för termisk komfort

Se även kapitel 7.2 och genomgången där av innehållet i miljöcertifieringssystem.

AIVC (Air infiltration and Ventilation Centre) är IEAs (International Energy Agency) informationscentrum för luftkvalitet och energieffektiv ventilation. AIVC publicerar forskningsresultat, tekniska rapporter och vägledningar inom termisk komfort.

<https://www.aivc.org/resources/collection-papers/aivc-publications>

6.1.3 Standarder beträffande termisk komfort

Publikationer från Svenska institutet för standarder (SIS Förlag AB, Stockholm) som behandlar termisk komfort, termiskt klimat och ergonomi.

Observera att listan är sorterad i nummerordning!

Svenska standarder

- SS-EN 511:2006 *Skyddsbandskar mot kyla*
- SS-EN ISO 7243:2017 *Det termiska klimatets ergonomi - Bedömning av värmestress genom användning av WBGT (wet bulb globe temperature) index (ISO 7243:2017)*
- SS-EN ISO 7726:1998. *Ergonomi för termiskt klimat - Instrument för mätning av fysiska storheter*
- SS-EN ISO 7730:2006, *Ergonomi för den termiska miljön - Analytisk bestämning och bedömning av termisk komfort med hjälp av indexen PMV och PPD samt kriterier för lokal termisk komfort*

- SS-EN ISO 7933:2004 *Ergonomi för termiskt klimat - Analytisk bestämning och bedömning av värmebelastning genom beräkning av indexet PHS (ISO 7933:2004)*
- SS-EN ISO 8996:2004 *Energi för termiskt klimat - Bestämning av metabolisk energiomsättning (ISO 8996:2004)*
- SS-EN ISO 9920:2009 *Ergonomi för termiskt klimat - Skattning av termisk isolation och ångmotstånd hos beklädnad (ISO 9920:2007, corrected version 2008-11-01)*
- SS-EN ISO 10551:2019 *Den fysiska omgivningens ergonomi - Subjektiva bedömningsskalor vid bedömning av den fysiska omgivningen (ISO 10551:2019)*
- SS-EN ISO 11079:2007 *Ergonomi för den termiska miljön - Bestämning och bedömning av termisk belastning i kyla med hjälp av rekommenderad beklädnadsisolation (IREQ) samt lokala avkylningseffekter (ISO 11079:2007)*
- SS-EN ISO 11855-3:2021 *Byggnadsprojektering med miljöhänsyn - Projektering, dimensionering, installation och reglering av inbyggda strålningsverkande värme- och kylsystem - Del 3: Design och dimensionering (ISO 11855-3:2021)*
- SS-EN ISO 12569:2017 *Byggnaders och materials termiska egenskaper - Bestämning av luftflödet i byggnader - Utspänningsmetod med spårgas*
- SS-EN 12792 (2003) *Luftbehandling - Ventilation i byggnader -Termer, definitioner, storheter och grafiska symboler*
- SS-EN ISO 12894 (2001) *Ergonomi för termiskt klimat - Medicinsk övervakning av individer utsatta för extremt varma eller kalla miljöer (ISO 12894:2001)*
- SS-EN 13182 (2002) *Luftbehandling - Krav på mätinstrument för mätning av luft hastigheter i ventilerade utrymmen*
- SS-EN ISO 13731(2001) *Ergonomi för termiskt klimat - Terminologi och symboler (ISO 13731:2001)*
- SS-EN ISO 13732-1:2008 *Ergonomi för termiskt klimat - Metoder för bedömning av reaktioner hos människan vid kontakt med ytor - Del 1: Varma ytor (ISO 13732-1:2006)*
- SS-EN ISO 13732-3:2008 *Ergonomi för termiskt klimat - Metoder för bedömning av reaktioner hos människan vid kontakt med ytor - Del 3: Kalla ytor (ISO 13732-3:2005)*
- SS-EN ISO 15927-2:2009 *Fukt- och värmetekniska egenskaper hos byggnader - Klimatdata - Del 2: Timbaserade data för beräkning av effektbehov för kylning (ISO 15927-2:2009)*
- SS-EN ISO 15927-4:2005 *Fukt- och värmetekniska egenskaper hos byggnader - Klimatdata - Del 4: Timbaserade data för att bestämma årlig energianvändning för uppvärmning och kylning (ISO 15927-4:2005)*
- SS-EN ISO 15927-5:2005/A1:2011 *Fukt- och värmetekniska egenskaper hos byggnader - Klimatdata - Del 5: Data för att bestämma byggnaders effektbehov för uppvärmning (ISO 15927-5:2004/Amd 1:2011)*
- SS-EN 16798-1:2019 *Byggnaders energiprestanda - Ventilation för byggnader - Del 1: Indataparametrar för inomhusmiljö för konstruktion och bestämning av byggnaders energiprestanda gällande luftkvalitet, termiskt klimat, belysning och akustik - Modul M1-6 (ersatte EN 15251:2007)*
- SS-EN 16798-5-2:2017 *Byggnaders energiprestanda - Modul M5-6, M5-8 - Ventilation för byggnader -Beräkningsmetoder för energikrav av ventilationssystem - Del 5-2: Fördelning och framställning - metod 2*
- SS-EN ISO 52016-1:2017 *Byggnaders energiprestanda - Bygg-och byggnadselement - Energiförbrukning för uppvärmning och kylning, innetemperaturer och sensibel och latent huvudbelastning - Del 1: beräkningsmetoder (ISO 52016-1:2017)*

Teknisk specifikation

- SIS-ISO/TS 13732-2:2018 *Det termiska klimatets ergonomi - Metoder för bedömning av reaktioner hos människan vid kontakt med ytor - Del 2: Människors kontakt med ytor med måttlig temperatur (ISO/TS 13732-2:2001)*

Kommitté

- SIS/TK 189 *Innemiljö och energianvändning i byggnader*
- SIS/TK 380 *Ergonomi och human factors*

Övrigt

En standard från ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) av intresse inom området är:

- ASHRAE 55, 2020. Thermal environmental conditions for human occupancy

REHVA, (Federation of European Heating, Ventilation and Air conditioning Associations) ger ut guideböcker om inomhusmiljö och utformning av system för värme, ventilation och luftkonditionering, t.ex.:

- REHVA Guidebook no. 29 Quality Management for Buildings

6.2 Miljömärkningar och miljöcertifieringssystem

Miljöcertifiering av byggnader är ett verktyg som används på frivillig basis för att kommunicera byggnaders miljöprestanda och för att prioritera de mest effektiva miljöåtgärderna under projekteringen. Det finns flera certifieringssystem i världen som vart och ett baseras på de miljömål som respektive ägarland brottas med. I Sverige är de vanligaste internationella systemen BREEAM och LEED. Det brittiska certifieringssystemet BREEAM har funnits i cirka 30 år och LEED ca 20 år. Även om systemen har olika ursprung används de runt om i världen. WELL Building Standard är ett globalt certifieringssystem anpassat för den svenska marknaden. WELL syftar till att förbättra hälsa och välmående för de som lever och vistas i olika bebyggda miljöer.

Det svenska systemet Miljöbyggnad har använts för certifiering sedan 2011 och baseras på ett egenklassningssystem Miljöklassad byggnad som utvecklades av branschföretag och ByggaBoDialogen via Boverket. I Sverige används också Svanen-märkningen som är ett certifieringssystem gemensamt för Norden.

Gemensamt för systemen är att de bedömer en byggnad på ett antal punkter. I det brittiska systemet BREEAM och det amerikanska LEED bedöms en byggnad på ett sjuttioal punkter. Ju fler miljöåtgärder som genomförs desto högre poäng får byggnaden och desto högre miljöbetyg att kommunicera. Miljöbyggnad har begränsat bedömningen till cirka 16 punkter.

Byggnadens miljöstatus på områdena energi, inomhusmiljö och material ingår i alla systemen med olika vinklingar och bedömningskriterier. BREEAM och LEED bedömer också miljöåtgärder för transporter, tomten, lokala störningar, avfall, miljöledning, vattenanvändning etc.

I certifieringssystemet BREEAM går det att certifiera och få betyg för framtidssäkrad byggnad gällande framtida klimatförändringar och termisk komfort (BREEAM-SE 2017) Beroende på typ av ventilationssystem ska prognostiserat uteklimat användas, för olika antal år framåt i tiden, vid dimensionering. Byggnader som byggs utan komfortkyla ska genom byggnadens utformning och system uppfylla termisk komfort enligt ISO 7730 vid det klimatet som beräknas finnas om 50 år. För byggnader med komfortkyla ska termiska komforten uppfyllas för ett klimat om 15 år. De olika tidshorisonterna avser att förbereda byggnaden för ett framtida klimat och att kunna möjliggöra eventuella ombyggnader för att minska värmebelastning och bygga ut kylkapacitet. Tidsgränserna baseras på engelska certifieringskraven och nationella förutsättningar.

De framtida klimatdata som BREEAM hänvisar till i gällande manual är till engelska förutsättningar men i remiss till ny version av manual kommer hänvisning göras till

vädersajt (www.weathershift.com) där även svenska framtida klimat finns. Dessa klimat baseras inte på SMHI:s data vilket ger en osäkerhet med jämförelse av klimat.

För Sveriges del skulle synsättet kunna vara att en byggnad har en livslängd på minst ca 80 år. Om byggnaden inte förses med komfortkyla från början bör den utformas så att den uppfyller krav på termisk komfort med det uteklimat som råder om 80 år.

Bostäder skulle alltså behöva utformas som man idag gör i mellan- och sydeuropa.

Om byggnaden förses med komfortkyla bör utrymme planeras för att kunna bygga ut kylkapaciteten under hela byggnadens livslängd. Även möjlighet att värmeavlasta byggnaden för att minska kylbehovet bör vara den första åtgärden för att minska behovet av kylenergi.

Tredjepartsgranskning

Med tredjepartsgranskning menas i det här sammanhanget att beräkningar, utredningar, ritningar, beskrivningar, mätningar m.m. som granskas av en person som är oberoende till projektet som ska certifieras, dvs. en tredje part. Granskarna är utbildade och godkända av respektive ägare och förvaltare till systemen. I Sverige är det t.ex. Sweden Green Building Council (SGBC) som granskar Miljöbyggnadsprojekt och i Storbritannien har BRE Global Limited motsvarande funktion för BREEAM-projekt.

LEED, BREEAM och Svanen certifieras genom att redovisa projekteringshandlingar. Vissa delar kontrolleras på plats i den färdiga byggnaden. Certifiering betyder i detta fall att redovisningarna granskas av tredje part.

Certifiering i Miljöbyggnad innebär också att projekteringshandlingar granskas av tredjepart. Unikt för Miljöbyggnad är att när byggnaden varit i drift i två år kontrolleras alla indikatorer, vissa med uppmätta värden och andra på plats för att intyga att projekterade tekniska lösningar finns på plats. Då kontrolleras vissa indikatorer med uppmätta värden t.ex. energianvändning, effektbehovet vid DVUT, uppmätt radonhalt, och uppmätta ljudnivåer. Andra indikatorer verifieras genom att kontrollera att entreprenören verkligen har köpt in fönster med projekterade egenskaper för värmeisolering, solskydd, ljustransmission osv.

Sweden Green Building Council informerar om olika certifieringar på sina hemsidor:

[BREEAM](#)

[LEED](#)

[Miljöbyggnad](#)

[WELL Building Standard](#)

6.2.1 Certifieringssystem och termiskt klimat

Som exempel ska i BREEAM det termiska klimatet simuleras och PMV- och PPD-index ska redovisas i enlighet med ISO 7730. För att erhålla en poäng ska kategori B på inneklimatklass enligt samma standard uppfyllas. För två poäng ska dessutom effekter på det termiska klimatet orsakade av förväntad klimatförändring redovisas eller visa hur den befintliga lösningen kan anpassas för att uppfylla kraven. För ytterligare poäng ska krav på termiska zoner och brukarstyrning uppfyllas. BREEAM har ”2020 and 2050 weather files” och behandlar HEA 04 Thermal comfort under den övergripande rubriken Health and Wellbeing

I Miljöbyggnad finns idag ett krav att myndighetskrav på termiskt klimat är uppfyllda. I den senaste till remissen till förändring av Miljöbyggnad, till Miljöbyggnad version 4.0, föreslås att kriterier som har påverkan för inneklimat tas bort. Dessa är kriterier för dagsljus, ventilation (och radon). Beslut fattas av SGBC under hösten 2022. Tidigare krävdes att man kontrollerar att rekommendationer från Folkhälsomyndigheten för bostäder och allmänna utrymnen och från Arbetsmiljöverket för arbetsplatser ska visas vara uppfyllda. För att godkänna den preliminära certifieringen på projekteringshandlingar skulle simuleringar av

aktuellt termiska klimat redovisas i de mest kritiska rummen och det skulle ske enligt ISO 7730. Ju högre betyg som eftersträvas desto lägre PPD-index vid DVUT skulle simuleringar för de mest kritiska rummen i byggnaden visa.

6.2.2 Certifieringsprocessen som tillsynsexempel för myndighetskontroller

Det svenska systemet Miljöbyggnad har som baskrav att visa att myndighetskrav på relevanta indikatorer ska vara uppfyllda, det gäller energianvändning, solvärmelast, termiskt klimat, luftkvalitet, ljudmiljö, dagsljus, legionella, fuktsäkerhet, energianvändning, radonhalt.

Man kan tycka att dessa kontroller är onödiga för certifieringssystem eftersom t.ex. det redan är kontrollerat via myndigheternas tillsyn. Men myndighetstillsynen är stickprovsbetonad och fokuserar på väsentliga risker (Boverket 2021b). Med tanke på det stora antal fel i byggnader som behöver rättas till (Boverket 2018) och det stora antalet rapporterade problem med termiskt klimat, fuktskador, luftkvalitet etc. kan man misstänka att kommunernas tillsyn vid nyproduktion inte har önskad verkan. Varken vid nyproduktion eller i befintliga byggnader.

Verifieringsmetoden som utvecklats inom Miljöbyggnad bygger på instruktioner till projektörer, entreprenörer och förvaltare om vad som ska redovisas. Dessa instruktioner motsvarar i praktiken den riskvärdering som skulle tydliggöras i myndigheternas stickprovsbaserade tillsyn.

6.3 Simulering av termiskt klimat

Dynamisk termisk simulering är den mest förekommande metoden att förutsäga risken för övertemperatur i byggnader, speciellt i samband med projektering av nyproduktion och större renoveringar. Denna typ av simulering har en ganska lång historia. De svenska simuleringsverktygen har till stor del sin grund i Metod för datamaskinberäkning av värme- och ljusstrålning i rum av kyl- och värmebehov” (Brown 1964, 1969, 1974). Under 1970-talet utvecklades bl.a. BRIS, Ventac, Julotta och BDAB Klimat vilka hade stora likheter. Under andra halvan av 1990-talet ersattes i princip dessa program av IDA ICE vilket sedan dess varit det ledande byggnadssimuleringsverktyget i Sverige.

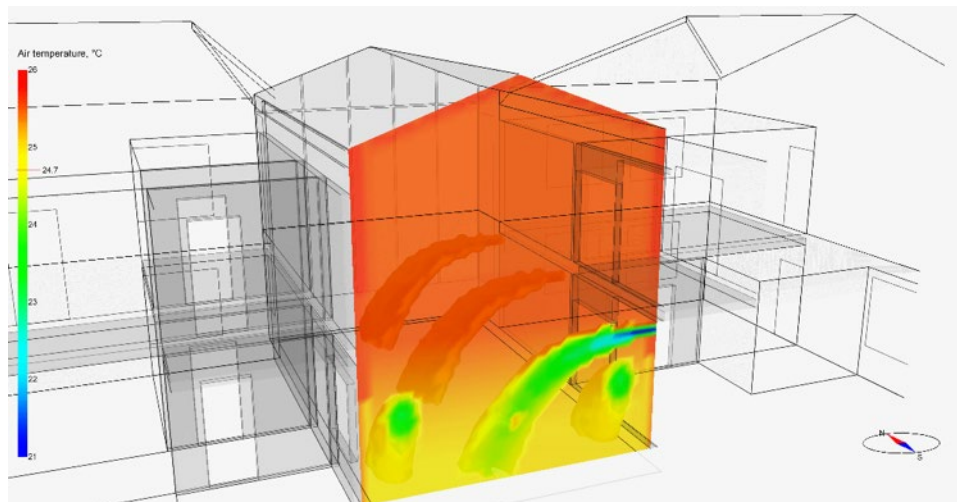
Fördelen med termiska simuleringar är att de kan hantera alla de fenomen som krävs för att förutsäga risken för termisk stress som t.ex. solinstrålning, vädring, olika typer av kyla, internlast och värmebalans i rum och byggnadsstomme. Andra metoder som nyckeltal och förenklade indikatorer som solvärmelasttal bygger på etablerade samband. Dessa metoder fungerar så länge sambanden är oförändrade, något som inte stämmer om man söker innovativa metoder att undvika övertemperatur i kombination med framtida klimatförändringar.

Termiska simuleringar kan bestämma innetemperatur, kylbehov och vädringsflöden med stor noggrannhet. Det finns dock flera stora utmaningar i form av vilka förutsättningar och designkriterier, som ska användas. De största svårigheterna är att resultatet beror på de förutsättningar och antaganden som används. I de flesta länder där termiska simuleringar används finns tillhandahållna handböcker, vägledningar och anvisningar för att verifiera att byggnader inte kommer få problem med övertemperatur i samband med bygglovsprocessen. Det som främst diskuteras i dessa handböcker är modeller för följande:

- Interna värmelaster. Flera studier visar att de interna värmelasterna i form av antal personer, belysning och utrustning kan variera kraftigt.
- Brukarvanor. Användandet av solskydd och vädring har mycket stor inverkan på inomhustemperaturen.
- Uteklimat.
- Luftflöde vid vädring.

6.3.1 Möjligheter med dagens designverktyg

Det finns flera verktyg för att simulera faktorer som har betydelse för analys av termiskt klimat och termisk komfort t.ex. ventilation, energibehov och dagsljusförhållanden. Några baseras på digitala modeller av den färdiga byggnaden. Några behandlar byggnadsdelar och andra behandlar rumsvolymer. Utvecklingen på detaljeringsnivå och tiden det tar att simulera förbättras hela tiden.



Figur 7.1 Energi och termisk komfort (bildkälla EQUA Simulation AB)

6.3.2 Simuleringstyper

Vanligtvis gör man två olika klimatberäkningar för ett rum, en för vintern och en för sommaren. I princip skulle man kunna använda exakt samma metodik för de båda fallen men på grund av praktiska och historiska skäl skiljer de sig ganska mycket åt, i alla fall i Sverige.

En tredje metod är att göra årssimuleringar. Denna metod används då man t.ex. är intresserad av att veta hur många timmar temperaturen överskrider en viss temperatur. Att göra årssimuleringar för inneklimat är betydligt svårare än för en dimensionerande dag. För det första måste man ha tillgång till ett representativt uteklimat. Visserligen finns det klimatfiler avsedda för energianalyser men dessa är baserade på typiska eller "normala" månader. Det är alltså inte alls säkert att de är representativa vad det gäller kalla och varma dagar vilka är de viktigaste ur klimatsynpunkt.

Styrsystemen måste beskrivas på ett riktigt sätt. En dimensionerande sommardag kan man t.ex. anta att fläktarna går dygnet runt och att solskyddet är fördragna men hur är det en solig april dag? Klädsel är ett annat problem. Visserligen har t.ex. IDA ICE en modell för hur människor anpassar sin klädsel beroende på hur varmt det är med det finns mycket lite forskning som stödjer relevansen i denna modell. Svårast är dock att beskriva internvärmerna. Är närvaron alltid 60 % av dimensionerande personlast eller varierar den och i så fall hur? På grund av dessa svårigheter och osäkerheter använder man sig oftast av dimensionerande dagar men kompletterar dessa analyser med årsstudier, t.ex. med hjälp av resultatet från energisimuleringar. Värt att påpeka är att det finns krav som ställs för en längre tid, t.ex. TQ2 (EMTF 2013), BELOK (BELOK 2015) och P25 (Byggnadsstyrelsen 1992).

6.3.3 Verktyg för bedömning av termisk komfort

Vid Berkeley universitet har ett webbaserat grafiskt användargränssnitt för termisk komfortförutsägelse enligt ASHRAE Standard 55 utvecklats (CBE Thermal Comfort Tool <https://comfort.cbe.berkeley.edu/>). Det inkluderar modeller för konventionella byggnadssystem (förutspått medelvärde) och för komfort med en adaptiv komfortmodell och för ökade lufthastigheter (till exempel vid användning av rumsfläktar). Det är ett fritt

online-verktyg sedan 2013 och uppdateras regelbundet med förbättringar och för att inkludera godkända ändringar av ASHRAE 55-standarden.

Institutionen för Designvetenskap vid Lunds universitet har också utvecklat en tjänst för att beräkna PMV och PPD. Den nyligen utvecklade appen för smartphone är ett personligt verktyg som kan användas för att förutsäga termisk inomhuskomfort och förväntad procentandel missnöjd (PPD) baserat på rådande utomhusväderförhållanden, fönster- och dörröppning, termostatinställning etc. ClimApp integrerar lokal väderprognos med flera termiska modeller som integrerar termiskt klimat och individuella faktorer. Den fungerar både för utomhus- och inomhusmiljöer. Inomhusmodulen bör förbättras ytterligare eftersom inomhusluftens temperatur påverkas av många byggnadsfaktorer (Aguilera et al. 2019; Kingma et al. 2021). ClimApp ger användare möjlighet att mata in uppmätt inomhuslufttemperatur, luftfuktighet, aktivitet och kläders isolationsnivå för en individanpassad bedömning av den termiska komforten inomhus. (Appen är allmänt tillgänglig på AppStore och Google Play).

