



RIF-Veilededer

TERMISK INNEKLIMA

Bransjeveilededer

15.11.2021



Rådgivende Ingeniørers Forening (RIF) sine veiledere er utarbeidet av fagpersoner. Arbeidet med veilederen er gjennomført i perioden august 2018 til 2021. Arbeidet har mottatt økonomisk støtte fra Direktoratet for Byggkvalitet (DiBK) og Rådgivende Ingeniørers forening (RIF) i 2018 og 2019. Feil eller mangler kan likevel forekomme. Rådgivende Ingeniører Forening (RIF), forfattere, forfatternes arbeidsgivere har intet ansvar for feil eller mangler i veilederen og mulige konsekvenser av disse. Det forutsettes at veilederen blir benyttet av kompetente, fagkyndige ingeniører med forståelse for begrensningene og forutsetningene som legges til grunn.

© RIF – Rådgivende ingeniørers forening
Essendropsgate 3
Pb. 5491 Majorstuen
0305 Oslo



Forord

Det primære formålet med bygg er å bidra til økt komfort ved å skjerme mennesket fra uteklimaet. I dag stiller imidlertid brukerne av bygg vesentlig høyere krav til bygget de oppholder seg i, enn kun den primære skjermingsfunksjonen.

I den industrialiserte delen av verden tilbringer vi i snitt ca. 90 % av tiden innendørs. Et sunt og godt inneklima er derfor et viktig premiss for helse og trivsel i befolkningen.

Oppnåelse av et godt og sunt inneklima er hovedårsaken til at bygg bruker energi. De siste årene har det imidlertid vært et til tider ensidig fokus på energieffektivitet, som i flere tilfeller har gått på bekostning av inneklimaet. Ved mangel på komfort vil brukerne ofte agere og gjøre tiltak for å bedre komforten, tiltak som gjerne medfører høyere energibruk.

Formålet med denne veilederen er å sette fokus på *termisk inneklima* og gi veiledning til hvordan man bør prosjektere et bygg for å sikre et godt termisk inneklima på en energieffektiv måte. I tillegg har veilederen som formål å omforene til felles tolkning av forskriftskrav og anbefalinger, og å veilede til riktige forutsetninger og metode til vurderinger av termisk inneklima.

Arbeidet med veilederen er gjennomført i perioden august 2018 til 2021. Arbeidet har mottatt økonomisk støtte fra Direktoratet for Byggkvalitet (DiBK) og Rådgivende Ingeniørers forening (RIF) i 2018 og 2019. Vi ønsker å takke for den økonomiske støtten som har vært avgjørende for å realisere arbeidet.

Videre ønsker vi å takke for faglige innspill og bidrag fra involverte parter som har deltatt i ett eller flere referansegruppemøter og/eller særmøter:

- Entreprenørforeningen Bygg og Anlegg (EBA)
- Norske Arkitekters Landsforening (NAL)
- Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet (NMBU)
- Oslo Metropolitan University (OsloMet)
- Boligprodusentenes forening
- VKE – Foreningen for ventilasjon, kulde og energi
- DiBK
- Arbeidstilsynet
- Grønn Byggallianse
- SINTEF
- Skanska

En del av innspillene til arbeidsgruppen har imidlertid vært motstridende, og vi må derfor opplyse om at de nevnte organisasjonene ikke nødvendigvis støtter veilederens innhold i sin helhet. Arbeidsgruppen har etter beste evne forsøkt å balansere de ulike innspillene med eget faglig skjønn, og ønsker å takke for alt engasjement fra alle involverte parter.

Vi ønsker dessuten å rette en særskilt takk til Peter Schild fra OsloMet, for bistand med statistiske analyser, og til Arnkell Petersen i Erichsen & Horgen for prosjektledelse.

Arbeidsgruppens håp er at veilederen skal bidra til omforent tolkning av dagens regelverk og økt kunnskap om termisk inneklima i byggebransjen. Vi håper også at myndighetene vil se til arbeidet som er utført ved forskriftens neste korsvei, og at myndighetene ser behovet for tydeligere krav og eventuelt behov for preaksepterte ytelser for termisk inneklima.

Arbeidsgruppen har bestått av:

Line R. Karlsen
Kristian F. Nikolaisen
Espen Hansen
Ivar R. Ørnes
Alexander Marini

Erichsen & Horgen
Erichsen & Horgen
Norconsult
Skanska
WSP / Marini Consulting



Innholdsfortegnelse

1	Termisk inneklima	1
1.1	Termisk komfort	1
1.2	Operativ temperatur	2
1.3	Lokal termisk diskomfort	3
1.4	Termisk inneklima og produktivitet	4
2	Prosjektering	5
2.1	Ansvarsfordeling	6
2.2	Hvilke leveranser bør fremskaffes når?	8
3	Forskriftskrav, anbefalinger og sertifiseringer	9
3.1	TEK17	9
3.2	Arbeidstilsynet, arbeidsmiljøloven og arbeidsplassforskriften	10
3.3	Oppsummering av forskriftskrav m/veiledning	11
3.4	Skjerpede krav og sertifiseringsordninger	11
4	Vurdering og tolkning av anbefalte ytelsesnivåer	12
4.1	Bolig – Utfordringer i dagens boligdesign, uklarheter i vTEK og forslag til konkrete ytelsesnivåer	12
4.2	Yrkesbygg	18
5	Forutsetninger og inndata	20
5.1	Konstruksjoner og varmekapasitet	21
5.2	Glassparametere	22
5.3	Solskjerming	23
5.4	Internlaster og brukstider	26
5.5	Klimadata	30
6	Metode	31
6.1	Bruk av dynamiske simuleringsverktøy	32
6.2	Simuleringsperiode	35
6.3	Utvalgelse av rom	37
6.4	Modelleringsteknikk	38
6.5	Måling av termisk inneklima	55
7	Anbefalinger til nye forskrifter/veiledninger	57
7.1	Forenklet metode boliger	57
7.2	Samkjøring vTEK og arbeidstilsynets veiledning	58
7.3	Klimadata	58
8	Referanser	59
	Vedlegg 1 – Kaldras	60
	Vedlegg 2 – Internlaster	61
	Vedlegg 3 – Personlast /personvarme	63
	Vedlegg 4 – Brukstider	64



Sentrale standarder og grunnlagsdokumenter for termisk inneklima

Sentrale standarder og dokumenter som omfatter termisk inneklima er:

- NS-EN-ISO 7730:2005 Ergonomi i termisk miljø - Analytisk bestemmelse og tolkning av termisk velbefinnende ved kalkulering av PMV- og PPD-indeks og lokal termisk komfort
- NS-EN ISO 7726:2001 Ergonomi for termisk miljø - Instrumenter for måling av fysiske størrelser
- NS-EN 16798-1:2019 Bygningers energiytelse - Ventilasjon i bygninger - Del 1: Inneklimaparametere for dimensjonering og vurdering av bygningers energiytelse inkludert inneluftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustikk (Modul M1-6) + SN-CEN/TR 16798-2:2019 Bygningers energiytelse - Ventilasjon i bygninger - Del 2: Veiledning til krav i EN 16798-1.
- Byggdetaljblad 421.505 – Godt inneklima i yrkesbygninger. SINTEF Byggforsk.



1 Termisk inneklima

Termisk inneklima påvirkes av en rekke faktorer; lufttemperatur, strålingstemperatur, lufthastigheter og luftfuktighet. Det er kombinasjonen av disse faktorene som kan føre til opplevelsen av termisk komfort eller diskomfort.

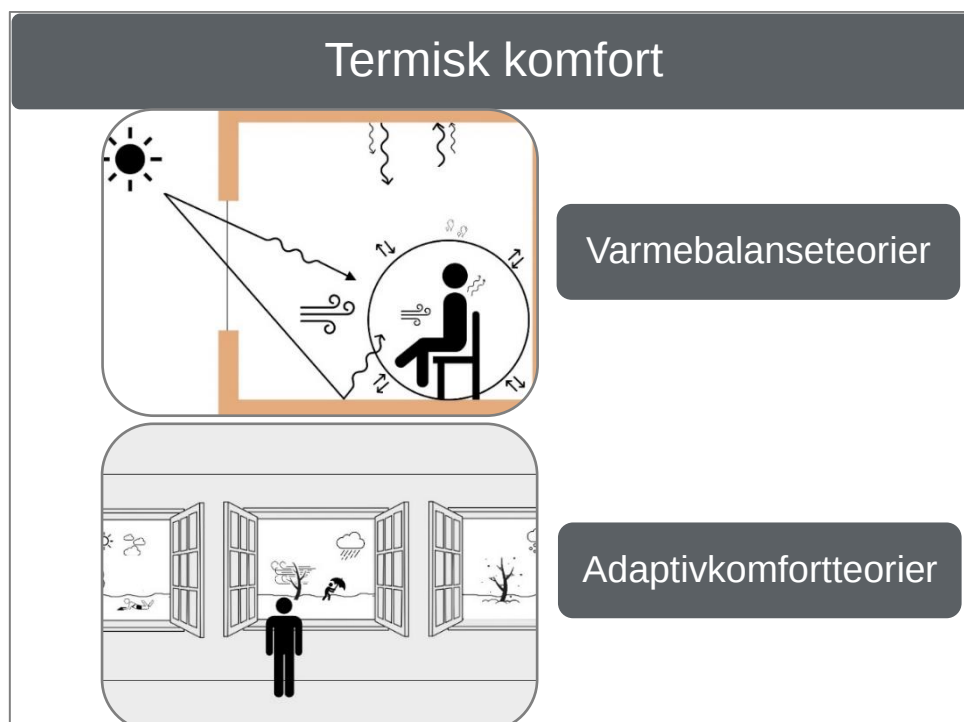
I tillegg til den opplevde termiske komforten eller diskomforten, har studier indikert at det termiske inneklimate kan ha en betydelig påvirkning på menneskers produktivitet.

I det følgende kapittelet gis en kortfattet beskrivelse av teorier relatert til termisk komfort, operativ temperatur, lokal termisk diskomfort, og hvilken påvirkning termisk inneklimate har på produktivitet.

1.1 Termisk komfort

Termisk komfort er definert som en sinnstilstand hvor mennesket er tilfreds med det termiske miljøet og verken ønsker omgivelsene varmere eller kaldere. Disse komfortforholdene er imidlertid svært individuelle og for situasjoner hvor flere mennesker er samlet, vil det være umulig å tilfredsstille alles komfortnivåer på samme tid. Målet i dagens bygningsdesign og bygningsdrift er derfor å tilfredsstille så mange som mulig og/eller akseptere en maksimal andel misfornøyde.

Det er tre mekanismer som påvirker hvordan personer oppfatter sin egen termiske komfort; fysiske-, fysiologiske- og psykologiske mekanismer. På nåværende tidspunkt er det to hovedretninger innen vitenskapen om termisk komfort, se Figur 1-1. En av retningene er basert på fysiske og fysiologiske teorier om varmembalansen mellom menneskekroppen og dets omgivelser. Den andre retningen er basert på psykologiske teorier og antakelsen om at mennesket er tilpasningsdyktig til de termiske omgivelsene samt at forventningene til det termiske miljøet kan påvirke den termiske oppfatningen.



Figur 1-1: Oversikt over de to sentrale retningene innenfor termisk komfortteorier.



Sofistikerte analytiske, empiriske og/eller statistiske avledede modeller eksisterer både innenfor varmebalanseretningen og den adaptive retningen av termisk komfort, for eksempel PMV/PPD modellen av Fanger som baserer seg på varmebalansemetoden (implementert i NS EN ISO 7730 og NS-EN 16798-1:2019) og den adaptive modellen i NS-EN 16798-1:2019. Likevel er det i praksis hovedsakelig vanlig å vurdere termisk komfort i bygningsdesign ved hjelp av kun operativ temperatur som indikator. Krav og anbefalinger til nivåer for operativ temperatur i nasjonale veiledere er nok årsaken til denne praksisen.

1.1.1 Varmebalanseteorier

De anbefalte verdiene for operativ temperatur i vTEK og Arbeidstilsynets best. nr. 444, er basert på varmebalanseteorien til P.O. Fanger. Fanger utviklet en ligning for menneskers varmebalanse med omgivelsene som en funksjon av luft- og strålingstemperatur, relativ fuktighet, lufthastighet, bekledding og aktivitetsnivå, og en 7 punkts komfortskala for termisk fornemmelse (-3=Cold til 3=Hot)

Varmebalanseligningen vurderer mennesket i sin helhet. I tillegg til denne helhetsvurderingen, har Fanger supplert med teorier for lokal termisk diskomfort f.eks. fra trekk, vertikal temperaturforskjell og strålingsasymmetri. Enkelte av disse teoriene er implementert i vTEK og best. nr. 444, og beskrives i avsnitt 1.3.

Siden disse teoriene ble publisert i 1972 har de blitt testet og etterprøvd i en rekke studier. Flere studier viser god overensstemmelse med Fangers teori, men det er også en del studier som viser store avvik fra Fangers forutsatte fornemmelse av termisk komfort. Spesielt gjelder dette for naturlig ventilerte bygg og bygg uten kjøling. Varmebalanseteorien er derfor blitt kritisert for å være for statisk, ikke ta hensyn til menneskers tilpasningsdyktighet samt at den neglisjerer det psykologiske elementet med hensyn til forventninger til termisk inneklima.

1.1.2 Adaptiv komfortteorier

Arbeidet med adaptiv termisk komfort har pågått parallelt med varmebalanseutviklingen siden 1960-tallet, men ble for første gang brukt i en europeisk standard i 2007 med utgivelsen av EN 15251 som seinere er erstattet med NS-EN 16798-1:2019. Denne modellen er utviklet basert på målinger og bruker-undersøkelser i 26 kontorbygg i Europa uten kjøling. Det er antatt at modellen kan benyttes for andre bygningskategorier uten kjøling forutsatt at brukerne har adaptive muligheter.

Adaptiv termisk komfortmodeller benytter kun operativ temperatur som ytelsesparameter, som en funksjon av utetemperatur.

1.2 Operativ temperatur

Operativ temperatur gir et estimat på hvordan mennesker opplever temperaturforholdene. Formel 1 kan brukes til beregning av operativ temperatur, gitt at lufthastigheten er mindre enn 0,2 m/s, eller at forskjellen mellom midlere strålingstemperatur og lufttemperatur er mindre enn 4°C.

$$t_o = \frac{t_a + t_{mrt}}{2}$$

Formel 1



Strålingsutveksling mellom kalde eller varme flater i rommet kan ha stor innflytelse på en persons opplevelse av temperaturforholdene, spesielt dersom flaten utgjør en stor andel av personens nærområde. MRT for en person kan imidlertid være vanskelig å bestemme, noe som er årsaken til at simuleringsprogram ofte benytter ulike forenklinger:

- Formen til menneskekroppen forenkles til en kule, sylinder eller ellipse
- MRT beregnes som arealvektet gjennomsnittstemperatur av omliggende flater
- Bidraget fra kortbølget stråling, inkludert direkte solstråling, neglisjeres

Å forenkle formen av menneskekroppen kan rettferdiggjøres i mange situasjoner i bygningsdesign. Det å beregne MRT som arealvektet gjennomsnittstemperatur av alle omliggende flater og/eller neglisjere bidraget fra kortbølget stråling, er imidlertid grovere forenklinger som kan lede til stor feil i estimeringen av MRT. Dersom det er store feil i estimeringen av MRT, vil dette medføre feil estimering av operativ temperatur, noe som kan bidra til direkte villedende resultater av termisk komfortanalysene. Se nærmere beskrivelse av denne problematikken, samt andre utfordringer med modellering av termisk inneklima i avsnitt 6.4.

1.3 Lokal termisk diskomfort

Selv om operativ temperatur er innenfor det som regnes som akseptabelt, kan det oppstå lokalt ubehag som følge av uønsket oppvarming eller nedkjøling av en bestemt del av kroppen. Dette omtales som lokal termisk diskomfort.

Den vanligste årsaken er trekk, men ubehag kan også forårsakes av:

- Høye vertikale temperaturforskjeller mellom ankler og hode
- For varme eller kalde gulv
- For høy strålingsasymmetri

Tabell 1-1 oppsummerer trekkrate (DR) og prosentandel misfornøyde (PD) som aksepteres for ved normalt forventningsnivå (kategori B) i NS-EN ISO 7730. Standarden angir også høyere og lavere forventningsnivå (hhv. kategori A og C). Høyere forventningsnivå er aktuelt i bygg for utsatte grupper, for eksempel barn, eldre og personer med nedsatt funksjonsevne. Lavere forventningsnivå kan være aktuelt i rehabiliteringsprosjekt. Det vil ikke utgjøre en helserisiko for personer med normal helse, men kan føre til redusert komfort.

Personer med lavt aktivitetsnivå og stillesittende arbeid har størst risiko for lokalt termisk ubehag. Ved høyere aktivitetsnivå er man mindre følsomme for lokale påvirkninger, og risikoen for ubehag er derfor mindre. Se også vedlegg 1 om kaldras.

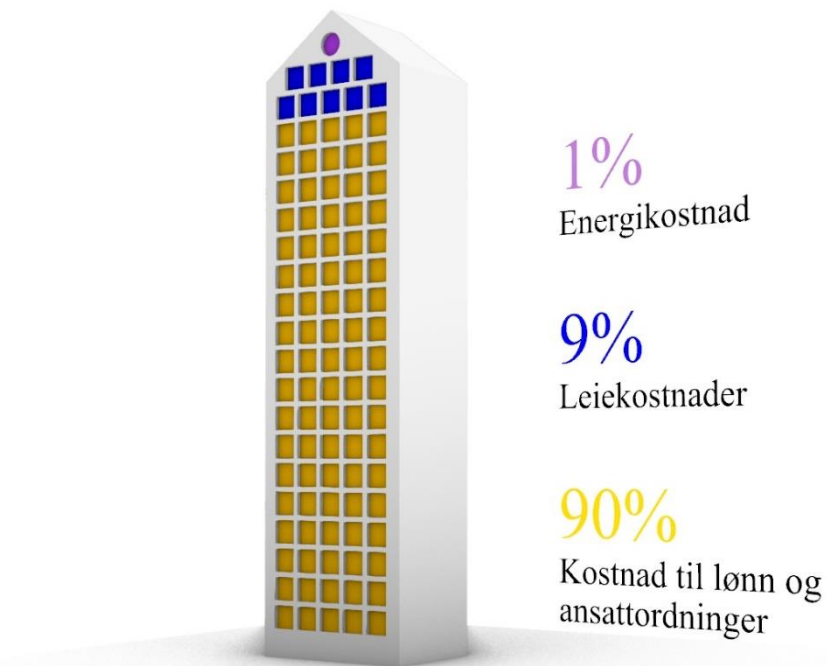
Tabell 1-1: Årsaker til lokalt termisk ubehag og krav iht. kategori B i NS EN ISO 7730.

Lokal termisk diskomfort		Krav ved normalt forventningsnivå (kategori B) i NS-EN ISO 7730	
Trekk		DR < 20 %	20 °C: < 0,16 m/s* 24 °C: < 0,21 m/s*
Vertikal temperaturforskjell		PD < 5 %	< 3 °C
Gulvtemperatur		PD < 10 %	19 til 29 °C
Strålingsasymmetri	Varm himling	PD < 5 %	< 5 °C
	Kald vegg		< 10 °C
	Kald himling		< 14 °C
	Varm vegg		< 23 °C
* Forutsetter at turbulensintensitet er 40 %			



1.4 Termisk inneklima og produktivitet

Produktivitet er en av de viktigste faktorene for det totale økonomiske resultatet til enhver organisasjon (1; 2). Lønnsutgifter for medarbeidere er vesentlig høyere enn kostnadene for å drifte en bygning i vestlige land (3). Selv små forbedringer i de ansattes produktivitet kan derfor gi store økonomiske gevinster. Flere studier om termisk komfort og produktivitet har av den grunn blitt gjennomført de siste tiårene. Studiene har indikert at produktivitet er direkte påvirket av inneklimaet, og at både høye og lave temperaturer kan redusere produktiviteten (4; 5; 6; 7).



Figur 1-2: Typisk fordeling av kostnader for en kontorbedrift, gjengitt iht. Ref. (8).

Generelt indikerer studiene at optimal temperatur mht. produktivitet gjerne ligger i den lave enden av komfortskalaen, rundt ca. 21-22°C, men at andre temperaturgrenser kan gjelde for bygninger uten kjøling eller mekanisk ventilasjon:

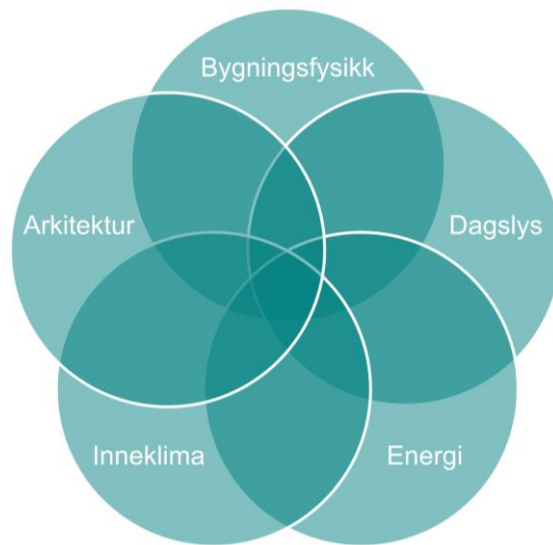
- Optimal lufttemperatur mht. produktivitet er funnet å ligge mellom 22-26°C, Cui et al. (7) og Pilcher et al. (6).
- Produktiviteten i et telefonsenter ble redusert med 5-7% når lufttemperaturen oversteg 25°C, Niemelä et al. (1).
- Seppänen et al. (9) har basert på analysert litteratur foreslått en modell med gjennomsnittlig 2 % reduksjon i produktivitet per °C temperaturøkning, ved temperatur over 25°C. Høyest produktivitet ved 21,75°C.
- Jensen et al. (10) etablerte en relasjon mellom termisk fornemmelse iht. Fangers komfortskala og mental ytelse, og fant høyest produktivitet ved termisk fornemmelse -1 (litt kald) (antall testobjekter (n) =339)
- Lan et al. (11) indikerer at optimal produktivitet kan oppnås ved termisk fornemmelse litt under nøytral (~-0,5, litt kald) (n=2692)
- Leyten et al. (12) bemerker at produktivitetstestene er gjennomført i kontrollerte miljø, og at resultatene ikke er overførbare til f.eks. naturlig ventilerte bygninger, noe som støttes av andre studier (13; 14)



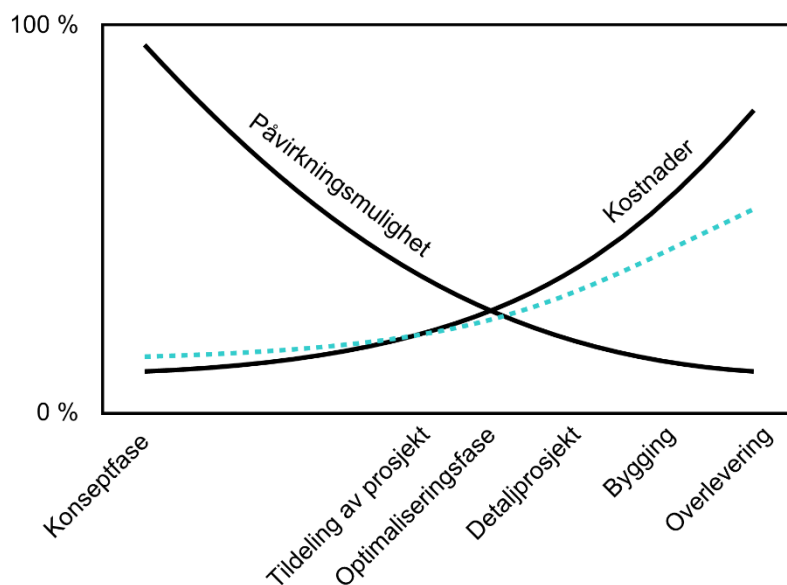
2 Prosjektering

For å få til en vellykket bygningsdesign, kreves det tverrfaglig samarbeid. Termisk inneklime har direkte grensesnitt mot arkitektur, bygningsfysikk, dagslys og energi, se Figur 2-1. Det er viktig å oppnå en helhetlig og balansert tilnærming til disse aspektene allerede fra tidligfase i et prosjekt. For i likhet med mye annet, vil påvirkningsmulighetene for å sikre godt termisk inneklime gradvis avta med prosjektfremdrift samtidig som endringskostnadene øker, se Figur 2-2.

Dette kapitlet beskriver ansvarsfordeling for termisk inneklime i et prosjekt, og kommer med forslag til sentrale beslutningspunkter relatert til termisk inneklime og når disse bør inntreffe i et prosjektførlop.



Figur 2-1 Termisk inneklime har et direkte grensesnitt mot flere fagfelt som påvirkes av hverandre.



Figur 2-2 Påvirkningsmulighetene og endringskostnadene som funksjon av fremdrift.



2.1 Ansvarsfordeling

Hovedansvaret for termisk inneklima i et prosjekt kan variere basert på prosjektets kompleksitet. Ansvar for termisk inneklima vil alltid være fordelt på flere fag, så hvis ett fag har hovedansvar innebærer det at man også har et koordineringsansvar som omfatter å informere øvrige fag om vesentlige premisser for utforming av bygget og verifisere at de premissene følges opp.

Viktige avklaringer for de ulike fagene, som vil kunne påvirke hvem som har ansvar for inneklima er bl.a.:

- **ARK**
 - Fasadens kompleksitet, f.eks. andel glass som kan medføre stort varmetilskudd/-tap, strålingsasymmetri, kaldras, skjermende elementer osv.
- **RIByfy**
 - Hygrotermisk inneklima, som medfører økt belastning på materialer og konstruksjoner. Dette er særlig viktig i fuktige miljøer som svømmehaller, kjølerom m.m.
- **RIV, varme-/kuldeinstallasjoner**
 - Automatisk regulering av varme og kjøling.
 - Energiforsyning med stor kompleksitet, avhengig av samtidighet e.l.
- **RIV, ventilasjon- og klimainstallasjoner**
 - Variabel luftmengde som brukes aktivt til å regulere innetemperatur.
 - Komplekse ventilasjonssystemer, luftmengder er avhengig av samtidighet osv.

Basert på de overstående vurderingene, presenterer Tabell 2-1 et forslag til tiltaksklasseplassering for prosjektering av termisk inneklima og ansvarlig fagområde.

Tabell 2-1: Forslag til tiltaksklasseplassering for prosjektering av termisk inneklima og ansvarlig fagområde.

Tiltaksklasser	TKL 1	TKL 2	TKL 3
Forslag til tiltaksklasseplassering for prosjektering av termisk inneklima	<i>Småhus eller boliger med opptil 6 boenheter</i>	<i>Boligprosjekter med over 6 boenheter.</i> <i>Byggverk med klimatiseringsløsninger med enkel styring.</i>	<i>Byggverk med klimatiseringsløsninger med behovsstyring og/eller spesielt strenge klimakrav.</i> <i>Kjøling</i>
Forslag til fagområde som er ansvarlig for inneklima	ARK	<i>Boligprosjekter med over 6 boenheter: RIV</i> <i>Øvrige bygningskategorier: RIV</i>	RIV

Som beskrevet i vSAK10 §1-2(d) skal de oppgaver et foretak påtar seg ansvarsrett for, beskrives og avgrenses så presist som mulig med forslag til tiltaksklasse for oppgaven i det aktuelle tiltaket. Dette er blant annet viktig for å sikre nødvendige grensesnitt mot oppgaver som utføres av andre foretak. Det er viktig å påpeke at selv om vi foreslår at RIV bør ha et hovedansvar for termisk inneklima i næringsbygg, så vil f.eks. ARK og RIByfy ha et medansvar med hensyn til utforming av fasaden.

Det er viktig å opprette en grensesnittmatrise i alle byggeprosjekt i TKL 2 og 3. De ulike fagene kan ha ulike TKL i et prosjekt, så ansvarlig SØK må også involveres i en slik



avklaring. Denne grensesnittmatrisen bør kobles direkte mot paragrafene i gjeldende byggteknisk forskrift (TEK), men også avklare deloppgaver som ikke er nevnt direkte i TEK med veiledning.

Tabell 2-2 gir et eksempel på utforming av en slik matrise for å dekke § 13-4 (1) i TEK17 (termisk inneklimateknikk) for et typisk næringsbygg i TKL3 iht. Tabell 2.