6.3.4 Data för analys och bedömning av termiskt klimat

Framtida väderscenarion (temperatur, fukt, sol, vind, temperaturdifferens, möjlighet till frikyla)

För att kunna förutsäga risken för övertemperaturen inomhus behöver man känna till vädret utomhus. De parametrar man vanligtvis tar hänsyn till är utomhustemperatur, direkt och diffus solinstrålning, vindriktning, vindhastighet, luftfuktighet och molnighet. Den viktigaste parametern är utomhustemperaturen men även sol och vind kan ha mycket stor inverkan på inneklimatet. Ibland används även molnighet men andra parametrar som t.ex. nederbörd används inte trots att det skulle kunna vara relevant.

Vädret mäts sedan lång tid vid cirka 550 väderstationer i Sverige och sedan några år tillbaka är merparten av dessa mätningar gratis tillgängliga via SMHI och andra källor. Sol mäts bara på ett fåtal platser och av den anledningen kompletteras väderstationernas mätdata med satellitdata eller syntetiskt framtagen solinstrålning. I många fall mäts bara global solinstrålning och direkt solinstrålning bestäms utifrån bl.a. molnighet och solhöjd.

Vid simuleringar används vanligtvis timvärden vilka representerar medelvärden av antingen föregående timma eller en halvtimma före och efter angiven tidpunkt. För temperatur är detta tillräckligt men för sol behövs ofta en högre noggrannhet vilket innebär att värden interpoleras. Vind är speciellt besvärligt att beskriva eftersom t.ex. utvändiga solskydd påverkas av byvindar och dessa redovisas ej som timvärden. Även molnighet och vindriktning kan variera kraftigt under en timma men detta har relativt liten inverkan på inomhustemperaturen i byggnader.

Det finns en mängd olika sätt att beskriva vädret i samband med simuleringar av rumsklimat vilka är intimt sammankopplade med olika indikatorer och simuleringmetoder. De vanligaste är följande:

1. Simulering av en enstaka dimensionerande representativ dag vid konstanta förutsättningar. Detta är den metod som framför allt används för att simulera inomhustemperatur vintertid och det finns t.o.m. en metod beskriven i BBR 6:412 om hur utomhustemperaturen (DVUT) ska bestämmas.
2. Simulering av en enstaka dimensionerande representativ dag vid dynamiska förutsättningar. Denna metod är populär och har en hel del för- och nackdelar. Fördelen är att den är enkel att definiera och eftersom det endast är en dag är simuleringstiden kort. Nackdelen är att den har svårt att hantera kombinationer av maximal utetemperatur och solinstrålning då dessa sällan sammanfaller. Exempelvis är solinstrålningen högre på våren än sommaren i rum orienterade mot söder. Ett annat problem är att långa perioder av uppmätt data måste sammanfattas till ett

representativt dygn vilket dessutom innebär att denna metod inte kan svara på hur ofta eller hur länge övertemperatur kan uppträda. Ytterligare en svaghet med denna metod är att de representativa rummen föregås av beräkning för ett antal identiska dygn för att säkerställa temperaturen i byggnadsstommen och rumtemperaturen vid dygnets början vilket i praktiken innebär en oändlig värmebölja.

3. Simulering av en enstaka dimensionerande representativ dag varje månad vid dynamiska förutsättningar. Denna metod är mycket lik föregående men i stället för en representativ dag har man en per månad och kan därmed undersöka kombinationer av solinstrålning, utetemperatur och andra parametrar som internlast, vind och luftfuktighet. Nackdelen är att det är långt ifrån trivialt att bestämma dessa dygn och att data saknas för många orter i Sverige.
4. Simulering av en längre period vid dynamiska förutsättningar. Denna metod ökar i popularitet i samband med att väderdata blir mer lättillgänglig och att datorkraften ökar vilket tillåter längre och mer detaljerade simuleringar. Hur lång perioden är varierar men är oftast minst en månad och sällan längre än 30 år. Den stora utmaningen är vilket väder som ska användas under denna period och det finns flera alternativ som beskrivs i följande avsnitt.
5. Simulering vid längre syntetiska perioder. Dessa är ganska ovanliga men var mer populära förr då simuleringstid var en utmaning. Ett exempel är Byggnadsstyrelsens P25-krav.

De väderfiler som vanligtvis används beskrivs här nedan

Dimensioneringsår - Design Reference Year (DRY)

Design Reference Year (DRY) är en artificiell väderfil som är avsedd för olika typer av dimensionering, t.ex. värmesystem, kyla och risken för övertemperatur. De innehåller oftast 8760 timmar (ett år) och är framtagna utifrån historiska data. Hur dessa filer är framtagna varierar kraftigt beroende på vem som tagit fram dem och i de flesta fall är metoden inte speciellt väldokumenterad eller reproducerbar. Sådana filer används bl.a. i Danmark och England (framtaget av Boverkets motsvarighet CIBSE).

Ett problem med denna typ av filer är att det oftast inte framgår för vilket ändamål som filerna är framtagna och troligtvis är det olämpligt att använda samma filer för uppvärmning, kylning, övertemperatur, dagsljusanalyser och normaliserad energianvändning. Representerar filen t.ex. ett medelvärde innebär detta att det kommer bli varmare hälften av alla år.

Normalår

Väderfiler för normalår har stora likheter med föregående dimensioneringsår men är uttryckligen avsedda för att vara normala, inte dimensionerande. Ett vanligt ändamål är energiberäkning vid projektering av byggnader för normalt brukande enligt BFS 2017:6 (BEN 2) samt vid normalårskorrigerings av uppmätt energianvändning men förvånansvärt nog sägs ingenting om hur dessa normalår ska bestämmas. Vanligtvis används de filer som SVEBY med hjälp av SMHI tagit fram.

Verkliga år

Väderfiler för verkliga år innehåller verkligt uppmätt och syntetiskt framtagna väderdata. För att kunna använda dessa filer för att dimensionera eller bestämma normaliserad energianvändning krävs flera års data, ofta mellan 10 och 30 år. Den stora fördelen med denna typ av väderfiler är att man slipper de problem som uppstår när man aggregerar historiska data till ett enstaka år. Man kan även göra fler typer av kvantitativa studier som t.ex. avgöra hur länge olika fenomen kommer uppstå, t.ex. antal sammanhängande timmar med temperaturer över 20 grader inomhus. Svagheten med denna typ av väderfiler är att simuleringstiden blir längre än för ett enstaka år och att man fortfarande inte kan se fenomen som inte ryms i den valda datafilen.

Klimatfiler för framtidens väder

För att designa nya byggnader för framtida klimat krävs en uppfattning om hur vädret kommer att vara i framtiden. Att bestämma dessa väder/klimatfiler är inte triviellt och det kan ha stor inverkan på vilka tekniska lösningar som är att föredra. Det räcker inte att bara parallellförskjuta utetemperaturen utan hänsyn måste tas till framför allt följande:

- Vilket klimatscenario som kan antas inträffa?
- Hur länge ska byggnaden klara lastökning via klimat innan den byggs om?
- När kan värmeböljor tänkas uppträda under året, då andra parametrar som påverkar inomhustemperaturen kan variera kraftigt under året, t.ex. solinstrålning och internlast?
- Hur långa värmeböljor kan tänkas vara?
- Hur temperaturen varierar under dygnet?
- Hur utomhustemperaturen varierar med andra parametrar som vindhastighet (möjligheten till vädring), fukt (möjligheten till kyla utan kondensation) m.m.?
- Hur andra parametrar som vind, fukt, molnighet och sol kommer förändras?
- Hur lokala värmeeffekter kan ge tuffare klimat än generella klimatfiler? Särskilt i stadsmiljö som planeras att förtätas över tid.

6.4 Branschvägledningar för inneklimatberäkningar

Sverige har en lång tradition av att använda termiska simuleringsverktyg för att säkerställa ett gott inneklimat. De svenska byggnadsenergisimuleringsverktygen har till stor del sin grund i ”Metod för datamaskinberäkning av värme- och ljusstrålning i rum av kyl- och värmebehov” (Brown 1964). Under 1970-talet utvecklades bl.a. programmen BRIS, Ventac och BDAB Klimat vilka hade stora likheter. Under andra halvan av 1990-talet ersattes i princip dessa program av IDA ICE vilket sedan dess varit det mest använda byggnadsenergisimuleringsverktyget i Sverige.

Trots denna långa tradition finns det inte någon branschvägledning som beskriver hur simuleringar ska utföras på ett tillförlitligt sätt vilket är olyckligt. I t.ex. de simuleringar som används för att säkerställa termisk komfort sommar enligt Miljöbyggnad finns en stor variation i hur simuleringar utförs men även bristande kvalitet, t.ex. att vädring överskattas. Det finns en risk att detaljstyra simuleringar, t.ex. kan detta vara utvecklingshämmande så nyttan med en branschvägledning är främst en generell kunskapssammanfattning. De delar som en branschvägledning bör omfatta sammanfattas i följande delkapitel.

6.4.1 Indikatorer och gränsvärden

För att kunna bedöma termisk komfort och risker med övertemperatur behövs någon form av mätbar indikator. Den vanligaste indikatorn är *lufttemperatur* men även andra indikatorer som *upplevd (operativ) temperatur* och *komfortindex enligt ISO 7730* är vanliga. Förutom en indikator behövs gränsvärden. Gränsvärden kan vara absoluta, t.ex. att det inte får bli varmare än 25 °C eller kopplade till tid, t.ex. att den operativa temperaturen inte får överstiga 26 °C mer än 80 timmar under ett år eller nattetid under en sammanhängande period av mer än 1 vecka. Ibland multiplicerar man tid och temperatur för att bättre beskriva hur mycket man avviker från ett gränsvärde, t.ex. att en operativ temperatur på 27 °C inte får överskridas mer än 800 gradtimmar per år. Just gradtimmar används sedan många år i Finland.

Oavsett vilken indikator som väljs är det viktigt att den kopplas till relevanta förutsättningar, hur varmt det är ute, hur höga de interna värmelasterna är eller om man förutsätts kunna vädra. De indikatorer som väljs bör även differentieras beroende på behov. Temperaturen i byggnader för känsliga grupper som äldre och sjuka bör vara lägre än i t.ex. förskolor där ingen vistas nattetid och dessutom det är möjlighet att gå ut.

6.4.2 Väder och tidsperiod

För att simulera inneklimat behövs kunskap om uteklimatet, framför allt lufttemperatur, solinstrålning, luftfuktighet och vind. Sverige saknar erkänd metod för att bestämma dimensionerande sommartemperatur och har heller inte några dimensionerande väderfiler. Det som finns är normalår med timvärden baserade på historiska data. Dessa är olämpliga att använda då de inte är avsedda för att bestämma övertemperatur. Skulle Boverket tillsammans med SMHI ta fram väderfiler för framtida klimatscenarion är det mycket viktigt att dessa är väl utformade då de kommer ha stor inverkan på olika tekniska lösningar. Det gäller inte bara att veta hur varmt det kommer bli, vi behöver veta hur långa värmeböljorna är, när de infaller på året, hur mycket solen skiner, hur mycket det blåser, hur stor dygnsvariationen är, hur fuktigt det är samt hur allt dessa samverkar. Är det t.ex. stor dygnsvariation kommer detta premiera stomlagring, är det blåsigt kommer detta premiera vädring och är solinstrålningen hög samtidigt som det är varmt kommer solskydd vara viktiga. Är det varmare än 24 grader nattetid kommer passiva kylåtgärder vara i princip meningslösa och vi hänvisas till aktiv kyla av olika slag.

Tidsperioden för termiska simuleringar är intimt sammankopplad med vädret. De metoder man vanligtvis använder är antingen en kort dimensionerande period (oftast en dag) eller ett helt år. Dagen kan vara när det är som varmast för att ta hänsyn till den värsta kombinationen av utetemperatur, solinstrålning och intern värmelast. Dagen upprepas under lång tid för att hantera stomlagring och värmeböljors längd. Fördelen med denna metod är att den är relativt enkel att definiera. Det andra alternativet är en längre period, ofta ett år. Väderfilen som används brukar kallas designår och skiljer sig från normalår genom att vara mer extremt. Fördelen med långa simuleringar är att den kan svara på hur många timmar något uppträder vilket är nödvändigt för vissa typer av indikatorer.

6.4.3 Heat island-effekter

Vid simulering av inneklimat är utgångspunkten vanligtvis att utetemperaturen är den samma som vid närmaste väderstation. Problemet med detta är att väderstationer ofta är placerade ganska högt där de blåser ganska mycket, ofta på flygplatser. I verkligheten är luften kring byggnader i städer betydligt varmare, upp till 5 grader, och lokalt kan det vara ännu varmare, till exempel om man har solbelysta intagsgaller eller en mörk fasad. Vid vädring sommartid är dessa 5 grader hela den tillgängliga kyleffekten vilket innebär att detta kan ha enormt stor inverkan på inneklimatet.

6.4.4 Brukarvanor

Inneklimatet i bostäder beror till stor del på brukarvanor, framför allt mängden interna värmelaster, användningen av solskydd samt vädring och att förutsäga dessa är genuint svårt. Visserligen går det att simulera utifrån ett optimalt brukande, till exempel att de boende vädrar när det är som mest fördelaktigt, men om detta inte är realistiskt fyller det inte någon större funktion. Aspekter som är genuint osäkra kan modelleras på ett flertal olika sätt:

1. Använda normaliserade förutsättningar, t.ex. internlasten från Boverkets föreskrifter och allmänna råd om fastställande av byggnadens energianvändning. Används normaliserade förutsättningar är det viktigt att säkerställa att de är relevanta. Internlasten för normaliserad energianvändning må vara relevant för att bestämma värmebehovet i en byggnad men inte hur varmt det blir sommartid. En fördel med normaliserade förutsättningar är att även om de är felaktiga är de i alla fall konsekventa och alla simuleringar innehåller samma fel. En nackdel är att felaktiga normaliserade förutsättningar kan ha oanade och stora konsekvenser, t.ex. premiera dåliga byggnadstekniska lösningar.
2. Känslighetsanalyser. Tester av olika förutsättnings inverkan visar hur resultatet påverkas. Har de stor inverkan så är det en indikation vad det är viktigt lägga fokus

på. Många simuleringsverktyg har stöd för automatiska känslighetsanalyser och detta är därför ganska enkelt.

3. Extrema förutsättningar. Används extrema förutsättningar minskas i alla fall att sannolikheten att underskatta en risk. Nackdelen med denna metod är att detta kan premiera icke optimala lösningar.

6.4.5 Interna laster

Det finns flera sammanställningar som beskriver normala värmelaster i form av närvaro, antal personer och olika typer av värmeavgivande maskiner. En begränsning med dessa är att de inte tar hänsyn till förändringar i samhället. I många bostäder, speciellt i utsatta områden, är persontätheten betydligt högre än vad de normala lasterna anger. Detta påverkar både värme- och fuktavgivning. En annan aspekt är att fler både tvättar och torkar tvätt i bostäder än tidigare. Värmelaster från belysning minskar och maskinlasten varierar kraftigt beroende på teknikutvecklingen.

6.4.6 Fukt

En viktig aspekt när vid bedömning av olika kyllosningar är att hålla ordning på fukt och kondensrisk. Fukt kan komma från människor, matlagning, tvätt men även uteluften och fuktlagringen i stommen kan påverka. Tyvärr saknar Sverige användbara nyckeltal för fuktbelastningar i bostäder i Sverige, varken BEN 3 (BFS 2018:5) eller Svebys Brukarindata för bostäder inkluderar fukt utan fokuserar på konvektiva värmelaster. Ett annat problem är att de normalårsfiler som tillhandahålls av SMHI/Sveby (Klimatdatafiler SMHI/Bov 1991-2020) fokuserar betydligt mer på lufttemperatur och solinstrålning än fukt vilket innebär att det är svårt att veta om den relativa fuktigheten är representativ. Ett tredje problem är att i nästan alla dynamiska byggnadssimuleringsverktyg saknar modeller för fukttransport i byggmaterial. Även om med ett verktyg som har sådana modeller är det svårt att få tag på relevant materialdata för byggnadsmaterials fukttransport. De flesta simuleringsverktyg använder förenklad endimensionell värmetransport vilket innebär att kondensrisk på grund av köldbryggor ofta försummas. Sammanfattningsvis innebär detta att fuktproblematik ofta ignoreras i samband med byggnadssimuleringar och även om användarna aktivt försöker modellera fuktproblematik är detta svårt då det saknas relevant indata.

6.4.7 Vilka rum ska modelleras?

En utmaning med övertemperatur i framför allt bostäder är att små skillnader kan ha stor inverkan. Förenklingar premierar vissa lösningar vilket kan ha olyckliga konsekvenser. En vanlig fråga är hur många rum som behöver modelleras. Troligtvis bör varje rum i en bostad modelleras för att kunna ta hänsyn till tvärdrag och hur temperaturen varierar i enstaka rum. Speciellt viktigt är temperaturen i sovrum då denna har störst inverkan på vår sömn.

6.4.8 Passiva och aktiva kylmetoder

Vädring

Vädring är ofta det enda sättet för en boende att kyla sin bostad. Av den anledningen är vädringen otroligt viktig vid simulering av inneklimatet. Tyvärr är vädringen också en av de svåraste aspekterna att simulera. Anledningen till detta är att luftflödet påverkas av en mängd aspekter som är svåra att känna till. Speciellt viktigt är att inte överskatta möjligheten till vädring. Vanliga misstag är att inte ta hänsyn till ljud (öppna fönster nattetid), säkerhet (öppna fönster när man inte är hemma och/eller alldeles för stora öppningsvinklar) samt drag (jättestora luftflöden). En annan viktig parameter är om det är enkelsidig vädring eller tvärdrag.

Balkonger och balkongdörrar

Balkonger och balkongdörrar är en av de viktigaste komponenterna vad det gäller att säkerställa ett gott termiskt klimat i en modern bostad. Balkonger ger skugga, tillåter effektiva solskydd i form av växtlighet och gör det möjligt att vara utomhus. Balkongdörrar kan ge mycket god möjlighet till vädring utan att skapa drag. En öppen balkongdörr påverkar dessutom inte den upplevda säkerheten vilket innebär att den kan lämnas öppen nattetid eller t.o.m. när man inte är hemma.

Solskydd

Oavsett hur och om en byggnad kyla är det viktigt att begränsa solinstrålningen då detta oftast är den absolut största värmelasten. Vanligtvis definieras solskydd utifrån sitt läge i förhållande till glaset. Mest effektiva är utvändiga solskydd medan invändiga utvecklas i rasande tempo och är mycket populära. Speciellt effektiva är metalliserade spolrullgardiner som kan reducera solinstrålningen med upp till 50 %. I bostäder är mellanliggande persienner en bra kompromiss. Vid analys av effekten av solskydd är det viktigt att använda så detaljerade modeller som möjligt då små detaljer kan ha stor inverkan. Det är också viktigt att ta hänsyn till hur solskydden påverkas vid eventuell vädring och brukarvanor.

Portabla luftkylare

För de flesta boende i flerbostadshus finns det bara ett rimligt sätt att kyla sin bostad när det är riktigt varmt ute, portabla luftkylare (benämns även AC-enheter). Installation av mer effektiva kylare är inte möjligt eftersom genomföringar genom fasad inte är tillåtna och fastighetsgemensamma system liknande de i hotell och sjukhus saknas. För att modellera luftkylare behöver hänsyn tas till följande:

1. Dålig verkningsgrad jämfört med andra kylare som har förångaren placerad utomhus.
2. Begränsad effekt. En portabel luftkylare klarar inte av stora rum och inte bostäder med öppen planlösning.
3. De suger in lika mycket uteluft som de gör sig av med genom avluftsslängen. Denna luft är både varm och fuktig.
4. Den varma sidan av kylmaskinen sitter inne i samma rum som ska kylas och även den varma avluftsslängen ormar sig fram i rummet som ska kylas.

Golvkyla

Golvkyla är ett spännande alternativ vilket än så länge inte är speciellt vanligt i Sverige. Fördelen med golvkyla är att golvets stora yta gör det möjligt att få ut stora kyleffekter även med relativt varmt vatten. Detta är enbart ett alternativ för hus med befintlig golvvärme eller vid nyproduktion. Vid simulering är det viktigt att inkludera mattor och möbler som kan ha stor inverkan.

Fläktkonvektorer

I många bostäder borde man kunna placera fläktkonvektorer i hall. Fördelen med dessa apparater är att de ger en hög kyleffekt och de är beprövade produkter (de används i alla hotell). I befintliga bostäder kan man ha rördragningar i trapphus och i nyproducerade byggnader tar kylrören lite plats. Fläktkonvektorer kan arbeta med olika vätsketemperaturer men troligtvis behöver de förses med kondensavlopp. En nackdel är att kylan är centralt placerad vilket innebär att de kan ha begränsad effekt i enstaka rum.

Kyld tilluft

De flesta bostäder har låga ventilationsflöden och då tilluften inte kan vara speciellt kall utan att skapa drag är möjligheten till att kyla med tilluft begränsad. Trots detta kan detta vara ett kompletterande alternativ i byggnader med mekanisk tilluft då det är en relativt enkel installation. Vid simuleringar är det viktigt att ta hänsyn till att tilluftskanalerna sällan är isolerade och att luften därför värms i schakt. Det är också viktigt att ta hänsyn till

vätskans temperatur då detta påverkar luftfuktigheten i tilluften. I skolor och kontor är ofta luftflödena betydligt högre och kan vara tillräckliga för att få en tillräcklig kyleffekt, speciellt om man har effektiva solskydd.

Stomlagring

Stomlagring kan ha mycket stor inverkan men är samtidigt en stor osäkerhet då den påverkas av mattor och möblering men även av brukarvanor och utetemperatur. Av den anledningen är det viktigt att göra känslighetsanalyser och inte överskatta nyttan.

Checklistor

En branschvägledning kan med fördel innehålla checklistor för att underlätta kvalitetssäkring.

6.5 Mätning och utvärdering av upplevt termiskt klimat

Termisk komfort är det sinnestillstånd som uttrycker tillfredsställelse (belåtenhet) med det termiska klimatet (Fanger 1970, SS-EN ISO 7730:2006, ASHRAE 55-2020, Parsons 2014). Termisk komfort påverkas inte bara av termiska miljöfaktorer, men också av personliga faktorer och beteende (se genomgång i kapitel 2.2). I samma miljö kan termisk komfort upplevas olika av olika personer på grund av individuella fysiologiska och psykologiska skillnader.

6.5.1 Mätning av omgivningsrelaterade parametrar

Mätning av lufttemperatur

Lufttemperaturen är luftens temperatur i omgivningen och har betydelse för det konvektiva värmeutbytet mellan kroppen och omgivningen. Vid mätning ska temperaturgivaren skyddas mot strålning, t.ex. solstrålning (SS-EN ISO 7726:1998). Ett forcerat luftflöde runt sensorn ökar noggrannheten. När en temperaturgivare utsätts för värmestrålning, t.ex. strålning från solen eller en värmekälla, och när den omgivande luften runt sensorn inte är ventilerad, blir den uppmätta temperaturen inte korrekt.

Mätning av lufthastighet

Lufthastighet är hastigheten på strömmande luft och bör mätas med en riktningsoberoende givare. Medelvärde av en 3-minuters mätning används (SS-EN ISO 7726:1998). Lufthastigheten ökar konvektionen och svettavdunstningen från kroppen genom att blåsa bort varm och fuktig luft nära kroppen (Kuklane & Gao 2017).

Mätning av luftfuktighet

Luftfuktighet kan uttryckas som absolut fuktighet eller relativ fuktighet. Absolut fuktighet är vattenångstrycket i luften. Det allmänt använda begreppet relativa luftfuktigheten (RF) uttrycks i procent som den relativa mängden vattenånga som luft vid en viss temperatur innehåller i förhållande till maximalt möjliga vid denna temperatur (mättnad). Luftfuktigheten kan mätas med olika typer av sensorer. Luftfuktighetens påverkan på termisk känsla är liten vid måttliga temperaturer nära komfort (SS-EN ISO 7730:2006). Men betydelsen ökar när lufttemperaturen stiger. Högt vattenångstryck i luften minskar avsevärt värmeförlusten genom svettning från kroppen och ökar värmestressen i varma miljöer och under värmeböljor.

Mätning av strålningstemperatur

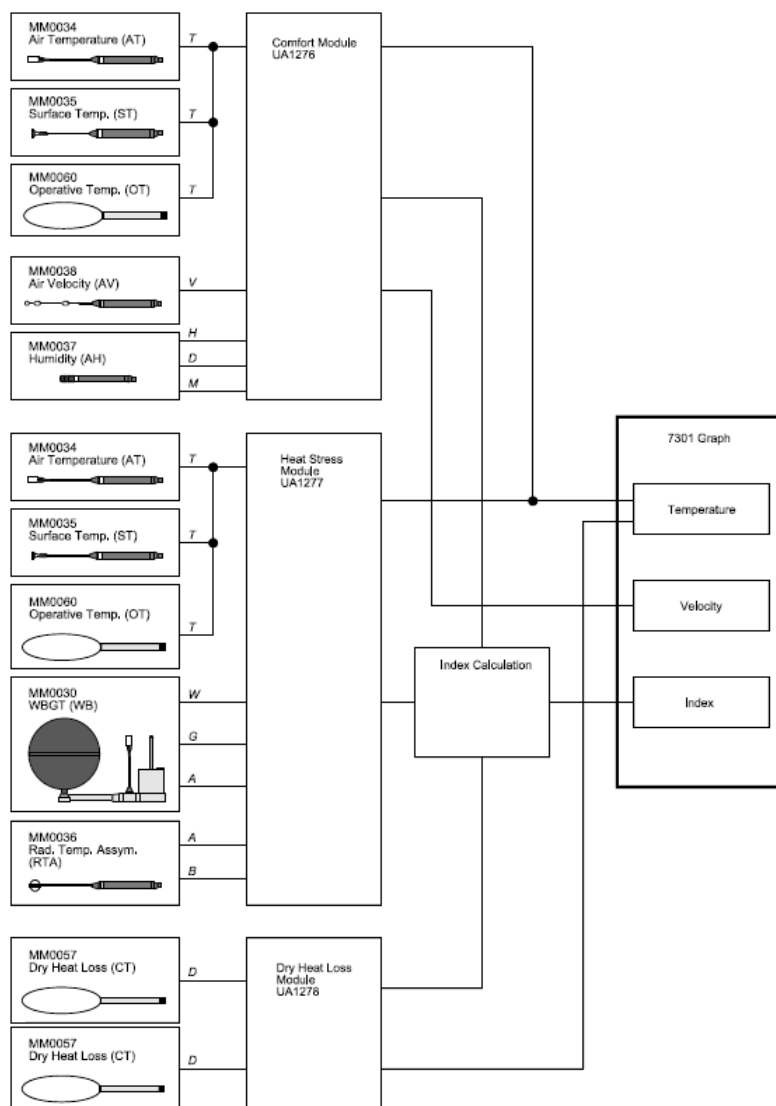
Medelstrålningstemperaturen beror på omgivande ytors temperatur. Det definierar omfattningen av möjligt strålning värmeutbyte mellan kroppen och miljön. För att mäta och beräkna den korrekt för en viss plats i ett rum måste temperaturerna på alla omgivande ytor mätas och vägas för visningsvinkel i förhållande till platsen (SS-EN ISO 7726:1998). En förenklad metod är att använda en standard mattsvart globtermometer som korrigerar

för lufttemperatur och lufthastighet (Parsons 2014). När solen skiner genom stora fönster under sommaren kan medelstrålningstemperaturen inomhus vara mycket högre än lufttemperaturen, vilket avsevärt kan minska värmeförlusten från kroppen och ökar PMV (predicted mean vote) och värmekänsla.

6.5.2 Instrument för mätning

Detaljerad mätning av termiskt klimat inomhus kräver standardiserade instrument. Instrument och regler för mätning av fysiska mängder i termiska miljöer anges i SS-EN ISO 7726:1998. Mät höjderna för sittande och stående positioner är 0,6 m respektive 1,1 m över golvet, vilket ungefär motsvarar en persons magnivå. Sensorerna ska vara minst 0,6 m från väggen.

Olika typer av sensorer och instrument finns tillgängliga. De som uppfyller kraven enligt standarden SS-EN ISO 7726:1998 bör användas för analys av termiskt klimat inomhus. Figur 7.1 visar de sensorer och moduler som används med Innova thermal comfort data logger 1221.



Figur 7.2 Sensorer och moduler som används med Innova thermal comfort data logger 1221. (Källa: LumaSense Technologies A/S 2007)

Figur 7.3 visar en fältmätning av termisk komfort inomhus med Innova datalogger och sensorer. Swema-utrustning för mätning av termisk komfort i normala termiska miljöer uppfyller också standarderna ISO 7726 och ISO 7730, för att mäta fyra av de sex

grundläggande variabelerna, dvs. lufttemperatur, lufthastighet, luftfuktighet och medelstrålningstemperatur (figur 7.4).



Figur 7.3 En fältmätning av termisk komfort inomhus med Innova datalogger och sensorer. (Foto: Chuansi Gao)



Figur 7.4 Swema-utrustning för mätning av termisk komfort inklusive mätningar av lufttemperatur, lufthastighet, luftfuktighet och svart globtermometer (som kan användas för att uppskatta medelstrålningstemperatur). (Källa: Swema 2022)

Förutom de fyra termiska klimatfaktorer som nämns ovan och som måste mätas för övergripande termisk komfortbedömning, mäts följande fyra termiska faktorer också och används för att utvärdera lokalt termiskt obehag som orsakas av strålningstemperatursymmetri, av varma eller kalla golv, genom ojämn lufttemperaturfördelning vid olika höjder och lufthastighet i heterogena miljöer (SS-EN ISO 7730:2006):

- Plan strålningstemperatur
- Yttemperatur
- Vertikal lufttemperaturskillnad
- Drag.

6.5.3 Bedömning av termiskt klimat och termisk komfort

Upplevelsen av klimatet beror på flera faktorer i en komplicerad samverkan och kräver flera parametrar för att kunna bedömas. Det finns dock flera metoder, så kallade termiska klimatindex att använda för att beskriva det termiska klimatet. Det mest använda är PMV- och PPD-index (eng. Predicted Mean Vote, Predicted Percentage of Dissatisfied) som

utvecklades av den danske professorn Ole P Fanger (Fanger 1970) på basis av en mängd experiment. Indexen baseras på kroppens värmebalans och en komfortekvation som används för att ta reda på vilka kombinationer av parametrar som förväntas komma att upplevas som termiskt neutralt av de flesta (dvs. när så få som möjligt är missnöjda).

Bedömning av termisk komfort med PMV- och PPD-index

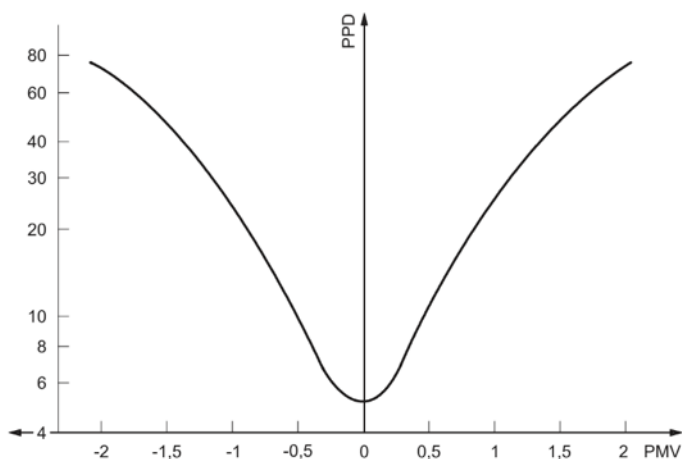
Den internationella standarden SS-EN ISO 7730:2006 definierar metoder för förutsägelse och analytisk bestämning och bedömning av termisk komfort med hjälp av indexen PMV och PPD samt kriterier för lokal termisk komfort. Den upplevda termiska komforten påverkas av de fyra termiska klimatfaktorerna, kläder, fysisk aktivitetsnivå och andra personliga faktorer (se även kapitel 2.2.1). PMV -indexet bestäms utifrån ett medelvärde av hur personerna i en grupp upplever det termiska klimatet på en PMV-skala. Skalan har 7 steg, från +3 till -3, från för varmt till för kallt, se tabell 7.1.

Tabell 7.1 PMV-skala för skattning av temperaturupplevelse.

PMV-index	Upplevelse
+3	För varmt
+2	Varmt
+1	Något varmt
0	Neutralt (lagom)
-1	Något kallt
-2	Kallt
-3	För kallt

PPD-indexet är en funktion av PMV-värdet och visar på statistisk bas hur många i en större grupp som förväntas vara missnöjda med ett visst termiskt klimat vid en viss kombination av lufttemperatur, lufthastighet, rumsytornas strålningstemperatur, luftfuktighet, klädsel och aktivitet. Denna andel kan enligt undersökningar inte vara mindre än 5 % i en grupp av människor även vid ett optimalt termiskt klimat eftersom människan har olika uppfattning av god komfort. Ett rum som upplevs som för varmt av en person kan upplevas som lagom av en annan, skillnaden är dock inte större än att de flesta kan vara nöjda med ett rumsklimat. När PMV-indexet är fastställt kan ett PPD-index avläsas i figur 7.4 eller beräknas (SS-EN ISO 7730:2006).

PPD-index används för att klassificera och ställa krav på det termiska klimatet, t.ex. att $PPD < 20\%$, 15% eller 10% .

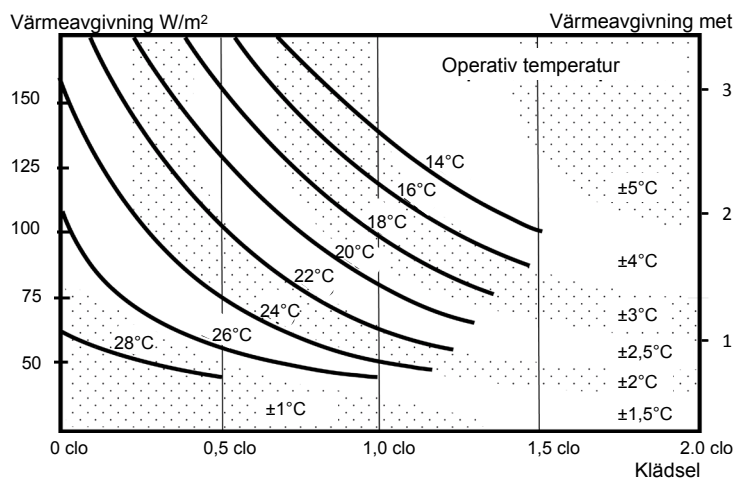


Figur 7.4 Samband mellan PPD (predicted percentage of dissatisfied) och PMV (predicted mean vote). (Källa: SS-EN ISO 7730:2006)

Arbetsmiljöverkets föreskrift AFS 2020:1 kräver att om lufttemperaturen, vid lätt och stillasittande arbete, varaktigt avviker från 20–24 °C vintertid, och 20–26 °C sommartid, bör det termiska klimatet undersökas närmare.

Bedömning av optimal operativ temperatur

Det kan också vara aktuellt att bedöma den optimala operativa temperaturen. Med diagram som i figur 7.5 visas hur optimal operativ temperatur vid $PMV = 0$ varierar med aktivitet och klädsel. Skuggningen visar variationen av $PMV \pm 0,5$. Diagrammet visar att det accepterade temperaturintervallet är snävt vid låg aktivitet och lätt beklädnad och brett vid hög aktivitet och kraftig beklädnad. Den operativa temperaturen ska hållas inom eller mellan de skuggade intervallen för att uppnå $PPD < 10\%$. Motsvarande diagram finns för $PPD < 20\%$ etc.

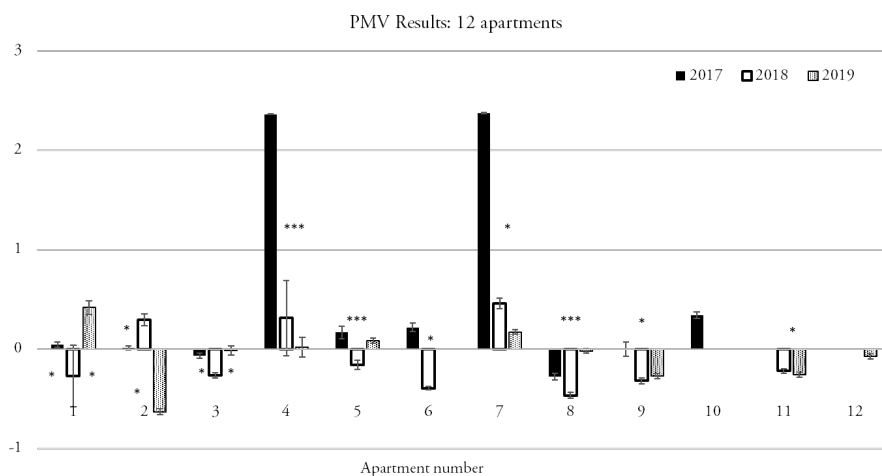


Figur 7.5 Samband mellan optimal operativ temperatur, aktivitet och beklädnad. Diagrammet avser $PPD < 10\%$ vid lufthastighet $< 0,1$ m/s och RF 50 %. (Källa: SS-EN ISO 7730:2006)

6.5.4 Exempel på bedömning och förutsägelse av termisk komfort

PMV kräver omfattande mätningar av flera termiska klimatfaktorer, kroppsmetabolisk omsättning och klädernas isoleringsförmåga för att förutsäga medelvärdet av omdömen från en stor grupp människor baserat på hela kroppens värmebalans.

I det nyligen avslutade PEIRE-projektet användes standardinstrument för att mäta inomhusklimatet (<https://www.peire.lth.se/>). PMV index mättes och beräknades med Thermal Comfort Data Logger - INNOVA 1221 (figur 7.6) i enlighet med ISO 7730 baserat på kombinerade mätningar av termiska klimatfaktorer inomhus. Klädsel bedömdes vara 0,80 clo ($0,124 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) som är typiska inomhuskläder. Kroppens metaboliska energiomsättning fastställdes till 1,2 MET ($69,8 \text{ W}/\text{m}^2$) motsvarande vilonivån av energiomsättning (SS-EN ISO 8996:2021). PMV förutsäger ett numeriskt värde för genomsnittliga subjektiva omdömen på den upplevda termiska komforten som härrör från uppmätta termiska variabler och kroppens värmebalans.



Figur 7.6 Beräknade PMV-index (medelvärde och standardavvikelse) för alla mätsessioner för 12 lägenheter under tre vintersäsonger (från PEIRE-projektet). Y-axel: temperaturupplevelse enligt PMV-skala (-3 mycket kallt, -2 kallt, -1 något kallt, 0 varken varmt eller kallt, 1 något varmt, 2 varmt, 3 mycket varmt).
* = statistiskt signifikant skillnad mellan vintersäsonger ($p < 0,05$)

När de sex grundläggande faktorerna mäts eller uppskattas kan webbaserade verktyg användas för att utvärdera termisk komfort. Se mer i kapitel 7.3.3.

7 Hur övertemperatur sommartid hanteras i andra länder

Här redovisas hur övertemperatur sommartid behandlas i ett par andra länder och övergripande Europa.

7.1 Europa enligt WHO

WHOs regionala kontor för Europa publicerade vägledning om åtgärdsplanering för värme och hälsa 2008, och nu uppdateras denna i en ny vägledning: *Heat and health in the WHO European Region: updated evidence for effective prevention* (WHO 2021). Denna uppdatering utgår från en fördjupad granskning, baserad på nyare epidemiologisk forskning och miljöforskning och lärdomar från implementering i praktiken. Resultaten är organiserade kring den "kärna" som identifierades i det ursprungliga vägledningsdokumentet och rekommenderar en omfattande *handlingsplan för värme-hälsa* (HHAP eng. *Heat-Health Action Plan*). Trots befintliga kunskapsluckor pekar de bevis som presenteras tydligt på ett behov av att utöka antalet, täckningen och räckvidden för handlingsplaner för värme-hälsa (HHAP).

7.2 Finland

I samband med projektering och uppförande av nya byggnader ska en beräkning av innetemperaturen sommartid utföras med hjälp av en dynamisk beräkningsmetod. För bostäder sommartid får den beräknade rumstemperaturen mellan den 1 juni och den 31 augusti, inte överskrida 27 °C med mer än 150 gradtimmar (4 kap. 29 § Miljöministeriets förordning om nya byggnaders energiprestanda (1010/2017)). I beräkningen ska utgångsvärden som motsvarar dem som används vid beräkning av energianvändningen användas. För beräkning av rumstemperaturen sommartid ska dynamiska beräkningsverktyg användas. Värt att notera är att vädring inte ingår i denna analys utan enbart mekanisk ventilation.

7.3 Norge

Enligt de nuvarande norska byggreglerna, TEK 17, ska termiskt inomhusklimat anpassas utifrån hänsyn till hälsa och tillfredsställande komfort vid avsedd användning. I bostäder ska det dessutom finnas minst ett fönster eller en dörr mot ute. I vägledningen anges en rekommenderad högsta operativ temperatur på 26 °C vilket motsvarar ungefär en lufttemperatur på 25 °C. Är det varmare än ett normalår tillåts temperaturen överstiga den rekommenderade. TEK 17 ger dessutom ett antal råd för att minska risken för övertemperatur med hjälp av passiva åtgärder, till exempel minskad fönsteryta i solexponerade fasader, exponerad termisk massa, utvändigt solskydd, öppningsbara fönster som möjliggör ventilation och placering av luftintag/utformning av ventilationssystem så att temperaturökning i ventilationssystem på grund av hög utomhustemperatur blir minimal (< 2 °C). För bostadshus utan installerad kyla är en något högre inomhustemperatur acceptabel under korta perioder. Detta motiveras med att bostadshus har ett användningsmönster som ger användaren ett större personligt inflytande och möjlighet att anpassa sig till höga inomhustemperaturer, t.ex. för lättare kläder och ventilation i bostadszonen. För bostäder är kravet på termiskt inomhusklimat vanligtvis uppfyllt om minst två av de ovan nämnda passiva åtgärderna har genomförts. I TEK 10 begränsades även den totala solinstrålningen genom att ange ett maximalt g-värde för glas och solskydd till 0,15 vilket innebär att enbart 15% av den solenergi som träffar glasets utsida kommer in och värmer rummet.

Förutom TEK 17 släpptes nyligen en vägledning för Termiskt inneklimat (RIF-Veileder TERMISK INNEKLIMA Bransjeveileder 15.11.2021). I denna vägledning hänvisas till en sammanställning till förslag på maximal beräknad inomhustemperatur vilken tar hänsyn till var i Norge en bostad befinner sig.