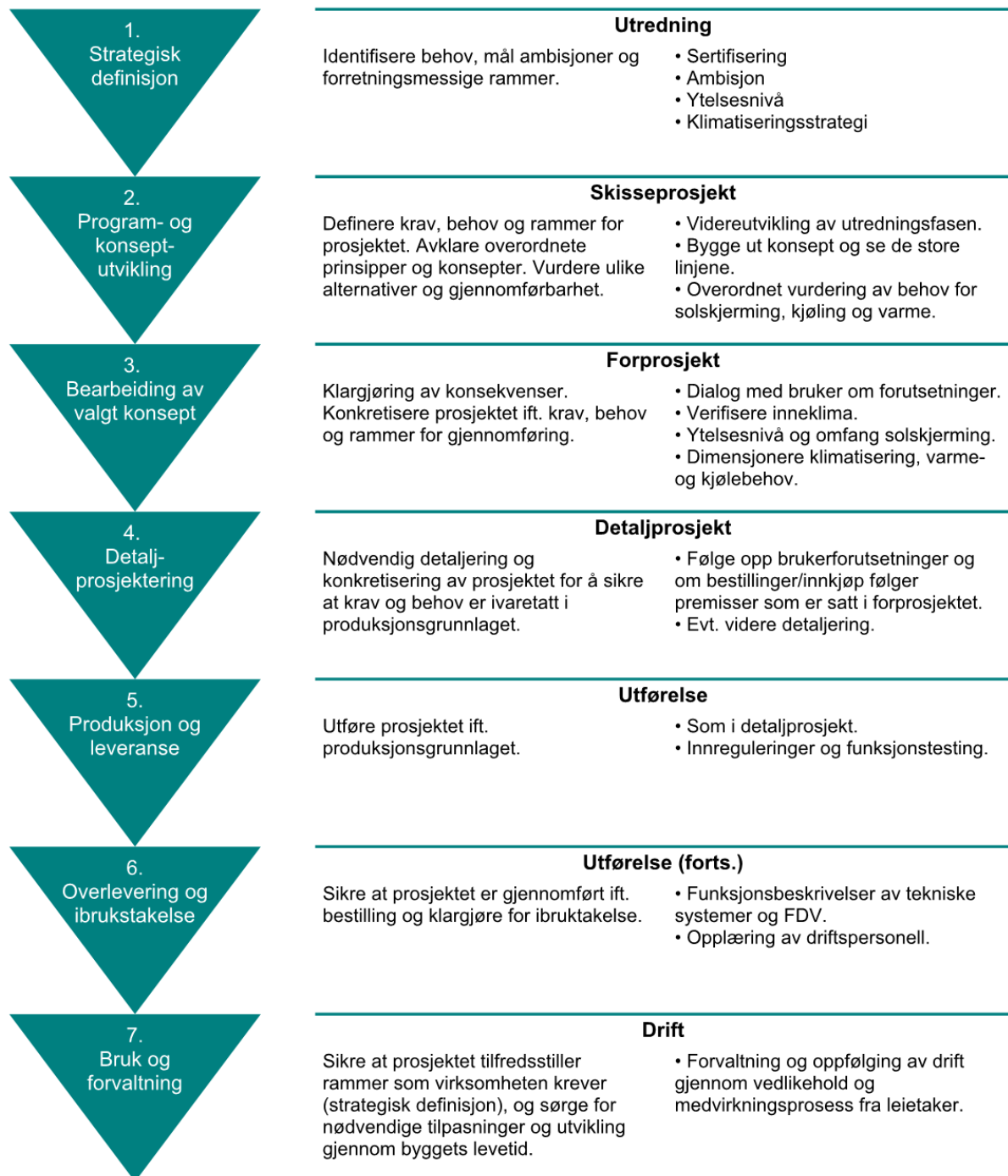
Tabell 2-2: Eksempel på grensesnittmatrise for å beskrive ansvar og ansvarsroller for § 13-4 (1) i TEK17 for et typisk næringsbygg.

	ARK	RIV	RIByfy (RIEn)	Kommentar
§ 13-4. Termisk inneklimateknikk (1) Termisk inneklimateknikk i rom for varig opphold skal tilrettelegges ut fra hensynet til helse og tilfredsstillende komfort ved forutsatt bruk.	D	H	P	RIV har hovedansvar for å oppnå tilfredsstillende termisk inneklimateknikk og dimensjonere luftmengder og kjøleeffekter til romnivå basert på rommets tilførte varmelaster og varmetap. RIV setter premissene til totalt soltilskudd som kan håndteres av klimatiseringsanlegget og dermed også fasadekvaliteter. Krav til maks soltilskudd må koordineres med RIByfy (ev. RIEn og RIDagslys hvis det er skilt ut som eget fag) mht. energieffektivitet og dagslystilgang. ARK velger løsninger og produserer arbeidsunderlag, og må sikre at premissene mht. soltilskudd fra RIV og utforming av konstruksjoner fra RIByfy overholdes. RIByfy har en verifiserende rolle som sikrer at løsninger implementert av ARK har tilfredsstillende kvalitet iht. premisser.
H = Hovedansvar, P = Premissgiver/Verifiserer løsninger, D =Delansvar				



2.2 Hvilke leveranser bør fremskaffes når?

Fasenormen er utarbeidet på oppdrag fra Bygg21 og Norsk Eiendom, som forslag til et felles rammeverk for byggeprosesser i Norge. Figur 2-3 viser forslag til beslutningspunkter knyttet til termisk inneklima i de ulike fasene. Behovet vil variere mellom prosjekt, avhengig av størrelse, kompleksitet og ambisjonsnivå. Beslutningspunktene er ikke uttømmende, men har som hensikt å få belyst viktigheten av å få tatt beslutninger med riktig detaljeringsnivå i de ulike fasene.



Figur 2-3: Beslutningspunkter for termisk inneklima sammenstilt med Bygg21 og Norsk Eiendom sin Fasenorm og faser beskrevet i Arkitektfaglig ytelsesbeskrivelse.



3 Forskriftskrav, anbefalinger og sertifiseringer

Dette kapittelet oppsummerer sentrale lover og forskrifter som setter krav til termisk inneklima i bygninger i dag, og hvilke ytelser som anses som tilfredsstillende. Det gis i tillegg en introduksjon til skjerpede krav som kan settes gjennom sertifiseringsordninger og prosjektspesifikke krav.

3.1 TEK17

I TEK17 § 13-4 står følgende om termisk inneklima:

1. Termisk inneklima i rom for varig opphold skal tilrettelegges ut fra hensynet til helse og tilfredsstillende komfort ved forutsatt bruk.
2. I rom for varig opphold skal minst ett vindu eller én dør kunne åpnes mot det fri og til uteluft.
3. Annet ledd gjelder ikke for rom i arbeids- og publikumsbygg der åpningsbare vinduer er uønsket ut fra bruken.

Definisjonen av rom for varig opphold er beskrevet i TEK17 § 1-3 bokstav l.

3.1.1 Veiledningen til TEK17 (vTEK17)

I vTEK17 angis anbefalinger til grenser for operativ temperatur, se Tabell 3-1.

Tabell 3-1: Anbefalte grenseverdier for operativ temperatur ved ulikt aktivitetsnivå i vTEK17.

Aktivitetsgruppe	Lett arbeid	Middels arbeid	Tungt arbeid
Temperatur °C	19-26	16-26	10-26

Nedre grense bør alltid kunne overholdes, så lenge det ikke er feil på anlegget. VTEK17 åpner imidlertid for en viss overskridelse av øvre grense ved høy utetemperatur, dvs. når utelufttemperaturen er høyere enn den grenseverdien som i et normalår overskrides med 50 timer, jf. meteorologisk data.

For boligbygning uten installert kjøling, angir vTEK17 at noe høyere innetemperatur bør kunne aksepteres i korte perioder, begrunnet med brukernes adaptive muligheter. Det henvises til at kravet til termisk inneklima vanligvis være oppfylt dersom minst to av følgende passive tiltak er gjennomført:

- redusert vindusareal i solbelastede fasader
- eksponert termisk masse
- utvendig solskjerming
- åpningsbare vinduer som gir mulighet for gjennomlufting
- plassering av luftinntak/utforming av ventilasjonsanlegg slik at temperaturstigning i anlegget på grunn av høy utetemperatur blir minimal ($< 2^{\circ}\text{C}$)

Med hensyn til lokal termisk komfort bemerker vTEK17 at lufttemperaturforskjell over $3\text{--}4^{\circ}\text{C}$ mellom føtter og hode gir uakseptabelt ubehag. Det samme gjelder daglig eller periodisk temperaturvariasjon utover ca. 4°C .

Paragrafens annet ledd (§ 13-4 (2)) skal sikre mulighet for å ventilere rom dersom ventilasjon- og/eller temperaturregulering skulle svikte, eller ved behov for rask utlufting. Ved konflikt med brannkrav er det angitt preakseptert løsning med brannklassifisert vindu i kombinasjon med brannklassifisert ventil eller lufteluke. Skriftlig vurdering må foreligge dersom §13-4 (3) benyttes.



3.2 Arbeidstilsynet, arbeidsmiljøloven og arbeidsplassforskriften

Arbeidstilsynet er gitt et samfunnsoppdrag av Stortinget og skal legge premisser for at virksomheter holder et høyt nivå med hensyn til helse, arbeidsmiljø og sikkerhet.

Arbeidstilsynet har dessuten en kontrollerende funksjon i form av å følge opp og føre tilsyn med at virksomheter ivaretar sitt ansvar iht. lovgivning og regelverk tillagt Arbeidstilsynets myndighet, bl.a. arbeidsmiljøloven (AML) og arbeidsplassforskriften.

3.2.1 Arbeidstilsynets byggesaksbehandling

Alle tiltak som er søknadspliktige etter plan- og bygningsloven (PBL) i forbindelse med et bygg som skal eller vil brukes av virksomhet som omfattes av arbeidsmiljøloven, må innhente samtykke fra Arbeidstilsynet, jf. AML §18-9. Kravet om samtykke gjelder uavhengig av tiltakets art og omfang. Spørsmål knyttet til søknadsplikt avklares via Arbeidstilsynet. Igangsettelsestillatelse (IG) fra kommunale myndigheter ikke kan gis før bl.a. tillatelse fra Arbeidstilsynet er gitt, jf. PBL. §21-4(3).

3.2.2 Arbeidsmiljøloven

Arbeidsmiljøloven §4-4(1) nevner at "Fysiske arbeidsmiljøfaktorer som bygnings- og utstyrsmessige forhold, inneklima, lysforhold, støy, stråling o.l. skal være fullt forsvarlig ut fra hensynet til arbeidstakernes helse, miljø, sikkerhet og velferd." For mer konkrete krav til inneklima, må man henvende seg til arbeidsplassforskriften.

3.2.3 Arbeidsplassforskriften

I Arbeidsplassforskriften §2-14. Klima, ventilasjon, luftkvalitet mv. står følgende som omhandler termisk inneklima:

Arbeidslokaler skal være utformet og innredet slik at de enkelte arbeidsplasser, personalrom mv. får tilfredsstillende klima med hensyn til temperatur, fuktighet, trekk, luftkvalitet og sjenerende lukt, og beskyttelse mot giftige eller helsefarlige stoffer mv. Ved vurderingen av klima og luftkvalitet skal det om nødvendig tas hensyn til den fysiske belastningen som arbeidstakeren utsettes for.

...Det skal tas hensyn til solinnstråling slik at arbeidstakerne ikke utsettes for unødig belastning på grunn av varme...

Arbeidstilsynet henviser til TEK17 med veiledning og Arbeidstilsynets veiledning «Klima og luftkvalitet på arbeidsplassen» (Arbeidstilsynets, best. nr. 444) som gir anbefalinger og normer for enkelte faktorer.

3.2.4 Arbeidstilsynets best. nr. 444 juni 2016

Arbeidstilsynets best.nr. 444 anbefaler at lufttemperaturen holdes under 22 °C i perioder med oppvarmingsbehov og at individuell reguleringsmulighet tilstrebes.

Tabell 3-2 presenterer verdier for operativ temperatur som benyttes av Arbeidstilsynet ved vurderinger av temperaturforhold.

Tabell 3-2: Verdier for operativ temperatur brukt av Arbeidstilsynet i vurderinger.

Aktivitetsgruppe	Lett arbeid	Middels tungt arbeid	Tungt arbeid
Temperatur °C	19-26	16-26	10-26



Med unntak av feil på tekniske anlegg eller andre driftsforstyrrelser, skal de laveste grensene alltid kunne overholdes. Overskridelser kan aksepteres i varme sommerperioder ved utelufttemperatur over 22 °C. Det settes imidlertid en begrensning om at overskridelsen ikke bør utgjøre mer enn høyst 50 timer i året i lokalenes brukstid.

Videre angir veiledningen lufttemperaturforskjeller over 3-4 °C mellom føtter og hode som uakseptabelt, likeså daglig eller periodisk temperaturvariasjon utover ca. 4 °C. Veilederen bemerker at rom bør planlegges slik at lufthastigheten i oppholdssonen ikke overstiger 0,15 m/s ved fysisk lett arbeid i oppvarmings sesongen.

Arbeidstilsynets best.nr. 444 nevner dessuten at solavskjerming er en nødvendighet dersom arbeidsplassen utsettes for direkte sol.

3.3 Oppsummering av forskriftskrav m/veiledning

Tabell 3-3 oppsummerer anbefalinger fra vTEK17 og Arbeidstilsynets best. nr. 444 beskrevet i avsnitt 3.1 og 3.2. Anbefalte grenseverdier for operativ temperatur er like i de to veiledningene. Utetemperaturgrensen for når det aksepteres å overskride den høyeste grensen er imidlertid forskjellig, noe som er svært uheldig. Generelt anses anbefalingen i vTEK17 å være strengere enn best. nr. 444, idet utetemperaturen som overskrides med 50 timer i et normalår (n50) for Oslo f.eks. er 26,7 °C, som er vesentlig høyere enn 22 °C som det refereres til i best. nr. 444. For byer og tettsteder lokalisert lengre nord i landet er ekvivalensen mellom de to veilederne større, f.eks. er n50 for Bodø 22,1 °C.

Tabell 3-3: Oppsummering av anbefalte termisk inneklimateparametere i vTEK17 og best. nr. 444.

	vTEK17	Arbeidstilsynets best. nr. 444
Anbefalt nedre operativ temperatur vinter	≥19 °C, med unntak ved feil på tekniske anlegg eller andre driftsforstyrrelser	
Anbefaling lufttemperatur vinter	Lufttemperatur holdes under 22 °C	
Anbefalt øvre operativ temperatur sommer	≤ 26 °C – bør aksepteres overskredet når utetemperaturen er høyere enn den utetemperaturen som overskrides med 50 timer i et normalår	≤ 26 °C – bør aksepteres overskredet når utetemperatur >22 °C, men kun ≤50 timer i lokalenes brukstid
Lufttemperaturforskjell mellom føtter og hode	Maksimalt 3-4 °C	
Daglig- / periodisk temperaturvariasjon	≤4 °C	
Lufthast. i oppholdssone ved lett arbeid i oppvarmings-sesong	-	0,15 m/s
Behov for solskjerming	-	Nødvendighet dersom arbeidsplassen utsettes for direkte sol
Energi	Forutsetter at det utføres tiltak som sikrer forsvarlig energibruk	-

3.4 Skjerpede krav og sertifiseringsordninger

I tillegg til krav og anbefalinger fra myndighetene, kan det settes skjerpede krav til termisk inn klima gjennom byggherre- og leiertakerkrav, eller gjennom sertifiseringsordninger som f.eks. BREEAM og/eller WELL. Avhengig av ambisjonsnivå i sertifiseringsordningene settes det krav om prosentandel misfornøyde, lokal termisk diskomfort, soneinndeling og grad av individuell styring. Sertifiseringene har generelt et mer helhetlig fokus på termisk komfort, som strekker seg fra prosjektering til den faktiske bruken av byggene.



4 Vurdering og tolkning av anbefalte ytelsesnivåer

Dette kapittelet gir en drøfting av hvordan bransjen forholder seg til forskriftskravene og anbefalingene til termisk inneklima, presentert i kapittel 3. Kapittelet adresserer noen uklarheter i regelverket, kommer med anbefalinger til tolkning, og anbefalinger til hvilke aspekter som er særlig viktig å vurdere.

4.1 Bolig – utfordringer i dagens boligdesign, uklarheter i vTEK og forslag til konkrete ytelsesnivåer

For boliger er det hovedsakelig TEK og vTEK som angir krav og anbefalinger til hvilke ytelsesnivåer som skal tilfredsstilles med hensyn til termisk inneklima, med mindre boligen skal sertifiseres iht. en frivillig sertifiseringsordning hvor skjerpende krav kan være gjeldende.

Det har vært rapportert flere saker i medier og fagskrifter det siste tiåret om overtemperaturer i boliger og om problemer med temperaturregulering, blant annet relatert til utilsiktet varmeavgivelse. Det anses at en del av disse utfordringene bunner i uklarheter rundt krav og anbefalinger til termisk inneklima. Dette delkapittelet adresserer disse utfordringene og uklarhetene.

4.1.1 Manglende temperaturregulering i oppvarmingssesongen

Flere studier indikerer at beboere i boliger ønsker å ha ulik temperatur i ulike rom (ref (15) (16)). Mye tyder dessuten på at beboere gjerne ønsker vesentlig lavere temperaturer på soverom enn i oppholdsrom. I nye godt isolerte og tette boliger er det imidlertid observert at det kan være utfordringer med høye temperaturer og manglende temperaturregulering i enkelte rom, selv på vinteren, pga. utilsiktet varmeavgivelse fra oppvarmingsanlegg, varmtvannstanker og/eller ventilasjon. Det kan da være særlig utfordrende å oppnå så lave temperaturer som beboerne ønsker i soverom (< 20°C).

TEK17 §13-4 første ledd sier at termisk inneklima skal tilrettelegges ut fra hensynet til helse og tilfredsstillende komfort, og vTEK17 anbefaler at lufttemperaturen så langt mulig holdes under 22 °C når det er oppvarmingsbehov. Utover dette adresserer verken TEK17 eller vTEK17 behovet for temperaturdifferensiering mellom rom eller utfordringer med manglende temperaturregulering i oppvarmingssesongen.

Arbeidsgruppen mener det bør være mulig å tilfredsstille brukernes ønske om temperaturdifferensiering mellom rom i oppvarmingssesongen, og særlig mulighet for lavere temperaturer i soverom enn oppholdsrom. Det bør også være en forutsetning med mulighet for temperaturregulering i oppvarmingssesongen. Følgende tiltak kan gjennomføres for å unngå utilsiktet varmeavgivelse:

- Vurder plassering av sjakter og distribusjonsskap for oppvarming og tappevann.
- Vurder plassering og isolering av føringer fra distribusjonsskap for oppvarming og tappevann gjennom leiligheten. Isolering vil være særlig kritisk dersom det ligger mange ledninger sammen.
- Isolering under gulvvarme anbefales for å unngå utilsiktet varmesmitte til underliggende leilighet.
- Det anbefales å isolere innervegger rundt soverom for å kunne oppnå temperaturdifferensiering mellom soverom og oppholdsrom/evt. bad.
- Det anbefales å vurdere by-pass på tilluft til soverom i boliger med balansert ventilasjon, slik at tilluftstemperaturen ikke heves unødvendig hvis ønsket temperatur på soverommet er lavere enn generell tilluftstemperatur til resten av leiligheten/huset.



4.1.2 Hva er *noe høyere* temperaturer?

I vTEK17 står det at for boligbygning uten installert kjøling bør *noe høyere* innetemperatur enn 26 °C kunne aksepteres i korte perioder.

Dette begrunnes med at brukerne har adaptive muligheter i boliger, både med hensyn til å tilpasse bekledningsnivå, tilpasse de fysiske omgivelsene ved hjelp av lufting, bruk av solskjerming o.l. I tillegg er det stor sannsynlighet for at brukerne av en bolig har forventninger til inneklimate som baserer seg på hvordan uteklimaet har vært de siste dagene, i tråd med adaptiv termisk komfortteorier.

Men hva anses som *noe høyere* temperaturer? Dette er et element som tolkes svært ulikt av aktører i bransjen. Noen mener at > 30 °C innetemperatur bør aksepteres som *noe høyere* innetemperatur enn 26 °C, mens andre mener at *noe høyere* temperaturer bør være < 28,4 °C¹. Som ansvarlig prosjekterende for boliger, bør man ha i mente at man designer boliger som skal være funksjonelle gjennom et helt livsløp. Det skal være mulig å bli gammel i boligen, og man bør også da klare å regulere temperaturnivåene til akseptable forhold.

4.1.2.1 Forslag til grenseverdier for *noe høyere* temperaturer

Vi bor i et langstrakt land med flere klimasoner. Basert på adaptiv teori vil beboere i ulike deler av landet med ulike klimaforhold sannsynligvis også ha ulik forventning til inneklimate i boligen. Hvilke grenseverdier bør anses som akseptable i ulike deler av landet vårt?

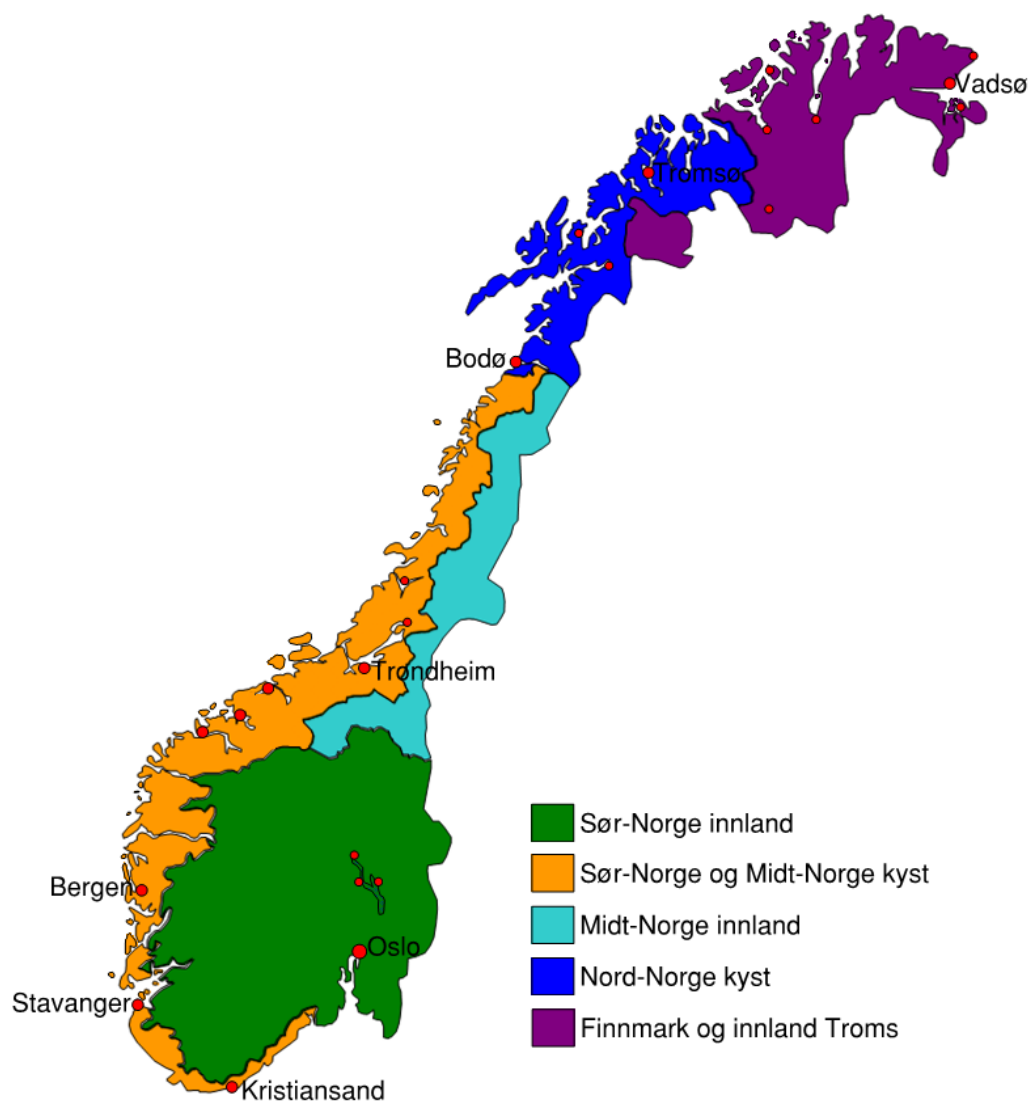
Ideelt sett skulle man hatt tilgang til pålitelig klimadata for alle fylker eller kommuner i landet som ga et representativt bilde av de lokale klimatiske forholdene. Våre analyser av klimasett for en rekke lokasjoner i Norge, viser imidlertid at det er store forskjeller i kvaliteten på klimasettene som benyttes innenfor feltet energi og inneklimate². For mange lokasjoner er klimasettene mer eller mindre uegnet som input i inneklimateanalyser. De mest pålitelige klimadataene vi har, enn så lenge, er data for dimensjonerende forhold. Basert på n50 data fra Skarland Press Klimadata M21 og med utgangspunkt i klimasoner definert av SINTEF (17), er det foreslått en øvre grense for akseptabel innetemperatur ved simulering av dimensjonerende sommerdøgn for ulike lokasjoner i Norge, se Figur 4-1 og Tabell 4-1. Det bemerkes at det vil være klimatiske forskjeller innenfor hvert område og at soneinndelingen må anses som en forenkling som kan bidra til en omforent tolkning av hva *noe høyere* innetemperatur for ulike lokasjoner kan bety. Det oppfordres også til at sonene oppdateres når bedre underlag for klimadata blir tilgjengelig.

Ved bruk av de anbefalte temperaturgrensene for boliger uten kjøling i Tabell 4-1, er det en forutsetning at det er godt tilrettelagt for utlufting og at brukerne har adaptive muligheter. Det bemerkes at de anbefalte grenseverdiene er satt for vurderinger av temperaturforhold i boliger på romnivå med lukket dør, ref. avsnitt 6.4.1. Det er imidlertid viktig at rommens funksjon tas i betraktning ved fastsettelse av akseptable temperaturnivåer. Det kan f.eks. være problematisk for soverom dersom hovedvekten av timene med høye temperaturer forekommer på kvelden, idet høye temperaturer kan forringe søvnkvaliteten.

¹ 28,4°C er en temperaturgrense det ofte refereres til mht. adaptiv termisk komfort, siden dette er øvre grense som trekkes ut fra standard referanseklimate for Oslo iht. klimadata fra NS 3031. Det skal imidlertid bemerkes at dette ikke er en statisk temperaturgrense, idet adaptiv komfortmodell har en dynamisk øvre grense basert på løpende gjennomsnittlig utetemperatur over de siste 7 døgn.

² Det anbefales at det fra nasjonalt hold gis støtte til å utarbeide og kvalitetssikre klimadata for et visst antall lokasjoner i Norge, som kan benyttes til inneklimatevurderinger. Tilsvarende data er dessuten også nødvendig for å gjøre tilfredsstillende betraktninger av effektbruk i bygg.





Figur 4-1: Inndeling av Norge i Klimasoner for anbefaling til maksimal innendørs operativ temperatur ved simulering av dimensjonerende sommerdøgn (n50). Inndelingen tar utgangspunkt i klimasoner definert av SINTEF (17) og n50 data for sommer fra m21.

Tabell 4-1: Anbefalt maksimal operativ innendørs temperatur på romnivå, ref. avsnitt 6.4.1, for ulike lokasjoner i Norge ved simulering av dimensjonerende sommerdøgn (n50).

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



4.1.3 Bruk av passive tiltak for å unngå overtemperaturer- feiltolkninger og forslag til tiltak

Et annet element som er uklart i vTEK17 er bruken av passive tiltak for å tilfredsstille funksjonskravet til termisk inneklima i boliger. VTEK17 lister opp følgende passive tiltak som kan bidra til å unngå overtemperatur:

- redusert vindusareal i solbelastede fasader
- eksponert termisk masse
- utvendig solskjerming
- åpningsbare vinduer som gir mulighet for gjennomlufting og
- plassering av luftinntak/utforming av ventilasjonsanlegg slik at temperaturstigning i anlegget blir minimal ($< 2\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Videre bemerker vTEK17 at for boligbygninger vil kravet til termisk inneklima vanligvis være oppfylt dersom minst to av ovennevnte passive tiltak er gjennomført.

Noen tolker overstående til at dersom man har implementert to vilkårlige passive tiltak fra listen over, så kan kravet til termisk inneklima vurderes som oppfylt. Dette er å anse som en feiltolkning av regelverket, idet man da ignorerer at veiledningen kun sier at kravet til termisk inneklima *vanligvis* vil være oppfylt. En slik feiltolkning kan føre til prosjektering og oppføring av boliger med lav kvalitet på termisk inneklima dersom man ikke kontrollerer effekten av de passive tiltakene. Eksempelvis vil eksponert termisk masse og plassering av luftinntak/utforming av ventilasjonsanlegg være en kombinasjon av tiltak som langt fra vil være tilstrekkelig for å sikre tilfredsstillende termisk inneklima i en bolig med mye soleksponert vindusareal.

4.1.3.1 Anbefalt fremgangsmåte for implementering av passive tiltak

Ved bruk av passive tiltak anbefales det at følgende strategi implementeres for å oppnå tilfredsstillende effekt:

1. Forhindre varmetilførsel til rom
2. Planlegge metode for å fjerne varmeoverskudd
3. Sørge for tilstrekkelig varmelagring

All erfaring tilsier at soleksponert vindusareal i boliger uten kjøling bør utføres med utvendig solskjerming. Dessuten anbefales det at vindusareal på solbelastede fasader begrenses, forutsatt at krav til dagslys og utsyn tilfredsstilles. En kombinasjon av disse tiltakene er en svært effektiv måte å forhindre/ redusere varmetilførsel til rommet.