	Lokasjon	Maks operativ innetemperatur ved dimensjonerende sommerdøgn (n50) [°C]
Bolig med kjøling	Hele landet	26,0
	Sør-Norge innland	28,0
	Midt-Norge innland	27,5
Bolig uten kjøling	Sør-Norge og Midt-Norge kyst	27,0
	Nord-Norge kyst	26,5
	Finmark og innland Troms	26,0

Figur 8.1 Temperaturer som anvendes i beräkningsmodell i Norge. (Källa: RIF 2021)

7.4 Danmark

Enligt de danska byggreglerna BR 18, ska byggnadens termiska inomhusklimat vara tillräckligt hälsosamt och behagligt med tanke på dess användning (Bolig- och Planstyrelsen 2022). Dessutom ska ingen onödig användning av energi förekomma. I rum där människor vistas längre tid ska det termiska inomhusklimatet bestämmas genom termiska beräkningar baserade på förhållanden i de kritiska rummen och baserat utifrån ett normalår, Design Reference Year, DRY 2013 för 2010. För bostäder kan en förenklad beräkningsmodell tillämpas. På samma sätt som i Norge finns det en vägledning för termiska simuleringar, *Branchevejledning for indeklimaberegninger* från Statens Byggeforskningsinstitut 2017 som bl.a. innehåller följande tabell i figur 8.2.

Kategori	Standard	Skærpet
Temperatur sommer, tolerance	100 timer > 27 °C	100 timer > 26 °C
	25 timer > 28 °C	25 timer > 27 °C

Figur 8.2 Temperaturer som används i beräkningsmodell i Danmark. (Källa: Statens Byggeforskningsinstitut 2017).

7.5 England

Övertemperatur hanteras bara delvis i England, bl.a. i dokumentet *Design methodology for the assessment of overheating risk in homes CIBSE TM59: 2017*. (CIBSE 2017) som inte är en förordning utan snarare en rekommendation/riktlinje. I detta finns en hänvisning till CIBSE TM52 med ett råd om sömnkvalitet som kan äventyras vid temperaturer över 24 °C, och rekommenderar att de maximala sovrumstemperaturerna inte bör överstiga 26 °C. Max 1 % av vistelsetid över 26 °C. Max 3 % av vistelsetid över "design temperatur". Max 5 % av vistelsetid över 25 °C och max 1 % över 28 °C. För övrigt beskriver detta dokument en metodik för att bestämma risken för övertemperatur med hjälp av termiska simuleringar på ett pedagogiskt sätt. CIBSE har värden med % tid och temperaturer för olika rum.

Från sommaren 2022 gäller i England nya krav beträffande att reducera överhettning (eng. Overheating mitigation) som fritt översatt lyder (Secretary of State 2022):

Reducering av övertemperaturer

(1) I fråga om en bostad, institution eller annan byggnad som innehåller ett eller flera rum för bostadsändamål, annat än ett rum på ett hotell ("bostäder"), måste rimliga åtgärder vidtas för att—

(a) begränsa oönskade solvärmelaster på sommaren;

(b) tillhandahålla ett lämpligt sätt att avlägsna värme från inomhusmiljön.

(2) För att uppfylla skyldigheterna i punkt (1)—

a) måste hänsyn tas till säkerheten för alla boende och deras rimliga komfort av bostaden; och

b) mekanisk kylning får endast användas om otillräckligt med värme kan avlägsnas från inomhusmiljön utan den.

7.6 Estland

Sedan 2008 har Estland snarlika krav som Finland, det vill säga en beräknad maximal sommartemperatur som inte får överskrida 27 °C med mer än 150 gradtimmar.

8 Aktörer som arbetar med termisk komfort i Sverige

I detta avsnitt listas viktiga branschaktörer i Sverige tillsammans med en kort sammanfattning av respektive aktörs arbetsfält. Listningen är inte fullständig och kommer att behöva justeras efter hand, både beträffande vilka aktörer som finns med, och beträffande den beskrivande texten. Listan har delats in i följande kategorier:

- Bransch- och intresseorganisationer samt nätverk
- Universitet & högskolor
- Forskningsinstitut
- Forskning och utveckling
- Utbildare

Ett bra sätt att följa aktörernas aktiviteter är att följa de nyhetsbrev som flera av aktörerna publicerar regelbundet.

8.1 Bransch- och intresseorganisationer samt nätverk

Byggföretagen

Byggföretagen är en bransch- och arbetsgivarorganisation för bygg-, anläggnings- och specialföretag som är en del av Svenskt Näringsliv.

Installatörsföretagen

Installatörsföretagen är en bransch- och arbetsgivarorganisation som representerar 3 600 medlemsföretag och är medlem i Svenskt Näringsliv.

Plåt & Ventföretagen

Plåt & Ventföretagen är en bransch- och arbetsgivarorganisation som är medlem i Svenskt Näringsliv. Organisationen har drygt 900 medlemsföretag inom byggplåtslageri, ventilation samt stål och lättbyggnad. Medlemsföretagen erbjuder stöd i form av rådgivning, avtal och utbildning av personal beträffande arbetsgivarfrågor, tvister, avtalsfrågor och utveckling/främjande återväxt i branschen.

Teknikföretagen

Teknikföretagen är en bransch- och arbetsgivarorganisation som är en del av Svenskt Näringsliv.

Astma & Allergiförbundet

Astma- och Allergiförbundet har 94 lokalföreningar och 18 regionala föreningar runt om i Sverige. Organisationen arbetar med att sprida information, bedriva opinionsbildning och stödja forskning med syfte att möjliggöra ett friskare och tryggare liv för alla med astma, allergi eller annan överkänslighet. Förbundet lyfter fram att man för tre miljoner astmatiker och allergikers talan, påverkar beslutsfattare och ökar tillgängligheten i skola, arbetsliv, offentlig miljö samt verkar för en bättre vård.

Byggherrarna

Föreningen Byggherrarna med dotterbolaget Byggherrarna Sverige AB verkar för att belysa och stärka byggherrefrågor genom hela byggherreprocessen från idé till färdigställande med hänsyn tagen även till förvaltningsskede och rivning. Medlemmarna representerar långsiktiga fastighetsägare eller förvaltare som utvecklar, planerar och genomför bygg- eller anläggningsprojekt för egen drift och förvaltning.

Energi och Miljötekniska Föreningen (EMTF)

EMTF är en personförening i byggsektorn. Föreningen utgör ett rikstäckande nätverk av ingenjörer, tekniker, studenter, forskare, säljare och andra som arbetar för god inomhusmiljö och energieffektiva byggnader. Föreningen är aktiv på lokal nivå med lunchträffar, studiebesök och andra sociala aktiviteter. På central nivå anordnar föreningen kurser, seminarier, träffar och teknikgrupper. Föreningens förlag, EMTF Förlag AB, ger ut

handböcker och riktlinjer och föreningen publicerar branschtidskriften Energi & Miljö. Medverkar i juryn till Stora Inneklimatpriset.

Energimyndighetens nätverk för energieffektiva flerbostadshus (BEBO)

BeBo, Beställargruppen Bostäder, är ett nätverk av ett 20-tal fastighetsägare från både allmännyttan och det privata. Det finns idag ca 2,5 miljoner bostäder i flerbostadshus. Huvudinriktningen för BeBos nätverksarbete är att minska beroendet av energi i form av värme och el i flerbostadshus, samt att därmed minska påverkan på miljön.

BeBos aktiviteter ska genom en samlad beställarkompetens leda till att energieffektiva system och produkter tidigare kommer ut på marknaden. Energimyndigheten bidrar därför med finansiering till att organisera och driva nätverksarbetet, och med delfinansiering till fastighetsägare och produktleverantörer för att genomföra demonstrationsprojekt.

Energimyndighetens nätverk för energieffektiva lokaler (BELOK)

BELOKs medlemmar är ägare eller förvaltare av lokalfastigheter som tillsammans förfogar över drygt 25 % av Sveriges lokalyta. En uppgift för BELOK är att driva utvecklingsprojekt och att testa nya metoder, produkter och system. En annan uppgift är att föra ut erfarenheter från projekten till fastighetsbranschen och till närliggande branscher. BELOK är en återkommande remissinstans i frågor som rör lokalbranschen.

Energimyndighetens nätverk för energieffektiva småhus (BESMÅ)

BeSmå är ett nätverk som har Energimyndigheten som initiativtagare. Arbetet i BeSmå samfinansieras mellan Energimyndigheten och nätverkets medlemmar. Syftet med BeSmås arbete är att driva utvecklingsprojekt för att minska energianvändningen i både nya och befintliga småhus. BeSmå ska ta fram metoder och verktyg för att undanröja hinder för att en bred marknadsintroduktion av energieffektiviserande åtgärder ska komma till stånd i småhussektorn.

Fastighetsägarna

Fastighetsägarna är en branschorganisation med uppdrag att förbättra villkoren för fastighetsföretagandet så att bostads- och lokalmarknaden kan utvecklas. Organisationen består av förbundet Fastighetsägarna Sverige och fyra regioner. Fastighetsägarna har publicerat boken God inomhusmiljö - en handbok för fastighetsägare. Den riktar sig främst till mindre fastighetsägare och bostadsrättsföreningar och innehåller en genomgång av regelverk och av tekniken som påverkar inneklimatet. Boken ska fungera som en branschguide för hur man skapar en god inomhusmiljö.

FTF Arbetsmiljö

Verkar för kunskapsutveckling, helhetssyn och en ändamålsenlig tekniktillämpning inom föreningens verksamhetsområde. Verksamhetsområdet omfattar samspelet teknik-människa-miljö med huvudinriktning arbetsmiljö.

Kylbranschens samarbetsstiftelse (KYS)

Stiftelsens syfte är att verka för hög kvalitet på värmepumpar och kylanläggningar i fråga om säkerhet, arbetsmiljö och yttre miljö och för hög kompetens hos dem som installerar, reparerar och underhåller sådana anläggningar. Stiftelsen äger majoriteten av det ackrediterade certifieringsbolaget INCERT.

Slussen.biz

Slussen.biz är en nyhetssajt som tillhandahåller branschnyheter inom ventilation, värme, kyla, sanitet, el samt vatten och avlopp. Målgrupperna är konsulter, installatörer och tekniska förvaltare. Tillhandahåller nyheter på webben och via ett nyhetsbrev. Slussen.biz är instiftare av Stora Inneklimatpriset.

Sveby

Sveby står för ”Standardisera och verifiera energiprestanda i byggnader” och är ett utvecklingsprogram som drivs av bygg- och fastighetsbranschen. Målgruppen är aktörer i de branscher som berörs av hur byggnaders energiprestanda definieras och verifieras, som till

exempel fastighetsägare, exploatörer, entreprenadföretag och konsulter. Sveby utvecklar och tillhandahåller hjälpmedel för överenskommelser mellan byggherre och entreprenör om hur verifiering av energiprestanda ska gå till, bl.a. med hjälp av standardiserade brukarindata. De har också varit drivande i att framföra tillgängliga klimatfiler för typår för Sveriges alla kommuner, i huvudsyfte att användas för energiberäkningar och energiuppföljning.

Svensk Ventilation

Svensk Ventilation företräder ventilationsföretagen i Sverige – tillverkare, installatörer, serviceföretag, återförsäljare och konsulter. Svensk ventilation lyfter fram att de tekniker för hälsosamt och energieffektivt inneklimat som dominerar på världsmarknaden till stor del har utvecklats i Sverige av organisationens medlemsföretag. Svensk Ventilation företräder branschen gentemot myndigheter, regering och EU när det gäller lagstiftning och regleringar. Strävar efter att synliggöra branschens behov av kompetensutveckling och nyrekrytering av ungdomar. Svensk Ventilation ger ut nyhetsbrevet Kanalen. Medverkar i juryn till Stora Inneklimatpriset.

Svenska Kyl & Värmepumpföreningen (SKVP)

Denna branschorganisation samlar tillverkare, importörer, installatörer, samt serviceföretag inom frys-, kyl- och värmepumpbranschen. Föreningen genomför aktiviteter som ska bidra till lönsamhet i medlemsföretagen samt till att företagets marknad inom kyla, värme, energi och miljö utvecklas. SKVP ger ut Svensk Kylnorm som omfattar regelverk och god praxis inom föreningens verksamhetsområde.

Svenska Kyltekniska föreningen (KTF)

KTF är en ideell, teknisk personförening som arbetar för kyl- och värmepumpsteknikens, medlemmarnas och branschens utveckling. Målet är att bidra till kunskapsutveckling bl.a. genom att arrangera möten, studiebesök, och utbildningar. Ger ut facklitteratur, främst handböcker i kyl- och värmepumpsteknik, vilka ofta används som läromedel inom energi- och teknikutbildning. KTF medverkar i juryn till Stora Inneklimatpriset.

Svenska Solskyddsförbundet

Svenska Solskyddsförbundet är en rikstäckande branschorganisation för företag verksamma som komponenttillverkare, grossister, producenter och detaljister inom solskyddsbranschen. Solskyddsförbundet vill vara en aktiv samhällsaktör som främjar en robust och juste bransch som levererar vackra, säkra och miljömässigt hållbara solavskärmningar för människors hälsa och komfort i vardagen.

Sveriges kommuner och regioner (SKR)

SKR är en medlems- och arbetsgivarorganisation som alla Sveriges kommuner och regioner är medlemmar i. Organisationens uppgift är att stödja och bidra till att utveckla kommuner och regioners verksamhet, och är ett nätverk för kunskapsutbyte och samordning. SKR ska ge service och professionell rådgivning till tjänstepersoner och förtroendevalda i kommuner och regioner inom alla de frågor som kommuner och regioner är verksamma inom. SKR har bland annat tagit fram underlag beträffande faktorer som påverkar inomhusmiljön samt de lagar, föreskrifter och rekommendationer som finns inom området. Avsikten är att ge en bra grund till medlemmarna inför diskussioner om inomhusmiljöfrågor.

Swedish Chapter of International Society of Indoor Air Quality and Climate (SWESIAQ)

SWESIAQ är en oberoende, ideell, svensk förening för alla med intresse för en hälsosam inomhusmiljö. Föreningen vill förmedla och sprida tvärvetenskapliga kunskaper där teori och praktik förenas. SWESIAQ är en nationell avdelning av den internationella inomhusmiljöorganisationen ISIAQ, International Society of Indoor Air Quality and Climate. SWESIAQ anordnar seminarier och publicerar råd fokuserade på effektiva metoder för hantering av inomhusmiljöproblem. I det sammanhanget är den s.k. SWESIAQ-modellen av central betydelse. SWESIAQ-modellen är SWESIAQ:s råd för hur en bra inomhusmiljöutredning bör bedrivas.

8.2 Universitet & högskolor

Sveriges Bygguniversitet

Sveriges Bygguniversitet är en samarbetsorganisation som omfattar de forsknings- och utbildningsenheter på Chalmers, KTH, LTH och LTU som är knutna till utbildning av civilingenjörer eller motsvarande. Organisationen ska verka för att den bygginriktade forskningen och utbildningen får bättre möjligheter att fylla det behov av ny- och tvärdisciplinär kunskap och kompetens som utvecklingen mot ett alltmer hållbart samhälle skapar. Verksamheten är organiserad i sju temagrupper, där Tema Byggnadens Tekniska Funktion innefattar frågeställningar kopplade till ventilation och inomhusklimat.

Chalmers Tekniska Högskola (CTH)

Institutionen för Arkitektur och Samhällsbyggnadsteknik: På området ventilation och inneklimateknik bedrivs forskning och undervisning vid Avdelningen för installationsteknik. Forskningen bygger på en kombination av teoretisk modellering å ena sidan och experimentell forskning å den andra. Mätbaserade studier genomförs dels i fält, dels i ett laboratorium med bl.a. flera testkammare och en filterprovrigg.

Vid Avdelningen för byggnadsteknologi är forskningen inriktad mot byggnadskonstruktionens funktion. Frågeställningar kopplade till ventilation rör speciellt klimatskärmens funktion med hänsyn till lufttäthet.

Kungliga Tekniska Högskolan (KTH)

Vid Institutionen för byggvetenskap bedriver Avdelningen Hållbara Byggnader forskning och undervisning med koppling till ventilation och inomhusklimat. Avdelningen har tre huvudsakliga inriktningar med en professur per inriktning: Installations- och energisystem, Byggnadsteknik samt Strömnings- och klimatteknik.

Luleå Tekniska Universitet

Vid avdelningen Energivetenskap på institutionen Teknikvetenskap och matematik bedrivs forskning rörande inomhusklimat och byggnaders energianvändning. Forskningen inriktar sig främst på det termiska inomhusklimatet där största delen består av detaljerat modellering och simulering av inomhusklimat som kompletteras med mätningar.

Lunds Tekniska Högskola (LTH)

LTH utgör den tekniska fakulteten vid Lunds universitet (LU). Där bedriver Avdelningen för Installations- och klimatiseringslära undervisning och forskning inriktad på ventilation, inomhusklimat, och byggnaders energianvändning – med speciellt fokus på renovering av byggnader. Forskningen baseras på en kombination av teoretisk modellering och mätningar. Avdelningen för Byggnadsfysik bedriver forskning och undervisning om fukt- och värmeförhållanden i byggnader. Vid Avdelningen för Ergonomi och Aerosolteknologi och Aerosol och Klimatlabb sker forskning på området Luftburna partiklar och hälsa, termisk komfort, värmestress och köldstress.

Centrum för hälsosamma inomhusmiljöer (CHIE)

Centrum för hälsosamma inomhusmiljöer är en centrumbildning inom Lunds universitet. CHIE samordnar forskningsinsatser och kunskapsutbyte mellan forskare och olika samhällsaktörer. Centrumbildningen har ingen egen anställd personal, verksamheten är knuten till Avdelningen för Ergonomi och Aerosolteknologi vid Institutionen för Designvetenskaper på LTH.

Högskolan Dalarna

Inom forskningsprofilen Energi och samhällsbyggnad bedrivs forskning på inneklimateknik och ventilation. Forskningen är främst experimentell och tillämpad i verkliga boendemiljöer. Studierna görs över lång tid i en forskningsvilla och i flerbostadshus. Inneklimateknikparametrar och energianvändning studeras med olika ventilationsstrategier med sensor och närvarostyrning samt med olika systemlösningar. Både tekniska forskare och socialantropologer är involverade.

Högskolan i Gävle

Vid Akademin för teknik och miljö finns Avdelningen för byggnadsteknik, energisystem och miljövetenskap. Där bedrivs forskning och undervisning relaterad till ventilation. Där finns även ett forskningsområde som benämns Miljöpsykologi som bl.a. innefattar studier av inomhusmiljöns inverkan på människors kognition komfort och upplevelser.

Linköpings universitet

Vid Institutionen för ekonomisk och industriell utveckling finns Avdelningen för energisystem, där undervisningen och forskningen är inriktad på kedjan från omvandling och distribution till slutlig användning av energi. Under senare år har en del av forskningen varit direkt inriktad mot ventilationsteknik, bl.a. avseende funktionen hos olika tilluftsdon för stratifierande ventilation. Verksamheten hänger tätt samman med verksamheten i vid Högskolan i Gävle.

Linnéuniversitetet

Institutionen för byggd miljö och energiteknik bedriver forskning och utbildning inom energiteknik, energisystem, och implementering av energieffektiviseringsåtgärder där även ventilationssystem inkluderas. Forskargruppen Hållbar byggd miljö (Sustainable Built Environment) bedriver forskning om hur en hållbar byggd miljö baserad på resurseffektiva system med låg miljöpåverkan kan utarbetas och implementeras. Särskilt fokus ligger på forskning om hur energieffektiviseringsåtgärder sprids, och bidra med att påskynda takten för energireovering av bostäder.

Malmö universitet

Vid Institutionen för materialvetenskap och tillämpad matematik bedrivs utbildning och forskning med koppling till inomhusklimat och ventilation. Forskning bedrivs om holistisk inomhusmiljö (inklusive inneklimat, beteenden, energi etc.) och energisystem. Malmö universitet medverkar i CHIE (centrum för hälsosamma inomhusmiljöer) vid Lunds universitet.

Mittuniversitetet

Vid Institutionen för Ekoteknik och hållbart byggande (EHB) bedrivs forskning kring energi och inneklimat i byggnader. Forskningen är tvärvetenskaplig med frågeställningar som kombinerar design, och teknik. I Deva-projektet (Design, Energi, Växter och Atrium för en hållbar inomhusmiljö) utforskas designalternativ och utvecklas möjligheter att integrera gröna växter i skolornas inomhusmiljö.

Vid ett forskningscentrum i Sundsvall - Sensible Things that Communicate (STC) - forskas inom Internet of Things, AI och sensorsystem med långsiktig vision att möjliggöra framtida sensorbaserade system och tjänster genom att bedriva innovativ teknikforskning.

Umeå Universitet

Vid Institutionen för tillämpad fysik och elektronik finns en forskarmiljö som benämns Energiteknik. Baserat på laborativa undersökningar och fältmätningar i nybyggda och åtgärdade byggnader utvecklas ny kunskap som är användbar vid utveckling och införande av ny teknik för att minska slutanvändning av energi i byggnader och förbättra inomhusmiljön.

Det finns ett samarbete mellan Institutionerna för Folkhälsa och Klinisk Medicin, Psykologi och Kemi kring frågorna om byggnadsrelaterad ohälsa (även kallad sjuka hus syndromet) och annan miljöintolerans. Forskningen är inriktad mot mekanismer, luftkvalitet och individuella faktorer. Man samarbetar även med Luleå Tekniska Universitet, IVL och RISE.