Videre er det behov for å implementere tiltak for å fjerne varmeoverskudd. For boliger uten kjøling, vil utlufting være et effektivt tiltak for å få til dette. For å oppnå en effektiv utlufting må det tilrettelegges for tilstrekkelig store åpningsarealer for lufting, også når vinduer kun er åpnet i sikkerhetsstilling. Sidehengslede vinduer vil typisk være å foretrekke fremfor topp- eller bunnhengslede vinduer. Se kap. 6.4.3 for nærmere beskrivelse av vindustyper og anbefalte arealer for lufteåpninger.

Det siste elementet for å oppnå tilfredsstillende effekt av passive tiltak, er å sørge for tilstrekkelig varmelagring. For boligbygg vil dette bety tilstrekkelig termisk masse, som f.eks. eksponert betonghimling, eksponert betongvegger o.l. For at tiltaket med termisk masse skal ha effekt må det kombineres med god utlufting, slik at man får kvittet seg med varmen som er blitt magasinert i den termiske massen over dagen.



I arbeidet med denne bransjeveilederen er det utført over 1000 simuleringer av rom i boliger lokalisert i Oslo. Resultatene fra disse simuleringene bekrefter at det er helt nødvendig med en kombinasjon av de overnevnte tiltakene (effektiv solavskjerming og redusert glassareal på soleksponte fasader, god utlufting og utnyttelse av termisk masse) for å oppnå tilfredsstillende temperaturforhold iht. Tabell 4-1. Det er *ikke* tilstrekkelig med en vilkårlig utvalgelse av de passive tiltakene nevnt i vTEK17.

Se nærmere beskrivelse av strategien for effektiv innføring av passive tiltak i Ref. (18).

4.1.4 Bruk av kjøling i bolig

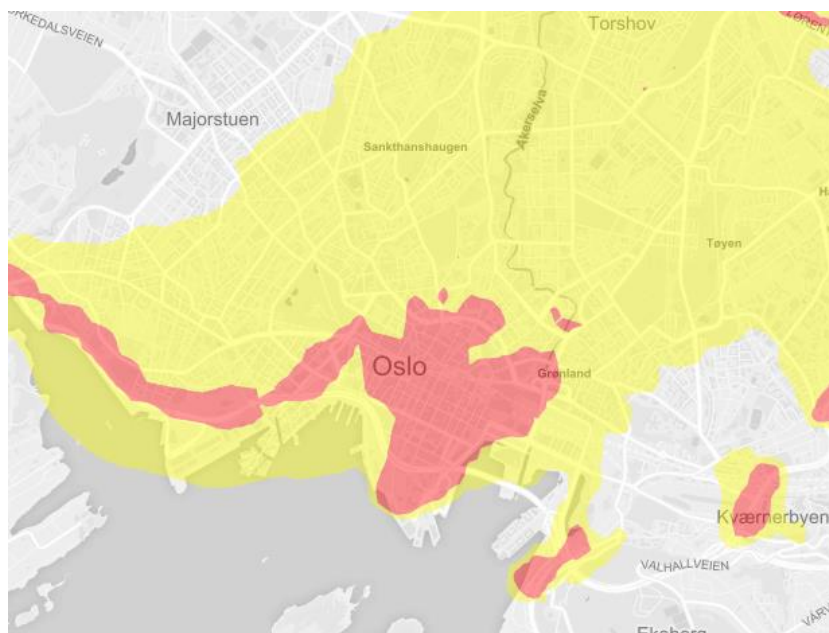
For boliger vil vinduslufting, som tidligere nevnt, være et av flere viktige passive tiltak som gir beboer mulighet til å påvirke komfort i termisk henseende. Dette vil ofte være en sentral faktor for å få ned temperaturene nattetid og for å hindre langvarig overtemperatur i årets varmeste perioder.

Det er gjerne et premiss fra akustikk når det bygges i støyutsatte soner at vinduer og dører mot en støyutsatt sone holdes lukket, for å kunne ivareta krav til akustikk og luftkvalitet. I slike tilfeller kan man følgelig ikke anta dør- og vinduslufting for å samtidig ivareta krav til termisk komfort.

For å kunne ivareta krav til termisk komfort i slike tilfeller vil det kunne være et behov for installasjon av lokal kjøling i utsatte rom og/eller leiligheter. Dette er et viktig premiss når det bygges i støyutsatte områder og/eller når det bygges tett inntil en høyt trafikkert vei.

Installasjon av lokal kjøling er et økonomisk krevende tiltak, som det er viktig å kartlegge i en utviklingsprosess, før anbudsunderlaget ferdigstilles.

Det er imidlertid flere steder der nærhet til vei eller andre forurensningskilder gjør at vinduslufting er uaktuelt som tiltak for temperaturregulering. Det er i dag etablert luftsonekart for de fleste store byer i Norge som viser grad av luftforurensning fra NO₂ og PM₁₀. I disse oversiktskartene skilles det mellom gul og rød sone avhengig av forurensningskonsentrasjoner og tilhørende helserisiko. Figur 4-2 viser et eksempel på et slik luftsonekart for Oslo sentrum.



Figur 4-2: Luftsonekart Oslo sentrum hentet fra <http://www.luftkvalitet-nbv.no/>.



For byggeprosjekter som ligger innenfor rød sone bør prosjektet vurdere hvorvidt akseptable temperaturforhold kan oppnås uten lufting. Der dette ikke er mulig anbefales det at prosjektet vurdere bruk av kjøling for temperaturkontroll. Hvis prosjektet dokumenterer energiytelse etter tiltaksmetoden i TEK, §14-2 annet ledd, er bruk av kjøling fullt mulig.

Velges rammekravsmetoden, §14-2 første ledd, kan det være mer utfordrende å holde seg innenfor energirammen med mindre det er et begrenset omfang av lokal kjøling i bygget. Det anbefales da å vurdere å søke fravik fra dette kravet i TEK. Fravik kan da begrunnes med vanskeligheter med å tilfredsstille krav til termisk inneklima grunnet manglende mulighet for vinduslufting. Ved valg av kjøleløsning bør det uansett, med tanke på energiytelse, vurderes alternativer som muliggjør gjenvinning av varmen som kjølesystemet fjerner.



4.2 Yrkesbygg

Forventningene til det termiske inneklimaet i yrkesbygg kan være annerledes enn i boliger, siden brukerne som regel har begrenset valgmulighet til oppholdssone, aktivitet og bekledning. Ytelsesnivået til inneklima i yrkesbygg bør gjenspeile dette, og være skjerpede sammenlignet med boliger.

Det er viktig å tilstrebe et godt inneklima som er tilpasset bygget og brukernes behov. Klimaskjermen danner utgangspunktet med sin plassering, orientering, geometri, fasadeutforming og solskjerming. På innsiden påvirkes inneklimaet hovedsakelig av brukerne og prosesser, klimatisering, planløsning og termisk masse. Hele dette samspillet bør tas hensyn til i inneklimavurderinger. I næringsbygg er det særlig viktig å sette gjennomtenkte premisser som skaper fleksibilitet samtidig som man får et energisystem som virker optimalt.

Krav til termisk komfort i næringsbygg settes i første rekke av TEK17 og Arbeidstilsynet (se kapittel 3.3 for oppsummering av krav m/veiledning). Som nevnt i kapittel 3.4 kan det videre settes prosjektspesifikke skjerpede krav gjennom byggherre- og leiertakerkrav, eller gjennom sertifiseringsordninger som f.eks. BREEAM og/eller WELL. Sammenlignet med boliger er anbefalinger og krav til næringsbygg klarere, og gir mindre rom for tolkning. Dette gjør det lettere å følge opp og etterprøve krav i driftsfasen, noe som også gjøres i større grad for næringsbygg.

4.2.1 Overskridelse av 26 °C operativ temperatur

Både vTEK17 og Arbeidstilsynets best. nr. 444 anbefaler 26 °C som øvre grense for operativ temperatur sommerstid. Begge veiledningene åpner imidlertid opp for høyere temperaturer når utetemperaturen er høy:

- **VTEK17:** Når utelufttemperaturen er høyere enn den temperaturen som overskrides med 50 timer i et normalår.
- **Arbeidstilsynet:** Opptil 50 timer i brukstiden i perioder med utetemperatur over 22 °C.

La oss ta Oslo som et eksempel. Utetemperaturen som overskrides med 50 timer i et normalår (referanseperiode fra 1961 - 1990) for Oslo er 26,7 °C. Det er en vanlig tolkning av vTEK17 at det er akseptabelt å overskride 26 °C i 50 timer i brukstiden, uten at det vurderes om disse 50 timene inntreffer ved høyere utetemperaturer enn 26,7 °C. Dette vurderes som en feiltolkning av regelverket, en feiltolkning som er utbredt i bransjen. Det anbefales å evaluere dette manuelt med kontroll av resultater fra de ulike programmene som benyttes. Det hadde også vært hensiktsmessig om simuleringsprogrammer integrerte denne kontrollen i fremtidige versjoner.

Ideelt sett skulle kravene fra de sentrale myndighetene vært samkjørt. Definisjonen fra Arbeidstilsynets best. nr. 444 vurderes som enklere å forholde seg til enn definisjonen i vTEK17. Grenseverdien til utetemperatur på 22°C for når det aksepteres å overskride 26°C operativ temperatur innendørs iht. best. nr. 444, skulle nok imidlertid vært satt noe høyere for å koble det til teorier om adaptiv termisk komfort og forventningene til inneklima basert på uteklima. Det anbefales at fremtidige revisjoner av vTEK og Arbeidstilsynets best. nr. 444 samkjøres med en felles definisjon på når det aksepteres at operativ temperatur på 26 °C kan overskrides. Det vurderes at en grenseverdi på 25 °C utetemperatur er et mer riktig nivå enn dagens grenseverdi på 22 °C i best. nr. 444, for når det både kan forventes og aksepteres av brukerne at operativ temperatur overskrider 26 °C.



4.2.2 Dokumentasjon av lokal termisk komfort

I tillegg til å oppfylle overordnede krav til temperaturnivå, er det viktig å sette søkelys på lokal termisk komfort. Det anbefales å gjøre en særskilt vurdering av den lokale termiske komforten i de mest utsatte områdene. Se kapittel 1.3 for oversikt over komfortkriterier i NS-EN ISO 7730.

Med økende bruk av vegghøye vinduer og glassfasader er lokal termisk komfort langs fasaden en aktuell problemstilling. Det anbefales å gjøre en vurdering av kaldras, operativ temperatur ved fasaden sommer og vinter, og strålingsasymmetri. Som i Byggforsk detaljblad 421.501 *Termisk inneklima. Betingelser, tilrettelegging*, anbefales det at oppholdssonen til vurdering av termisk komfort trekkes 0,6 m inn fra veggene til rommet. Dersom det er ønskelig med en oppholdssone som er nærmere fasaden, bør dette vurderes spesielt for hvert enkelt tilfelle. Har man møbleringsplaner bør man kontrollere om det er tenkt møblering helt ut til fasade.

Videre anbefales det også at det gjøres vurderinger av vertikal temperaturforskjell, trekk fra tekniske systemer/lufting, gulvtemperatur og strålingsasymmetri fra kald/varm himling. Disse vurderingene vil være mest aktuell i rehabiliteringsprosjekter med dårlig isolert klimaskall, eller ved bruk av spesielle klimatiseringsløsninger som naturlig ventilasjon, fortrengningsventilasjon, eller oppvarming/kjøling i tak/gulv.

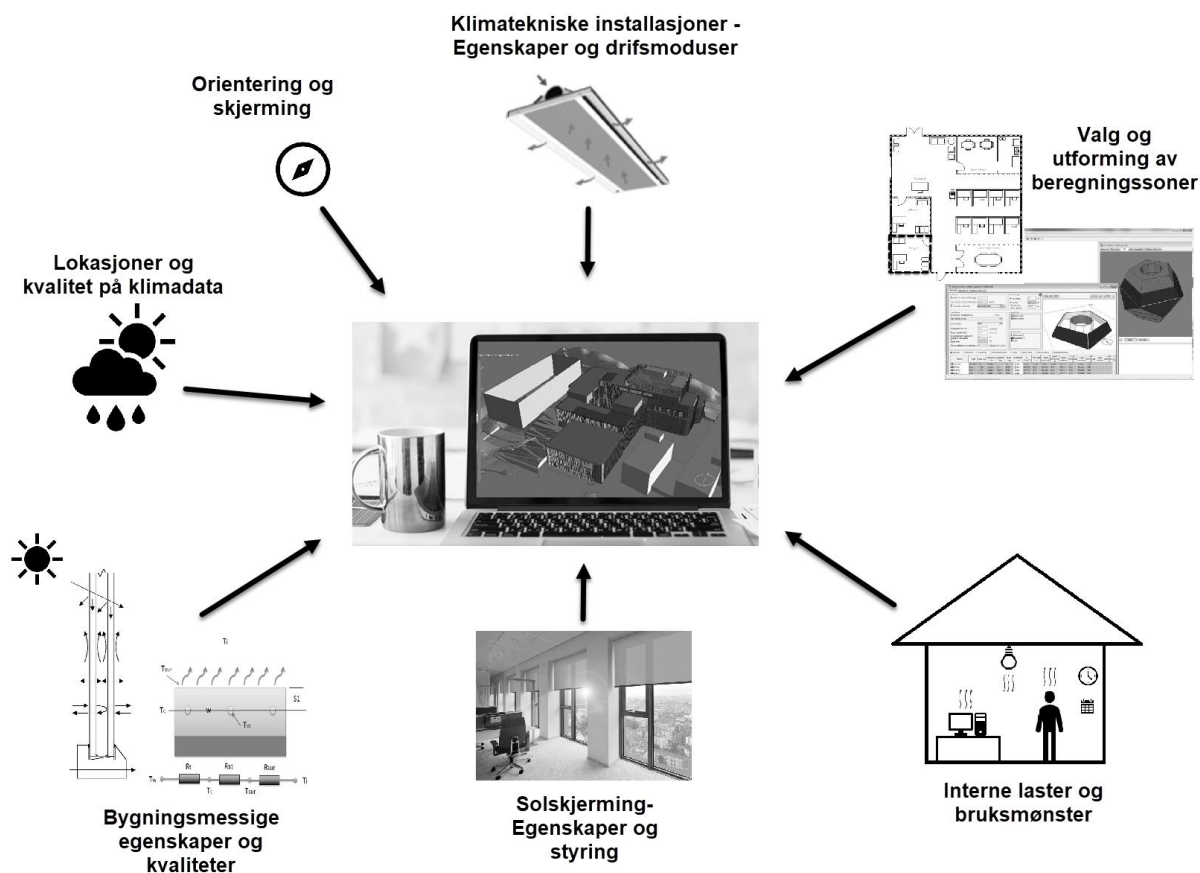


5 Forutsetninger og inndata

I en inneklimasimulering er man avhengig av en rekke inndata. Mye av den inndata som legges inn kan ha en stor innvirkning på resultatene, og noen har større innflytelse enn andre. Det er derfor viktig å kontrollere over hvilke som er de mest sentrale inndata, forutsette fornuftige verdier der man er usikker, og å benytte prosjektspesifikke verdier der dette er tilgjengelig.

Figur 5-1 viser en oversikt over sentrale inndata. Oversikten er ikke uttømmende.

I de etterfølgende kapitler diskuteres flere av disse sentrale inndata samtidig som det gis veiledende generelle verdier som kan benyttes som utgangspunkt i inneklimasimuleringer.



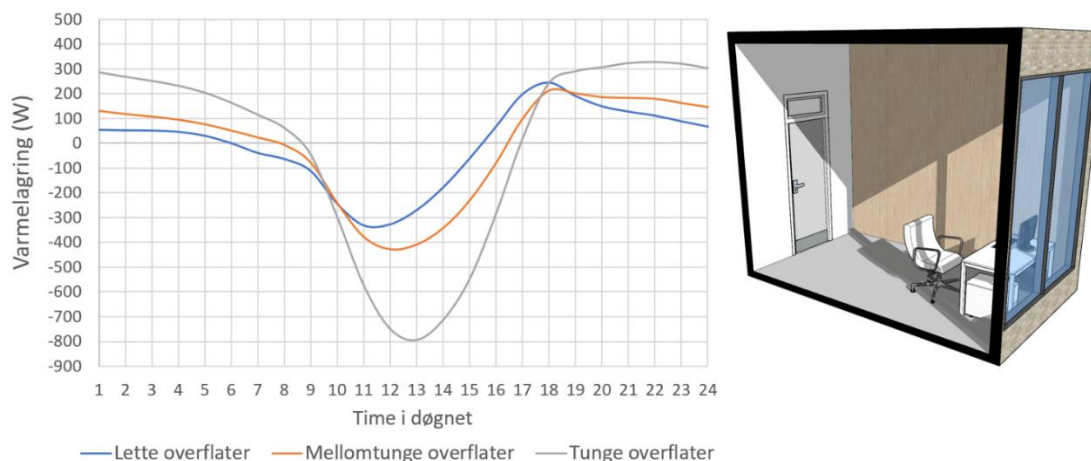
Figur 5-1: Sentrale inndata med stor innvirkning på kvaliteten til resultatene



5.1 Konstruksjoner og varmekapasitet

Det er viktig å tilegne mest mulig realistiske antakelser knyttet til varmelagring i de omgivende flatene i rommene man vurderer. Feilaktig antakelse knyttet til termisk masse kan i ytterste konsekvens føre til at man ikke imøtekommer krav til termisk komfort.

Figuren under viser varmelagring over et døgn i et solutsatt cellekontor med lette, mellomtunge og tunge overflater. Tunge overflater med høy termisk masse lagrer mer varme enn lette overflater, og bidrar til å utjevne temperaturen og varmebalansen i rommet.



Figur 5-2: Varmelagring i et sørvendt cellekontor, som funksjon av varmelagring i skillekonstruksjoner.

En gjentakende feil i inneklimasimuleringer er å anta for høy termisk masse i gulv. Generelt kan man si at alle barrierer mellom romluften og den termiske massen vil hindre varmeoverføringen og dermed varmelagringseffekten.

Et godt eksempel er kontor, hvor man gjerne ikke tar høyde for bord og stoler som vil kortslutte strålingsutvekslingen med gulvet. Et annet eksempel som kan ha minst like stor påvirkning på denne kortslutningseffekten er bruk av teppegulv-/flis.

Vær spesielt oppmerksom på termisk masse ved bruk av påstøp/avrettingsmasse. Ofte vil man ha et tynt isolerende sjikt mellom dekke og påstøp, f.eks. i form av trinnlydsmatte. Om påstøp har en beskjeden tykkelse på 30-50 mm vil det være vesentlig mindre varmelagring enn om man hadde valgt en tykkere betongpåstøp eller hulldekke på 320 mm.

Som poengtert i eksemplene over anbefales at man justerer varmekapasiteten til gulvet, slik at man får lagret en realistisk andel varme. En mulig måte å gjøre dette på er å legge inn et tykkere teppe/gulvbelegg over betongen.



Figur 5-3: Eksempel på kortslutning i strålingsutvekslingen mot gulvet med møblering i et cellekontor.



5.2 Glassparametere

En viktig forutsetning for inneklimasimuleringer i moderne bygg, er inndata for glass. Glasskvalitet er imidlertid en parameter som også påvirker andre fagfelt, som dagslys, energi, akustikk og brann. Det er derfor viktig at de prosjekterende er omforent om hvilken glasskvalitet som legges til grunn og som skal være premissgivende ved innkjøp. Tabellen under inneholder noen typiske verdier, som ofte benyttes i Norge.

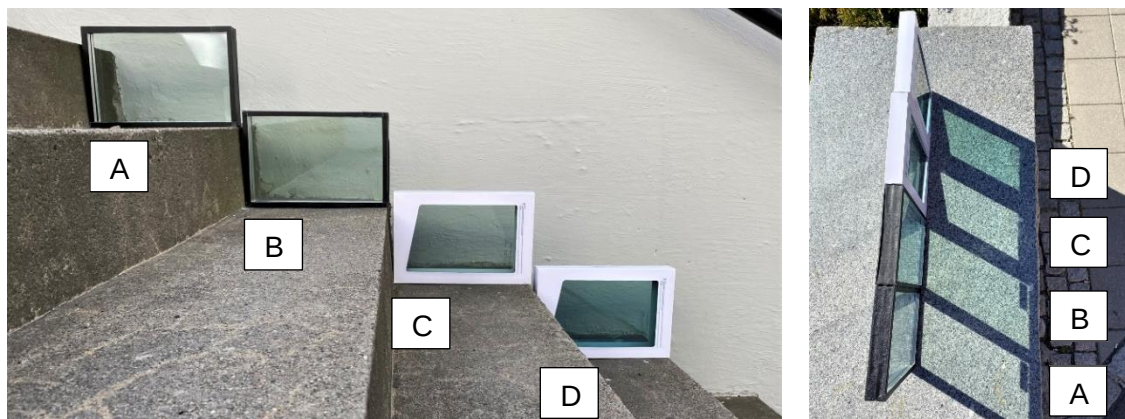
Tabell 5-1: Typiske glassleveranser og egenskaper for glass.

Type glass	Beskrivelse	U _g	g	T	LT	R _w (C;C _{tr})	Brann
Vanlig tre-lags uten spesielle krav til lyd eller brann	Normal leveranse – energiglass (eksempel 1)	0,5 – 0,6	0,55	44	74	28 – 34	-
	Normal leveranse – energiglass (eksempel 2)	0,5 – 0,6	0,50	40	71	28 – 34	-
	Glass med redusert g-verdi (eksempel 1)	0,5 – 0,6	0,38	33	66	28 – 34	-
	Glass med redusert g-verdi (eksempel 2)	0,5 – 0,6	0,31	27	59	28 – 34	-
	Glass med redusert g-verdi (eksempel 3)	0,5 – 0,6	0,23	19	42	28 – 34	-
	Glass med redusert g-verdi (eksempel 4)	0,5 – 0,6	0,13	10	22	28 – 34	-
Strengere krav til brannmotstand	Eksempel 1	1,40	0,49	46*	71	-	EI30
	Eksempel 2	1,60	0,49	46*	68	-	EI30
Strengere krav til lydegenskaper	Eksempel 1	0,60	0,40	37	61	35	-
	Eksempel 2	0,50	0,51	41	72	40	-
	Eksempel 3	1,10	0,51	44	68	41	-

* Tallene er forutsatt og er konservative.

Det er viktig å være oppmerksom på at glass med særskilte funksjonskrav til brann, sikkerhet og lyd kan ha betydelige avvik på flere av de typiske verdiene som presenteres i ovenstående tabell. Det er eksempelvis mer utfordrende å oppnå lave U-verdier for brannklassifiserte glass grunnet glassets spesielle oppbygning. Der det foreligger særskilte funksjonskrav til glassene, bør det tas en sjekk mot aktuelle leverandører for å sikre at de egenskaper som forutsettes i simuleringene er realistiske.

Det er også viktig å være klar over at bruk av ulike glasstyper på samme bygg/fasade/rom vil kunne oppleves visuelt annerledes fra både innsiden og utsiden. Sentralt her er glassets farge og fargegjengivelsesindeks (RA). Denne kan variere en del, og er typisk avhengig av grad av solbeskyttelse. Desto lavere g-verdi, jo mørkere vil glasset oppleves.



Figur 5-4: A: g=0,53 / LT=74 %, B: g=0,46 / LT=64 %, C: g=0,31 / LT=64 %, D: g=0,20 / LT=43 %.



5.3 Solskjerming

Solskjerming er en nøkkelfaktor for å unngå overtemperaturer, redusere kjølebehov og oppnå energieffektivitet. Det mest effektive er å stoppe solvarmen før den kommer inn i bygget, ved hjelp av en form for utvendig solskjerming. I enkelte tilfeller kan man imidlertid ikke installere utvendig solavskjerming pga. sikkerhet, brannfare, fare for hæverket, verneverdi e.l., og alternative løsninger bør vurderes. I dette kapittelet presenteres typiske løsninger for solavskjerming og tilhørende egenskaper. Verdiene presentert i dette kapittelet kan f.eks. benyttes i tidligfase, for senere å verifiseres med prosjektspesifikk inndata.

5.3.1 Utvendig solskjerming

Tabell 5-2 illustrerer varians i total g-verdi for ulike typiske utvendig solskjermingsprodukter i kombinasjon med et standard klart tre-lags glass. Slik det fremgår, vil g-verdien for screens variere vesentlig med åpningsgrad, farge på duken, type veving, m.m. Det er derfor viktig å sette et kvantitativt ytelseskrav til total g-verdi. Screen med åpningsgrad på kun 1 % vil oppleves som helt tett, uten utsyn gjennom duken. En slik løsning anbefales generelt ikke idet utsyn er en viktig faktor for brukertilfredshet.

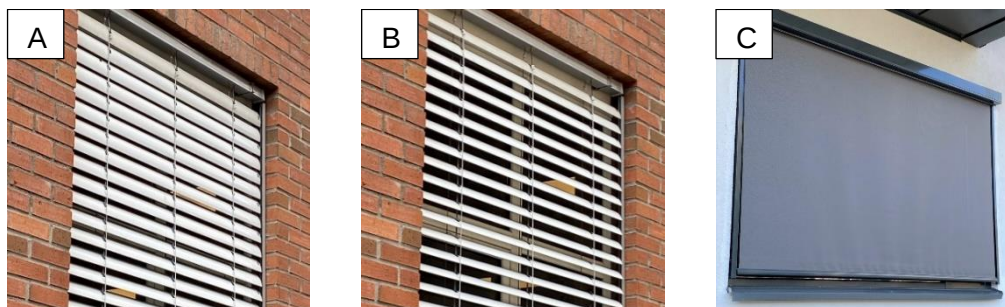
For persiennner er g-verdien sterkt avhengig av lamellenes vinkling. I nyere yrkesbygg med persiennner, er disse gjerne kombinert med en automatikk som regulerer lamellene slik at de står ca. normalt på solstrålingen (såkalt cut-off vinkel). Med en slik regulering oppnår man et kompromiss mellom solbeskyttelse, dagslystilgang og utsyn. Ved bruk av persiennner anbefales det å gjøre en vurdering av når dimensjonerende forhold oppstår og legge til grunn g-verdien for persiennen ved respektiv cut-off vinkel i beregninger. Som et utgangspunkt anbefaler vi å legge til en vinkel på 50° ved dimensjonerende sommerforhold i Oslo.

Tabell 5-2: Beregning av total g-verdi (glass + solskjerming) og direkte soltransmittans iht. ISO 15099 for et standard tre-lags glass med ulike varianter av ZIP-screens og med persiennner med variabel vinkling. Bemerk at verdier gitt i produktblad er gitt vinkelrett på vinduskonstruksjon, jf. EN 14501.

Type glass	U_g	g-verdi	T-verdi	LT-verdi
3-lags	0,60 W/m ² K	0,54 (-)	46 %	73 %

Type solskjerming	Beskrivelse	Total g-verdi	T-verdi
ZIP-screen	Åpningsgrad 1 %	0,04	0,02
	Åpningsgrad 3 %	0,11	0,09
	Åpningsgrad 5 %	0,15	0,12
Persiennner (80 mm)	Vinkel = 90 (helt lukket) *	0,03	0,00
	Vinkel = 80 grader	0,03	0,01
	Vinkel = 70 grader	0,06	0,04
	Vinkel = 60 grader	0,09	0,07
	Vinkel = 50 grader	0,15	0,12
	Vinkel = 40 grader	0,22	0,18

* I praksis vil det ikke være mulig å få 90° helning, pga. lamellens geometri og tykkelse.



Figur 5-5: A: Persienne – lukket, B: Persienne – vinklet i cut-off posisjon, C: ZIP-screen.



5.3.2 Mellomliggende og innvendig solskjerming

I det følgende er det gitt noen generaliserte eksempler på bruk av innvendig og mellomliggende solskjerming. Ved vurdering av rom med innvendig eller mellomliggende solskjerming, bør man benytte simuleringsprogram som hensyntar de fysiske fenomenene (stråling, konveksjon og konduksjon) mellom hvert lag av glass, gass og solskjerming.



Figur 5-6: Eksempel på innvendig screen.
Bilde: Espenes AS.

Total g-verdi for løsning med innvendig solskjerming er særlig avhengig av refleksjon på utadrettet side av solskjermingen, tetthet på solskjerming og U-verdi og belegg på glasset.

En innvendig screen vil med et standard tre-lags glass gjerne ha en total g-verdi (glass + solskjerming) i intervallet (0,3 – 0,5).

Med et glass som har en g-verdi på 0,3 vil man med høy refleksjon på utadrettet side av duken kunne oppnå g-verdier i intervallet (0,15 – 0,30).

Erfaringsmessig kan høy overflate-temperatur på innvendig solskjerming forekomme, noe som kan bidra til termisk diskomfort.



Figur 5-7: Eksempel på mellomliggende solskjerming. Bilde: Farstad Aluminium.

En mellomliggende solskjerming vil med et standard tre-lags glass gjerne ha en total g-verdi (glass + solskjerming) i intervallet (0,20 – 0,40).