8.3 Forskningsinstitut

Chalmers Industriteknik (CIT)

Chalmers Industriteknik erbjuder akademisk spetskompetens inom områdena energi, material, digitalisering, design, cirkulär ekonomi samt innovations- och projektledning.

CIT utgör en länk mellan akademi och näringsliv. På bygg- och fastighetssidan finns kompetens när de gäller rätt inomhusmiljö i energieffektiva byggnader. I det sammanhanget arbetar CIT med frågeställningar som rör utformning och funktionskontroll av effektiva ventilationssystem.

IVL Svenska Miljöinstitutet (IVL)

IVL Svenska Miljöinstitutet är ett oberoende forskningsinstitut som ägs av Stiftelsen Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning (SIVL). IVL tillhandahåller bl.a. analystjänster inriktade på inomhusluftens kvalitet. Ett verksamhetsfält rör bedömning av kemikalier och miljögifter i exempelvis byggprodukter. IVL har många års erfarenhet av metoder för mätning och övervakning av utomhusluftens kvalitet.

RISE Research Institutes of Sweden (RISE)

RISE är ett statligt forskningsinstitut som samverkar med företag, akademi och offentlig sektor. Samverkan sker både nationellt och internationellt. RISE erbjuder miljöer för test och demonstration av teknologier, produkter och tjänster. Inom affärs- och innovationsområdet Hållbara städer och samhällen finns RISE samlade expertis inom bland annat hållbart byggande och energisystem. Koncernövergripande forskningsområden finns bland annat rörande Byggs Miljö, Energi och Material.

8.4 Forskning och utveckling

Energimyndighetens forskningsprogram E2B2

E2B2 är Energimyndighetens största forskningsprogram inom området energieffektivt byggande och boende. Koordineras av IQ Samhällsbyggnad. E2B2 ska genom forskning och innovation bidra till en resurs- och energieffektiv byggd miljö.

Forskningsrådet Formas

Formas är ett statligt forskningsråd för hållbar utveckling. Rådet finansierar forskning och innovation, utvecklar strategier, gör analyser och utvärderar. Verksamhetsområdena ligger inom miljö, areella näringar och samhällsbyggnad. Rådet genomför forskningssammanställningar som syftar till att underlätta för Sverige att nå de nationella miljömålen. Rådet kommunicerar forskning och forskningsresultat.

Programmet för byggnader med låg energianvändning, LÅGAN

LÅGAN är ett samarbete mellan Byggföretagen, Energimyndigheten, Boverket, Västra Götalandsregionen, Formas, byggtreprenörer, byggherrar och konsulter. Avsikten är att skapa samverkan för att stimulera och öka byggtakten av lågenergibyggnader både vid nyproduktion och vid renovering. LÅGAN stöttar regionala nätverk inom byggande av lågenergibyggnader. LÅGAN skapar gemensamma projekt och studier för att utveckla och driva byggande och renovering av lågenergibyggnader framåt.

Smart Built Environment

Smart Built Environment är ett strategiskt innovationsprogram för hur samhällsbyggnadssektorn kan bidra till Sveriges resa mot att bli ett globalt föregångsland som realiserar de nya möjligheter som digitaliseringen för med sig. I Smart Built Environment genomförs en långsiktig satsning för att ta fram mer hållbara och integrerade sätt att bygga.

Vinnova

Vinnova är Sveriges innovationsmyndighet med uppdrag är att stärka Sveriges innovationsförmåga och bidra till hållbar tillväxt. Vinnova ska vara en innovativ kraft i en hållbar värld för att Sverige. Vinnova stimulerar samarbeten där kunskap och kompetens från olika håll möts och där organisationer lär av varandra. Genom stöd får företag och organisationer möjlighet att experimentera och testa nya idéer innan det blir lönsamt. Varje år satsar Vinnova ungefär tre miljarder kronor på forskning och innovation.

Annex 87 Energy and Indoor Environmental Quality Performance of Personal Environmental Control System. Pågår 2022-2026 och studerar PECS system för personlig miljökontroll.

8.5 Utbildare

Energi- och miljötekniska föreningen (EMTF)

EMTF tillhandahåller utbildningar för installationsverksamhet. EMTF arrangerar kurser, seminarier, träffar och teknikgrupper samt ger ut litteratur och tidskriften Energi & Miljö som förmedlar kunskap om teknikutveckling, ändrade regelverk och mycket mer.

FCG SIPU International AB (SIPU)

SIPU tillhandahåller utbildningar för aktörer inom offentlig sektor. SIPU bildades 1979 som en myndighet (Statens Institut för Personalutveckling) och är idag en konsult- och utbildningsorganisation. Kursverksamheten spänner mycket brett. Idag erbjuds en kurs med titeln Inomhusmiljö – juridiken som gäller vid tillsyn.

Installationsbranschens utbildnings- och utvecklingscenter (INSU)

Utbildningsföretag som bedriver utbildning inom El, Ventilation och VVS. INSU är en sammanslagning av Installatörernas Utbildningscentrum (IUC) och Elbranschens Utvecklings- och Utbildningscenter (EUU). INSU erbjuder samlade utbildningar för hela installationsbranschen och utbildar inom bl.a. elteknik, ventilation, automation/styr- och reglerteknik samt kyl- och värmepumpsteknik.

Svensk Energiutbildning

Svensk energiutbildning organiserar kurser om energieffektivisering, energiberäkningar samt klimatberäkningar (LCA) men har också några kurser som behandlar inomhusklimat.

Svenska Solskyddsförbundet

Svenska solskyddsförbundet erbjuder utbildningar till bland annat Diplomerande solskyddstekniker samt Smart Solar Shading Expert som ges i samarbete med europeiska solskyddsförbundet ES-SO.

Teknologisk Institut

Utbildningsföretag som utbildar främst inom teknik, ledarskap, samhällsutveckling, offentlig administration, vård och skola. Utbildningarna riktas till både privata och offentliga företag av varierande storlek. Teknologisk Institut Sverige ägs till 100 % av danska Teknologisk Institut. Kurs och konferensutbildning säljs via Teknologisk Institut AB och interaktiv online-utbildning via Teknologisk Institut Learnlab AB. Organisationen erbjuder kurser i ventilationsteknik och styr- och reglerteknik i flera steg. Kurser ges också i mätteknik och OVK inför certifiering av funktionskontrollanter. Teknologisk institut arrangerar återkommande konferenser på temat ventilation och på temat inomhusmiljö.

Universitet och högskolor

Vid universitet och högskolor ingår kurser om inomhusklimat och termisk komfort i de allra flesta utbildningarna till bl.a. arkitekt, civilingenjör, fastighetsförvaltare och högskoleingenjör.

Yrkehögskolan (YH)

Inom yrkehögskolan finns fyra typer av huvudmän: statliga, kommunala, landsting och privata anordnare. Under 2019 bedrev 214 utbildningsanordnare YH-utbildning (120 privata, 87 kommunala, 5 landsting och 2 statliga högskolor). YH-utbildningar finns inom bland annat inom bygg-, anläggning och fastighet. YH-utbildning med inriktning mot fastighetsingenjör, drift- och fastighetstekniker, energiingenjör är exempel på utbildningar med hög relevans för ventilationsområdet. Myndigheten för yrkehögskolan ansvarar för frågor som rör yrkehögskolan i Sverige och verkar för att utbildningarna tillgodoser arbetslivets behov av kompetens.

9 Behov av fortsatt arbete med kartläggning

Kunskapssammanställningen visar att få studier fokuserat på den termiska miljön inomhus under värmeböljor. Detta trots att svenskar tillbringar majoriteten av sin tid inomhus och sannolikt kommer att uppleva ökad värmestress inomhus i framtiden. Den pågående klimatförändringen innebär en ökad risk, särskilt i tätorter där värmeöar kan uppstå. Höga temperaturer kan påverka människors hälsa negativt, framför allt om exponeringen pågår under längre tid för känsliga grupper såsom äldre, små barn, gravida, personer som är kroniskt sjuka (Folkhälsomyndigheten 2018).

Klimatförändringarna ökar frekvensen och intensiteten av extrema väderhändelser som kan påverka byggnader, inomhusmiljöer och hälsa. Det är nödvändigt att vara beredd på sådana klimatextremiteter (Socialstyrelsen 2011, IPCC 2021). Att identifiera komplexa folkhälsofrågor och faror som kopplar samman globala klimatförändringar och inomhusklimat kan leda till sunda politiska beslut som kan rädda liv (Potera 2011). De direkta konsekvenserna av värmeböljan i de länder där luftkonditionering vanligtvis inte används på sommaren kan äventyra den boendes termiska komfort och hälsa, särskilt för utsatta boende, till exempel äldre. Skyddsåtgärder som tillämpning av personlig och lokal kylning som kan bidra till att förbättra termisk komfort, klara av värmeböljor och spara energi bör studeras ytterligare under verkliga förhållanden. Det är viktigt att få en större förståelse för hur extrema väderhändelser och långsiktiga klimatförhållanden påverkar inomhusmiljöer och där med också hälsa och komfort.

Boverket har under lång tid tillbaka lagt fram rapporter som visar på behov av att framtidssäkra byggnader. Rapporternas rekommendationer har inte anammats BBR trots att Boverket gått ut med information om konsekvenser av klimatförändring. Det enda som styrts upp är att inte bygga där det finns risk för översvämning och erosion p.g.a. skyfall och höjda vattennivåer. Där har kommunerna haft ett ansvar att ta fram karteringar var det är olämpligt att bygga under länsstyrelsens övervakning

9.1 Observerade viktiga faktorer

I denna kartläggning har flera punkter noterats som berör olika yttre faktorer, inre aspekter och olika roller. En av grundtankarna med att genomföra kartläggningen har varit att visa på kunskapsläget och väsentligheter och gärna kunna peka på områden där forskning och utveckling kan bidra konstruktivt. Här belyses några av dessa faktorer som kan vara intressanta att arbeta vidare med för myndigheter, fastighetsägare, boende, byggindustri med flera.

- **Kravställning i regelverk**

Tydlig kravställning från beställare och i regelverk är nödvändiga för att "bygga bort" värmeproblem redan i projekteringskedet. Boverkets BBR saknar sifferfatta krav på temperaturer inomhus på sommaren. Hänvisning finns till FoHMFS 2014:17 men BBR:s hänvisning är vag. Beskrivningar av längsta tillåtna exponeringstider för olika temperaturnivåer saknas i 2014:17 medan den högsta angivna tillåtna temperaturen som inte får överskridas inte är tillämpbar för många persongrupper. Exempel på exponeringstider finns t.ex. i danska, finska och engelska regelverk. En modell för att hantera övertemperaturer i framtida klimat kan tas fram på liknande sätt som det finns för "bygga bort" risken för översvämning och erosion?

- **Samordning av krav och tillsyn (innetemperatur, energianvändning, dagsljus, buller etc.)**

Kartläggningen visar på åtminstone 11 myndigheter (förutom kommuner och länsstyrelser) som behandlar frågeställningar som direkt och indirekt har samband med termisk komfort och termiskt klimat. Krav och tillsyn behöver samordnas Översyn av t.ex. nivåer hos dagsljuskrav påverkar möjligheten för att minimera risken för övertemperaturer. Det behöver finnas en balans där hälsa beaktas tillsammans.

Hur påverkar varm inomhusmiljö och nattemperatur arbetsprestation och sömnkvalitet?

- **Bygglov och tillsyn**

Tillsynen i samband med bygglov är i huvudsak inriktad på väsentliga riskfaktorer. Hur behandlas termisk komfort vid bygglovgivning? Det är under projekteringen som en byggnads möjliga termiskt klimatet bestäms.

Hur bidrar tillsyn av termisk komfort till att begränsa risken för människors ohälsa. Att termiskt klimat/komfort uppfylls enligt regelverk bör i likhet med energikrav också uppvisas för bygglov. Det är extra viktigt för att "framtidssäkra" inför framtida varmare klimat. Analoga processer för framtidssäkring finns redan avseende risk för översvämning eller havsnivåhöjning vilka också ska verifieras.

- **Klimatdata för analyser, simuleringar, och förutsägelse**

En fråga med koppling till metoder att simulera är vilka klimatdata som ska användas. Medelvärden eller extremvärden och vilka framtidsscenario ska vara dimensionerande? Många gånger kan övertemperaturer påvisas och begränsas i projekteringskedet genom att endast simulera med normalårsklimat men metoden behöver standardiseras. Klimatdata för framtiden behövs i ett standardiserat format som byggindustrin kan använda i program för simulering av inomhusmiljö.

- **Betydelsen av värmeöar**

I moderna samhällen skapas lokala klimatförutsättningar som skiljer sig från den generella bilden av rådande väder från SMHI:s standardiserade datainsamlingsmetodik. Ska värmeöar i storstäder beaktas? och hur i så fall? Kunskap behövs för att på bästa sätt beakta väderstreck, skuggning samt placering av uteluftsintag till ventilation och vegetation etc.

- **Åtgärder för att minska värmelaster på befintliga byggnader och värmestress på boende**

Det finns passiva system för att begränsa uppvärmning av solstrålning. Både utvändiga solskydd samt fönsters placering och storlek behöver hanteras med omsorg. Går det att komplettera befintliga byggnader med passiva eller aktiva metoder för att undvika värmelaster?

- **Vegetation och landskapsarkitektur, och gröna byggnader?**

Vegetation och landskapsarkitektur med träd kan ge naturlig skuggning på sommaren. Den yttre miljön kan ha stor betydelse för att minska värmen och underlätta för personer att komma ut när det är varmt inne.

- **Förbereda byggnader för varmare framtida somrar**

Nya byggnader dimensioneras efter det klimat vi haft tidigare, och oftast utan att ta hänsyn till sommarklimatet p.g.a. avsaknad kravställning. För nyproduktion behövs bl.a. tidiga kravställningar i regelverk för att kunna säkra den termiska komforten. Varför byggs inte för framtidens varmare sommarklimat? Behövs förberedelser för komfortkyla i bostäder? Hur kan i första hand byggnadsutformning med planlösning och fönsterarrangemang dämpa temperaturer, och i andra hand frikyla och förnybar energi användas för komfortkyla? Byggnader som redan finns behöver behandlas på sitt eget sätt utifrån t.ex. ålder och typ. En vägledande metodik behöver tas fram.

- **Vädring och rumsfläktar**

Vädring är den boendes enklaste sätt att åstadkomma kylning av bostaden.

Vädring bestämmer den boende själv över. Är dagens byggnader utformade för att möjliggöra vädring? Går det t.ex. att vädra utan att krav på buller eller föroreningar inomhus överskrids nära en trafikled? Utbildas de boende i vädring?

Hur ökas den allmänna kunskapen om användning av rumsfläktar (bords-, golv- och takfläktar) för att minska värmestress under sommaren och värmeböljor?

I projektering behövs planering för robusta system med möjligheter. Vad händer med den termiska komforten vid ett strömavbrott? Enda sättet att skapa luftomsättningar om fläktarna stannar är att öppna fönster för att vädra.

- **Prioritera passiva åtgärder**
Ur energi- och miljösynpunkt är det av största värde att prioritera passiva åtgärder. Hur det är möjligt att uppnå effektiv dämpning av solinstrålning och kylning genom en kombination av vädring och solskydd i byggnader med olika ålder och ventilationssystem etc. behöver studeras vidare. Det är stor varierande i det svenska byggnadsbeståndet.
- **Prioriterade rum för termisk komfort**
Det är viktigt att bedöma behovet av aktiv kylning för att kyleffekten ska kunna optimeras. Behöver hela bostaden utformas för samma termiska klimat eller är det möjligt att till exempel prioritera sovrum för kylning?
- **Portabel luftkylning**
Portabla luftkylningsaggregat för komfortkyla är en nödlösning som behöver byggas bort redan i projekteringen! Aggregaten installeras många gånger fel och deras effektivitet blir dålig. El till luftkylning bidrar till redan förutspädd eleffektbrist på sommaren.
- **Upplåtelseformers inverkan, utsatta grupper och lokala regler**
Förutsättningarna för individen skiljer sig åt på flera punkter.
Vad får en hyresgäst respektive bostadsrättsinnehavare göra i sin bostad?
Vilka påfrestningar är acceptabla för individer som inte kan välja rum eller placering (t.ex. äldreboende, patienter på sjukhus, interner)?
- **Risker med fukt och påväxt vid komfortkyla**
När uteluft och installationer för komfortkyla kyls ned finns risk för att kondens bildas och fuktbelastningen på olika delar av byggnaden ökar. Kunskaper för att hantera ökad fuktbelastning vid komfortkyla behöver säkras om det blir vanligare med komfortkyla. Nya tekniska lösningar finns men behöver utredas och säkras bl.a. avseende risken för kondens och fukt.
- **Varningssystem**
De flesta länder i Europa har varningssystem med tillhörande åtgärdsplaner som har minskat värmens effekt på dödligheten. I Sverige är det Folkhälsomyndigheten och Myndigheten för samhällsskydd och beredskap som främst hanterar denna fråga.
- **Kompetens för metoder att simulera termiskt klimat**
Simulering av termiskt klimat är en expertkompetens som få besitter. Det kräver tillgång till datorprogram, datafiler, handledningar och designkriterier. Vilka krav ska ställas på simulering av termiskt klimat och termisk komfort? En branschstandard bör utarbetas.
- **Kunskapsspridning om termisk komfort och hälsa**
Kunskapsspridning om termisk komfort och påverkan på hälsan inomhus tillsammans med grundläggande kunskaper behövs för att inte tänka fel från början. Den moderna arkitekturen med stora oskyddade glaspartier går emot principerna för att få en hälsosam termisk komfort med låga investeringar i installationer och lågt energibehov, och går emot Boverkets råd om klimatanpassning. Informationsspridning till arkitekter.
- **Utbildning av arkitekter och ingenjörer**
Översyn av kunskapsinnehåll i arkitektutbildningarna gällande grundläggande fysik för att kunna föra resonemang om solens påverkan på byggnaden, inomhustemperatur och termisk komfort samt hälsa med klimatet idag och i framtiden. Många gånger divergerar förslagen mellan arkitekter och ingenjörer (bl.a. vvs). Frågan är speciellt viktig inför framtida varmare somrar. Arkitekten kan önska mycket av stora glaspartier för gestaltningens skull och dagsljus, medan vvs-projektören ska hantera detta för att få uppfyllt termisk komfort, osynliga klimatsystem på arkitektens begäran och uppfyllda krav på låg energianvändning.

Referenser

- AFS 2001:1 *Systematiskt arbetsmiljöarbete* Arbetsmiljöverket
- AFS 2020:1 *Arbetsplatsens utformning* Arbetsmiljöverket
- Aguilera J J, Korsholm Andersen R, Toftum J (2019) Prediction of Indoor Air Temperature Using Weather Data and Simple Building Descriptors. *International Journal of Environmental Research on Public Health* 2019, 16, 4349.
- AIVC (2022) *Energy and Indoor Environmental Quality Performance of Personalised Environmental Control Systems (PECS)*. Webinar – IEA EBC Annex 87: 12 December 2022. [weblänk](#)
- Argos Analytics. LLC. (2017) *Guidelines for specifying Weathershift future weather files*.
- ASHRAE (2020) *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. ANSI/ASHRAE Standard 55-2020
- Bastin J-F, Clark E, Elliott T, Hart S, van den Hoogen J, Hordijk I, Ma H, Majumder S, Manoli G, Maschler J, Mo L, Routh D, Yu K, Zohner C M, Crowther T W (2019) Understanding climate change from a global analysis of city analogues. *PLOS ONE* July 10, 2019.
- BELOK (2015) *Innemiljökrav för lokalbyggnader*. Version 4. [Rapportlänk](#)
- BFS 2011:09 (med ändringar till och med BFS 2020:4) *Boverkets byggregler* (BBR29)
- BFS 2012:12 (med ändringar till och med BFS 2017:4) *Boverkets allmänna råd om anmälan för åtgärder som inte är bygglovspliktiga*. (VÄS 3)
- BFS 2016:12 (med ändringar till och med BFS 2017:6) *Boverkets allmänna råd om fastställande av byggnadens energianvändning vid normalt brukande och ett normalår* (BEN 2)
- Björk F (2005) *Takguide*. Avd för byggnadsteknik Meddelande no 174:B, Inst för bygghvetenskap Kungliga Tekniska Högskolan
- Bolig- och Planstyrelsen (2022) *Byggningsreglementet.dk*. Hämtad 2022-01-28 [webblänk](#)
- Boverket (2007) *Byggnader i förändrat klimat Bebyggelsens sårbarhet för klimatförändringar och extrema väders påverkan*
- Boverket (2009) *Bygg för morgondagens klimat - Anpassning av planering och byggande*
- Boverket (2010) *Klimatanpassning i planering och byggande – analys, åtgärder och exempel*
- Boverket (2017) *Öppen data – Dimensionerande vinterutetemperatur (DVUT 1981–2010 för 310 orter i Sverige)*. Hämtad 2022-01-17 [webblänk](#)
- Boverket (2018). *Kartläggning av fel, brister och skador inom byggsektorn*. [Rapportlänk](#)
- Boverket (2021a) *Din hälsa påverkas av det termiska klimatet*. Hämtad 2022-01-17 [webblänk](#)
- Boverket (2021b) *Risikobedömning - PBL kunskapsbanken – Boverket*. Hämtad 2021-12-31 [webblänk](#)
- BREEAM (2017) *BREEAM-SE Nybyggnad 2017. Teknisk manual 1.1*
- Brown G (1964) Metod för datamaskinberäkning av värme- och ljusinstrålning i rum av kyl- och värmebehov. *Bygghforskning särtryck 4:1964*. Statens institut för byggnadsforskning, Stockholm.
- Brown G och Isfält E (1969) *Instrålning från sol och himmel i Sverige under klara dagar, Tabeller och diagram*. Rapport 19:1969. Statens institut för byggnadsforskning, Stockholm, 1969.