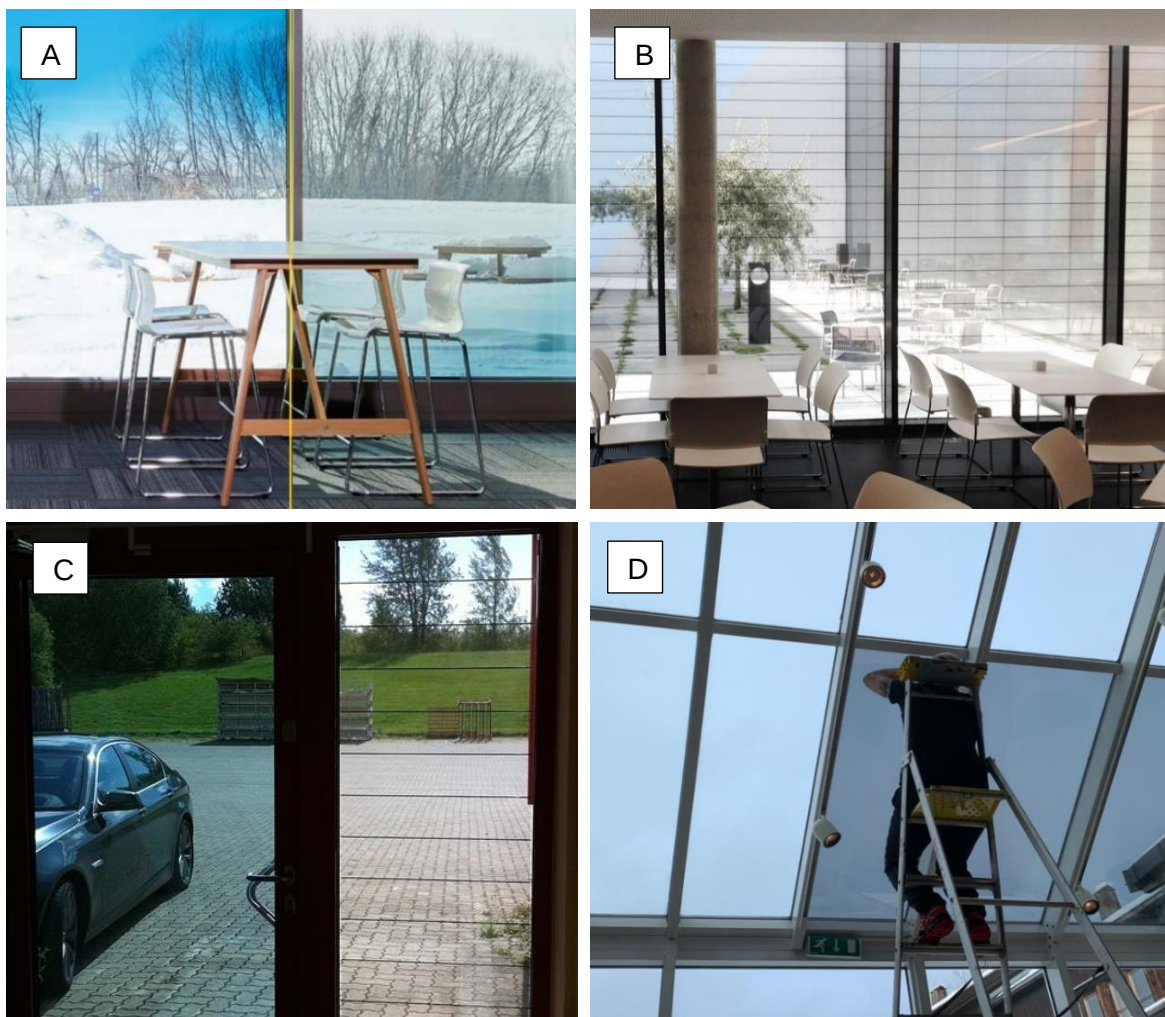
Med et glass som har en g-verdi på 0,30 vil man med spesielt fabrikkat på duken kunne oppnå g-verdier i intervallet (0,15 – 0,30).

Erfaringsmessig kan høy overflate-temperatur på innsiden av vinduskonstruksjonen og inne i hulrommet med solskjerming forekomme, pga. høy akkumulering av varme i den mellomliggende solskjermingen. Dette kan føre til utfordringer med hhv. termisk diskomfort og problemer med eventuell elektronikk tilknyttet solskjermingen. Utfordringene kan reduseres dersom hulrommet med solskjermingen ventileres. Mht. overflatetemperatur kan utfordringen dessuten reduseres dersom man har en vinduskonstruksjon med mange lag glass, forutsatt at den mellomliggende solskjermingen plasseres i ytterste hulrom.



5.3.3 Andre typer solskjerming

I Figur 5-8 har vi gitt eksempler på løsninger som enten integreres i vinduer, eller som monteres på utvendig eller innvendig side av vinduet. Det bemerkes at verdiene varierer stort fra leverandør til leverandør. Følgende verdier må kun anses som veiledende eksempler.



Figur 5-8: A: Dynamisk glass med variabel lystransmittans og g-verdi. Bilde: SageGlass
 B: Integrerte mikrolameller i glasskonstruksjon. Bilde: MicroShade.
 C: Sammenligning av solfilm og MicroShade. Bilde: MicroShade.
 D: Innvendig montert solfilm. Bilde: Røros solfilm.

Type solskjerming	Typisk g-verdi med et standard tre-lags glass (-)	Typisk direkte soltransmittans-faktor (%)	Typisk lystransmittans-faktor (%)
Dynamiske glass**	0,03 – 0,36	-	1 – 54
	0,10 – 0,36	0,07 – 0,31	14 – 56
	0,21 – 0,40	0,17 – 0,34	33 – 61
Mikrolameller	0,15 – 0,40*	-	25 – 50*
Solfilm utvendig (eksempel 1)	0,35	30	58
Solfilm utvendig (eksempel 2)	0,25	21	50
Solfilm utvendig (eksempel 3)	0,17	13	26
Solfilm utvendig (eksempel 4)	0,08	6	12

* MicroShade har en kompleks vinkelavhengighet, som medfører at verdiene varierer sterkt med solens plassering relativt til fasaden, sammen med solhøyden

** Dynamiske glass kan fås med ulike innstillinger og nivåer for både g-verdi og lystransmittansfaktor, som kan bestemmes sammen en leverandør på bakgrunn av en inneklimasimulering.



5.4 Internlaster og brukstider

Ved inneklimaprosjektering vil internlastene bidra til å øke varmeproduksjonen i det rommet man oppholder seg i. Det er derfor viktig med realistiske anslag, som ofte er utfordrende tidlig i et prosjekt. For yrkesbygg frarådes det å legge til grunn internlaster fra energistandarder som eksempelvis NS 3031 og NS 3701. Internlaster i yrkesbygg anbefales kartlagt i samarbeid med byggherre, leietaker/bruker og øvrige prosjekterende.

For boligbygg stemmer antakelsene om effektbehov og driftstider i SN-NSPEK 3031:2020 normalt såpass godt at vi anbefaler å benytte disse. Internlaster er generelt lave for bolig og varme fra sol er det som i de fleste tilfeller gir problemer med overtemperatur om sommeren.

5.4.1 Belysning

Lyskilder har de siste 5-10 årene blitt svært energieffektive etter at LED-teknologi har blitt så god og rimelig at man stort sett kan benytte det til all type belysning. Det er mulig å ytterligere redusere effektforbruket ved å styre belysningen. Tidsstyring, dimming og tilstedeværelse er blant det mest effektive tiltakene, men det viktigste er likevel å benytte LED som kilde. Dette kan man lese mer om i NS-EN 15193-1:2017³.

Dersom det er påtenkt lysstyring bør det gjøre en vurdering om dette påvirker de aktuelle rommene i ulike simuleringsperioder. Et eksempel kan være når solavskjerming reduserer dagslysnivået i rommet, og fører til at belysningen må kompensere for reduksjon av naturlig lys. For å få et realistisk effektforbruk bør man i slike tilfeller se bort fra lysstyringen. Dersom det ikke oppgis noen lysstyringer bør det antas at lyskildene er manuelt operert og effektforbruk er maksimalt installert. I tillegg kommer gjerne parasittstrøm og strøm til nødlyssystem.

Tabell 5-3: Typisk varmeavgivelse for belysning.

Beskrivelse av utstyr	Varmeavgivelse
Allmenbelysning, LED	4-6 W/m ²
Allmenbelysning, lysstoffrør	6-8 W/m ²



Figur 5-9 LED-pære

³ NS-EN 15193-1:2017 Bygningers energiytelse - Energikrav i lysanlegg - Del 1: Spesifikasjoner, Modul M9.



5.4.2 Teknisk utstyr

Varmetilskudd fra teknisk utstyr varierer i stor grad mellom ulike bygningstyper og romkategorier på grunn av ulikt behov og bruk. Ny teknologi medfører hele tiden effektivisering av effektforbruket per enhet og den forventede varmeproduksjonen antas å være avtagende over tid, samtidig som bruken og omfanget av teknisk utstyr øker. Dette kan medføre at den totale effektbelastningen i et rom ikke nødvendigvis går ned over tid. Det er opp til den prosjekterende å sørge for at man har et oppdatert grunnlag til forventet effektintensivitet/tilført varme.

Tabell 5-4 gir eksempler på varmeavgivelse fra et utvalg standardutstyr. Se Vedlegg 2 for eksempler på samlede internlasten for typiske rom i kontor- og skolebygg.

Tabell 5-4: Typiske effektbehov / varmeavgivelser fra teknisk utstyr.

Beskrivelse av utstyr	Varmeavgivelse
Nettbrett	5 W
Enkel bærbar PC	25 W
Normal bærbar PC	35 W
Avansert bærbar PC (DAK og media)	50 W
Stasjonær PC, vanlig kontorarbeid	100 W
Stasjonær PC, DAK og lignende	150 W
PC skjerm, avhengig av teknologi og størrelse	30 - 80 W
Presentasjonsskjerm/ informasjonsskjerm 65"	150 W - 250 W
Projektor / Smartboard	300 - 350 W



Figur 5-10 Teknisk utstyr i et møterom



5.4.3 Personbelastning / personvarme

Det er viktig med fornuftige anslag på personvarme i inneklimasimuleringer. Aktivitetsnivå bør tilpasses å tilpasses det reelle aktivitetsnivået for rom som vurderes. NS-EN 16798-1 angir eksempler på anbefalte aktivitetsnivåer for forskjellige romtyper (NA, nasjonalt tillegg er under utvikling og vil sette noe mer konkrete krav til aktivitetsnivåer).

Aktivitetsnivå (Met) og bekledningsverdi (Clo) er viktig for beregning av PMV og PPD, som er en nødvendighet for å dokumentere termisk inneklima i bl.a. BREEAM-Nor Hea 03. For de aller fleste kategorier vil 1,2 met være riktig aktivitetsnivå.

For vurdering av termisk komfort iht. NS-EN ISO 7730 anbefales det å benytte en Clo-verdi på 0,50 for sommersimuleringer og 1,0 for vintersimulering, med mindre leietaker/byggherre har beskrevet noe annet.

Varmeavgivelse fra personer er komplisert og avhenger av rekke parametere, se Vedlegg 3 for mer inngående bakgrunnsinformasjon. Med mindre annet er gitt, anbefales det å ta utgangspunkt i de forenklete effektverdiene gitt i Tabell 5-5 for programmer hvor man legger inn personbelastning manuelt. Merk at tabellen viser eksempler ved omgivelsestemperatur på 24 °C, som er noe høyt for vinterforhold. 80 W per person er derfor typisk verdi å legge til grunn og ikke de historiske 100 W per person som har vært typisk i kravspesifikasjoner. Det er sensibel (følbar) varmeavgivelse som i hovedsak benyttes. Den latente andelen øker med økt aktivitet og temperatur, og er normalt kun viktig å vurdere for rom med høyt aktivitetsnivå og personbelastning.

Tabell 5-5: Typiske verdier for varmeavgivelse fra personer ved varierende aktivitet (met, metabolisme). Eksempelet tar utgangspunkt i en omgivelsestemperatur på 24 °C.

Metabolisme	Aktivitet	Varmeavgivelse, W		
		Sensibel (følbar)	Latent	Totalt
1,0	Undervisning - elever	70	34	104
1,2	Kontorarbeid	75	51	126
1,6	Undervisning - lærer	80	91	171
2,5	Butikkarbeider - variert arbeid	96	165	261
3,0	Dansesal - middels kravende dans	110	205	315
4,0	Undervisning - kroppsøving	150	268	418



Figur 5-11 Termografi av person med kald drikke



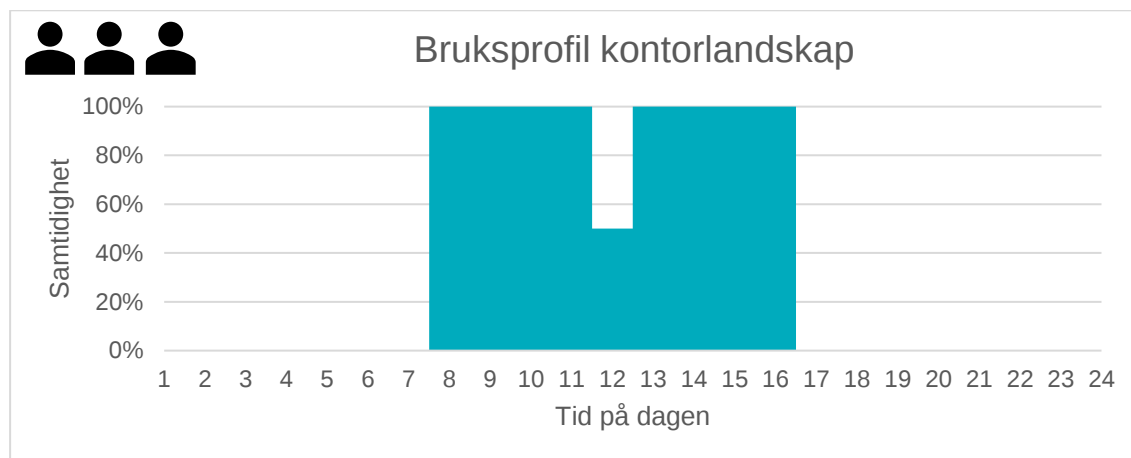
5.4.4 Brukstider

Antakelse om når og i hvor stor grad rom i en bygning er i bruk bør settes i samarbeid med byggherre og/eller leietaker(e). Det er god praksis å regne med samme brukstid og belastning over hele året, også i sommermånedene. En bygnings bruk kan endres gjennom livsløpet og det er derfor viktig at bygningen og tilhørende tekniske anlegg er robust til å yte tilfredsstillende også i en sommersituasjon som med en leietaker kan ha redusert bruk. Et typisk eksempel hvor sommerdrift ofte neglisjeres er skoler. Det anbefales imidlertid at også skoler evalueres for sommerperioden av minimum administrasjonen og områder som benyttes av skolefritidsordning, samt eventuelt sommerskole og voksenopplæring.

Generelt bør man simulere med 100 % samtidighet ved dimensjonering av hvert enkelt rom, eventuelt med spisepause eller lignende hvis det antas å være normalt bruksmønster. Ved vurdering av reelt energibehov eller dimensjonering av energiforsyning bør man derimot ha lavere samtidighet. Eksempelvis vil ikke alle arbeidsplassene i et kontorbygg være bemannet samtidig som de samme personene er i alle møterom og kantine. Et problem i en del nyere bygg er at man i oppvarmings sesongen og overgangssesongene har forutsatt høyere samtidighet i bygget for at rommene skal holde høy nok temperatur, men når faktisk samtidighet er under 50 % så blir det for kaldt i en del rom.

En del rom er det naturlig å kun ha kortere perioder med full samtidighet, for eksempel kantine – som gjerne brukes intensivt 1-2 timer løpet av en dag, men hvor kjøkkenet er i full bruk hele dagen, gjerne fra tidlig morgen av. For rom som ligger langs en vestvendt fasade kan det være særlig viktig å vurdere noe lengre brukstid enn standard 8-16.

Eksempler på typiske brukstider for rom i kontor og skole er vist i Vedlegg 4.



Figur 5-12 Eksempel på bruksprofil for personbelastning



5.5 Klimadata

Klimadata er en svært sentral inputparameter i en inneklimasimulering. Det er følgelig viktig å benytte korrekt klimadata.

5.5.1 Klimadatabaser og klimageneratorer

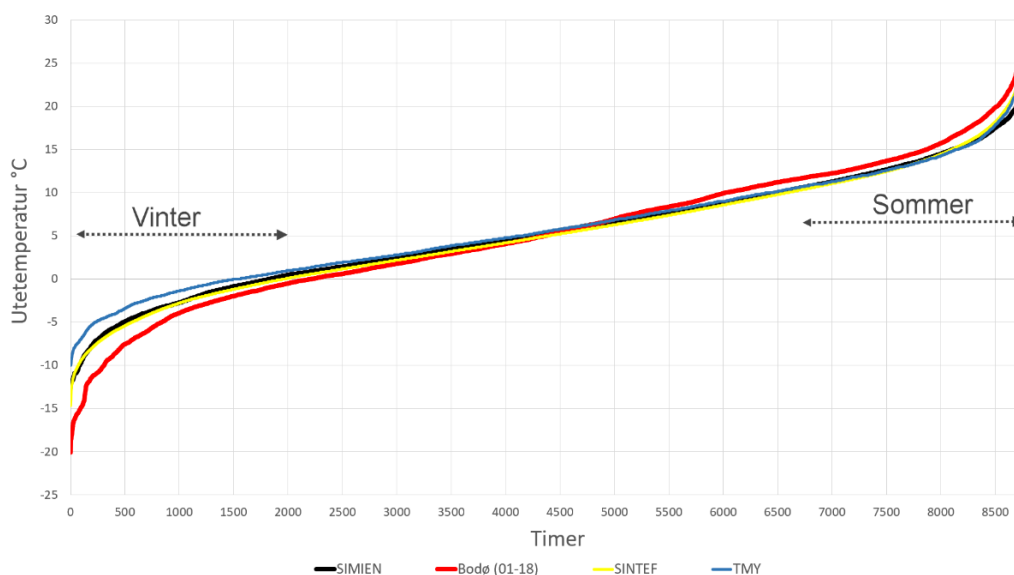
Det finnes et flertalls klimadatabaser som tilbyr klimadata for energi- og inneklimasimuleringer. Noen klimadatabaser inneholder datasett for et helt år, andre som eksempelvis klimadatabasen M21, har ikke et tilstrekkelig dataunderlag for å lage en klimadatafil. M21 inneholder temperaturdata for dimensjonerende sommer- og vinterdøgn for et stort antall steder i Norge. Dette er klimadata som brukes i stort omfang i inneklimasimuleringer. Eksempler på klimadatabaser med mer omfattende klimadatasett er ASHRAE Fundamentals og Energy Plus.

Det bemerkes at det ikke finnes en standard for generering av klimadata for inneklimasimuleringer p.t. Dette er viktig å tenke på før det benyttes klimadata fra ulike klimadatabaser, som trolig er tilpasset energiberegninger. Enkelte programmer benytter ren statistisk tilnærming ved generering av et klimadatasett for en referanseperiode. Det er viktig å vurdere om dette egner seg for formålet ved arbeid med å beregne effektbehov og/eller dokumentere inneklima i bygg.

5.5.2 Valg av klimadata

Klimadatafiler fra programmer som Meteonorm har gjerne en flatere varighetskurve enn formatet som passer til inneklimasimuleringer og vurdering av effektbehov. Dette skyldes at det ofte i slike programmer gjøres en gjennomsnittlig betraktning av variablene i en klimadatafil, og at uttaket og oppsettet i klimadatafilen gjerne er basert helt og fullt på en statistisk tilnærming. Det er spesielt under sommerperioden og vinterperioden man er avhengig av en realistisk og noe konservativ tilnærming i varighetsdiagrammet.

Figur 5-16 viser prinsipielt forskjellen på klimadatafiler som er genert med hensikt å benyttes i energiberegninger (gul, svart og blå linje), samt en syntetisk klimadatafil som er mer egnet for inneklimasimuleringer og effektdimensjoneringer.



Figur 5-16: Varighetsdiagram for Bodø, med klimadata hentet fra SIMIEN, TEK-sjekk energi, [TMY](#), plottet sammen med et klimadatasett for Bodø utarbeidet med klimadata generert ved hjelp av [WRF](#).



6 Metode

De ulike beregningsverktøy som i dag benyttes på det norske markedet har svært ulik detaljeringsgrad, inneholder forskjellige funksjoner, benytter seg av ulike klimadatasett og baserer seg på forskjellige matematiske modeller. Dette gjør at brukerne av verktøyene har et stort og varierende spillerom for dokumentasjon av termisk inneklimate. Et resultat er at anbefalinger og konklusjoner knyttet til termisk inneklimate kan variere veldig avhengig av hvem som utfører simuleringene og hvilket verktøy som benyttes.

Når myndighetskrav dokumenteres, er det viktig at det finnes klare føringer på hvordan dette skal utføres - slik at byggherrer, entreprenører og brukere opplever en konsensus om metodikk i bransjen. Dette vil bidra til å redusere risiko for ulike tolkninger, feil og i større grad tilrettelegge for etterprøving. Det reduserer også mulighetene for konkurransefortrinn ved å spekulere i justeringsmuligheter i de ulike beregningsverktøy. Slike konkurransefordelaktige justeringer går typisk alltid på bekostning av reelt termisk inneklimate.

I de etterfølgende kapitler vil noen av de mest sentrale temaer innen metodikk for vurdering og simulering av termisk inneklimate belyses. Det fokuseres på de områder som erfaringsmessig håndteres ulikt i bransjen og som har størst konsekvens på konklusjonene som trekkes, samt avvik mellom teoretisk og reelt termisk inneklimate i etterkant. Det gis også veiledning til hvordan man kan utføre målinger av termisk inneklimate for etterprøving og kontroll.

Hvilke verktøy som er tilgjengelige og som benyttes mest vil naturlig variere over tid. Veilederne tilstreber i denne sammenheng å være så nøytral som mulig. I de etterfølgende kapitler om metode vil derfor ikke anbefalinger, eksempler m.m. knyttes direkte opp mot enkeltverktøy, men generaliseres.



6.1 Bruk av dynamiske simuleringsverktøy

Når flere ulike verktøy benyttes til dokumentasjon av de samme ytelsene eller krav, er det viktig å ha et bevist forhold til hvilke funksjoner og detaljeringsgrad et verktøy bør ha for å kunne brukes til ulike vurderinger av termisk inneklima. Veilederen kan ikke diktere hvilke verktøy som skal benyttes når. Verktøyene utvikles kontinuerlig, noen verktøy forsvinner og andre kommer inn på markedet. Det er ikke hensiktsmessig å legge opp til at en bransjeveileder oppdateres i takt med utviklingen på denne fronten.

Det som er viktig er at de som utfører vurderinger på termisk inneklima er godt kjent med verktøyet de velger å benytte, og dermed har forutsetninger for å vurdere dets egnethet for fysikken som vurderes.

Under listes det opp noen sentrale momenter som vil være viktige å ta med i en vurdering av et simuleringsverktøys egnethet for en konkret oppgave relatert til termisk inneklima. Det presiseres at listen ikke er uttømmende.

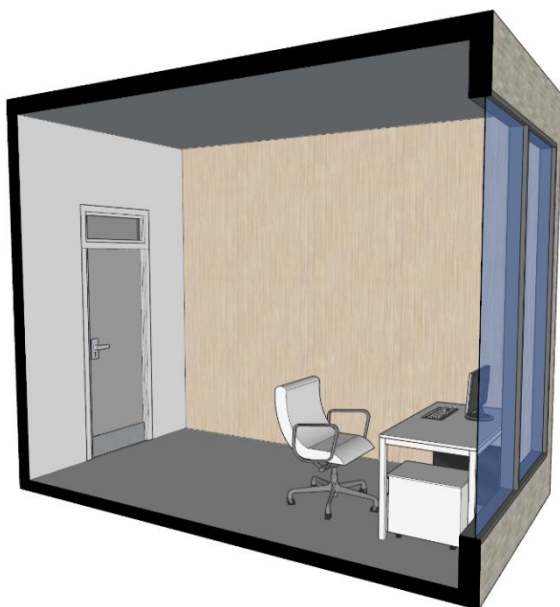
- Retningsbestemte temperaturforhold
- Gjennomsnitt eller posisjonsavhengige temperaturforhold for beregningssone, både vertikalt og horisontalt.
- Overflatetemperaturer
- Håndtering av skjerming/skygger
- Håndtering av ulike ventilasjonsprinsipper og luftbevegelser
- Definisjon av areal klimaskjerm og oppvarmet luftvolum
- Definering og styring av solskjerming
- Termisk samspill/dynamikk med tilstøtende beregningssoner
- Matematisk modell for lufting og styring av dette
- Matematisk modell for oppvarmings- og kjøleenheter
- Matematisk modell for glasskonstruksjoner med eller uten spektraldata
- Matematisk modell for bygningsmessige egenskaper
- Styringsmuligheter for klimatekniske installasjoner
- Styringsmuligheter for solavskjerming
- Tilgjengelige klimadatasett

I det følgende gis noen enkle overordnede føringslinjer for bruk av enkle, avanserte programmer og situasjoner hvor det p.t. bør vurderes å benytte CFD⁴.

⁴ En sentral forskjell mellom det som her menes med enkle og avanserte programmer er i hvor stor grad gjennomsnittsbetraktninger benyttes fremfor bruk av flere noder/knutepunkter på konstruksjoner og overflater. Sistnevnte muliggjør blant annet vertikal og horisontal posisjonsavhengighet av termiske forhold. Av de mest anvendte simuleringsverktøy i det norske markedet i dag er IDA ICE et eksempel på et mer avansert simuleringsverktøy, mens SIMIEN representerer et noe mer forenklet alternativ når det gjelder vurderinger av termisk inneklima.



1.



2.



3.



Eksempler på rom:

1. Ingen solavskjerming
2. Mellomliggende solavskjerming
3. Innvendig solavskjerming

Anbefalinger knyttet til bruk av program:

- Ingen solavskjerming (enkelt og avansert program), men husk å korrigere for direkte sol
- Mellomliggende- og innvendig solavskjerming (avansert program)

Begrunnelse:

Enkle programmer vil gjerne beregne feil innvendig overflatetemperatur grunnet enklere beregningsmodeller for sol, og enklere fysiske modeller for varmetransport gjennom vinduer mv.

Andre relevante eksempler hvor det anbefales å benytte et avansert program:

- Elektrokromatisk belegg/glass med sterkt varierende g-verdi
- Glass med integrert solavskjerming



4.



1. Utvendig solavskjerming

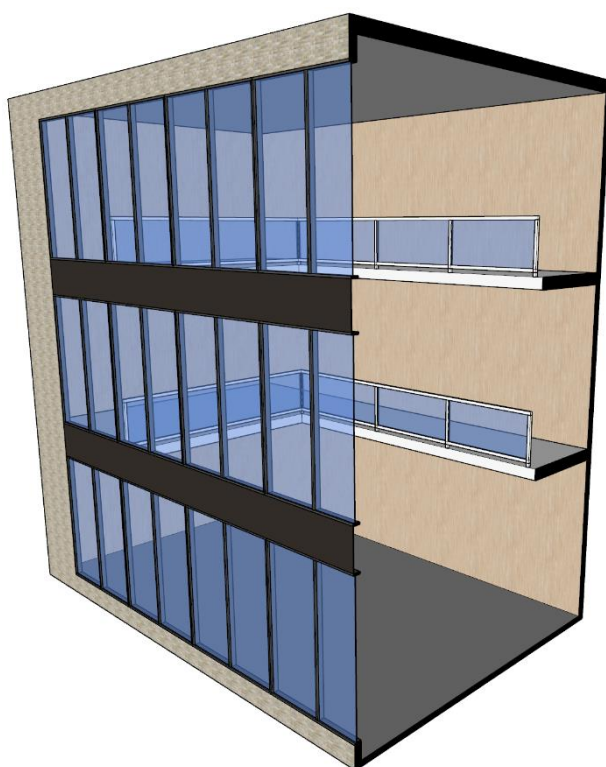
Anbefalinger knyttet til bruk av program:

- Avansert og enkelt program

Begrunnelse:

Med en utvendig solavskjerming vil hovedandelen av varmetilskuddet elimineres utenfor vinduskonstruksjonen. Dette medfører at betydningen av programmenes kompleksitet knyttet til beregning av solstråling, samt hvordan programmene regner på varmetransport gjennom vinduer blir minimal med tanke på beregnet operativ temperatur i sonen(ene) som vurderes.

5.



2. Atrium

Anbefalinger knyttet til bruk av program:

- Forenklet vurdering (avansert program)
- Full analyse (CFD)

Begrunnelse:

De fleste programmer (enkle og mer avanserte) er bygget på modeller som er basert på små kontrollerte volum «cellekontor».

Ved simulering av store volum, slik som atrium, vil hverken termisk sjikting av luften i atrium eller den vertikale temperaturgradienten kunne vurderes tilstrekkelig med enkle programmer.

Ved bruk av enklere programmer til simulering av atrium, bør man ha god kjennskap til luftstrømninger i slike volum og den termiske sjiktingen av luften.



6.2 Simuleringsperiode

Når det er valgt egnet simuleringsverktøy for oppgaven, er det viktig at man velger simuleringsperioder som gir et riktig helhetsbilde av de termiske forholdene i de vurderte rommene.

Hva som blir mest riktig i det enkelte tilfellet avhenger i stor grad av type bygg, romutforming og valgt klimatiseringskonsept.

De vanligste alternativene er å se på et dimensjonerende døgn for sommer/vinter og årssimuleringer. Det finnes også verktøy der man kan se på et dimensjonerende døgn for den enkelte måned i året eller fritt angi den perioden som ønskes studert.

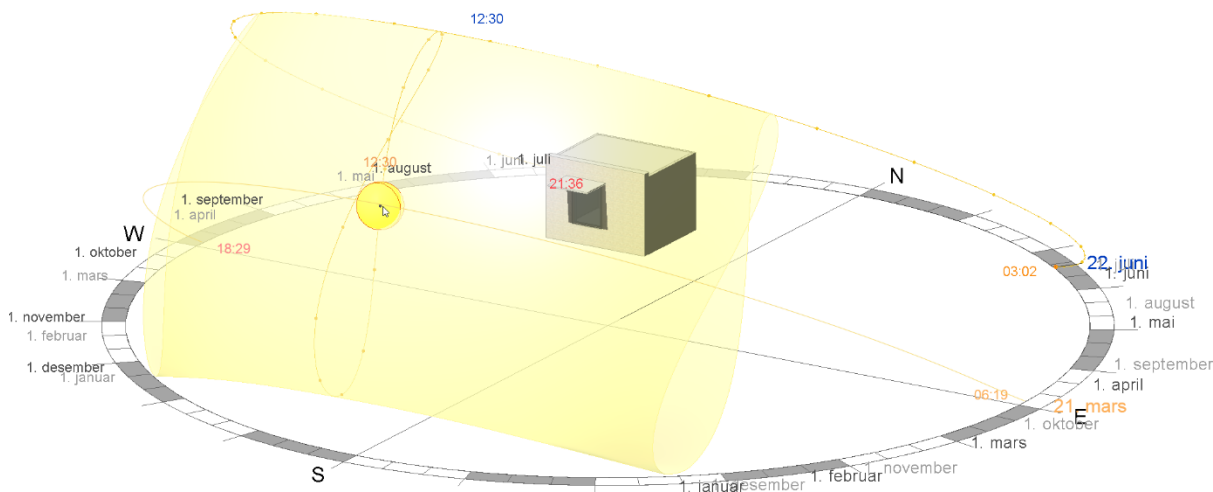
En ting som er viktig å være bevisst på, er hvordan startforholdene for simulering defineres, og antall repeterende simuleringer som gjøres for det valgte døgn eller i forkant av en valgt periode. Startbetingelser og innsvingningstid er mer utdypende beskrevet i kapittel 6.4.2. Det bør dessuten vurderes om antallet repetitive døgn med dimensjonerende forhold er realistiske for den lokasjon man studerer.

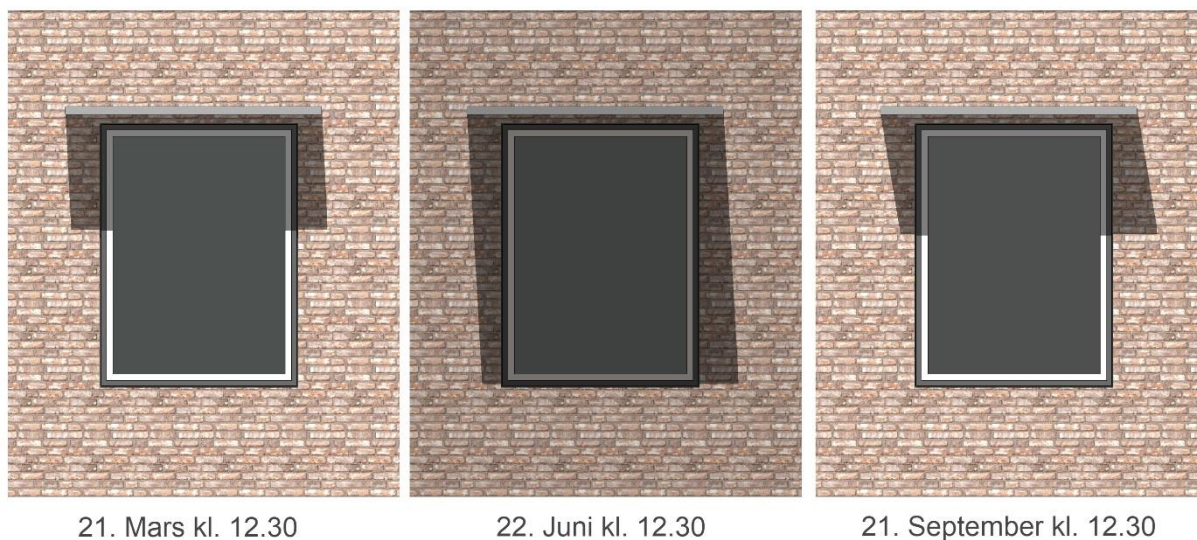
6.2.1 Dimensjonerende døgn eller årssimulering?

Et sentralt argument for å se på årssimuleringer, eller flere utvalgte perioder av et år, er å fange opp overgangssesongene; vår og høst. I disse periodene står solen lavere, noe som gjør at arealer som sommertid er skjermet av overheng, balkonger o.l. vil kunne få et betydelig høyere eksternt varmtilskudd fra sol, som illustrert i Figur 6-1.

En del klimatiseringsløsninger opererer også ulikt avhengig av tid på året. Hvordan klimainstallasjonene håndterer overgangsperioder kan derfor være viktig å studere. Et eksempel kan være at utetemperaturene kan svinge veldig i en overgangsperiode mens kjøleanlegget enda ikke er aktivert. Et annet eksempel kan være vurdering av interne møterom som ikke påvirkes av uteforholdene og som har kjølebehov hele året. Det er flere eksempler på interne møterom som opplever overtemperatur og for lav kjølekapasitet når sentrale installasjoner går over til vinterdrift og høyere tilluftstemperatur.

Ved årssimuleringer er det viktig å ikke kun fokusere på overtemperatur, men også sørge for at man har kontroll på minimumstemperaturer. Det er viktig å sørge for at nødvendig styring er på plass slik at ikke løsninger for å unngå overtemperatur i noen rom skaper undertemperaturer i andre. Dette gjelder spesielt hvis det er større forskjeller i det climatekniske anleggets driftsmoduser avheng av om det er sommer eller vinter.





Figur 6-1: Eksempel på varierende skyggeforhold gjennom året for et cellekontor mot sør med overheng over vinduet.

For boliger som per i dag typisk prosjekteres uten kjøling, vil det ved vurdering av overtemperatur være tilstrekkelig med dimensjonerende sommerdøgn. Dette på grunn av at kjøleeffekten fra ventilasjon og vinduslufting er høyere i overgangsperiodene, som jevnt over har lavere utetemperatur enn dimensjonerende sommerforhold.

For yrkesbygg med mekanisk vannbasert kjøling blir saken en annen. Her anbefales det at det i tillegg til å gjennomføres simuleringer på dimensjonerende sommer- og vinterdøgn, gjøres årssimuleringer eller utvalgte deler av overgangssesongene. Dette for å sikre at de reelle dimensjonerende forhold for termisk inneklima fanges opp og evalueres.

6.2.2 Kvalitet klimadata

Som beskrevet i kapittel 5.5 kan årsklimafilene være tilpasset energiberegninger og være lite egnet for inneklimaberegninger. Slike klimafilene fanger eksempelvis ikke opp sammenhengende perioder med enten svært høye eller svært lave temperaturer, og er dermed uegnet for dimensjonering av klimatekniske installasjoner og vurdering av termisk komfort alene. Dimensjonerende sommerdøgn som er definerte i simuleringsverktøyene er derimot bedre dokumentert. Det anbefales derfor å ikke kun basere sine vurderinger på årssimuleringer, men heller se på dette som et supplement for å fange overgangsperioder som vår/sommer og høst/vinter, og danne seg et bilde av varigheter av de høyeste og laveste temperaturforhold i lokalet/rommet som studeres.



6.3 Utvelgelse av rom

Det bør gjennomføres termisk inneklimatestimeringer av både *typiske* og *kritiske* rom. Hensikten med å vurdere typiske rom er for å optimalisere styring, luftmengder, dimensjonering av tekniske installasjoner osv. Dette delkapittelet gir imidlertid kun retningslinjer for valg av kritisk rom. I enkelte bygg kan det være mange kritiske rom, og i slike tilfeller anbefales det at ansvarlig prosjekterende velger det antall og plassering som de mener er tilstrekkelig for å dokumentere et tilfredsstillende/godt termisk innemiljø.

Hvilke rom som betraktes som kritiske, varierer fra prosjekt til prosjekt, og spesifikke vurderinger må utføres i hvert enkelt prosjekt. Tabellen nedenfor gjengir sentrale faktorer som har betydning for valg av kritiske rom. Listen er imidlertid ikke uttømmende. I rom hvor interne varmelaster er dimensjonerende sammenlignet med soltilskudd, for eksempel møterom/grupperom i kjerne, bør temperaturforholdene også kontrolleres for en vintersituasjon med høyere tilluftstemperatur enn det som legges til grunn for sommerdrift.

Tabell 6-1: Fokuspunkter for definisjon av kritiske rom. Listen er ikke uttømmende, men som et generelt utgangspunkt.

Yrkesbygg	Bolig
Skyggeforhold	Skyggeforhold
Forhold vindu-/gulvareal	Forhold vindu-/gulvareal
Orientering	Orientering
Prosjektets størrelse	Prosjektets størrelse
Interne belastninger	Leilighetstyper
Bruksprofiler	Åpningsareal for utlufting
Variasjon i romtyper	Mulighet for krysslufting
Ventilasjonsprinsipp	Innglasset balkong

Ved utvelgelse av rom anbefales det at man i samråd med byggherre og/eller brukere av bygget sørge for å kartlegge tiltenkt bruk i tilfredsstillende grad, både hva gjelder brukstid og belastning. Eksempelvis bør det i skoler vurderes hvorvidt forskjellige rom skal kunne brukes i sommerferien og/eller etter normert skoletid, og det anbefales videre å gjøre fornuftige vurderinger av interne belastninger og bruksprofiler i brukstiden. Konsekvens for byggets fremtidige fleksibilitet bør særlig vurderes dersom brukstiden og/eller belastningen antas å være begrenset, og at kritiske perioder ikke inkluderes i antall timer med overtemperaturer.



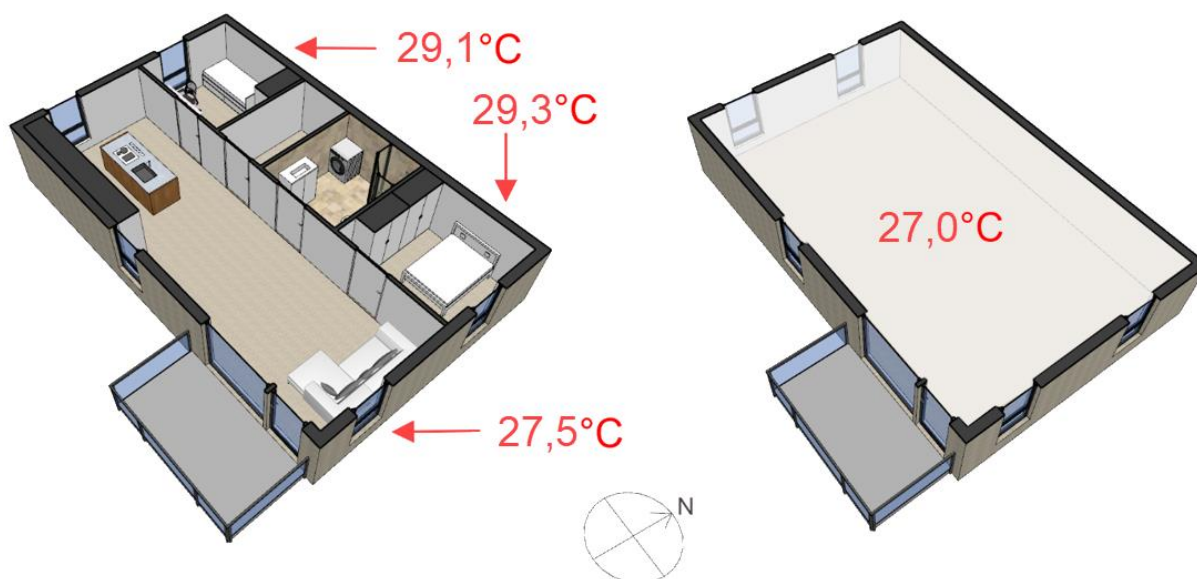
6.4 Modelleringssteknikk

I dette kapitlet gis anbefalinger for modellering og simulering av termisk inneklima. Det anbefales at anbefalingene følges i det enkelte prosjekt, med mindre det er utført detaljstudier med for eksempel CFD-analyser, for å optimere de ulike parameterne.

6.4.1 Modellering av rom

Det er spesielt viktig å tenke på hvordan sonene i beregningsprogrammet bygges opp. Generelt sett varieres det i måten man modellerer soner i bransjen, som medfører ulike resultater og konklusjoner, spesielt knyttet mot omfang av utvendig solavskjerming.

I eksempelet under illustreres en mulig konsekvens av å modellere en hel leilighet som en sone, sammenlignet med å modellere rom for rom. I ytterste konsekvens, kan man ved å modellere hele leiligheten som et rom, fatte feil konklusjon, som kan medføre at ett eller flere rom reelt sett ikke imøtekommer ytelser til termisk komfort. Anbefalte ytelser til termisk inneklima i TEK gjelder per rom for alle rom for varig opphold. Videre medfører modellering av hele leiligheten at man ikke er i stand til å uttale seg om hvilke vindu(er) som reelt sett trenger utvendig solavskjerming eller hvilke rom der luftemuligheter bør bedres. Ved å modellere en hel leilighet som en sone vil man ofte få et urealistisk høyt luftskifte, gitt av lufting ved vinduer og/eller dører. Det anbefales at man modellerer opp rom for rom, og ikke hele leiligheter, slik man eksempelvis gjerne gjør ved energimerking av leiligheter.



Figur 6-2: Eksempel på innvirkningen av soneinndeling på beregnet operativ temperatur.

Det anbefales generelt å anta lukkede rom/soner, uten luftstrømning mot tilgrensende rom. Dette begrunnes med at luftstrømmer mellom rom er spesielt komplekst (luftstrømmer gjennom dører og spalter/åpninger), og at dette er noe selv de avanserte programmer håndterer i svært begrenset grad p.t. Det er da naturligvis viktig å være bevisst på at en slik tilnærming for flere romtyper/soner vil kunne være noe konservativ avhengig av type og reelt bruksmønster.



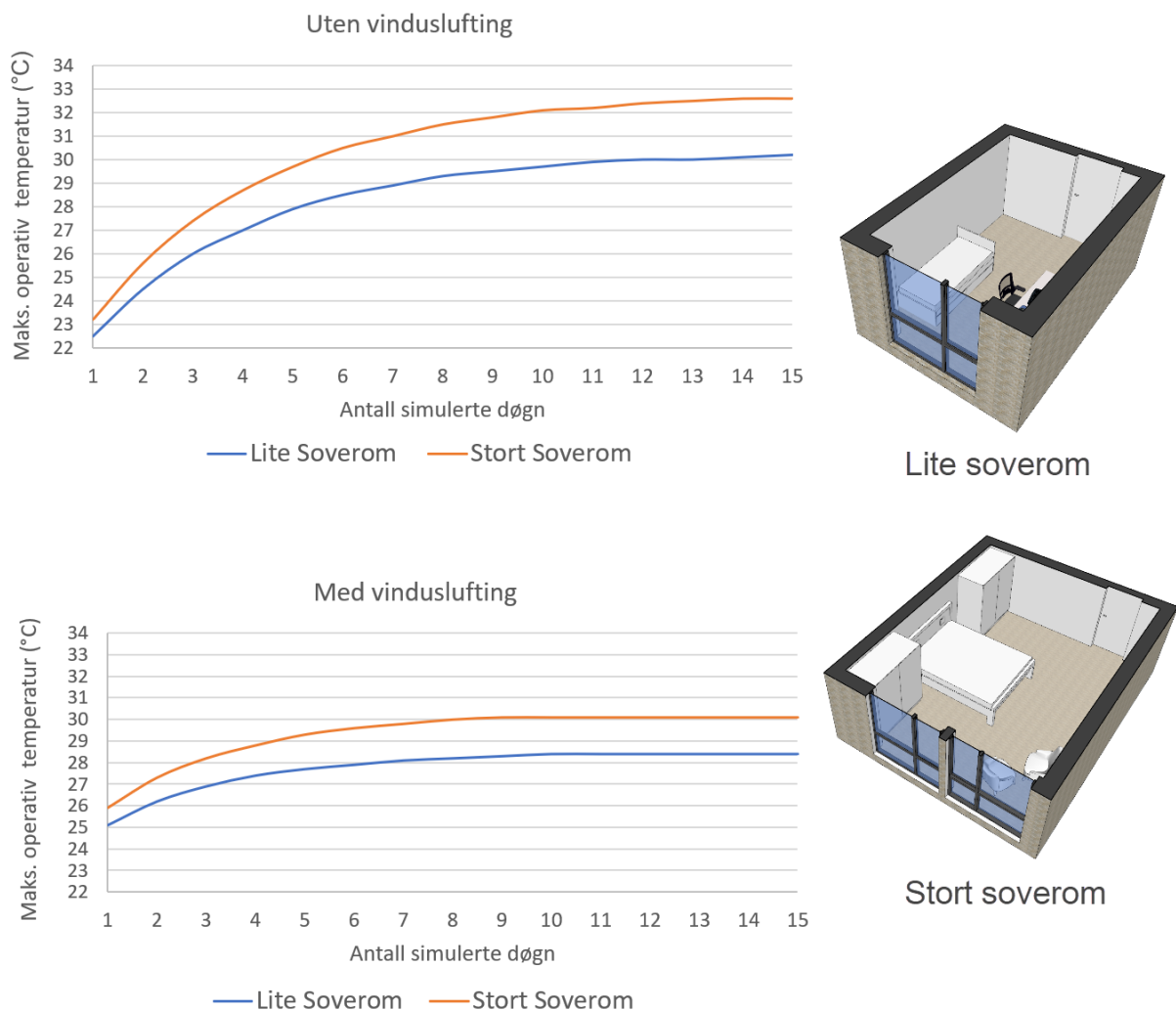
6.4.2 Innsvingningstid

I tilfeller hvor man simulerer med et dimensjonerende sommerdøgn, er det høyst relevant å ta stilling til hvor mange døgn man skal simulere med. Enkelte kravspesifikasjoner krever at man simulerer med tre døgn, mens andre krever en lengre periode.

Historisk sett har vi for et flertalls steder i Norge gjerne en varm sommerperiode som strekker seg over alt fra fem til ti dager. Det er derfor hensiktsmessig at vi simulerer med minst fem dager av dette hensyn.

Videre bør det tas stilling til varmelagringen i rom. Desto mer termisk masse man har i et rom, jo lengre tid vil det ta før man oppnår maks operativ temperatur innendørs, se Figur 6-3.

Det anbefales derfor at man simulerer med en periode på minst fem dager, når man benytter ASHRAE Heat Balance Method (betegnet sommersimulering og overheating i de mest anvendte programmene i Norge).



Figur 6-3: Illustrasjon av hvordan operativ temperatur forløper seg som funksjon av antall dager med varmt vær i en inneklimasimulering etter HBM-metodikk, for en lite og et stort soverom uten lufting (øverst) og med vinduslufting (nederst).



6.4.3 Ventilasjon og lufting

Fra gammelt av har lufting vært et essensielt virkemiddel både for temperaturkontroll og for å oppnå tilfredsstillende luftkvalitet innendørs. I dag benyttes hovedsakelig mekanisk ventilasjon for å sørge for tilstrekkelig friskluft tilførsel og mekanisk kjøling (via ventilasjon eller lokalkjøling) for temperaturkontroll. For yrkesbygg er det ofte termisk inneklima som er dimensjonerende for luftmengden. Gjennom kontrollert tilførsel av tilstrekkelige mengder friskluft av god kvalitet og fjerning av brukt luft vil man kunne få en betydelig uttynning av innendørs luftforurensning.

Dør- og vinduslufting benyttes dog fortsatt, f.eks. i boliger, for å utjevne temperaturen inne under de varmeste periodene av året. Boliger har normalt ikke høye nok mekaniske luftmengder eller kjøling av tilluft for å kontrollere termisk inneklima i disse periodene. Det er også eksempler på pilotprosjekter, bl.a. for kontorbygg, hvor naturlig ventilasjon og hybridventilasjon har fått sin renessanse og hvor vinduslufting er en viktig del av klimatiseringsstrategien til byggene.

Ved simulering av naturlig ventilasjon i bygg er det svært viktig å gjøre et korrekt anslag av effektivt åpningsareal og sørge for at man opererer med fornuftige resulterende luftskifter. Det er også viktig å tenke på at effekten av naturlig ventilasjon kan være liten ved ugunstige klimatiske forhold (varm og vindstille sommerdag). Beliggenhet, klimadata, himmelretning og høyde over bakkenivå kan være noen viktige parametere å huske på ved vurdering av naturlig ventilasjon.

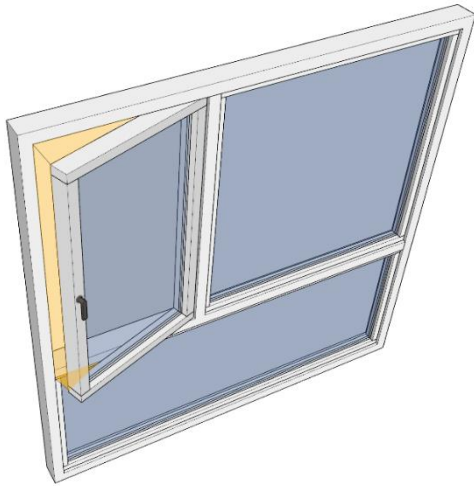
6.4.3.1 Åpningsareal

Åpningsareal er en essensiell input for beregning av luftstrømning gjennom dør- og vindusåpninger. Det er svært viktig å anslå et mest mulig korrekt åpningsareal, slik at en ikke overestimerer luftstrømningen. I det følgende er det valgt å trekke frem et vindu, med tre ulike åpningsmuligheter. Åpningsarealet er illustrert med transparent gul farge i Figur 6-4 til Figur 6-6/figur 6-7.

Det er viktig å ha et bevist forhold til hvordan åpningsarealet påvirker luftskiftet ved dør- og eller vindusluftingen. I enkelte programmer åpnes det kun for å legge inn et vindusareal uten videre mulighet for å styre luftingen og selve åpningsarealet som benyttes. I slike tilfeller, og når det legges inn et åpningsareal som tilsvarer at vinduet og/eller døren står helt åpent, er det viktig å tenke på at dette kan gi urealistisk høye luftskifter i sonen som vurderes. Dette er videre omhandlet i kapittel 6.4.3.2.

I figurene fremkommer ikke effekten av vinduenes plassering i selve vegglivet, og effekten av innvendig utføring. Dette er elementer som vil påvirke luftstrømningen, gjennom å bidra til en større luftmotstand. Ideelt sett bør slike effekter inkluderes i åpningsskoeffisienten for dør- eller vindusåpningen.

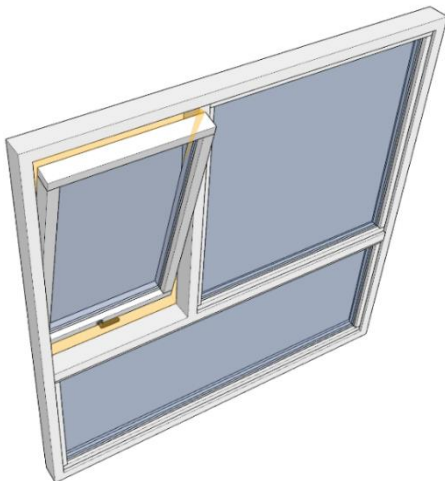




Figur 6-4: Åpningsareal for et sidehengslet vindu som er satt i låseposisjon.

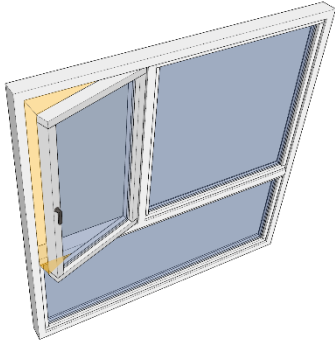
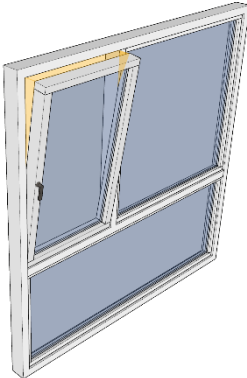
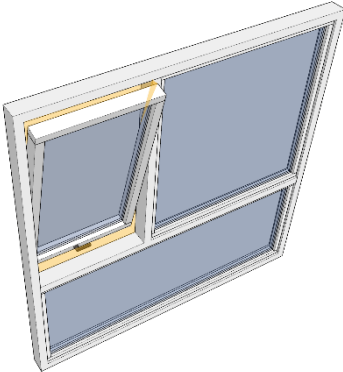


Figur 6-5: Åpningsareal for et bunnhengslet og/eller topphengslet vindu som er åpnet så mye systemet tillater.



Figur 6-6: Åpningsareal for et vindu med sidesving. Når et vindu åpnes på denne måten, vil kald uteluft strømme inn ved vinduets bunn og varmere inneluft ut i vinduets topp. Slike vinduer har et større effektivt åpningsareal, som vil avhenge av hvor mye vinduet er åpnet. Åpningsarealet er for slike typer er sammensatt av et areal nede, som gjerne er større enn arealet oppe. Det effektive åpningsarealet avhenger følgelig av hvor mye vinduet svinges/åpnes.

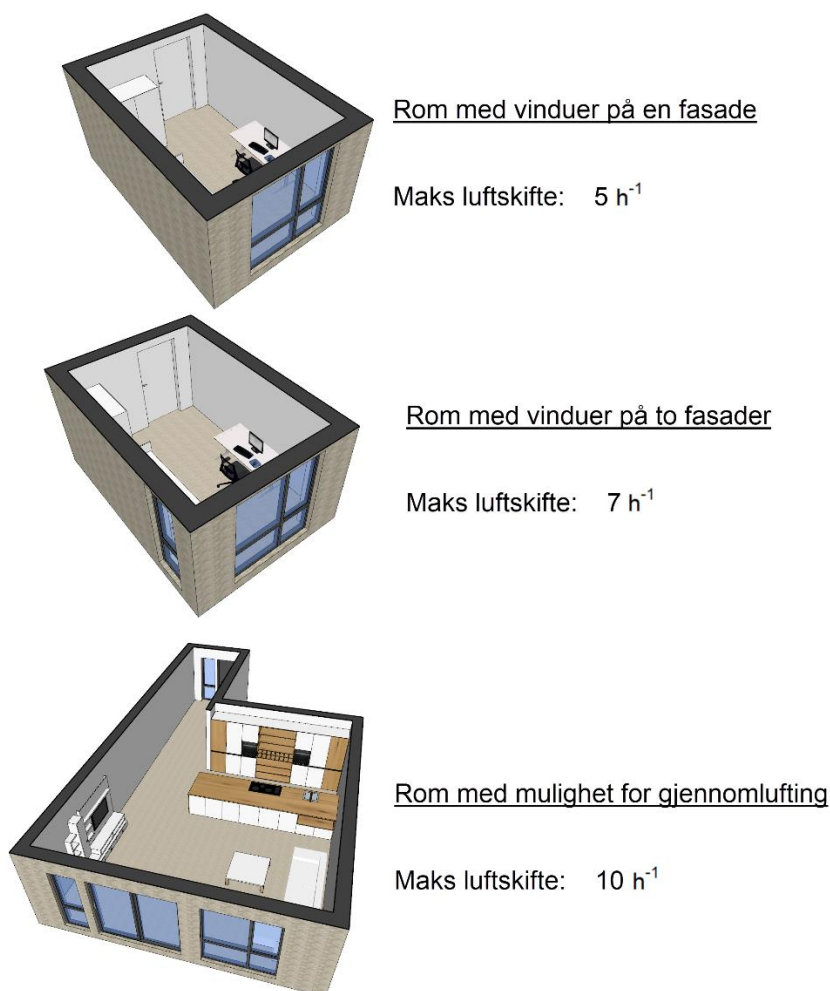


Type element	Illustrasjon	Fordel/ulempe med tanke på lufting og effektivt åpningsareal
Vindu med en sidehengslet innadslående åpningsbar del – sideåpning		(+) Åpningsarealet er større enn for samme vindusvariant med tilt. (+) Med et slikt vindu kan man lufte samtidig som utvendig solavskjerming er aktivert.
Vindu med en sidehengslet innadslående åpningsbar del – tilt		(+) Med et slikt vindu kan man lufte samtidig som utvendig solavskjerming er aktivert. (-) Åpningsarealet for en slik løsning er lavt, som medfører lave luftskifter fra vinduslufting
Vindu med en midthengslet åpningsbar del – tilt		(+) Åpningsarealet er gjerne stort for en slik løsning. (-) Med et slikt vindu kan man gjerne ikke lufte samtidig som utvendig solavskjerming er aktivert.
Balkongdører og skyvedører		(+) Åpningsarealet for balkongdører og skyvedører er spesielt høyt. (+) Løsningene lar seg kombinere med utvendig solavskjerming (markiser, pergola ellers tilsvarende.) (-) Med en balkongdør vil man gjerne måtte lukke døren ved betydelig vindbelastning ute, for ikke å ødelegge låsen. Med en skyvedør slipper man denne problematikken.