- Brown G och Isfält E (1974) *Solinstrålning och solavskärmning*. Rapport 19:1974. Statens institut för byggnadsforskning, Stockholm. 1974, (på svenska med en engelsk sammanfattning)
- Byggföretagen (2020) *Byggarbetsplatsens teknikhandbok*. Stockholm.
- Byggnadsstyrelsen (1992) *Krav och råd – Nybyggnadsbandboken, häfte A*. Stockholm.
- CIBSE (1974) *TM2 Notes on legislation relating to fire and services in buildings*
- CIBSE (2017) *TM59 Design methodology for the assessment of overheating risk in homes* (2017) [webblänk](#)
- ECMWF (2021) *Thermal comfort indices derived from ERA5 reanalysis*. Hämtad 2021-12-09 [Thermal comfort indices derived from ERA5 reanalysis \(copernicus.eu\)](#)
- Ekberg L, Fagergren T, Hjelmer P-E, Kempe P, Ruud S, Persson M (2022) *Ventilation i Sverige – en kunskapssammanställning*.
- EMTF (2013) *R1 - Riktlinjer för specifikation av inneklimatkrav*. Energi- och Miljötekniska Föreningen.
- Fanger P O (1970) *Thermal Comfort*, Copenhagen, Danish Technical Press.
- FoHMFS 2014:14 *Allmänna råd om fukt och mikroorganismer* Folkhälsomyndigheten
- FoHMFS 2014:17 *Allmänna råd om temperatur inomhus* Folkhälsomyndigheten
- FoHMFS 2014:18 *Allmänna råd om ventilation* Folkhälsomyndigheten
- Folkhälsomyndigheten (2017) *Att hantera hälsoeffekter av värmeböljor - vägledning till handlingsplaner* [Rapportlänk](#)
- Folkhälsomyndigheten (2018) *Värmestress i urbana inomhusmiljöer – Förekomst och åtgärder i befintlig bebyggelse*. [Rapportlänk](#)
- Folkhälsomyndigheten (2019a) *Värme och människa i bebyggd miljö - Kunskapsstöd för åtgärder som minskar hälsoskadlig värme*. [Rapportlänk](#)
- Folkhälsomyndigheten (2019b) *Kartläggning av bebyggelse med risk för höga temperaturer Metodbeskrivning av GIS-verktyg utifrån marktäckning*
- Folkhälsomyndigheten (2021a) *Miljöhälsoberättelse 2021 - Barns miljörelaterade hälsa*. Artikelnummer 20010 [webblänk](#)
- Folkhälsomyndigheten (2021b) *Hälsokonsekvenser av klimatsförändring i Sverige - En risk- och sårbarhetsanalys*. Artikelnummer: 21268 [Rapportlänk](#)
- Folkhälsomyndigheten (2022) *Hälsoeffekter av höga temperaturer En kunskapssammanställning*. [Rapportlänk](#)
- Folkhälsomyndigheten (2022b) *Heälsoeffekter av värmeböljor - En kunskapssammanställning* [Hälsoeffekter av värmeböljor — Folkhälsomyndigheten \(folkhalsomyndigheten.se\)](#)
- Fredlund B (1999) *Lågemissionsglas och renovering förbättrar äldre fönsters värmeisolering*. Institutionen för byggnadskonstruktionslära, Lunds Tekniska Högskola. Rapport TABK—99/3055. Lund.
- Frontczak M, Wargocki P (2011) Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments. *Building and Environment* Volume 46, Issue 4 922–37.
- Gao C, Kuklane K, Wang F, Holmér I (2012) Personal cooling with phase change materials to improve thermal comfort from a heat wave perspective. *Indoor Air* Volume 22 Issue 6

- Gao C, Kuklane K, Östergren P O, Kjellstrom T (2018) Occupational heat stress assessment and protective strategies in the context of climate change. *International Journal of Biometeorology*, 62 (3):359-371
- Geneva I I, Cuzzo B, Fazili T, Javaid W (2019) Normal Body Temperature: A Systematic Review. *Open Forum Infectious Diseases*, Volume 6, Issue 4, April 2019, ofz032,
- Havenith G, Fiala D (2016) Thermal Indices and Thermophysiological Modeling for Heat Stress. *Comprehensive Physiology* 6:255–302.
- Havngard Vorre M, Hulemose Wagner M, Maagaard S E, Noyé P & Lyngé N (2017) *Branchevejledning for indeklimaberegninger*. Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet. ISBN 978-87-563-1850-1
- Hilliaho K, Nordquist B, Wallentén P, Abdul-Hamid A, Lahdensivu J (2016). Energy saving and indoor climate effects of an added glazed façade to a brick wall building: Case study. *Journal of Building Engineering* Vol. 7, pp 246-262
- Hjerpe M et al. (2017) *Kartläggning av Norrköpings sårbarhet inför översvämning och värmebölja*. CSPR Dokumentation 2017:1. Linköpings universitet.
- Hjerpe M et al. (2018) *Värmeböljan 2018. Erfarenheter från chefer inom vård och omsorg*. CSPR Dokumentation 2018:2. Linköpings universitet.
- Hjerpe M et al. (2018) *Värmeböljan 2018. Förskolechefernas erfarenheter*. CSPR Dokumentation 2018:3. Linköpings universitet.
- Hosseini M, Javanroodi K, Nik V M (2022) High-resolution impact assessment of climate change on building energy performance considering extreme weather events and microclimate – Investigating variations in indoor thermal comfort and degree-days. *Sustainable Cities and Society* [Volume 78](#), March 2022, 103634.
- IOM (Institute of Medicine) (2011) *Climate Change, the Indoor Environmental and Health*, Wash DC, National Academies Press.
- IPCC (2021) *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press. [Rapportlänk](#)
- Jendritzky G, de Dear R, Havenith G (2012) UTCI—why another thermal index? *International Journal of Biometeorology* 56(3):421–428.
- Karlsson F, Andersson C (2016) *Dimensionerande vinterutetemperatur – DVUT 1981–2010, 310 orter i Sverige*. SMHI [Rapportlänk](#)
- Karlsson H (2011) *Värmeavledning vid beröring - en jämförande mätstudie av golvmaterial*. [SP Rapport 2011:57](#)
- Kingma B R M, Steenhoff H, Toftum J, Daanen H A M, Folkerts M A, Gerrett N, Gao C, Kuklane K, Petersson J, Halder A, Zuurbier M, Garland S W, Nybo L, (2021) ClimApp—Integrating Personal Factors with Weather Forecasts for Individualised Warning and Guidance on Thermal Stress. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2021, 18, 11317.
- Kuklane K, Gao C (2017) *Systematiska kunskapsöversikter: 10. Occupational Heat Stress*. Arbete och hälsa vetenskaplig skriftserie Nr 2017;51(7)

- Lan L, Tang J, Wargocki P, Wyon D, Lian Z (2021) Cognitive performance was reduced by higher air temperature even when thermal comfort was maintained over the 24–28 °C range. *Indoor Air*. 2022.32e12916.
- Lindinvent (2021) *Projekteringsanvisning - Ventilation, värme och kyla*
- LumaSense Technologies A/S (2007) *Thermal Comfort Data Logger – 1221 - User Manual*
- Lundgren Kownacki K, Kuklane K, Gao, C, Holmér I (2013) Effects of Heat Stress on Working Populations when facing Climate Change. *Industrial Health*, 51(1), 3-15.
- Lundgren Kownacki K, Gao C, Kuklane K, Wierzbicka A (2019) Heat Stress in Indoor Environments of Scandinavian Urban Areas: A Literature Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2019, 16, 560.
- Länsstyrelsen Västra Götalands län (2019) *Vägledning värmebolja*. [Infolänk](#)
- Miljöministeriet Finland (2017) *Miljöministeriets förordning om nya byggnaders energiprestanda*. [Länk](#)
- Moazami A., Carlucci S., Geving S (2017) Critical Analysis of Software Tools Aimed at Generating Future. Weather Files with a view to their use in Building Performance Simulation. *Energy Procedia* 132 (2017) 640-5.
- Nationella expertrådet för klimatanpassning (2022) *Första rapporten från Nationella expertrådet för klimatanpassning*
- Nazaroff W W (2013) Exploring the consequences of climate change for indoor air quality. *Environmental Research Letters* 8(1). 015022.
- Nicol J F, Humphreys M A (2002) Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings *Energy and Buildings* volume 34, Issue 6, July 2002, Pages 563-72.
- Nilsson H O (2004) Comfort Climate Evaluation with Thermal Manikin Methods and Computer Simulation Models. *Arbete och hälsa* Nr 2004:2 ISBN 91-7042-703-4
- Nordquist B (1998) *Vädning i skolor – ett komplement till normal ventilation?* Licentiatavhandling. TABK-98/1014, Inst. för byggnadskonstruktionslära, Lunds tekniska högskola
- Nordquist B (1999a) *Fakta och formler om vädning – Till projektörer* TABK-99/7053, Avd. för installationsteknik, Lunds tekniska högskola, 57 sid.
- Nordquist B (1999b) *Allmänna tips och råd om vädning i skolor – Till lärare*, TABK-99/7052, Avd. för installationsteknik, Lunds tekniska högskola, 23 sid.
- Nordquist B (2002) *Ventilation and window opening in schools, Experiments and Analysis*. Doktorsavhandling Report TABK 1024. Lunds Universitet, Lunds tekniska högskola, Avd för installationsteknik, Lund. [Report TABK 1024](#).
- Ortiz M et al. (2020) Indoor environmental quality related risk factors with energy-efficient retrofitting of housing: A literature review. *Energy and Buildings* 221 (1101002).
- Parsons K (2009) Maintaining health, comfort, and productivity in heat waves. *Global Health Action*. 2(1)
- Parsons K (2014) Chapter 11: Thermal Comfort in book *Human Thermal Environments: the effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort, and performance*. 3rd Edition, p.257–89, CRC Press.
- Petersson J, Kuklane K, Gao C (2019) Is There a Need to Integrate Human Thermal Models with Weather Forecasts to Predict Thermal Stress? *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2019, 16, 4586.
- Potera C (2011) INDOOR AIR QUALITY: Scented Products Emit a Bouquet of VOCs *Environmental Health Perspectives*. 2011 Jan, 119(1): A16.

- REHVA (u.å.) *Guidebook No.07 Low Temperature Heating And High Temperature Cooling*
- REHVA (2019) *Guidebook No.29 Quality Management for Buildings*
- RIF (2021) *RIF-Veiledere Termisk inneklima Bransjeveiledere*. Rådgivande ingeniørers forening, 15.11.2021
- Secretary of State (2022) *The Building Regulations etc. (Amendment) (England) Regulations 2021*
Hämtad 2022-01-31. [webblänk](#)
- SFS 1977:1160 *Arbetsmiljölagen*. Stockholm: Arbetsmarknadsdepartementet ARM
- SFS 1998:808 *Miljöbalken*. Stockholm: Miljödepartementet
- SFS 1998:899 *Förordning om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd*. Stockholm: Miljödepartementet
- SFS 2010:900 *Plan och bygglagen*. Stockholm: Finansdepartementet
- SFS 2017:900 *Förvaltningslagen*. Stockholm: Justitiedepartementet
- Shen et al. (2020) An early-stage analysis of climate-adaptive designs for multi-family buildings under future climate scenario: Case studies in Rome, Italy and Stockholm, Sweden. *Journal of Building Engineering*. Volume 27.
- Sjökvist E, Abdoush D, Axén J (2019) Sommaren 2018 - en glimt av framtiden? *KLIMATOLOGI Nr 52*, 2019 SMHI.
- SMHI (2013) *Vad är ett solbandediagram?* [webblänk](#)
- SMHI (2021) *Tropiska nätter*. [webblänk](#)
- Socialstyrelsen (2011) *Effekter av värmeböljor och behov av beredskapsåtgärder i Sverige Redovisning av ett regeringsuppdrag* [Länk](#)
- SOU 2007:60 *Klimat och sårbarhetsutredningen*. Stockholm: Miljödepartementet
- Statens Byggeforskningsinstitut (2017) *Branchevejledning for indeklimaberegninger*. Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet.
- Sveby (2012) *Brukarindata bostäder* Version 1.0 2012-10-10 [Länk](#)
- Svenska inneklimatinstitutet (1993) *Människan som värmemaskin*. Stockholm
- Svensk ventilation (2017) *Dålig luft vanligt i skolor - Ett år med statsbidrag för renovering. Har skolornas huvudmän tagit chansen?* [Rapportlänk](#)
- Svensk ventilation (2019) *I klassrummet står luften stilla*. [Rapportlänk](#)
- Swema (2022) *ISO 7730 - Thermal environment* Hämtad 2022-01-01 [webblänk](#)
- Synnefa A et al. (2020) SI: Survivability under overheating: The impact of regional and global climate change on the vulnerable and low-income population. *Climate* 8(122).
- Tartarini F, Schiavon S, Jay O, Arens E, Huizenga C (2022) Application of Gagge's energy balance model to determine humidity-dependent temperature thresholds for healthy adults using electric fans during heatwaves. *Building and Environment*, 207, Part B, 108437.
- Teli D, Dalenbäck J-O (2018) Skolbarn har det varmt på jobbet. *Energi & Miljö nr 9 2018*
- Thorsson S, Lindberg F, Björklund J, Holmer B, Rayner D (2011) Potential changes in outdoor thermal comfort conditions in Gothenburg, Sweden due to climate change: the influence of urban geometry. *International Journal of Climatology* Volume 31 Issue 2.
- THermotech (2022) *Kv Pärllöken, Örebro* [webblänk](#) Hämtad 2022-12-23

- Tsaousoglou A C (2019) *The impact of climate change on the energy demand and indoor climate of an apartment building in Stockholm*. Master thesis. KTH.
- van Vuuren D P, Edmonds J, Kainuma M, Riahi K, Thomson A, Hibbard K, Hurtt G C, Kram T, Krey V, Lamarque J-F, Masui T, Meinshausen M, Nakicenovic N, Smith S J & Rose S K (2011) The representative concentration pathways: an overview *Climatic Change* **109**, 5 (2011)
- Wall M. & Bülow-Hübe H. (eds.) (2001). *Solar Protection in Buildings* (Report TABK—01/3060). Lund, Sweden: Lund University Dept. of Construction & Architecture.
- Wall M & Bülow-Hübe H (eds.) (2003). *Solar Protection in Buildings. Part 2: 2000-2002*. (Report EBD-R--03/1). Lund, Sweden: Lund University Dept. of Construction & Architecture. [Rapportlänk](#)
- Warfvinge C, Dahlblom M (2010) *Projektering av VVS-installationer*. Lund: Studentlitteratur
- Watts N, Amann M, Arnell N, Ayeb-Karlsson S, Baeagley J et al. (2021) *The 2020 report of the Lancet Countdown on health and climate change: responding to converging crises*. www.thelancet.com Vol 397 January 9, 2021
- White-Newsome J L, Sánchez B N, Jolliet O, Zhang Z, Parker E A, Dvonch J T, O’neill M S (2012) Climate change and health: Indoor heat exposure in vulnerable populations. *Environmental Research* 2012, 112, 20–27.
- WHO (2018) *WHO Housing and Health Guidelines*. Geneva: World Health Organization, 2018. [Rapportlänk](#)
- WHO (2021) *Heat and health in the WHO European Region: updated evidence for effective prevention* Geneva: World Health Organization, 2021. [Rapportlänk](#)
- Wierzbicka A, Pedersen E, Persson R, Nordquist B, Stålné K, Gao C, Harderup L-E, Borell J, Caltenco H, Ness, B, Stroh E, Li Y, Dahlblom M, Lundgren-Kownacki K, Isaxon C, Gudmundsson A, Wargocki P (2018) Healthy Indoor Environments: The Need for a Holistic Approach. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2018, 15, 1874.
- WSP (2016) *Overheating in homes Keeping a growing population cool in summer* WSP [Rapportlänk](#)
- Xu Z, Sheffield PE, Su H, Wang X, Bi Y, Tong S (2014) The impact of heat waves on children’s health: a systematic review. *International Journal of Biometeorology*. 2014;58(2):239-47.
- Yang L, Yan H, Lam J C (2014) Thermal comfort and building energy consumption implications –A review. *Applied Energy* 115, 164–173.
- Yang Y, Javanroodi K, Nik V M (2021) Climate change and energy performance of European residential building stocks – A comprehensive impact assessment using climate big data from the coordinated regional climate downscaling experiment”, *Applied Energy* 2021;298:117246.
- Ylmén P, Schade J (2021) *Termisk inombuskomfort vid värmeböljor*. [SBUF Rapport 13798](#)
- Zero Carbon Hub (2016) *Solutions to overheating in homes – evidence review*. [Rapportlänk](#)
- Zhao M, Gao C, Wang F, Kuklane K, Holmér I, Li J (2013) A study on local cooling of garments with ventilation fans and openings placed at different torso sites. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 43 (3), 232-237
- Åslund M (2019) *Äldreboende som snålar-med energi*. Energi & Miljö. Nr 6-7. 2019.
- Åslund M (2020) *Geo-FTX ger skön kyla på sommaren*. Energi & Miljö. Nr 5. 2020.

Åström C, Bjelkmar P, Forsberg B (2019) Attributing summer mortality to heat during 2018 heatwave in Sweden. *Environmental Epidemiology*: October 2019 - Volume 3 - Issue - p 16-17

Standarder som refereras i rapporten

- ASHRAE 55, 2020. *Thermal environmental conditions for human occupancy*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- SS-EN 410:2011 *Byggnadsglas - Bestämning av ljus- och soloptiska egenskaper*
- SS-EN ISO 7243:2017 *Det termiska klimatets ergonomi - Bedömning av värmestress genom användning av WBGT (wet bulb globe temperature) index (ISO 7243:2017)*
- SS-EN ISO 7726:1998. *Ergonomi för termiskt klimat - Instrument för mätning av fysiska storheter*
- SS-EN ISO 7730:2006, *Ergonomi för den termiska miljön - Analytisk bestämning och bedömning av termisk komfort med hjälp av indexen PMV och PPD samt kriterier för lokal termisk komfort*
- SS-EN ISO 7933:2004 *Ergonomi för termiskt klimat - Analytisk bestämning och bedömning av värmebelastning genom beräkning av indexet PHS (ISO 7933:2004)*
- SS-EN ISO 8996:2004 *Energi för termiskt klimat - Bestämning av metabolisk energiomsättning (ISO 8996:2004)*
- SS-EN ISO 9920:2009 *Ergonomi för termiskt klimat - Skattning av termisk isolation och ångmotstånd hos beklädnad (ISO 9920:2007, corrected version 2008-11-01)*
- SS-EN ISO 11079:2007 *Ergonomi för den termiska miljön - Bestämning och bedömning av termisk belastning i kyla med hjälp av rekommenderad beklädnadsisolation (IREQ) samt lokala avkylningseffekter (ISO 11079:2007)*
- SS-EN ISO 15927-5:2005/A1:2011 *Fukt- och värmetekniska egenskaper hos byggnader - Klimatdata - Del 5: Data för att bestämma byggnaders effektbehov för uppvärmning (ISO 15927-5:2004/Amd 1:2011)*
- SS-EN 16798-1:2019 *Byggnaders energiprestanda - Ventilation för byggnader - Del 1: Indataparametrar för inomhusmiljö för konstruktion och bestämning av byggnaders energiprestanda gällande luftkvalitet, termiskt klimat, belysning och akustik - Modul M1-6. (ersatte EN 15251:2007)*