6.4.3.2 Luftskifte

Vinduslufting er essensielt i vurdering av imøtekommenhet av krav til termisk komfort i boligbygg, og andre bygg med naturlig ventilasjon. Det er derfor særlig viktig med fornuftige og realistiske anslag på luftskifte gitt av dør- og vinduslufting. Figuren under gir generelle anbefalinger for øvre nivåer for dør- og vinduslufting, som anbefales fulgt, med mindre det er utført omstendelige vurderinger som tilsier noe annet.



Figur 6-7: Anbefalte nivåer for luftskifter ved bruk av dør- og vinduslufting i ulike typer rom.

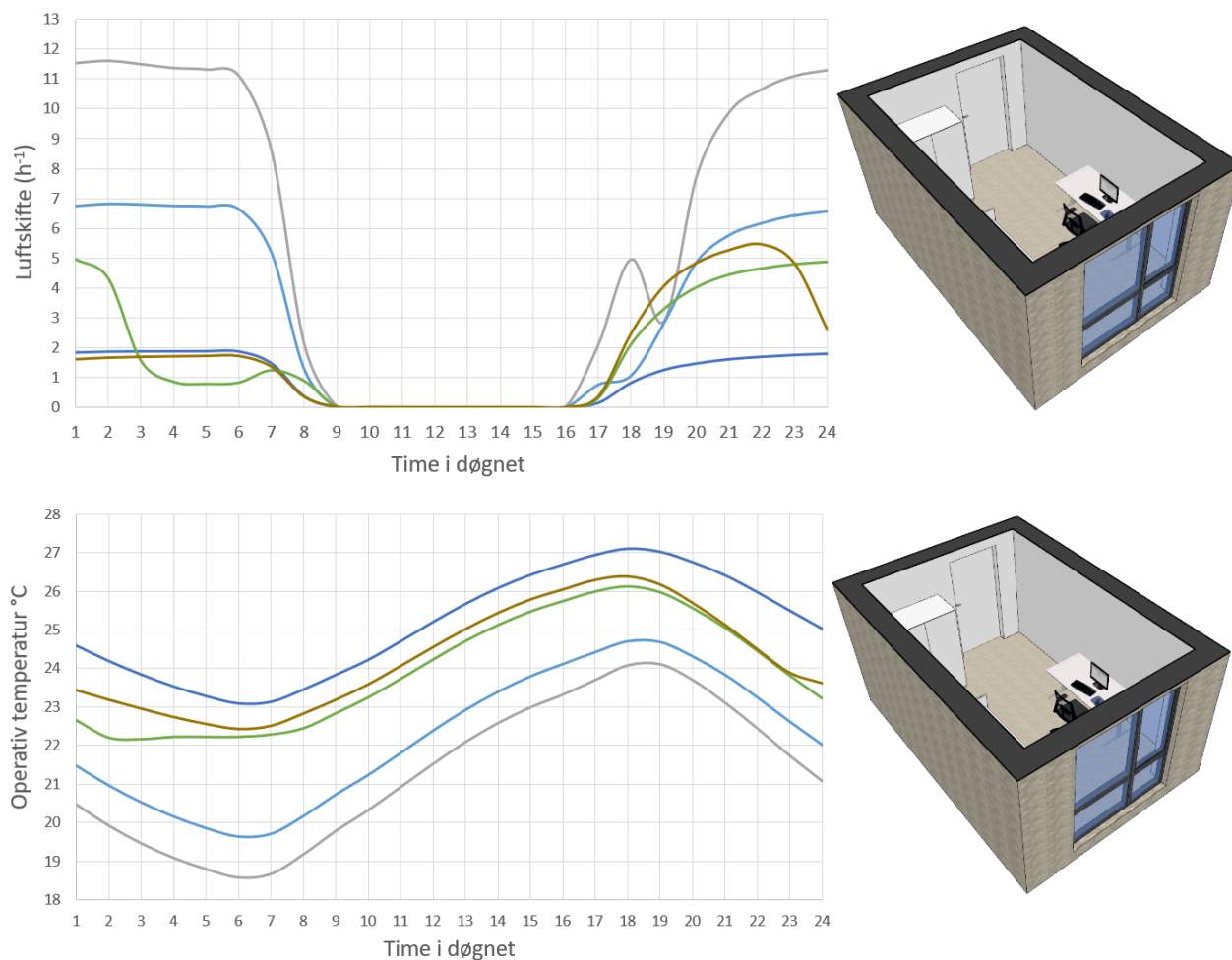
Anbefalingene gitt over er basert på et bredt utvalg av simuleringer samt retningslinjer gitt i (19). Det må tas hensyn til hvilket luftskifte man får i en inneklimasimulering, da selv fornuftige anslag på styring av dør og vinduslufting kan gi luftskifter som er høyst usannsynlige. Videre bemerkes det at ved aktivert solskjerming, vil luftstrømning gjennom en screenduk være tilnærmet null. Dette anbefales det at man tar høyde for i en inneklimasimulering.

En fellesnevner for de mest anvendte programmene i Norge er at luftskifte for rom med mulighet for gjennomlufting blir kraftig overestimert. I realiteten vil det kunne være fullt mulig å oppnå et maksimalt luftskifte på mer enn 10 h^{-1} for slike rom. På en annen side vil det for rom med luftskifter på mer enn 10 h^{-1} forekomme uheldige trykkforhold inne. Det er nærliggende å tro at en beboer vil lukke igjen dører/vinduer når det blåser mye ute. Dette er bakgrunnen for at det anbefales at øvre luftskifte som legges til grunn for slike rom begrenses til 10 h^{-1} .



Rom med vinduer på en fasade (ensidig ventilerte rom)

I det følgende gjengis resultater fra simulering av vinduslufting i et lite sør-ventd soverom, med vindu på en fasade (ensidig ventilert rom). Figuren under viser luftskifte gjennom en dag, ved ulike måter å modellere vinduslufting på. Det er viktig å påpeke at uheldige antakelser knyttet til dør- og vinduslufting kan gi svært feilaktige konklusjoner. Slik vist av figuren under, så kan operativ temperatur ved bruk av standardinnstillinger for vinduslufting, bli mer enn tre grader lavere, enn ved bruk av et realistisk og fornuftig anslag på vinduslufting for respektivt rom. I eksempelet under er rommet modellert med et vindu som har en åpningsbar del med dimensjonene (990 x 1 290) mm.



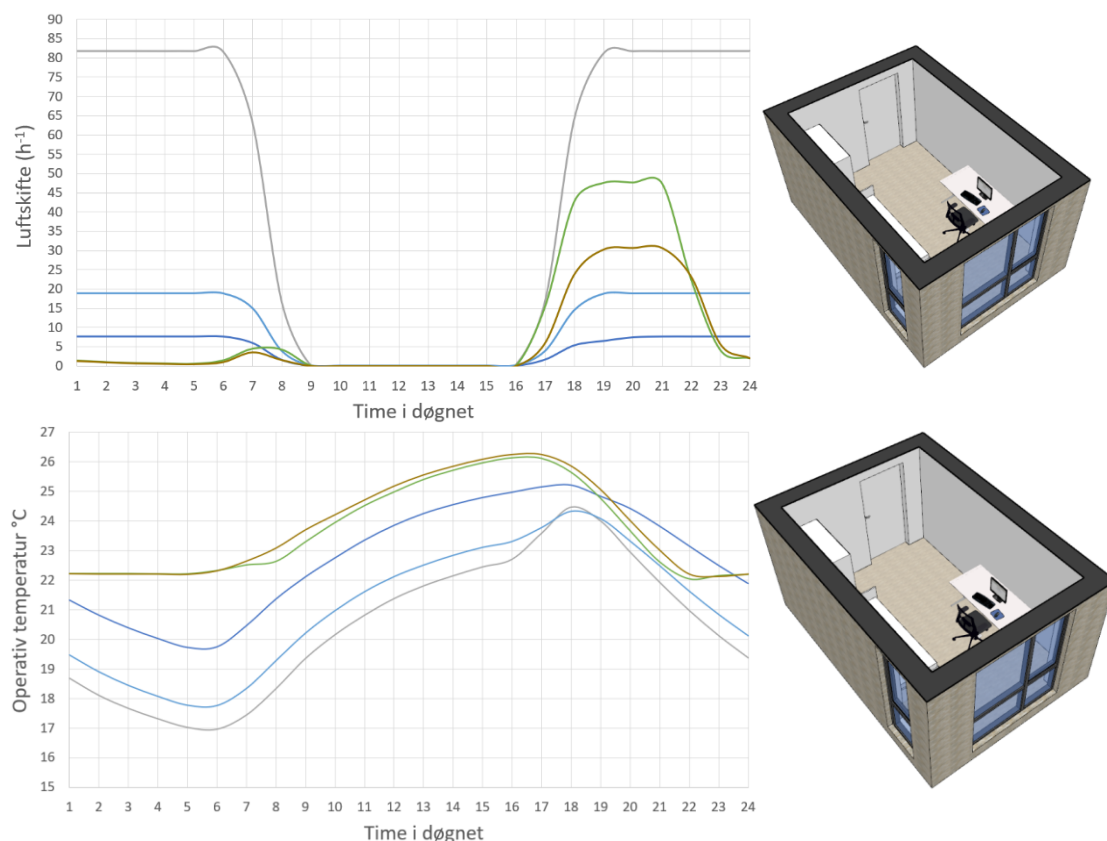
Figur 6-8: Øverste figur - Luftskifte fra vinduslufting. Den grå linjen viser hvilket luftskifte man kan få, ved kun å bruke standard innstillinger i et program. Videre viser grafen ulike måter å modellere vindusluftingen, med tidsbegrensning på når det luftes, og videre begrensning på hvor mye vinduet kan åpnes. Nederste figur - Operativ temperatur i soverommet som funksjon av ulike antakelser knyttet til vindusluftingen.

ELEMENT I STYRINGEN	TYPE STYRING				
LUFTEÅPNING	Låseposisjon	Hele den åpningsbare delen av vinduet (inkl. karm/ramme)	Hele den åpningsbare delen av vinduet (inkl. karm/ramme)	Hele den åpningsbare delen av vinduet (eksl. karm/ramme)	Effektivt åpningsareal tilsvarende 4 % av rommets BRA
ÅPNINGSAREAL	0,13 m ²	1,28 m ²	(0,13 – 1,28) m ²	0,96 m ²	0,67 m ²
ÅPNINGSKOEFFISIENT (C _D)	0,60	0,65	Variabel	0,30	0,60
PI-STYRING	100% fra 18.00-07.00, ellers lukket	100% fra 18.00-07.00, ellers lukket	100% fra 18.00-23.00, 50 % fra 23.00 til 07.00, ellers lukket	100% fra 18.00-23.00, 50 % fra 23.00 til 07.00, ellers lukket	100% fra 18.00-07.00, ellers lukket



Rom med vinduer på to fasader (tosidig ventilerte rom)

I det følgende gjengis resultater fra simulering av vinduslufting i et lite sør-ventt soverom, med åpningsbare vinduer på to fasader (tosidig ventilert rom). Figuren under viser luftskiftet gjennom en dag, ved ulike måter å modellere vinduslufting på. Slik det fremgår av figuren under, så kan en overestimering av luftskifte fra vinduslufting medføre feilaktig konklusjon og en differanse i operativ temperatur på to til tre grader for respektivt rom. De mest anvendte programmene for beregning av operativ temperatur i Norge håndterer vinduslufting på hver sin måte. En fellesnevner for respektive programmer er at luftskifte for et tosidig ventilert rom ofte blir kraftig overestimert. Det er derfor spesielt viktig å kontrollere hvilke luftskifter man oppnår i simuleringene, slik at man får kontrollert av luftskiftet ikke blir urealistisk høyt. I eksempelet under er rommet modellert med to vinduer som har to åpningsbare deler med dimensjonene (990 x 1 290) mm.



Figur 6-9: Øverste figur - Luftskifte fra vinduslufting. Den grå linjen viser hvilket luftskifte man kan få, ved kun å bruke standard innstillinger i et program. Videre viser grafen ulike måter å modellere vindusluftingen, med tidsbegrensning på når det luftes, og videre begrensning på hvor mye vinduene kan åpnes. Nederste figur - Operativ temperatur i soverommet som funksjon av ulike antakelser knyttet til vindusluftingen.

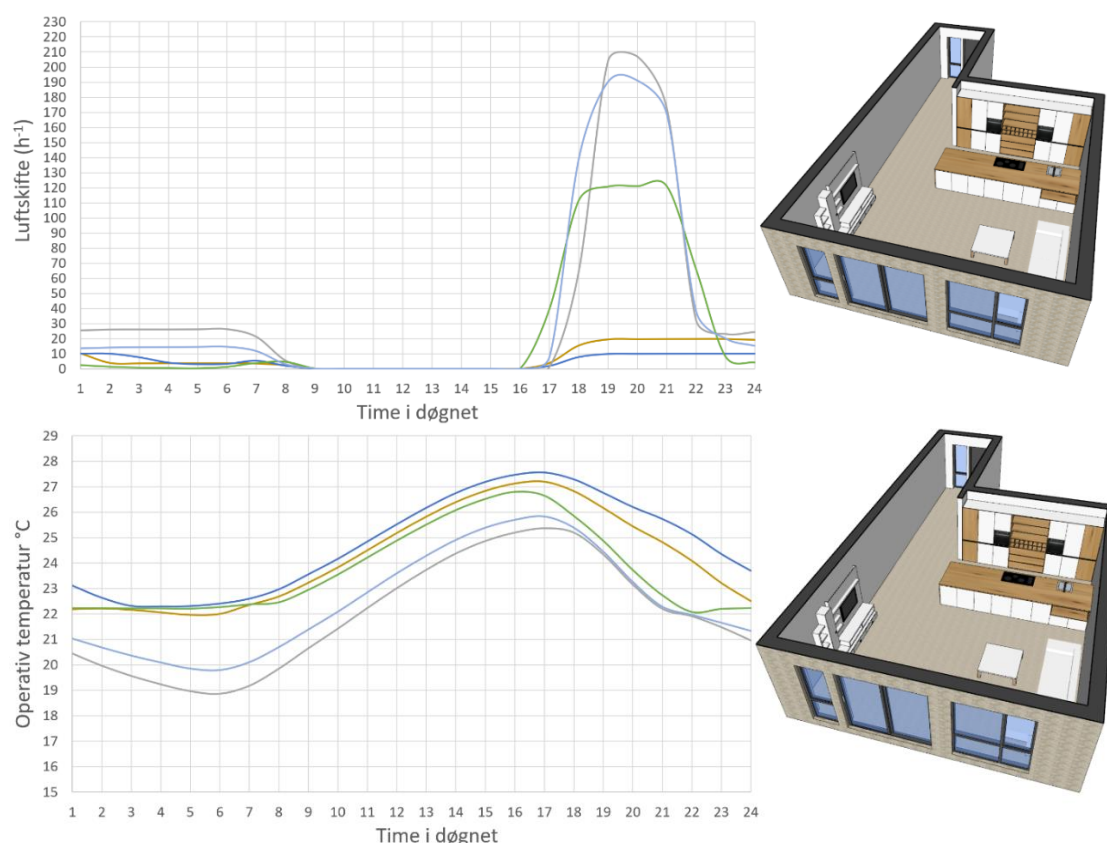
ELEMENT I STYRINGEN	TYPE STYRING				
LUFTEÅPNING	Låseposisjon	Hele den åpningsbare delen av vinduet (inkl. karm/ramme)	Hele den åpningsbare delen av vinduet (inkl. karm/ramme)	Hele den åpningsbare delen av vinduet (eksl. karm/ramme)	Effektivt åpningsareal tilsvarende 4 % av rommets BRA
ÅPNINGSAREAL	0,26 m ²	2,55 m ²	(0,26 - 2,55) m ²	1,92 m ²	0,96 m ²
ÅPNINGSKOEFFICIENT (C _D)	0,60	0,65	Variabel	0,30	0,60
PI-STYRING	100% fra 18.00-07.00, ellers lukket	100% fra 18.00-07.00, ellers lukket	100% fra 18.00-23.00, 50 % fra 23.00 til 07.00, ellers lukket	100% fra 18.00-23.00, 50 % fra 23.00 til 07.00, ellers lukket	100% fra 18.00-07.00, ellers lukket



Rom med mulighet for gjennomlufting

I det følgende gjengis resultater fra simulering av dør- og vinduslufting i et rom fra et boligprosjekt i Oslo, med åpningsbare vinduer på to motstående fasader (mulighet for gjennomlufting). Figuren under viser luftskiftet gjennom en dag, ved ulike måter å modellere vinduslufting på. Slik det fremgår av figuren under, så kan en overestimering av luftskifte fra vinduslufting medføre feilaktig konklusjon og en differanse i operativ temperatur på to til tre grader for respektivt rom.

I eksempelet under er det simulert med vinduer som til sammen har tre åpningsbare deler med dimensjonene (990 x 1 290) mm. I tillegg er det simulert med en skyvedør som i fullt åpent tilstand har en åpning på (990 x 2 190 mm) inkl. kram/ramme.



Figur 6-10: Øverste figur - Luftskifte fra vinduslufting. Den grå linjen viser hvilket luftskifte man kan få ved kun å bruke standard innstillinger i et program. Videre viser grafen ulike måter å modellere vindusluftingen, med tidsbegrensning på når det luftes, og videre begrensning på hvor mye skyvedøren og vinduene kan åpnes. Nederste figur - Operativ temperatur i rommet som funksjon av ulike antakelser knyttet til vindusluftingen.

ELEMENT I STYRINGEN	TYPE STYRING				
LUFTEÅPNING	Låseposisjon	Låseposisjon	Hele den åpningsbare delen av vinduene og skyvedør (inkl. karm/ramme)	Hele den åpningsbare delen av vinduene og skyvedør (inkl. karm/ramme)	Hele den åpningsbare delen av vinduene og skyvedør (inkl. karm/ramme)
ÅPNINGSAREAL	0,60 m ²	0,60 m ²	6,0 m ²	(0,6 - 6,0) m ²	6,0 m ²
ÅPNINGSKOEFFICIENT (C _d)	0,60 (-)	0,30 (-)	0,65 (-)	Variabel (-)	0,60 (-)
PI-STYRING	100% fra 18.00-07.00, ellers lukket	100% fra 18.00-07.00, ellers lukket	100% fra 18.00-07.00, ellers lukket	100% fra 18.00-07.00, ellers lukket	100% fra 18.00-23.00, 50 % fra 23.00 til 07.00, ellers lukket



6.4.4 Solavskjerming

Modellering av solavskjerming varierer i stor grad mellom ulike simuleringsprogram. Det bemerkes at det i enkle programmer i utgangspunktet kun er modeller for utvendig solavskjerming, mens mellomliggende solavskjerming og utvendig ekstern solavskjerming, slik som markiser, solseil mv., ikke kan modelleres direkte. Det anbefales derfor å benytte mer avanserte programmer for modellering av respektive typer solavskjerming.

I boligbygg benyttes det gjerne manuelt styrt solavskjerming. Det er derfor nødvendig å foreta en forenkling knyttet til styring av solavskjerming i boligbygg. Det anbefales generelt å benytte solavskjerming styrt etter en tidsplan og gjøre en forutsetning av hvilke tidspunkt solavskjermingen er aktivert. Dette kan eksempelvis antas når beboerne er på jobb og/eller helt til solen ikke lengre medfører ubehagelig varmestråling på respektiv fasade. Det er videre viktig at styring av solavskjerming ikke kommer i konflikt med vinduslufting. Aktivert solavskjerming vil bremse nesten all luftstrømning gjennom vindusåpningen.

For næringsbygg anbefales det at solavskjerming legges inn med tiltenkt automatikk. Dette betyr at fasader evt. deles opp med egne sensorer eller at ulike fasader kobles sammen, hvis det er tenkt styring av flere fasader etter samme sensor uten programmert solmodellering.

Det bemerkes at de fleste sensorer måler illuminans (lux) og ikke irradians (W/m^2) som man normalt legger inn i programvare. I tillegg har de mest anvendte leverandørene for styring av solavskjerming innebygd tregghet i styringen. Det vil derfor være hensiktsmessig å benytte en mest mulig virkelighetsnær styring av solavskjerming i inneklimasimuleringer. De mest avanserte programmene tillater å bygge makroer, som i sin helhet tilsvarer den reelle styringen av solavskjerming i det gitte prosjekt. I enklere programmer bør forenklingene kompenseres ved å benytte høyere sett-punkt for aktivering av solavskjerming (W/m^2). Dersom det ikke er mulig å styre solavskjermingen etter lux, anbefales det å legge til grunn sammenhengen mellom LUX og solstråling gitt ved W/m^2 i Tabell 6-2.

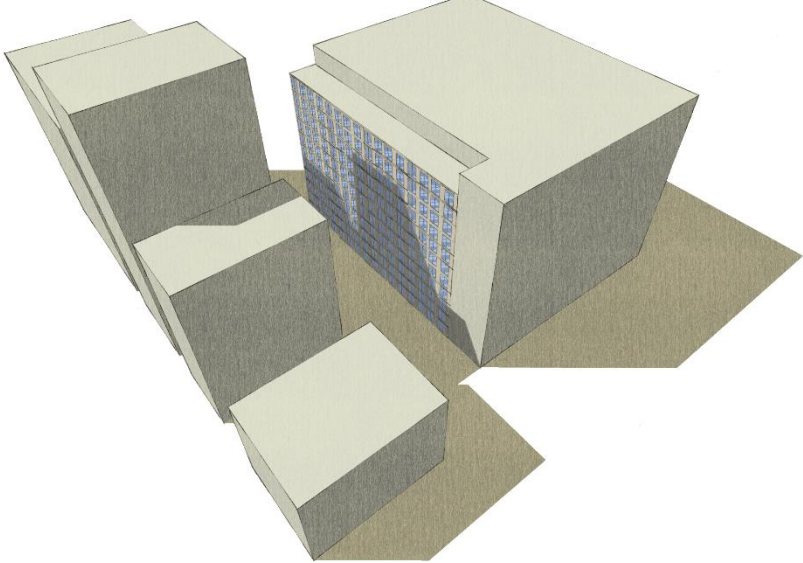
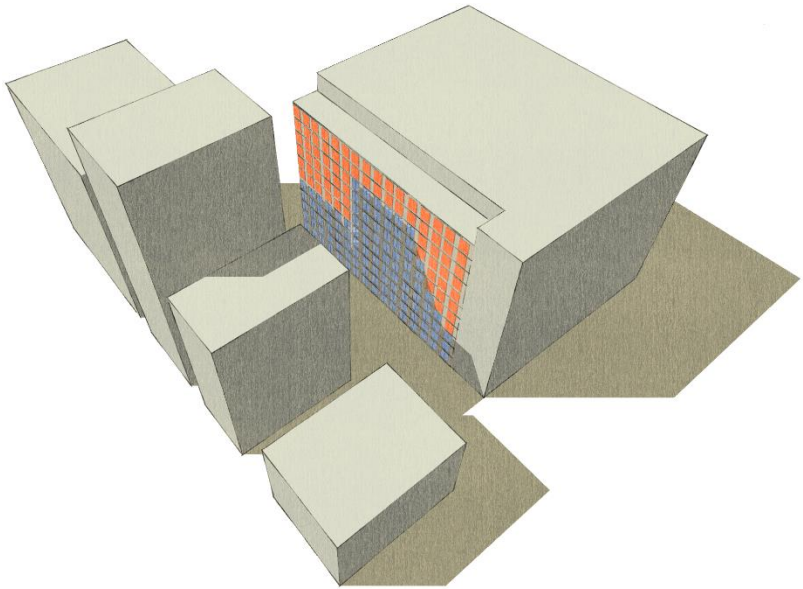
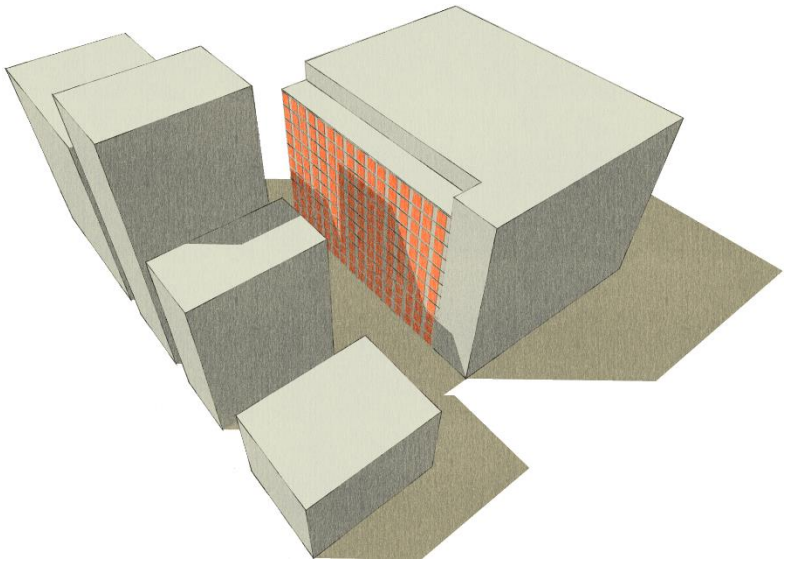
Tabell 6-2: Sammenheng mellom LUX og solstråling gitt ved W/m^2 , for klimafilen NS3031.

LUX	W/m^2	Skydekke (0-100)	I regneeksempelet er det benyttet en sammenheng mellom diffus solstråling på 133 lux/W, mens det for direkte solstråling er benyttet 103 lux/W. Beregningene er utført i programmet IDA ICE, med klimadata for Oslo fra NS 3031.
10 000	38	98	
12 500	55	59	
15 000	75	44	
17 500	94	37	
20 000	113	38	
22 500	141	84	
25 000	160	80	
27 500	177	54	
30 000	193	51	

Normalt sett monteres det kun en sensor per fasade i bygg med automatisk styrt utvendig solskjerming. Dette medfører at alle vinduer på en og samme fasade aktiveres eller deaktiveres samtidig, uavhengig av lokale forhold. I bygg hvor lokale skjermingsforhold har betydelig effekt, anbefales det å montere flere sensorer per fasade eller implementere en modell av bygget som hensyntar lokal skjerming som en del av reguleringsstrategien, slik at solavskjermingen blir styrt gunstigere.

I de fleste programmer styres hvert vindu for seg selv, uavhengig av hvordan fasaden i seg selv skyggelegges. Dette fører i praksis til en overoptimalisering, hvilket ikke er reelt. I slike tilfeller vil man oppnå et bedre inneklima med tanke på operativ temperatur, enn hva som normalt blir tilfelle når alle vinduer styres etter en og samme sensor plassert et sted på fasaden. Eksempelen under visualiserer dette.



	Utgangspunkt, hvor en fasade blir skyggelagt i varierende grad over byggets høyde.
	Overoptimalisert styring av utvendig solskjerming. Dette er en vanlig tilnærming i de mest anvendte programmene i Norge.
	Tradisjonell styring, med en sensor per fasade, som aktiverer all solavskjerming samtidig.



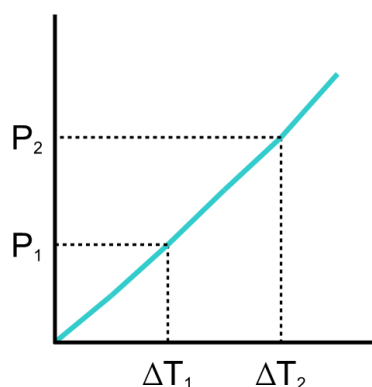
6.4.5 Romoppvarming- og kjøleløsninger

Det er viktig å ha et bevisst forhold til om simuleringsprogrammet man benytter til vurdering av termisk inneklima opererer med *ideelle* eller mer *realistiske* kjøle/varme enheter.

Når man i praksis skal velge f.eks. en kjøleenhet, er det temperaturdifferansen (ΔT) mellom middel vanntemperatur i baffelen og romlufttemperaturen som er styrende i enhetenes dimensjoneringstabell⁵. Tabell 6-3 viser et eksempel på en del av en dimensjoneringstabell for en typisk passiv kjølebaffle, hvor P er kjøleeffekt per meter baffel. Antar man at tur/returtemperatur til baffelen er 15°C/17°C, er middeltemperatur for vannet i baffelen 16°C. Ved 22 og 26°C romlufttemperatur blir da ΔT hhv. 6 og 10°C. Velges det en baffel med aktiv lengde 2,1 meter blir effektene hhv. 449 og 924 W. Blå linje i Figur 6-11 viser hvordan kjøleeffekten vil variere avhengig av temperaturen i rommet for en slik passiv baffel.

Tabell 6-3: Eksempel på dimensjoneringstabell for passiv kjølebaffle.

ΔT [°C]	P [W/m]
6	214
7	266
8	322
8,5	352
9	382
9,5	411
10	440
11	510



Figur 6-11: Kjøleeffekt ift. temperaturforskjell mellom vann og romluft for reel passiv baffel.

Det som ofte skiller ideelle enheter fra de mer realistiske er:

- Konstant ytelse uavhengig av temperaturforhold i og rundt enheten
- Ingen fysisk plassering i beregningssonen. Effekten midles typisk utover sonens innvendige omsluttende flater. Enheten gir da ingen lokale temperaturforskjeller i rommet avhengig av hvor den plasseres, og er derfor ikke egnet til å studere lokale termiske forhold på detaljnivå.
- Ikke koblet til et sentralt system. Innvirkningen enheten har på energibruk til og temperaturforhold rundt sentrale installasjoner og distribusjonsnett synes ikke.
- Manglende treghet/responstid. Treghet/responstid kan i stor grad påvirke det reelle temperaturforløpet i en sone, spesielt hvis den varme/kjøleenheten benytter seg av lavtemperaturvarme og/eller høytemperatur kjøling.

Eksempel: Ideell og mer realistisk kjøleenhet

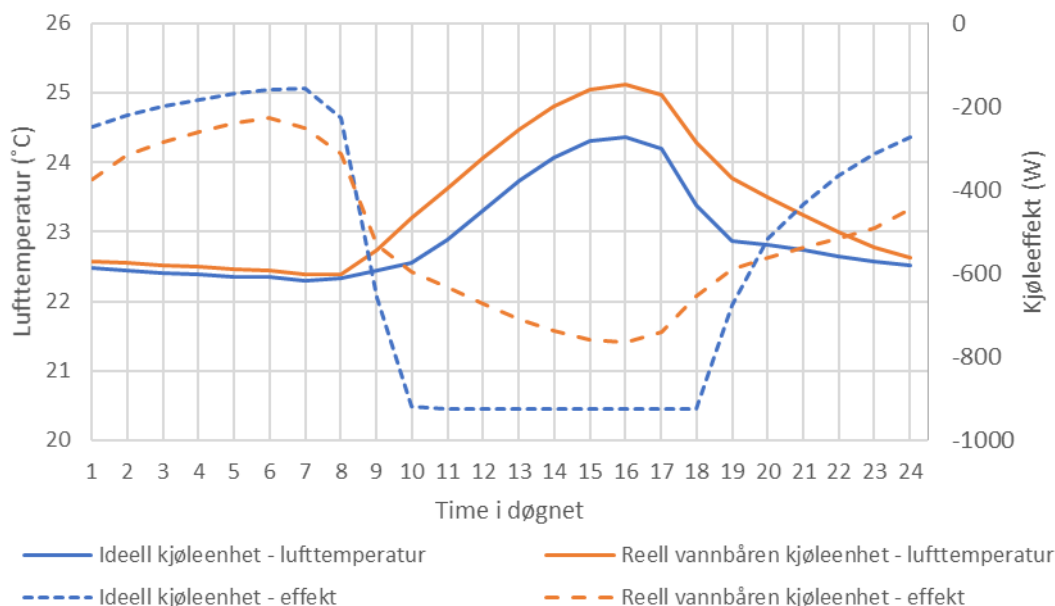
I det følgende gis et eksempel på vurdering av vannbåren komfortkjøling i et kontorlandskap ved bruk av ideell og mer realistisk kjøleenhet. Settpunkt for aktivering av kjøling er satt til en lufttemperatur på 22°C. Det er brukt dimensjonerende kjølekapasitet på 924 W ved en lufttemperatur på 26°C i begge scenarioene.

Figur 6-12 viser hvordan resulterende lufttemperatur og kjøleeffekt varierer over et dimensjonerende sommerdøgn, avhengig av om man simulerer med ideelle eller mer realistiske enheter. Figuren illustrerer at den ideelle enheten holder temperaturforløpet jevnt over noe lavere enn en mer reell enhet. Dette skyldes at den ideelle enheten benytter

⁵ I en slik dimensjoneringstabell tas det ikke hensyn til forskjell mellom lufttemperatur og operativ temperatur. Dersom man vurderer en situasjon med store forskjeller mellom lufttemperatur og operativ temperatur, bør dette kompenseres for ved valg av dimensjonerende maks lufttemperatur.



maksimal kjølekapasitet store deler av driftstiden, uavhengig av temperaturforholdene i og rundt enheten. Den mer reelle enheten vil derimot ikke yte maksimal kjøleeffekt før temperaturen i rommet har nådd maksnivået som ble lagt til grunn for dimensjoneringen, som i dette tilfellet er 26°C.



Figur 6-12: Variasjon i lufttemperatur og kjølekapasitet over et dimensjonerende sommerdøgn avhengig type enhet.

Figur 6-12 indikerer at det er fare for å underdimensjonere nødvendig kapasitet på kjøleenhet dersom man ukritisk velger kapasitet basert på simuleringer med ideelle enheter.

Anbefaling kjøle-/varmeanheter

I de fleste tilfeller er det uproblematisk å bruke ideelle enheter. Det som er viktig er å være bevisst på hvilken type enhet det er simulert med og hvordan resultatene bør benyttes videre. Dette gjelder både hvis resultatene skal benyttes til å dimensjonere varme- eller kjøleinstallasjoner i et rom eller hvis man skal vurdere termisk inneklima i et rom der slike installasjoner allerede er på plass.

I eksempelet over ser man at man i simuleringene med ideell kjøleenhet har mer kjølekapasitet i det temperaturområdet man ønsker å ligge enn det man har vil ha virkeligheten. Er marginene til ønsket temperaturnivå små i simuleringene kan man for eksempel kompensere for bruken av en ideell enhet på en av følgende måter:

- Simulere med et høyere settpunkt for aktivering av kjøling
- Velge en kjøleenhet som yter det behovet for kjøleeffekt som er kommet frem av simuleringene ved en lavere romlufttemperatur, f.eks. 24°C fremfor 26°C.

Begge disse fremgangsmåter vil til en viss grad kompensere for at man i virkeligheten ikke vil ha den simulerte ideelle effekt tilgjengelig ved lavere lufttemperaturer.

Arbeider man med systemer med liten temperaturdifferanse på det sirkulerende vann i enheten ift. romluften er det viktig å være klare over at man med ideelle enheter ikke fanger opp tregheten i et slikt system og at styringen ofte blir urealistisk ideell.



6.4.6 Variasjon av operativ temperatur og operativ temperatur med direkte solstråling

Som beskrevet i avsnitt 1.2 *Operativ temperatur*, gjøres det ofte forenklinger ved vurdering av MRT. Forenklinger som f.eks. å beregne MRT som arealvektet gjennomsnittstemperatur av alle omliggende flater og/eller neglisjere bidraget fra kortbølget stråling (f.eks. direkte solstråling) kan lede til stor feil i estimeringen av MRT for en person på en spesifikk posisjon. Særlig ved vurdering av moderne bygg med store glasspartier i fasaden, kan det forekomme store variasjoner i MRT for personer i rommet avhengig av avstand fra fasaden. I en slik situasjon vil de opplevde temperaturforholdene være svært påvirket av både kortbølget og langbølget stråling. Feil i estimeringen av MRT, vil føre til feil i estimering av operativ temperatur, noe som kan bidra til villedende resultater av termisk komfortanalysene.

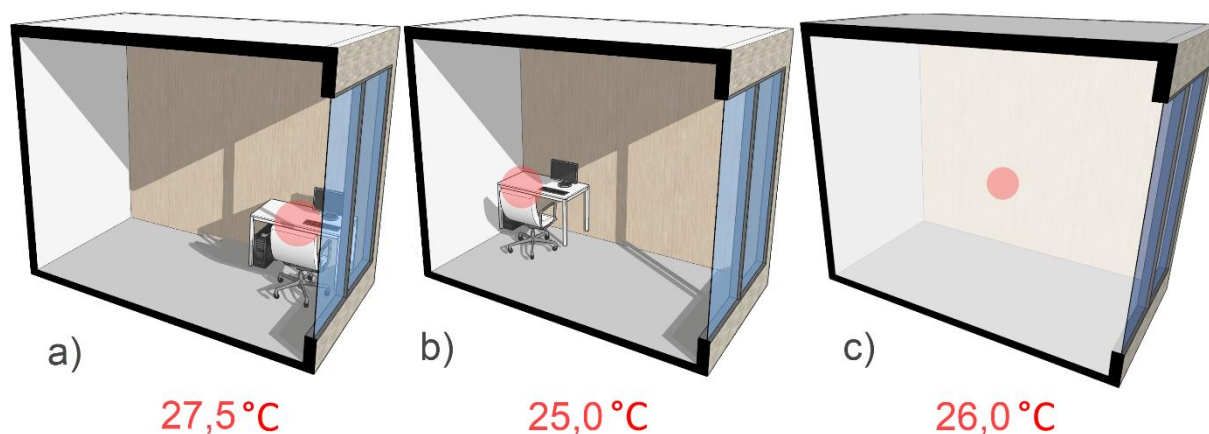
Som bruker av et simuleringsprogram er det derfor viktig å være klar over hvilke forenklinger programmet benytter i sine modeller og hvilke effekter disse forenklingene medfører. Dette er helt essensielt for å kunne gjøre gode og korrekte analyser av resultatene programmet gir.

6.4.6.1 Eksempel: Detaljeringsgrad for vurdering av operativ temperatur

Figur 6-13 a og b viser variasjon i maks operativ temperatur i et cellekontor for et dimensjonerende sommerdøgn (n50), som funksjon av arbeidsplassens plassering. Vurderingene er gjort i simuleringsprogrammet IDA ICE 4.8 med sonemodell *Climate*, hvor langbølget strålingsutveksling mellom flatene i rommet er beregnet iht. Stefan-Boltzmanns lov. Det er videre gjort en tilleggsvurdering av effekten av direkte sol ved hjelp av CBE Thermal Comfort Tool for ASHRAE-55. Figurene viser tydelig hvordan både langbølget og kortbølget stråling fra fasaden påvirker resulterende operativ temperatur avhengig av plassering i rommet. Enda mer distinkte forskjeller kan forekomme for større og dypere rom.

Figur 6-13 c viser resulterende maks beregnet operativ temperatur i samme cellekontor ved bruk av IDA ICE og sonemodell *Energy*, hvor MRT er beregnet som arealvektet gjennomsnittstemperatur av alle omliggende flater uten ytterligere vurderinger av direkte sol.

Eksempelet i Figur 6-13 c illustrerer at simuleringsprogram i større eller mindre grad vil gjøre forenklinger ved beregning av MRT, og at man i realiteten kan oppleve stor variasjon i opplevde temperaturforhold i et rom. I eksempelet i Figur 6-13 er det sannsynlig at arbeidsplassen er plassert ved vinduet og at den opplevde temperaturen er ubehagelig varm.

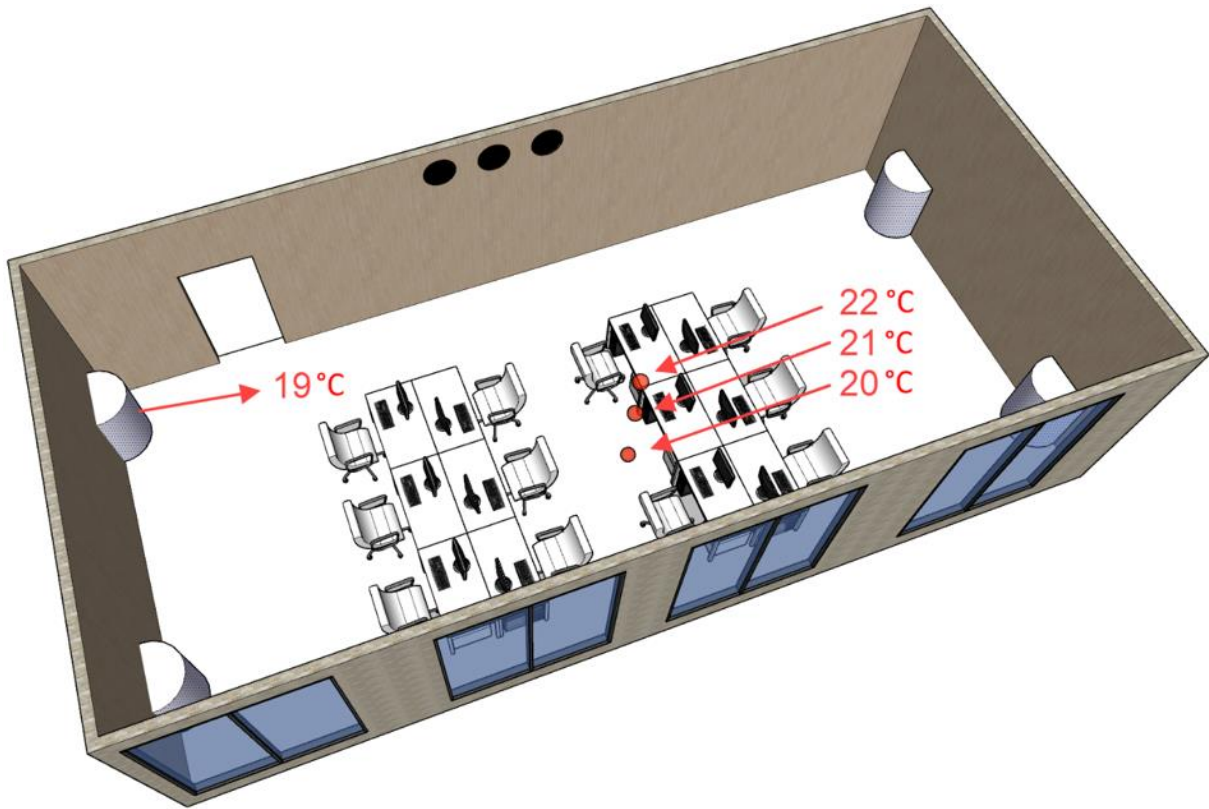


Figur 6-13: Illustrasjon på varierende operativ temperatur som funksjon av arbeidsplassens plassering i et vestvendt cellekontor, uten utvendig solavskjerming.



6.4.6.2 Eksempel fortrenningsventilasjon for å illustrere vertikal gradient

I rom med fortrenningsventilasjon er det spesielt viktig å vurdere den vertikale temperaturforskjellen i rommet. Dette ettersom at tilluftstemperaturen tilføres lavt, og kan medføre fare for følelse av trekk.



Figur 6-11: Eksempel på varierende operativ temperatur i rommets høyde ved fortrenningsventilasjon.

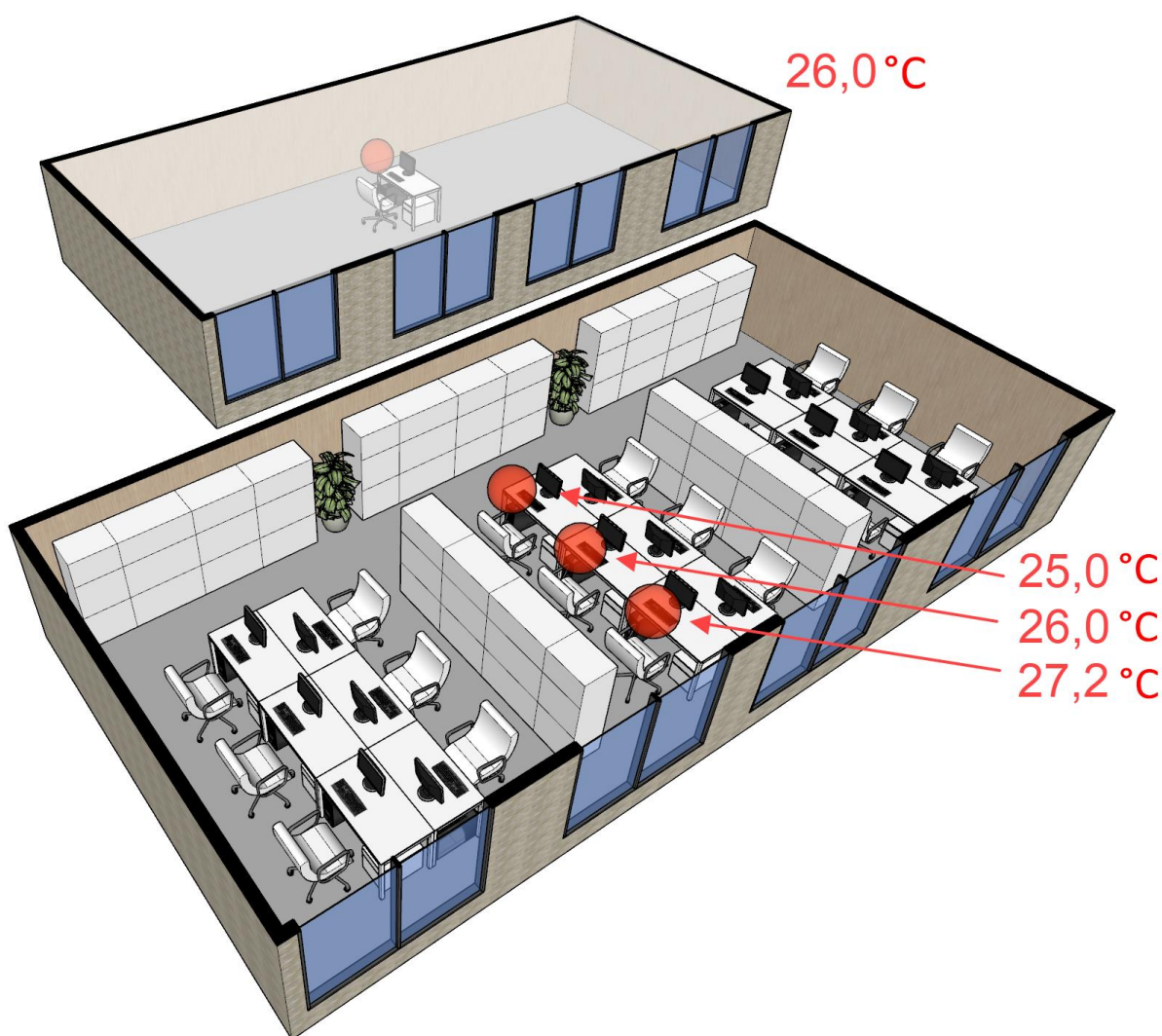


6.4.6.3 Anbefaling til detaljeringsgrad i vurdering av operativ temperatur

Store åpne rom: Ved vurdering av store åpne rom, som f.eks. kontorlandskap, bør man i tidligfase som et minimum vurdere kritisk posisjon innenfor oppholdssonen. Kritisk posisjon er gjerne nær fasaden og/eller i nærheten av tekniske installasjoner som bidrar til temperatursjiktning. Som et utgangspunkt anbefales det å teste et kritisk punkt 0,6 m fra fasaden.

Videre kan det være hensiktsmessig å vurdere et ekstra punkt lengre inn i rommet, for å sikre at det ikke er uohensiktsmessig store variasjoner i opplevelsen av de termiske forholdene i rommet.

Dersom man benytter et simuleringsprogram hvor MRT er beregnet som arealvektet gjennomsnittstemperatur av alle omliggende flater (enkelt program), anbefales det å lage en fiktiv liten sone ved fasaden. Den fiktive sonen kobles til omliggende sone og modelleres uten termisk masse i innervegger.



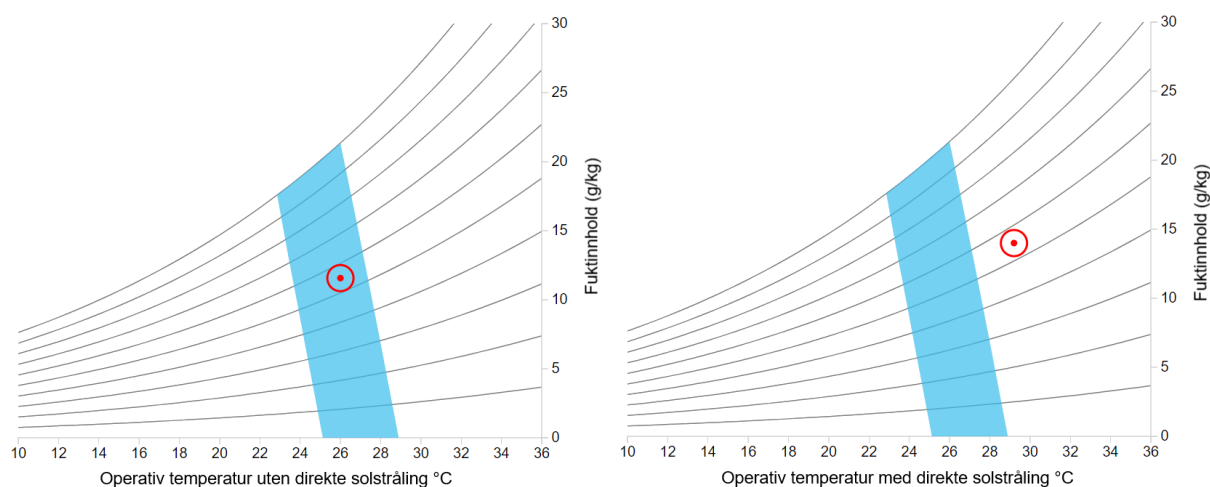
Figur 6-14: Illustrasjon av beregning av kontorlandskapet i et enklere program (øverst), og mer avansert program som åpnet for beregning av posisjonsavhengig operativ temperatur (nederst). De røde kulene angir eksempler på vurdering av termisk komfort for flere plasseringer i samme rom.



System med relativt høy direkte soltransmisjon: Direkte sol vil påvirke den opplevde temperaturen dersom det ikke brukes solskjerming eller brukes solskjerming med høy direkte soltransmisjon (solreflekterende belegg, solskjerming med høy perforeringsgrad o.l.).

På nåværende tidspunkt er det få simuleringsprogram som tar hensyn til dette, men arbeid er pågående. En mulighet for vurdering av effekten av direkte sol, er å benytte det nettbaserte verktøyet CBE Thermal Comfort Tool for ASHRAE-55 fra Berkeley.

Figur 6-15 viser operativ temperatur for en person som sitter ved et solbelastet vindu, f.v. uten og medregnet direkte solstråling. Eksempelet viser at operativ temperatur kan bli betydelig høyere når direkte solstråling medregnes.



T-glass (%)	Operativ temperatur uten direkte solstråling (°C)	Operativ temperatur med direkte solbelastning (°C)
50	26,0	29,4
40	26,0	28,7
30	26,0	27,5

Figur 6-15: Øverst: eksempel på operativ temperatur med og uten direkte solstråling.

Nederst: differanse mellom operativ temperatur med og uten direkte solstråling ved varians i direkte soltransmittansfaktor for vindusglass.

Kilde: CBE Thermal Comfort Tool for ASHRAE-55. I regneeksempelet over er det benyttet solstråling på fasaden tilsvarende 800 W/m², lufttemperatur i rommet er forutsatt lik 25,0 °C, operativ temperatur i rommet uten direkte solstråling er forutsatt lik 26,0 °C. Videre er det forutsatt at personen som utsettes for direkte solstråling har en eksponert andel på 40 %, hvilket tilsvarer en person som sitter ved en pult og arbeider.



6.5 Måling av termisk inneklima

For å etterprøve og kontrollere termisk inneklima kan det gjøres målinger. Et måleoppsett kan sprike fra en enkel lufttemperaturmåling til et komplekst oppsett som evaluerer termisk komfort gjennom måling av:

- Lufttemperatur
- Middelstråletemperatur/operativ temperatur
- Lufthastighet
- Luftfuktighet
- Overflatetemperaturer på varme/kalde overflater

Det henvises til Byggforsk byggdetaljblad 421.501 *Termisk inneklima. Betingelser, tilrettelegging og målinger* og NS-EN ISO 7726:2001 for nærmere beskrivelse av målinger av de nevnte parameterne.

Målinger bør dokumenteres med protokoll, bilder av måleoppsett, gyldig kalibreringsbevis og info om instrumentenes usikkerhet og oppløsning.

Hvilke målinger som er relevante avhenger av problemstillingen og omfang. Er det mistanker om problemer med kaldras er det fornuftig å måle lufthastighet og lufttemperatur ved ankelen. Hvis det er ubehagelig kaldt i en garderobe med gulvvarme er det naturlig å måle lufttemperatur og overflatetemperaturen på gulvet.

I Figur 6-16 og Tabell 6-4 viser et eksempeloppsett for detaljert måling av termisk inneklima i et møterom under sommerforhold. Det registreres klager om at rommet er ubehagelig varmt midt på dagen, og det mistenkes at det kan skyldes utilstrekkelig solskjerming. I eksempelet er det lagt opp til målepunkter som sammen gir et godt bilde av det termiske inneklimaet og mulige årsaker til misnøye:

1. Ved vinduet måles overflatetemperatur for a) innvendig solskjerming og b) innvendig vinduskarm for å avdekke evt. høye temperaturer som kan føre til ubehag
2. Nært vinduet måles lufttemperatur i a) hodehøyde (1,1 m), b) personens tyngdepunkt (0,6 m) og c) ankelhøyde (0,1 m) for å avdekke eventuelle vertikale temperaturforskjeller. I tillegg måles operativ temperatur i personens tyngdepunkt.
3. Midt i rommet måles lufttemperatur i hodehøyde og i personens tyngdepunkt. I tillegg måles operativ temperatur i personens tyngdepunkt, samt at lufthastigheten måles i hodehøyde for å avdekke eventuelt trekk fra ventilasjon/kjøling.
4. Tur/returtemperatur isvann fra kjølebuffel og tilluftstemperaturen måles for å kontrollere at kjølingen fungerer. I tillegg anbefales det å gjøre kontrollmålinger av massestrøm isvann og luftmengde for å kunne bruke målingene til å beregne hvor mye kjøling rommet tilføres.

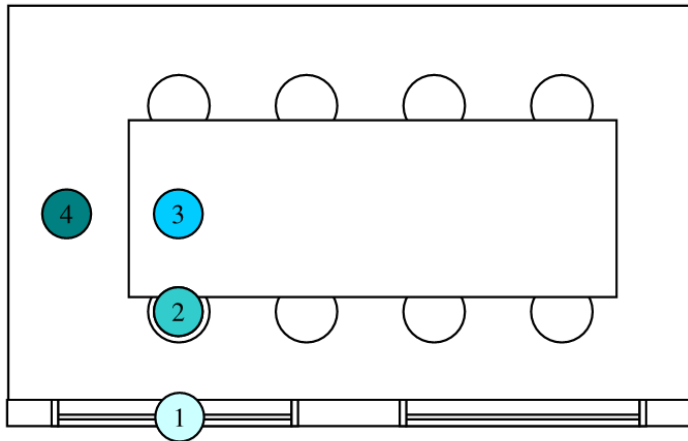
I eksempelet måles operativ temperatur direkte med en liten globe med diameter 5,0 cm. For målinger ved vindu der det kan være risiko for påvirkning av direkte sollys skal grå glober brukes (NS-EN ISO 7726:2001 vedlegg G og vedlegg B.2.3.6). En alternativ løsning er å måle globetemperatur ved bruk av standard globetermometer med diameter 150 mm. Globetemperaturen (t_g) kan, sammen med måling av lufttemperatur (t_a) og lufthastighet (v), brukes til å beregne middelstråletemperatur (t_{mr}) etter Formel 2. Middelstråletemperatur kan videre brukes til å beregne operativ temperatur (t_{op}) etter formel i kapittel 1.2.

$$t_{mrt} = t_g + 2,2(t_g - t_a) \times \sqrt{v}$$

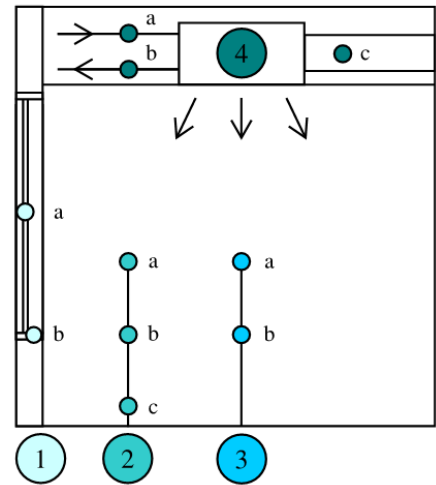
Formel 2



Sett ovenfra:



Sett fra siden:



Figur 6-16 Eksempeloppsett for måling av termisk inneklima.

Tabell 6-4 Målepunkter i eksempeloppsett for måling av termisk inneklima.