Nomenklatur

Begrepp	Förklaring
Acklimatisering	Ökning av värmetaligheten hos en individ genom värmeträning. Den sker genom både fysiologiska och psykologiska mekanismer.
CAV	Clothing Adjustment Values (CAV) Justeringsvärden av kläder som används i värmeindexet WBGT för att bedöma risk för överbelastning av värme.
Cirkulationsluft*	Luft som cirkulerar inne i ett rum eller till rummet återförd luft från samma rum.
Djupkroppstemperatur	Temperaturen djupt inne i kroppen t.ex. i bröstet eller bukhålan. Kan mätas på olika sätt med varierande noggrannhet t.ex. genom rektalgivare eller sensor i matstrupen. Djupkroppstemperaturen är i vila hos en frisk person vanligen 36,5–37,5 °C.
Ekvivalent temperatur	Termiskt komfortindex baserat på värmen som överförs mellan individ och den omgivande miljön genom strålning, konduktion och konvektion (ej avdunstning). För utförlig definition se Nilsson H O 2004 (Arbete och Hälsa 2004:2).
Frikyla	Kylning som inte kräver tillförsel av energi förutom el till pumpar och fläktar
Frånluft*	Luft som förs från rum.
g-värde	Solfaktor för fönster. Total solenergitransmission genom glasning enligt SS-EN 410:2011.
Globtemperatur	Integrerad luft- och medelstrålningstemperatur, mäts med en temperaturgivare placerad i centrum av ett svartmålat kopparklot på 15 cm. Används för att uppskatta värmestrålningens påverkan på människans termiska komfort.
HEI	Eng. Heat-related Health Effects Index. Värmeindex som utvecklats utifrån en fysiologisk modell för att bedöma de viktigaste riskfaktorerna för hälsa som är relaterade till värmeböljor.
I _{equiv}	Eng. Equivalent Insulation. Tillräcklig klädselisolering
Inomhusklimat*	Inomhusklimat innefattar temperaturförhållanden, luftförelser, luftfuktighet, luftens innehåll av partiklar och gaser, ljus- och ljudförhållanden.
Inomhusluft*	Luft i rum.
Inomhusmiljö*	Inomhusmiljö är ett bredare begrepp än inomhusklimat som används närmast synonymt med inomhusklimat i Norden. Internationellt är det större skillnad mellan Indoor climate och Indoor environment.
IREQ	Eng. Insulation required (IREQ) Required clothing insulation. Nödvändig klädisolering (beklädnadsisolering)
Klimatskärm	En byggnads klimatskärm är dess golv, tak, ytterväggar, fönster och dörrar som utgör gränsen mot omgivningen.
Komfortkyla	System för att klara kylbehov dvs. bortföra värmeöverskott från byggnaden för att hålla inomhustemperaturen lägre än en

	förutbestämd högsta tillåten temperatur. Benämns även luftkonditionering.
Konduktion	Ledning av värme från en varmare till en kallare yta genom kontakt (t.ex. från foten till ett kallt golv).
Konvektion	Överföring av värmeenergi med strömmande luft från en varm yta till en kallare omgivning. Sker i motsatt riktning om omgivningens lufttemperatur är högre än hudtemperaturen.
Kroppstemperatur	Beräknas som med hjälp av djupkroppstemperatur och hudtemperatur
Latenta värmelagringsmaterial (PCM)	Eng. Phase Change Materials. Vid latent värmelagring genomgår värmelagringsmediet en fasomvandling. Mediet använder energin för att byta fas i stället för att stiga i temperatur. Exempel på processen kan vara is som förvandlas till vatten.
Luftflöde*	Transport av luft. Luftflödets storlek kan mätas och anges med olika enheter, exempelvis (l/s) eller (m ³ /tim).
Luftfuktighet	Mäts som mängden vattenånga i luften i g/kg torr luft eller som vattenångans partialtryck Pa.
Luftomsättning*	Luftflöde normerat till den fria luftvolymen i ett rum, dvs. kvoten mellan luftflöde och rumsvolym (m ³ /h per m ³ eller rumsvolymer per timme = luftomsättning per timme).
Lufttemperatur	Mäts med en konventionell termometer, som är skyddad från direkt sol- och värmestrålning, och som är placerad så att luftrörelser runt termometern inte hindras.
Medelstrålnings-temperatur	Ett mått på strålningsutbytet (kort och långvågig strålning) mellan en människa och dess omgivning. Består av medelvärdet mätt i olika riktningar.
MET	Metabolisk ekvivalent av uppgiften eller metabolisk ekvivalent (eng. Metabolic equation of task). Mäts i watt per kg. 1 MET = 1,162 W/kg (kcal/h,m ² kroppsarea)
Metabolisk värme	Värme bildad i kroppen vid energiomsättningen. En mindre del av den metaboliska värmen omvandlas till mekanisk effekt i form av kroppsrörelser.
Operativ temperatur	Medelvärdet av lufttemperaturen och medelstrålningstemperaturen från omgivande ytor (Folkhälsomyndigheten 2014:17)
PHS	Predicted Heat Strain (PHS) (SS-EN ISO 7933:2004) är ett av de vanligaste indexen för mer detaljerad analytisk utvärdering av varma miljöer och relaterad termisk fysiologisk belastning som bygger på kroppens värmebalanskvation.
PMV Förväntat medelutlåtande	Eng. Predicted Mean Vote. Klimatindex för bedömning av människans upplevelse av det termiska klimatet. Bedömningsmodellen är baserad på värmeutbytet mellan individ och omgivning genom värmebalanskvationen samt empiriska studier. Skattning görs på en skala med 7 steg: från +3 till -3, (från <i>för varmt</i> till <i>för kallt</i>)
PPD	Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD). PPD-indexet bestäms utifrån ett medelvärde av hur personerna i en grupp upplever det termiska klimatet på en PMV-skala.

Portabel luftkyla	Flyttbart aggregat som producerar kyld luft. Även kallat luftkonditionering eller AC-aggregat.
Relativ luftfuktighet (RF)	Relativ luftfuktighet är kvoten av ånghalten vid en viss temperatur och mättnadsånghalten vid samma temperatur, uttryckt i procent.
Riktad operativ temperatur	Den operativa temperaturen beräknad i en viss riktning. I en och samma punkt i ett rum kan den riktade operativa temperaturen vara olika beroende på omgivande ytors strålningstemperatur.
Rumsfläktar	Mekaniska fläktar som placerar i rum och som ofta är flyttbara. Kan vara bords-, golv- eller takfläktar.
Strålnings-temperatur	Medelstrålningstemperaturen beror på omgivande ytors temperatur. Det definierar omfattningen av möjligt strålning värmeutbyte mellan kroppen och miljön.
Strålnings-temperaturskillnad	skillnaden mellan två motstående ytors värmestrålning till en viss mätpunkt.
Termisk alliesthesia	Alliesthesia av den termiska upplevelsen (värme och kyla), som i grunden bidrar till homeostatisk termoreglering. Det är en aspekt av termisk komfort.
Termisk komfort	De klimatförhållanden som gör att kroppen varken upplevs som för kall eller för varm. Beror på lufttemperatur, luftfuktighet, lufthastighet, strålningstemperatur, klädsel, aktivitet etc.
Termiskt klimat	Generell benämning av de faktorer som påverkar människans värmeutbyte med omgivningen. Faktorer som påverkar människans värmeutbyte med omgivningen (Folkhälsomyndigheten 2014:17) AFS 2020:1 - Den inverkan på människans upplevelse som lufttemperatur, omgivande ytors temperatur, luftfuktighet och lufthastighet har vid en given aktivitet och klädsel.
Tillsynsmyndighet	Den myndighet som utövar den operativa tillsynen enligt en viss lagstiftning.
Tilluft*	Luft som förs till rum (kan bestå av uteluft, överluft, återluft och cirkulationsluft).
UTCI	Eng. Universal Thermal Climate Index. Rationellt klimatindex baserat på en fysiologisk modell av värmebalansen för en viss kombination av vind, strålning, luftfuktighet och lufttemperatur som ger samma värmebelastning som referensbetingelser.
Urban värmeö	Fenomenet att urbana områden generellt är varmare än sin omgivning, främst ett nattligt fenomen. Anges vanligtvis som skillnad i lufttemperatur, men kan också anges som skillnader i yttemperatur, strålningstemperatur etc.
Ventilation*	Utbyte av luft i ett rum eller en byggnad.
Ventilationssystem*	Anordningar för att tillföra, distribuera och bortföra luft i en lokal, byggnad eller motsvarande.
Vertikal temperaturgradient	Temperaturskillnader i luften mellan golv och tak.

Vistelsezon	<p>Den del av ett rum som utnyttjas för människors vistelse. De krav som ställts på inomhusklimatet ska vara uppfyllt i vistelsezonen.</p> <p>Boverkets byggregler 6:212 och Arbetsmiljöverket (AFS 2020:1) anger: <i>Vistelsezonen är den del av ett rum där krav ställs på luftkvalitet och termisk komfort. Vistelsezonen begränsas i rummet av två horisontella plan, ett på 0,1 meter över golv och ett annat på 2,0 meter över golv, samt vertikala plan 0,6 meter från yttervägg eller annan yttre begränsning, dock vid fönster och dörr 1,0 meter.</i></p> <p>Folkhälsomyndighetens allmänna råd om temperatur inomhus (Folkhälsomyndigheten 2014:17) definierar vistelsezonen som: <i>zon i rum avgränsad horisontellt 0,1 meter och 2,0 meter över golv samt vertikalt 0,6 meter från innervägg och 1,0 meter från yttervägg.</i></p>
Våttemperatur	Den temperatur som mäts med en termometer som har givaren täckt av en våt ”bomullsstrumpa”. Naturlig våttemperatur (används i WBGT) mäts med givare som saknar strålningsskydd och tillåter luften att strömma fritt kring den.
Värmebalans	Tillstånd då den metaboliskt producerade värmeeffekten, minskad med mekanisk effekt, samt värmeeffekt tillförd utifrån uppvägs av avgiven värme.
Värmebelastning	Upplagring av värme i kroppen på grund av otillräcklig avgivning av överskottsvärme, vilket kan leda till skadlig påfrestning på kroppen. Med ”hälsoskadlig värme” avses här vanligen sådan värme som kan resultera i belastning som påverkar hälsan.
Värmebölja	En längre sammanhängande period med hög lufttemperatur. Enligt SMHI definieras en värmebölja som ”en sammanhängande period då dygnets högsta temperatur överstiger +25 °C minst fem dagar i sträck”. Enligt denna definition råder därmed inte värmebölja under perioder med ovanligt höga vintertemperaturer. De betecknas i stället som ”ovanligt mildt väder”, eller ”för årstiden höga temperaturer”.
Värmeindex	Metod för bedömning av värmebelastning.
Värmeslag	Livshotande tillstånd, framkallat av värmebelastning. Det kännetecknas av förvirring, nedsatt eller upphörd svettning och cirkulationskollaps.
Värmestress	Uppkommer då kroppen inte längre kan reglera sin temperatur genom utsöndring av svett och ökat blodflöde. Kroppstemperaturen stiger och det påfrestar bland annat andning, hjärta och blodcirkulation.
Värmestrålning	Innebär vanligen ett flöde av värme från eller till kroppen från en källa i omgivningen genom strålning i de synliga och infraröda frekvensområdena. Människans hud tar upp praktiskt taget all infallande strålningsvärme.
Värmetröghet	Byggnadsdelars förmåga att lagra värme eller kyla för att jämna ut temperatursvängningar framför allt under dygnet.
Värmeöeffekt	(Eng. urban heat island) betyder att staden som struktur och dess verksamheter gör att temperaturerna blir högre där än för omgivande områden.

Wet Bulb Globe Temperature (WBGT)	Empiriskt värmeindex för bedömning av värmestress baserat på direkta mätningar av klimatvariablerna lufttemperatur, luftfuktighet och värmestrålning.
Övertemperatur	Temperatur utöver önskvärt. (tydligare definition saknas!)

* begrepp är hämtat från Ekberg et al. 2022.

Bilaga 1 – Lista aktörer för termisk komfort + några internationella

En sammanställning över aktörer inom svensk ventilation har sammanställts i en separat Excel-fil. Här visas en lista.

Namn	Typ	URL
Sverige		
Climate Lab - Thermal Environment Laboratory	Forskning	portal.research.lu.se/portal/en/infrastructure/thermal-environment-laboratory(025483fa-745e-482c-af0c-be980a244d8a).html
Energi- och Miljötekniska Föreningen - EMTF	Förening	energi-miljo.se/
FTF Arbetsmiljö	Förening	arbetsliv.eu/
Arbetsmiljöverket	Myndighet	av.se/inomhusmiljo/luft-och-ventilation/?hl=ventilation
Boverket	Myndighet	boverket.se/
Folkhälso-myndigheten	Myndighet	folkhalsomyndigheten.se/
Kemikalie-inspektionen	Myndighet	kemi.se/
Länsstyrelsen	Myndighet	lansstyrelsen.se/??
MSB - Myndigheten för säkerhet och beredskap	Myndighet	msb.se/
Naturvårdsverket	Myndighet	naturvardsverket.se/
SKR Sveriges kommuner och regioner	Myndighet	skr.se
Socialstyrelsen	Myndighet	socialstyrelsen.se/
Upphandlings-myndigheten	Myndighet	upphandlingsmyndigheten.se/
SIS	Standardisering	sis.se/
KYS - Kylbranschens samarbetsstiftelse	Stiftelse	kys.se
FCG SIPU International AB	Utbildning	sipu.se
INSU	Utbildning	insu.se/
PVF Frisk Luft	Utbildning	pfv.se
Internationellt		
VKE Foreningen for Ventilasjon, Kulde og Energi	Branschförening - NO	vke.no
Eurovent Certita Certification	Certifiering - EU	eurovent-certification.com/en
COPILOT	Certifiering - EU	copilot-building.com/

ASHREA	Förening - Int	ashrae.org/
CIBSE	Förening - UK	cibse.org/
Dynastee	Förening - Int	dynastee.info/
Eurovent	Förening - EU	eurovent.eu/
IEQ	Förening - Int	ieq-ga.net/
ISES Europé	Förening - EU	ises-europe.org/
ISIAQ	Förening - Int	isiaq.org/
REHVA	Förening - EU	rehva.eu/
SCANVAC	Förening - EU	scanvac.eu/
WHO	Förening - EU	euro.who.int/
INIVE - International network for Information on Ventilation and Energy Performance	Förening - EU	https://www.inive.org/
IEHIAS	Förening - EU	http://www.integrated-assessment.eu/eu/index.html
EIIF European Industrial Insulation Foundation	Förening - EU	eiif.org
AIVC	Kunskaps-samling – Int.	aivc.org/
SINTEF	Myndighet - NO	blogg.sintef.no/
NIST - National Institute of Standards and Technology	Myndighet - US	nist.gov/
EPA - United States Environmental Protection Agency	Myndighet - US	epa.gov/indoor-air-quality-iaq

Bilaga 2 – Standarder relaterade till termiskt klimat och termisk komfort

Svenska standarder

- SS-EN 410:2011 Byggnadsglas - Bestämning av ljus- och soloptiska egenskaper
- SS-EN 511:2006 Skyddshandskar mot kyla
- SS-EN ISO 7243:2017 Det termiska klimatets ergonomi - Bedömning av värmestress genom användning av WBGT (wet bulb globe temperature) index (ISO 7243:2017)
- SS-EN ISO 7726:1998 Ergonomi för termiskt klimat - Instrument för mätning av fysiska storheter
- SS-EN ISO 7730:2006 Ergonomi för den termiska miljön - Analytisk bestämning och bedömning av termisk komfort med hjälp av indexen PMV och PPD samt kriterier för lokal termisk komfort
- SS-EN ISO 7933:2004 Ergonomi för termiskt klimat - Analytisk bestämning och bedömning av värmebelastning genom beräkning av indexet PHS (ISO 7933:2004)
- SS-EN ISO 8996:2004 Energi för termiskt klimat - Bestämning av metabolisk energiomsättning (ISO 8996:2004)
- SS-EN ISO 9920:2009 Ergonomi för termiskt klimat - Skattning av termisk isolation och ångmotstånd hos beklädnad (ISO 9920:2007, corrected version 2008-11-01)
- SS-EN ISO 10551:2019 Den fysiska omgivningens ergonomi - Subjektiva bedömningsskalor vid bedömning av den fysiska omgivningen (ISO 10551:2019)
- SS-EN ISO 11079:2007 Ergonomi för den termiska miljön - Bestämning och bedömning av termisk belastning i kyla med hjälp av rekommenderad beklädnadsisolation (IREQ) samt lokala avkylningseffekter (ISO 11079:2007)
- SS-EN ISO 11855-3:2021 Byggnadsprojektering med miljöhänsyn - Projektering, dimensionering, installation och reglering av inbyggda strålningsverkande värme- och kylsystem - Del 3: Design och dimensionering (ISO 11855-3:2021)
- SS-EN ISO 12569:2017 Byggnaders och materials termiska egenskaper - Bestämning av luftflödet i byggnader - Utspädningsmetod med spårgas
- SS-EN 12792 (2003) Luftbehandling - Ventilation i byggnader -Termer, definitioner, storheter och grafiska symboler
- SS-EN ISO 12894 (2001) Ergonomi för termiskt klimat - Medicinsk övervakning av individer utsatta för extremt varma eller kalla miljöer (ISO 12894:2001)
- SS-EN 13182 (2002) Luftbehandling - Krav på mätinstrument för mätning av lufthastigheter i ventilerade utrymmen
- SS-EN ISO 13731(2001) Ergonomi för termiskt klimat - Terminologi och symboler (ISO 13731:2001)
- SS-EN ISO 13732-1:2008 Ergonomi för termiskt klimat - Metoder för bedömning av reaktioner hos människan vid kontakt med ytor - Del 1: Varma ytor (ISO 13732-1:2006)
- SS-EN ISO 13732-3:2008 Ergonomi för termiskt klimat - Metoder för bedömning av reaktioner hos människan vid kontakt med ytor - Del 3: Kalla ytor (ISO 13732-3:2005)

- SS-EN ISO 15927-2:2009 Fukt- och värmetekniska egenskaper hos byggnader - Klimatdata - Del 2: Timbaserade data för beräkning av effektbehov för kylning (ISO 15927-2:2009)
- SS-EN ISO 15927-4:2005 Fukt- och värmetekniska egenskaper hos byggnader - Klimatdata - Del 4: Timbaserade data för att bestämma årlig energianvändning för uppvärmning och kylning (ISO 15927-4:2005)
- SS-EN ISO 15927-5:2005/A1:2011 Fukt- och värmetekniska egenskaper hos byggnader - Klimatdata - Del 5: Data för att bestämma byggnaders effektbehov för uppvärmning (ISO 15927-5:2004/Amd 1:2011)
- SS-EN 16798-1:2019 Byggnaders energiprestanda - Ventilation för byggnader - Del 1: Indataparametrar för inomhusmiljö för konstruktion och bestämning av byggnaders energiprestanda gällande luftkvalitet, termiskt klimat, belysning och akustik - Modul M1-6. (ersatte EN 15251:2007)
- SS-EN 16798-5-2:2017 Byggnaders energiprestanda - Modul M5-6, M5-8 - Ventilation för byggnader -Beräkningsmetoder för energikrav av ventilationssystem - Del 5-2: Fördelning och framställning - metod 2
- SS-EN ISO 52016-1:2017 Byggnaders energiprestanda - Bygg-och byggnadselement - Energibehov för uppvärmning och kylning, innetemperaturer och sensibel och latent huvudbelastning - Del 1: beräkningsmetoder (ISO 52016-1:2017)

Bilaga 3 – Litteratur och länkar relaterade till termiskt klimat och termisk komfort

En sammanställning över litteratur och länkar relaterade till termiskt klimat och termisk komfort finns i en separat Excel-fil som kan laddas ner från <https://blogg.mah.se/bygglearn/projekt/>. Här visas en lista.

Titel och länk	Författare/utgivare	År
Artiklar		
Ovanligt många dödsfall i Sverige sommaren 2018	Läkartidningen	2019
Böcker		
Achieving the desired indoor climate - energy efficiency aspects of system design	Per-Erik Nilsson - The Commtech group	2003
Byggnaden som system	Enno Abel, Arne Elmroth	2016
Bästa inneklimat till lägsta energikostnad	Gunnar Forslund, Jan Forslund	2021
CIBSE Guide A https://www.cibse.org/knowledge/knowledge-items/detail?id=a0q2000008179JAAS	CIBSE	2007
Climate change, the indoor environment and health https://books.google.se/books/about/Climate_Change_the_Indoor_Environment_an.html?id=2iz-7pvv7MwC&printsec=frontcover&source=kp_read_button&hl=en&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false	Institute of Medicine (of the national academies)	2011
Klassindelade inneklimatsystem Riktlinjer och specifikationer	Svenska inneklimatinstitutet	
Projektering av VVS-installationer https://www.studentlitteratur.se/kurslitteratur/teknik-datorer-it-och-bygg/byggteknik-och-arkitektur/projektering-av-vvs-installationer-3c810ec0/	Catarina Warfvinge & Mats Dahlblom	2010
R1 Riktlinjer för specifikation av inneklimatkrav https://byggtjanst.se/bokhandel/bygg-teknik/installationer/vsva/r1-riktlinjer-for-specifikation-av-inneklimatkrav	EMTF Förlag AB	2013
Rumsklimatet - Miljön mellan väggarna https://www.studentlitteratur.se/kurslitteratur/teknik-datorer-it-och-bygg/byggteknik-och-arkitektur/rumsklimatet	Sune Häggbom	2021
Sol - energi - form : utformning av lågenergihus https://gupea.ub.gu.se/handle/2077/43127	Bo Adamsson, Bengt Hidemark m fl	1986
Vad jag tänker på när jag tänker på fönster : hur boende upplever och använder sina fönsteröppningar	Kiran Maini Gerhardsson	2021
Ventilation förr och nu - En handbok och regelsamling för ventilationskontroll https://byggtjanst.se/bokhandel/bygg-teknik/installationer/vsva/ventilation-forr-och-nu.-utg-5	Dennis Andersson & Ulla Orestål	2020
Ventilation Ståbi http://staabi.dk/ventilation.aspx	Nyt teknisk forlag	2012
Vind	Mauritz Glaumann & Ulla Westerberg	198
Doktorsavhandling & Licentiatavhandling		
Klimatplanering - fysik eller symbolik?	Ulla Westerberg	1993
Natural Ventilation and Air Infiltration in Large Single-Zone Buildings: Measurements and Modelling with Reference to Historical Churches	Abolfazl Hayati	2017
Thermal models of buildings : determination of temperatures, heating and cooling loads : theories, models and computer programs https://lup.lub.lu.se/search/person/bk-lkka#:~:text=Thermal%20models%20of%20buildings%20%3A%20determination%20of%20temperatures%2C%20heating%20and%20cooling%20loads%20%3A%20theories%2C%20models%20and%20computer%20programs	Kurs Källblad	1998

Titel och länk	Författare/utgivare	År
Ventilation and window opening in schools, Experiments and Analysis. Lunds Universitet, Lunds tekniska högskola, Avd för installationsteknik. https://lup.lub.lu.se/record/20664	Birgitta Nordquist	2002
Vädning i skolor – ett komplement till normal ventilation?, TABK-98/1014, Inst. för byggnadskonstruktionslära, Lunds tekniska högskola	Birgitta Nordquist	1998
Författningar		
Boverkets byggregler, BBR29 (BFS 2011:09 med ändringar till och med BFS 2020:4) https://www.boverket.se/sv/lag--ratt/forfattningssamling/gallande/bbr---bfs-20116/	Boverket	2020
Folkhälsomyndighetens allmänna råd om fukt och mikroorganismer - FoHMFS 2014:14 https://www.folkhalsomyndigheten.se/publicerat-material/publikationsarkiv/f/fohmfs-201414/	Folkhälsomyndigheten	2014
Folkhälsomyndighetens allmänna råd om temperatur inomhus - FoHMFS 2014:17 https://www.folkhalsomyndigheten.se/publicerat-material/publikationsarkiv/f/fohmfs-201417/	Folkhälsomyndigheten	2014
Folkhälsomyndighetens allmänna råd om ventilation - FoHMFS 2014:18 https://www.folkhalsomyndigheten.se/publicerat-material/publikationsarkiv/f/fohmfs-201418/	Folkhälsomyndigheten	2014
Informationsblad		
INDUSTRIELL AVFUKTARSERIE Avfuktning och torkning för industriella och kommersiella installationer	Condair	
Värmeböljor i Sverige - faktablad nr 49 2011 https://www.smhi.se/polopoly_fs/1.16889!/webbFaktablad_49.pdf	SMHI	2011
Vägledning värmebölja https://www.lansstyrelsen.se/download/18.737a752716f1a7f842317bb4/1577967040109/vagledning-varmebolja.pdf	Länsstyrelse Västra Götalands län	2019
Dålig luft vanligt i skolor - Ett år med statsbidrag för renovering. Har skolornas huvudmän tagit chansen? https://www.svenskventila.cdn.triggerfish.cloud/uploads/2017/03/PM-Dalig-luft-vanligt-i-skolor-170308-1.pdf	Svensk ventilation	2017
Onlineutbildning		
Boverket - Termiskt klimat https://boverket.onlineacademy.se/external/listing/6389	Boverket - PBL Akademin	
Projekt		
Annex 80 Resilient Cooling of Buildings IEA-EBC https://venticool.dev.quovasys.net/information-on-annex-80/annex-80-home/page/8/	IEA	
Annex 86 Energy Efficient Indoor Air Quality Management in Residential Buildings IEA-EBC https://annex86.iea-ebc.org/	IEA	
Rapport		
Allmänna tips och råd om vädning i skolor – Till lärare, TABK-99/7052, Avd. för installationsteknik, Lunds tekniska högskola	Birgitta Nordquist	1999
Att hantera hälsoeffekter av värmeböljor - vägledning till handlingsplaner https://www.folkhalsomyndigheten.se/contentassets/ea328afcc93f4ad6a37693176fbb3158/hantera-halsoeffekter-varmeboljor.pdf	Folkhälsomyndigheten	
Boverkets byggregler och klimatanpassning	Boverket	2018
Bygg för morgondagens klimat Anpassning av planering och byggande	Boverket	2009
Byggnader i förändrat klimat - Bebyggelsens sårbarhet för klimatförändringars och extrema väders påverkan	Boverket	2007
Climate Resilience Buildings: Guideline for management of overheating risk in residential buildings	Laouadi A., Bartko M., Gaur A., Lacasse M.A. / NRC Canada	2022
Comfort Climate Evaluation with Thermal Manikin Methods and Computer Simulation Models	Håkan O Nilsson	2004

Titel och länk	Författare/utgivare	År
Daylight ion Non-Residential Buildings - IEA SHC Position Paper	IEA SHC	2019
Det termiska klimatet på arbetsplatsen http://nile.lub.lu.se/arbarch/arb/2006/arb2006_02.pdf	Désirée Gavhed och Ingvar Holmér - Arbetslivsinstitutet och LTH	2006
Dimensionerande vinterutetemperatur – DVUT 1981–2010, 310 orter i Sverige https://www.sveby.org/wp-content/uploads/2017/03/smhi-210976-v1-smhi_rapport_2016_69_dimensionerande_vinterutetemperatur_dvut_1981-2010_310_orter.pdf	Fredrik Karlsson och Carl Andersson	2016
Effekter av värmeböljor och behov av beredskapsåtgärder i Sverige - Redovisning av ett regeringsuppdrag https://www.socialstyrelsen.se/globalassets/sharepoint-dokument/artikelkatalog/ovrigt/2011-4-2.pdf	Socialstyrelsen	
Fakta och formler om vädring –Till projektörer TABK-99/7053, Avd. för installationsteknik, Lunds tekniska högskola	Birgitta Nordquist	1999
Fysisk planering i ett varmare klimat - En fallstudie för Stockholm	MSB	2020
God inomhusmiljö - Samhällsdebatt och kunskapsutveckling https://webbutik.skr.se/sv/artiklar/god-innemiljo-samhallsdebatt-och-kunskapsutveckling.html	SKR	2019
Guide till geoenergi	SKR	2017
Halter av VOC i nybyggda lokaler - en förstudie https://vpp.sbuf.se/Public/Documents/ProjectDocuments/4329e31b-6106-455a-96b7-30f6ea7be127/FinalReport/SBUF13607%20slutrappport%20Halter%20av%20VOC%20i%20nybyggda%20och%20nyrenoverade%20lokaler%20-%20en%20f%C3%B6rstudie%20.pdf	Angela Sasic Kalagasidis, Sarka Langer, Fredrik Domhagen	2020
Heat and health in the WHO European Region: updated evidence for effective prevention https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/Climate-change/publications/2021/heat-and-health-in-the-who-european-region-updated-evidence-for-effective-prevention-2021	WHO	2021
Heat-waves: risks and responses - Health and Global Environmental Change SERIES, No. 2 https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0008/96965/E82629.pdf	WHO	2004
HIGH PERFORMANCE DYNAMIC SHADING SOLUTIONS FOR ENERGY EFFICIENCY AND COMFORT IN BUILDINGS EXECUTIVE SUMMARY	Michael Hutchins	2015
Hälsoeffekter av höga temperaturer - en kunskapssammanställning	Folkhälsomyndigheten	2015
Hälsoeffekter av höga temperaturer - en kunskapssammanställning https://www.folkhalsomyndigheten.se/smittskydd-beredskap/krisberedskap/varmeboljor/	Folkhälsomyndigheten	2022
Händelsescenario värmebölja https://rib.msb.se/filer/pdf/29403.pdf	MSB	2020
I klassrummet står luften still https://www.svenskventila.cdn.triggerfish.cloud/uploads/2019/10/I-klassrummet-star-luften-still-oktober-2019.pdf	Svensk ventilation	2019
Innemiljökrav för lokalbyggnader version 4 http://belok.se/download/kravspecifikationer/Innemiljokrav-Belok-version-4.pdf	Belok	2015
Kalkyler för offentlig fastighetsverksamhet	SKR	2014
Kartläggning av bebyggelse med risk för höga temperaturer - Metodbeskrivning av GIS-verktyg utifrån marktäckning	Folkhälsomyndigheten	2019
Kartläggning av Norrköpings sårbarhet inför översvämning och värmebölja	Hjerpe, M. m.fl.	2017
Klimatanpassning i planering och byggande – analys, åtgärder och exempel	Boverket	2011
Klimatförändringar som påverkar byggnader	SMHI	2019
Klimatkonsekvens av olika energilösningar	SKR	2017
Kortfortkyla	Per-Erik Nilsson	2001

Titel och länk	Författare/utgivare	År
Kunskapsportaler för klimatanpassning - En internationell jämförelse med fokus på tillämplighet för byggd miljö	Boverket	2021
Ljus och hälsa - en kunskapssammanställning med fokus på dagsljusets betydelse i inomhusmiljö https://www.folkhalsomyndigheten.se/publicerat-material/publikationsarkiv/l/lyus-och-halsa/	Folkhälsomyndigheten	2017
METOD FÖR DATAMASKINBERÄKNING av värme- ljusstrålning i rum av kyl- och värmebehov	Gösta Brown	1964
Metodstöd för klimatanpassning för statlig egendom https://www.naturvardsverket.se/upload/miljoarbete-i-samhallet/miljoarbete-i-sverige/klimat/metodstod-klimatanpassning-statlig-egendom.pdf	Naturvårdsverket	2019
Overheating in homes - The big picture - full report	Zero Carbon Hub	2015
Overheating in homes Keeping a growing population cool in summer	WSP	2016
OVERHEATING IN NEW HOMES - Tool and guidance for identifying and mitigating early stage overheating risks in new homes	Good Homes Alliance	2019
Overheating in new homes: a review of the evidence (NF46)	NHBC Foundation	2012
Overheating risk in low energy buildings to combat	European solar-shading organization	2016
SOCIAL IMPACTS OF CLIMATE MITIGATION POLICIES AND OUTCOMES IN TERMS OF INEQUALITY - FINAL REPORT	Ramböll	2021
Solar shading for low energy buildings	European solar-shading organization	2012
Solar Shading for Low Energy Use and Daylight Quality in Offices Simulations, Measurements and Design Tools	Marie-Claude Dubois	2001
Solar shading is essential for low energy buildings	European solar-shading organization	2012
Solavskärmning en förutsättning för lågenergihus	Svenska solskyddsförbundet	
Solavskärmning och dagsljuslänkning - Demonstrationsprojekt för ett system med motoriserad dagsljuslänkande persienn och ljusreglerad armatur	Helena Bülow-Hübe	2007
Solenergi - Möjligheter för offentliga lokaler	SKR	2013
Solutions to overheating in homes - evidence review	Zero Carbon Hub	2016
Sommaren 2018 - en glimt av framtiden? (Klimatologi Nr 52, 2019) https://www.smhi.se/polopoly_fs/1.165089!/Klimatologi_52%20Sommaren%202018%20-%20en%20glimt%20av%20framtiden.pdf	SMHI	2019
Studie av termiskt klimat i ett kontorslandskap med stora fönster http://uu.diva-portal.org/smash/get/diva2:1111418/FULLTEXT01.pdf	Isak Ståhlman	2017
Stöd i arbetet med Klimatanpassning https://webbutik.skr.se/sv/artiklar/stod-i-arbetet-med-klimatanpassning.html	SKR Sveriges Kommuner och Regioner	2021
Sustainable cooling efforts - exploring the mitigation, adaptaton and health nexus - background report	Ramböll	2022
Systematiska kunskapsöversikter; 10. Occupational Heat Stress https://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/54371/1/gupea_2077_54371_1.pdf	Kalev Kuklane, Chuansi Gao	2017
Ta det kallt - strategier för komfortkyla https://webbutik.skr.se/sv/artiklar/ta-det-kallt-strategier-for-komfortkyla.html	U.F.O.S	2009
Temperatur inomhus https://www.folkhalsomyndigheten.se/contentassets/a22abd3cdc1042e195d50fe4484a7fb9/temperatur-inomhus.pdf	Socialstyrelsen	2005
Termisk inomhuskomfort vid värmeböljor	Peter Ylmén & Jutta Schade	2021
Utredning av krav för byggnaders egenskaper https://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/publikationer/2021/utredning-av-kompletterande-krav-for-byggnaders-energiprestanda/	Boverket	2021

Titel och länk	Författare/utgivare	År
Ventilation och inommiljö i moderna småhus – Mätningar och analys	Hans Bagge, Dennis Johansson, Dan Jönsson, Jesper Rydén, Victor Fransson	2022
Värme och människa i bebyggd miljö - Kunskapsstöd för åtgärder som minskar hälsoskadlig värme https://www.folkhalsomyndigheten.se/contentassets/da3f008f2fbc4d9f8424a3eb73f0d1a5/varme-manniska-bebyggd-miljo.pdf	Folkhälsomyndigheten	2019
Värmeavledning vid beröring - en jämförande mätstudie av golvmaterial https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:962642/FULLTEXT01.pdf	Henrik Karlsson	2011
Värmeböljan 2018. Erfarenheter från chefer inom vård och omsorg.	Hjerpe, M. m.fl.	2018
Värmeböljan 2018. Förskolechefernas erfarenheter	Hjerpe, M. m.fl.	2018
Värmestress i urbana inomhusmiljöer https://www.folkhalsomyndigheten.se/contentassets/00c0393a36f745638a58f657be7a9133/varmestress-urbana-inomhusmiljoer-18060-webb.pdf	Folkhälsomyndigheten	2018
Verktyg		
ASHRAE Global Thermal Comfort Database II http://www.comfortdatabase.com/	ASHRAE	
CBE Thermal Comfort Tool https://cbe.berkeley.edu/research/thermal-comfort-tool/	CBE - Center for the Built Environment	
SMHI - Meteorologiska observationer https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer/#param=sunshineTime,,stations=active,,stationid=52350	SMHI	
Webb		
Arbetsmiljöverket - Fördjupning om temperatur och klimat https://www.av.se/inomhusmiljo/temperatur-och-klimat/fordjupning-om-temperatur-och-klimat/	Arbetsmiljöverket	
Arbetsmiljöverket - Ljus och belysning https://www.av.se/inomhusmiljo/ljus-och-belysning/?hl=ljus	Arbetsmiljöverket	
Arbetsmiljöverket - temperatur och klimat https://www.av.se/inomhusmiljo/temperatur-och-klimat/	Arbetsmiljöverket	
Boverket - DVUT - Dimensionerande vinteruttemperaturer https://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/oppna-data/dimensionerande-vinteruttemperatur-dvut-1981-2010/	Boverket	
Boverket - Maximal lufttemperatur https://www.boverket.se/sv/byggande/regler-for-byggande/om-boverkets-konstruktionsregler-eks/sa-har-anvander-du-eks/karta-med-maximal-lufttemperaturer/	Boverket	
Boverket - värmebölja https://www.boverket.se/sv/boende/halsa--inomhusmiljo-i-ditt-boende/varmebolja/	Boverket	
CBE Thermal Comfort Tool https://comfort.cbe.berkeley.edu/	Berkeley	
Glascentrum - Bygga med glas https://www.glascentrum-mtk.se/	Glascentrum	
Grönska och vatten reglerar temperaturen vid värmeböljor https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/Allmant-om-PBL/teman/ekosystemtjanster/naturen/betydelse/reglerar-temp/	Boverket - PBL Kunskapsbanken	
Inneklima.com http://www.inneklima.com/index.asp?context=&document=504	Inneklima.com	
Inneklima er! https://www.naaf.no/subsites/mitt-inneklima/skolen-var/inneklima-er/	Norges astma- og allergiforbundet	
Inneklima https://sml.snl.no/inneklima	Store medisinske leksikon	
Inomhusmiljö 11. Termiskt klimat sommar https://hallbartbyggande.saint-gobain.se/certification/miljobyggnaad-22/glas-och-fonster/11-termiskt-klimat-sommar?language_content_entity=sv	Isover	

Titel och länk	Författare/utgivare	År
Interactive Thermal Comfort Tools add to CBE's Public Offerings https://cbe.berkeley.edu/centerline/new-interactive-thermal-comfort-tools/	CBE - Center for the Built Environment	
Klima (Behaglighet, Hitze, Wärmestrahlung, Kälte, UV) https://www.seco.admin.ch/seco/de/home/Arbeit/Arbeitsbedingungen/gesundheitschutz-am-arbeitsplatz/Arbeitsraeume-und-Umgebungsfaktoren/Klima.html	Staatssekretariat für Wirtschaft SECO	
Klimatanpassning https://www.klimatanpassning.se/	Nationellt kunskapscentrum för klimatanpassning vid SMHI	
Klima-Anlagen-Wandel : Draußen heiß, drinnen schön kühl https://www.woxx.lu/klima-anlagen-wandel-draussen-heiss-drinnen-schoen-kuehl/	woxx.lu	
Klimazonen einfach erklärt https://www.youtube.com/watch?v=KuVCd5VZKyE	explainity	2020
Komfortnivåmåling på arbetsplassen – En praktisk guide https://maxsievert.no/guide-for-komfortnivamaling-pa-arbeidsplassen/	Max Sievert	
Manualer och verktyg för Miljöbyggnad https://www.sgbc.se/certifiering/miljobyggnad/anvandarstod-for-miljobyggnad/manualer-och-verktyg-for-certifiering-i-miljobyggnad/	SGBC	2021
Miljöbyggnad iDrift https://www.sgbc.se/certifiering/miljobyggnad-idrift/vad-ar-miljobyggnad-idrift/	Miljöbyggnad	2021
QUALICheck - Overheating assessment https://www.youtube.com/watch?v=hupEyUHi7Oo	QUALICheck	2016
SMHI - Högre temperatur i staden https://www.smhi.se/forskning/forskningsenheter/luftmiljo/varme-och-luftmiljo-i-stader/hogre-temperaturer-i-staden-1.160049	SMHI	
SMHI - Klimatscenarier https://www.smhi.se/klimat/framtidens-klimat/klimatscenarier/	SMHI	
SMHI - Tropiska nätter https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/tropiska-natter-1.1085	SMHI	
Svenska Solskyddsförbundet https://www.solskyddsforbundet.se/om-oss/nedladdningar/	Flera	
Task 63 - Solar Neighborhood Planning https://task63.iea-shc.org/about	Solar heating & Cooling Programme - IEA	
Temperatur inomhus https://www.folkhalsomyndigheten.se/livsvillkor-levnadsvanor/miljohalsa-och-halsoskydd/tillsynsvagledning-halsoskydd/temperatur/	Folkhälsomyndigheten	
Termiskt klimat https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/termiskt-klimat/	Boverket - PBL kunskapsbanken	
Termisk inneklima. Betingelser, tilrettelegging og målinger https://www.byggforsk.no/dokument/193/termisk_inneklima_betingelser_tilrettelegging_og_maalinger	Byggforsk	2001
Termisk indeklima og installationer til varme- og køleanlæg (§ 385 - § 392) https://byggningsreglementet.dk/Tekniske-bestemmelser/19/Vejledninger/Termisk-indeklima/Kap-1_0	Bolig- og Planstyrelsen	
Termiskt inomhusklimat del 1 https://kunskap.ebab.se/blogg/termiskt-inomhusklimat-del-1	ebab	
Thermische Klimazonen https://diercke.westermann.de/content/thermische-klimazonen-978-3-14-100770-1-12-1-0	westermann	
Thermischer Gefahrenindex https://www.dwd.de/DE/leistungen/ Gefahrenindizes/thermisch/ Gefahrenindizes/thermisch.html	Deutscher Wetterdienst	
Thermisches Raumklima in Klassenräumen ist der Schlüssel zu einer idealen Lernumgebung https://vms.velux.at/commercialblog/thermisches-raumklima-in-klassenraeumen-ist-der-schl%C3%BCssel-zu-einer-idealen-lernumgebung-2?consent=preferences,statistics,marketing&ref-original=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F	Velux	

Titel och länk	Författare/utgivare	År
THI - temperatur- och luftfuktighetsindex https://www.vxa.se/fakta/styrning-och-rutiner/mer-om-mjolk/varmestress/?utm_campaign=unspecified&utm_content=unspecified&utm_medium=email&utm_source=apsis	Växa Sverige	
UK HSE - Thermal comfort https://www.hse.gov.uk/temperature/thermal/factors.htm	HSE	
Vad är bra inomhusklimat? https://www.nordtec.se/kunder-applikationer/termisk-komfort	Nordtec	
WHO https://www.euro.who.int/en	WHO	
Vägledning för bedömning av termiskt inomhusklimat och temperatur https://www.folkhalsomyndigheten.se/livsvillkor-levnadsvanor/miljohalsa-och-halsoskydd/tillsynsvagledning-halsoskydd/temperatur/termiskt-inomhusklimat-och-temperatur/	Folkhälsomyndigheten	
Vägledningar		
Branchevejledning for indeklimaberegninger https://build.dk/Pages/Branchevejledning-for-indeklimaberegninger.aspx	Mette Havgaard Vorre, Mads Hulmose Wagner, Steffen E. Maagaard, Peter Noyé, Nadja Lyng Lyng, Lone Mortensen	2017
Building performance modelling	COBSE	2015
Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/13/ii/13-4/?_t_q=termisk	Direktoratet for byggkvalitet	
Climate change and the indoor environment: impacts and adaptation	CIBSE	2005
Den robuste sjukhusbyggnaden	MSB	2021
Klima og luftkvalitet op arbeidsplassen https://www.arbeidstilsynet.no/contentassets/3f86f6d2038348d18540404144f76a22/luftkvalitet-pa-arbeidsplassen.pdf	Arbeidstilsynet	2016
Quality Management for Buildings	Stefan Plessler, Ole Teisen and Cormac Ryan	
Raumklima https://www.seco.admin.ch/dam/seco/de/dokumente/Arbeit/Arbeitsbedingungen/Arbeitsgesetz%20und%20Verordnungen/Wegleitungen/Wegleitungen%203/ArGV3_art16.pdf.download.pdf/ArGV3_art16_de.pdf	SECO	2020
RIF-Veileder Termisk innelima - Bransjeveileder 15.11.2021 https://rif.no/product/termisk-innelima-bransjeveileder-digitalt-produkt/	Rådgivende Ingeniørers forening	2021
Riktlinjer för bedömning av konfektionerade markisvävar	Svenska solskyddsförbundet	2021
"Understanding overheating – where to start: An introduction for house builders and designers - Guide 44"	NHBC Foundation	2012