1) Vindu	a) Overflatetemperatur solskjerming
	b) Overflatetemperatur vinduskarm
2) 0,6 meter fra vindu	a) Lufttemperatur 1,1 m over gulv (nakke)
	b) Lufttemperatur og operativ temperatur 0,6 m over gulv (midje)
	c) Lufttemperatur 0,1 m over gulv (ankel)
3) Midt i rommet	a) Lufttemperatur og lufthastighet 1,1 m over gulv (nakke)
	b) Lufttemperatur og operativ temperatur 0,6 m over gulv (midje)
4) Ventilasjon og kjøling	a) Turtemperatur isvann til kjølebaffel
	b) returtemperatur isvann fra kjølebaffel
	c) Tilluftstemperatur



7 anbefalinger til nye forskrifter/veiledninger

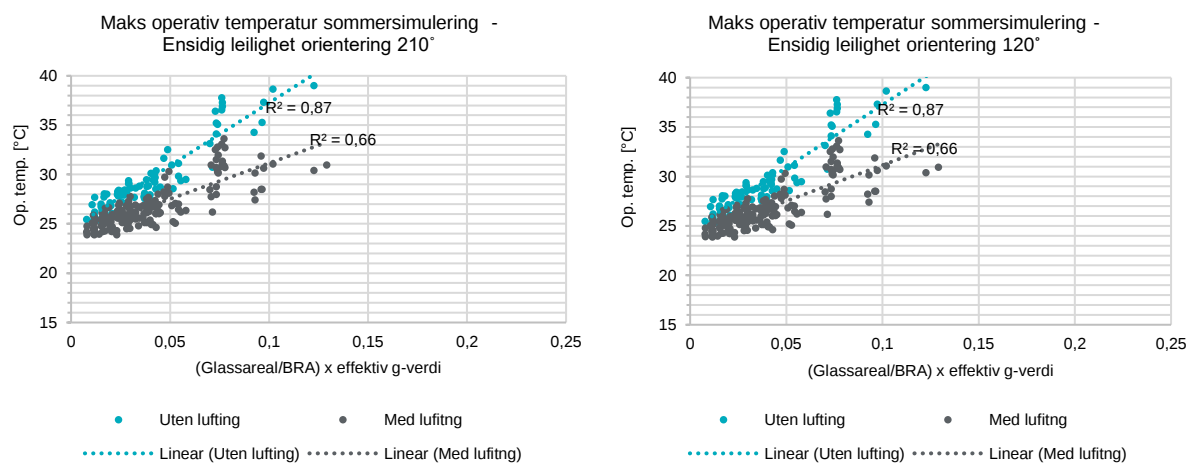
I dette kapittelet presenterer vi avslutningsvis noen elementer vi mener myndighetene bør ha særskilt fokus på i tiden fremover, for å bedre metodikk og anbefalte ytelser for vurdering av termisk inneklima. Vi mener bransjen har behov for tydeliggjøringer fra myndighetenes side for å sikre byggekvalitet i fremtidens yrkesbygg og boliger.

7.1 Forenklet metode boliger

Boliger er den bygningskategorien der det erfaringsmessig er størst sprik i bransjen mht. hvordan forskriftskrav og dens veiledning skal tolkes. Det er også store forskjeller på de metoder som benyttes for å vise samsvar med anbefalte ytelser. For boliger er det derfor behov for klarere retningslinjer for hvordan termisk inneklima skal håndteres under prosjekteringen.

Vi har en hypotese om at det er mulig å lage en forenklet metode for termisk inneklima i boliger som reduserer behovet for komplekse simuleringer. En forenklet metode skal bidra til større likhet og forutsigbarhet på hvordan termisk inneklima i boliger håndteres.

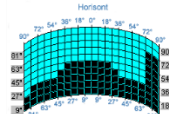
I løpet av arbeidet med denne veilederen er det utført en parameterstudier med over 2 000 simuleringer i IDA ICE på utvalgte representative leiligheter mht. utforming og størrelse. Våre simuleringer indikerer at det kan være mulig å finne en korrelasjon mellom innetemperatur og enkelte sentrale parametre, se Figur 7-1. De sentrale forklarende parameterne omfatter effektiv g-verdi (total skjerming fra vindussystem inkl. solskjerming og omliggende skjerming), glassareal som andel av BRA, effektivt åpningsareal og orientering.



Figur 7-1: Eksempel på korrelasjon mellom maks operativ temperatur og produktet (Glassareal/BRA) x effektiv g-verdi, for et dimensjonerende sommerdøgn i juli for en ensidig leilighet med orientering 210° og 120°. Bemerk at luftskifte ikke er korrigert for, og at det anses som rimelig å se noe større korrelasjon for situasjoner med lufting når luftskifte korrigeres for.

Det anbefales at sentrale myndigheter, f.eks. DiBK, videreutvikler en forenklet metode for boliger, som kan digitaliseres og benyttes som verifikasjon og samsvar med TEK. En forenklet metode bør være konservativ, slik at det under normale omstendigheter vil lønne seg å gjøre mer detaljerte simuleringer. Det skal også bemerkes at en forenklet metode som baserer seg på lufting som sentral klimatiseringsstrategi, *ikke* er egnet for boliger som ligger innenfor rød sone i luftsonekartet. For boliger med slik lokalisering må det fokuseres på design for å redusere varmetilskudd og demping av temperatursvingninger. Eventuelt må også kjøling for å fjerne varmetilskudd vurderes.



Areal [BRA]	27
Ensidig/tosidig	Ensidig
Orientering [°]	90
Glassareal [m ²]	3,7
Skjerming i horisont	
Solskjerming	
Ingen	☐
Innvendig	☐
Utvendig	☒

Lufting +++




Figur 7-2: Eksempel på et initialt forslag til en løsning for en digital forenklet metode til bruk for å vise samsvar med anbefalte ytelser til termisk inneklime i TEK.

7.2 Samkjøring vTEK og Arbeidstilsynets veiledning

Formuleringene rundt overskridelse av de høyeste temperaturrenser i vTEK §13-4 og i kapittel om Termisk inneklime i Arbeidstilsynets veiledning, best nr. 444, er tilsynelatende nokså likt formulert, men betyr vidt forskjellige ting. Dette fanges av mange ikke opp og man tolker formuleringen i vTEK lik det som menes i Arbeidstilsynets veiledning. Dette er veldig uheldig og fremstår som en unødvendig forvirring. Det anbefales at formuleringer i disse to veiledninger i større grad samkjøres.

7.3 Klimadata

Klimadata har utmerket seg som en av de store utfordringene under arbeidet med denne veilederen. Det er ingen klare føringer for hva slags klimadata som skal benyttes og heller ikke hvordan man skal nyttiggjøre seg den.

Kvaliteten på tilgjengelig klimadatasett er også veldig variabel. Felles for det som er tilgjengelig, er at det er generert mtp. å være egnet for energiberegninger. Klimadata for et normalår velegnet for inneklimevurderinger finnes p.t. ikke. For dimensjonerende sommer- og vinterdøgn finnes det mer egnet data, men her er det også en del variasjon mtp. hvor vitenskapelig underlag det er basert på.

Det er ofte viktig å kunne vurdere overgangsperioder samt eksempelvis enten langvarige varme eller kalde perioder, i tillegg til å kunne vurdere dimensjonerende døgn.

Det anbefales at sentrale myndigheter får initiert og igangsatt et utviklingsprosjekt for å få på plass dette.



8 Referanser

1. **Niemelä, R., et al.** The effect of air temperature on labour productivity in call centres—a case study. *Energy and Buildings*. 2002, Vol. 34, 8, ss. 759-764.
2. **Wiik, R.** Indoor productivity measured by common response patterns to physical and psychosocial stimuli. *Indoor Air*. 2011, Vol. 21, 4, ss. 328-340.
3. **CIBSE.** *Environmental factors affecting office worker performance: A review of the evidence*. London, UK : Chartered Institute of Building Service Engineers, 1999.
4. *Economical consequences of poor indoor air quality and its relation to the total building operation costs.* **Hanssen, S.O.** Torino, Italy : International Facility Management Association, 1997. EuroFM/IFMA Confrence And Exhibition.
5. *Effect of Temperature on Task Performance in Office Environment.* **Seppänen, O., et al.** Moscow, Russia : HVAC, 2006. 5th International Conference on Cold Climate Heating, Ventilating and Air Conditioning.
6. **Pilcher, J.J., Nadler, E. og Busch, C. .** Effects of hot and cold temperature exposure on performance: a meta-analytic review. *Ergonomics*. 2002, Vol. 45, 10, ss. 682-698.
7. **Cui, W., et al.** Influence of indoor air temperature on human thermal comfort, motivation and performance. *Building and Environment*. 68, 2013, ss. 114-122.
8. **Worls Green Building Council.** *Health, Wellbeing & Productivity in Offices - The next chapter for green building*. s.l. : Worls Green Building Council, 2014.
9. *Cost benefit analysis of the night-time ventilative colling in office buildings.* **Seppänen, O., Fisk, W.J. og Faulkner, D. .** 2003. Proceedings of the Healthy Buildings 2003 Conference, December 7-11, 2003.
10. **Jensen, K.L., Toftum, J. og Friis-Hansen, P. .** A Bayesian Network approach to the evaluation of building design and its consequences for employee performance and operational costs. *Building and Environment*. 3, 2009, Vol. 44.
11. **Lan, L., Wargocki, P. og Lian, Z. .** Quantitative measurement of productivity loss due to thermal discomfort. *Energy and Buildings*. 5, 2011, Vol. 43.
12. **Leyten, J.L., Kurvers, S.R. og Raue, A.K. .** Temperature, thermal sensation and workers' performance in air-conditioned and free-running environments. *Architectural Science Review*. 1, 2013, Vol. 56.
13. **Leyten, J.L. og Kurvers, S.R.** Limitations of climate chamber studies into thermal comfort and workers' performance. *Indoor Air*. 5, 2013, Vol. 23.
14. **Robertson, Craig og Perez, Ines Idzikowski.** In control – thermal comfort and productivity. *ICIBSE Journal*. 2016.
15. **Berge, Magnar og Mathisen, Hans Martin.** Perceived and measured indoor climate conditions in high-performance residential buildings. *Energy and Buildings*. 2016, 127, ss. 1057-1073.
16. **Klinski, Michael, et al.** *Systematisering av erfaringer med passivhus – oppfølging (Nærmere analyse med fokus på innemiljø, energibruk og kostnader) Prosjektrapport 113*. Oslo : SINTEF akademiske forlag, 2012. ISSN 1504-6958.
17. **Tokle, Trude og Tønnesen, Jens.** *Inndeling av Norge i klimasoner*. s.l. : SINTEF Energi AS, 1999. Rapport TR A4856.
18. **Bryn, Ida, Petersen, Arnkell og Karlsen, Line Røseth.** *Tiltak mot høye temperaturer i passivhus Del II – Litteraturstudie, forslag til regelverk og standarder samt videre arbeider*. Oslo : Lavenergiprogrammet og Erichsen & Horgen, 2012.
19. **Haavgaard, Mette Vorre, et al.** *Brancheveiledning for inderklimaberegninger*. København : SBI - Aalborg Universitet, 2017. ISBN 978-87-563-1850-1.



Vedlegg 1 – Kaldras

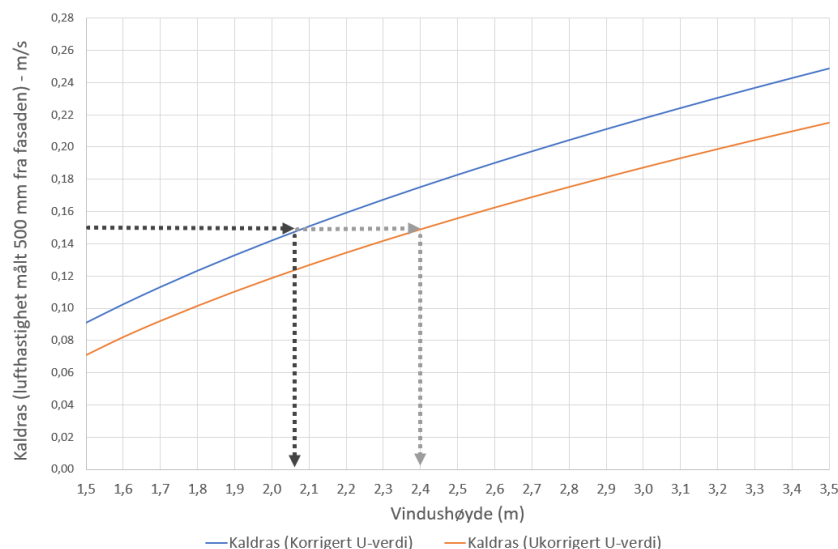
Kaldras kan beregnes etter to anerkjente metodikker (Eimund Skåret eller Per Heiselberg). Metodikkene omtales ikke videre her, men vi fokuserer heller på noen viktige punkter som det kan være lurt å tenke over.

U-verdien som normalt sett benyttes i kaldrasberegninger, er glassets senter verdi (U_g). Deklarert U-verdi for et glass (U_0) gjelder ved +20 °C inne og 0 °C ute (CEN EN-410). Man må derfor justere U_g iht. faktiske innetemperaturer og ved dimensjonerende utetemperatur. Helning på takvinduer slår også ut på den effektive U-verdien. Se Tabell 5 for eksempler ved forskjellige helninger og deklart U-verdi iht. korrigert U-verdi for hhv. to- og trelagsglass.

Tabell 5: Eksempel på hvordan deklart U-verdi for glass (U_0) varierer for to- og trelags glass ved forskjellige helninger og temperaturforhold.

Totlags glass				Trelags glass			
CEN				CEN			
U_0 1,15				U_0 0,57			
Argon EN673				Argon EN673			
CEN (0/+20)		Norsk Vinter (+22/-20)		CEN (0/+20)		Norsk Vinter (+22/-20)	
Helning	U-verdi	Helning	U-verdi	Helning	U-verdi	Helning	U-verdi
0	1,69	0	1,91	0	0,92	0	1,06
5	1,68	5	1,90	5	0,91	5	1,06
10	1,67	10	1,90	10	0,90	10	1,05
20	1,64	20	1,87	20	0,87	20	1,03
30	1,59	30	1,84	30	0,82	30	1,00
40	1,53	40	1,79	40	0,77	40	0,96
50	1,46	50	1,72	50	0,72	50	0,91
60	1,34	60	1,58	60	0,67	60	0,83
70	1,28	70	1,53	70	0,64	70	0,79
80	1,22	80	1,48	80	0,60	80	0,75
90	1,15	90	1,42	90	0,57	90	0,71

Videre har vi gitt et eksempel i Figur 0-1 på forskjell i vindushøyde før behov for kaldrassikring ved ukorrigert U-verdi og korrigert U-verdi. Forskjellen må sies å være betydelig.



Figur 0-1: Eksempel på forskjell mellom maksimal høyde før behov for kaldrassikring ved korrigert U-verdi og ukorrigert U-verdi.

Det er også mulig å se på varighet av kaldras over året, men i en slik vurdering vil blant annet dynamikken rundt glassets U-verdi variere, noe som kompliserer vurderingene.



Vedlegg 2 – Internlaster

8.1.1 Kontorbygg

For kontorbygg vil effekt per arbeidsplass variere noe med (antatt) type bruk og leietakere. Det anbefales det å legge til grunn 100-150⁶ W per arbeidsplass som utstyrsbelastning. Dersom kravspesifikasjon fra byggherre/leietaker tilsier noe annet bruk heller dette. Det anbefales ikke å legge til grunn under 80 W per arbeidsplass.

I Tabell 0-1 og Tabell 0-2 vises det to eksempler som skal synliggjøre hvordan bruken av et møterom (på 20 m²) endrer effektbehovet. Typisk effektbruk for et møterom antas å ligge i området 15-25 W/m².

Tabell 0-1 Effektreknskap teknisk utstyr møterom minimalt bruk - 10 personer / 20 m² BRA.

	Antall enheter	W/enhet	Sum W	W/m ²
Presentasjonsskjerm	1	200	200	10
Bærbar PC til presentasjon	1	35	35	2
Sum			235	12

Tabell 0-2 Effektreknskap teknisk utstyr møterom høyt bruk - 10 personer / 20 m² BRA.

	Antall enheter	W/enhet	Sum W	W/m ²
Presentasjonsskjerm	1	200	200	10
Videokonferanse utstyr	1	225	225	11
Bærbar PC	10	35	350	18
Sum			775	39

8.1.2 Skolebygg

I skolebygg vil bruken av forskjellige rom variere mye. Lærerværelset vil typisk ha en arbeidsstasjon med enten laptop eller stasjonære maskin med en skjerm, samt små skrivere.

Et typisk klasserom vil ha en faglærer med en laptop tilknyttet en smartboard/projektor. Elever vil ha egne nettbrett/laptop.

For skoler kan man eksempelvis legge følgende til grunn for et klasserom:

- Barneskole 1-7 klasse - nettbrett 5-15 W/person⁷.
- Ungdomsskole 8-10 klasse - normal laptop 25-35 W/person.
- Videregående skole - normal laptop 35 W/person.

Særskilte vurderinger må gjennomføres for rom med spesielle behov, f.eks. klasserom for media og kommunikasjon og rom med avanserte maskiner.

Tabell 0-3 til og med Tabell 0-4 viser eksempler på effektreknskap for hhv. barneskole 1.-4. klasse, barneskole 5.-7. klasse og ungdomsskole/videregående skole. Det anbefales at

⁶ 100 W tilsvarer omtrent en normal laptop + to skjermer på 30 W, mens 150 W tilsvarer en avansert laptop + to større skjermer på 50 W.

⁷ Belastning på 5-15 W avhenger av bruk av nettbrett og enkel laptop. Hvis man ønsker å dimensjonere for en full fleksibilitet anbefales det å legge seg i det øvre sjiktet av dette intervallet.



det også legges til grunn lading/bruk av noen mobiltelefoner slik at verdiene rundes opp til hhv. 10 W/m², 20 W/m² og 25 W/m².

Tabell 0-3 Effektreknskap teknisk utstyr klasserom barneskole (1-7 klasse) - 30 elever + 1 lærer / 60 m² BRA.

	Antall enheter	W/enhet	Sum W	W/m²
Smartboard	1	350	350	
Laptop til lærer	1	35	35	
Nettbrett	30	5	150	
Sum			535	9

Tabell 0-4 Effektreknskap teknisk utstyr klasserom ungdomsskole/videregående skole - 30 elever + 1 lærer / 60 m² BRA.

	Antall enheter	W/enhet	Sum W	W/m²
Smartboard	1	350	350	
Laptop til lærer	1	35	35	
Normal laptop	30	35	1050	
Sum			1435	24

Det bør også vurderes om klasserommene skal benyttes til voksenopplæring eller sommerskole, dette kan påvirke inndata og resultater.



Vedlegg 3 – Personlast /personvarme

Varmeavgivelse fra personer i et rom er komplisert og sammensatt av en rekke parametere og kan beskrives som funksjonen:

$$W(Met, Clo, T_s, T_a, m, h, kjøn, p_{\%})$$

- Met (metabolisme) angir aktivitetsnivå som resulterer i hvor mye intern varmeproduksjon en menneskekropp har.
- Clo angir en bekledning som et varmeisolerende lag for menneskekroppen. Det vil være ulike bekledninger på sommerstid og vinterstid.
- Strålings- og lufttemperatur i beregningssonen (T_a , T_s) påvirker andel konvektiv- og strålingsvarmeovergang menneskekroppen gir fra seg i sin varmebalanse med omgivelsene.
- Hudareal forteller hvor stor beregningsflate menneskekroppen har for varmeavgivelse. Hudareal påvirkes av en persons høyde, vekt og kjønn.
- Tilstedeværelse for antall personer i beregningssonen.

Ettersom beregning av personvarme er svært komplisert, kan det å regne ut personlast selv medføre store feilkilder. Personlast bør derfor forenkles til normverdier for sommer- og vintertid for ulike aldersgrupper.

Varmeavgivelse fra personer består av fordampningsvarme, stråling og konveksjon. Det er den sensible varmeavgivelsen, bestående av stråling og konveksjon, som typisk benyttes som inndata i inneklimasimuleringer. Tabell 5 viser eksempel på personbelastning i Watt (sensibel varmeavgivelse) ved 1,2 met for forskjellige personstørrelser. Bemerk imidlertid at f.eks. barnehagebarn gjerne har høyere aktivitetsnivå enn standard kontorarbeid.

Tabell 5 Sensibel personbelastning (Watt) etter alder, sommers- og vinterstid.

Gjennomsnitt av alder og kjønn	Hudareal, m ²	Sommerstid 0,5 Clo, 24 °C lufttemp 25 °C strålingstemp [W]	Vinterstid 1,0 Clo, 22 °C lufttemp 21 °C strålingstemp [W]
Barnehagebarn	0,65	25	35
Barneskole barn	1,15	40	55
Ungdom	1,65	60	80
Voksen snitt kjønn, 18+	1,93	70	95

Dersom det utføres simulering av dimensjonerende sommerdøgn og vinterdøgn, kan det være nødvendig å foreta en justering av bekledningsverdien mellom de ulike simuleringene. I programmer som åpner for en variabel bekledningsverdi, kan for eksempel verdien settes til $0,85 \pm 0,25$ for simulering av det dimensjonerende sommerdøgnet, mens det for simulering av det dimensjonerende vinterdøgnet bør det benyttes $1,0 \pm 0,25$. Dette betyr at det kan hensyntas at simuleringsmodellen kan ta på personene en varm ullgenser på den kaldeste dagen i året, og følgelig benytte lett formell sommerbekledning på den varmeste dagen. Dersom man vurderer termisk inneklima i lokaler med krav til bruk av uniform eller spesielle kleskoder, bør dette hensyntas ved å evt. ikke tillate variabel bekledningsverdi slik beskrevet over.

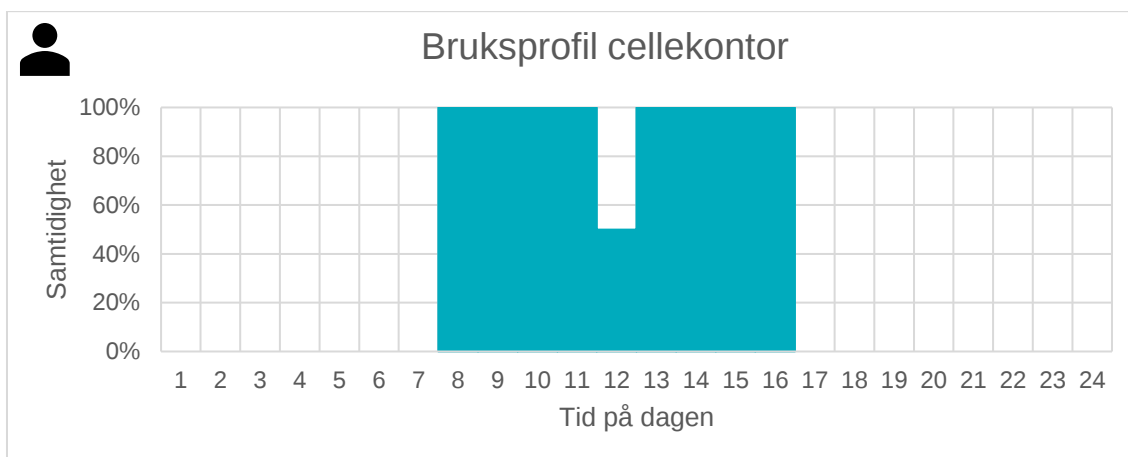


Vedlegg 4 – Brukstider

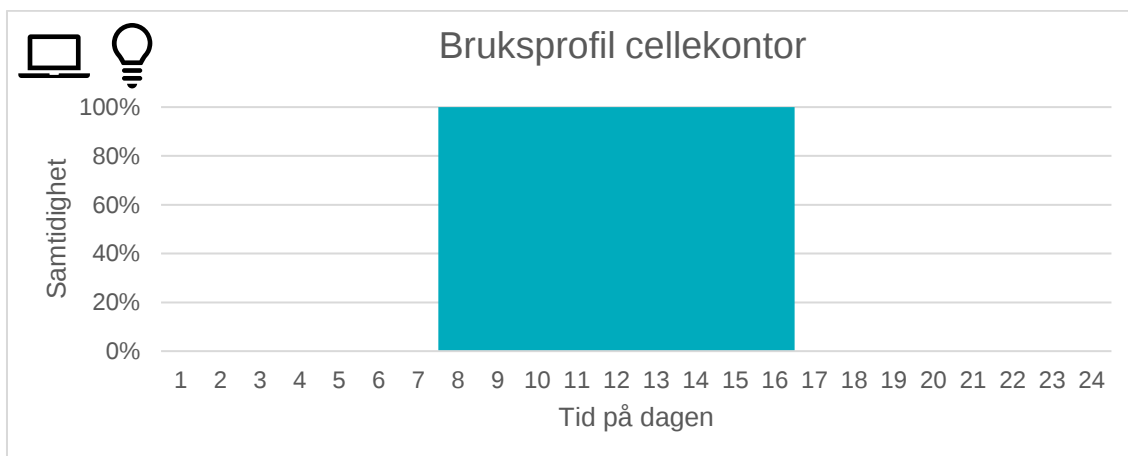
Belysning og teknisk utstyr bør i utgangspunktet følge tilsvarende brukstid som personbelastning, men 100 % belastning hele dagen. Alternativt kan man legge inn noe lavere på teknisk utstyr, men det kan være optimistisk å anta utstyr går i dvale på korte pauser.

Cellekontor

Normal bruksprofil for cellekontor er vist i Figur 0-1 og Figur 0-2. Da man ikke kan ha 80 % av en person i et enkelt cellekontor, så anbefales det å redusere tiden f.eks. en time om morgen og ettermiddag hvis man ønsker lavere bruksprofil.



Figur 0-1 Eksempel normal bruksprofil personbelastning cellekontor

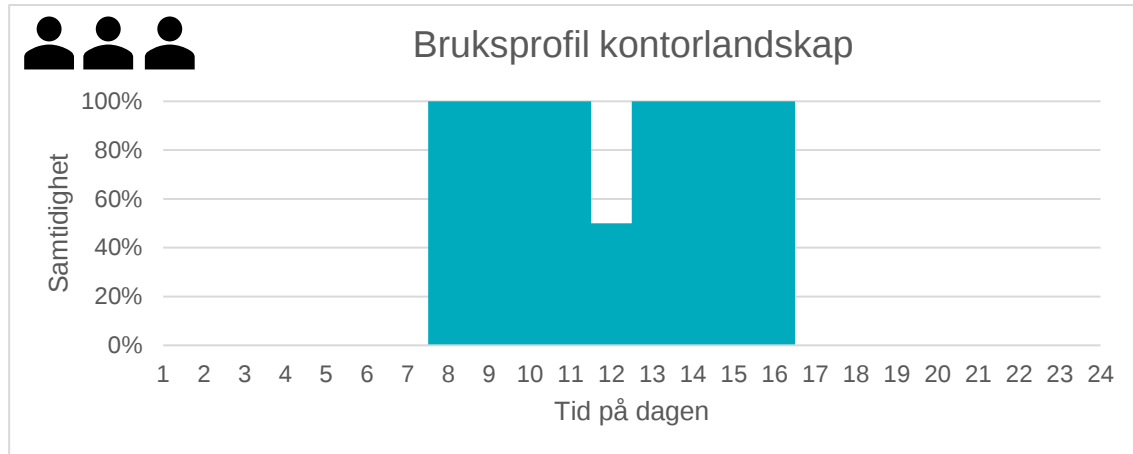


Figur 0-2 Eksempel normal bruksprofil teknisk utstyr og belysning cellekontor

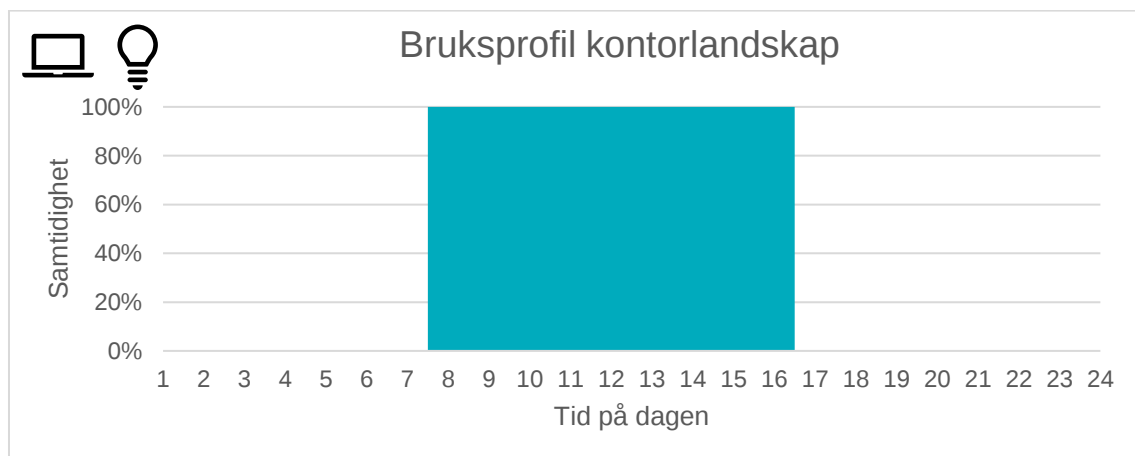


Kontorlandskap

Eksempler på samtidighet for et kontorlandskap eller teamkontor er vist i Figur 0-3 og Figur 0-4. Et kontorlandskap eller teamkontor med flere personer kan ha lavere samtidighet gjennom en dag.



Figur 0-3 Eksempel normal bruksprofil personbelastning kontorlandskap

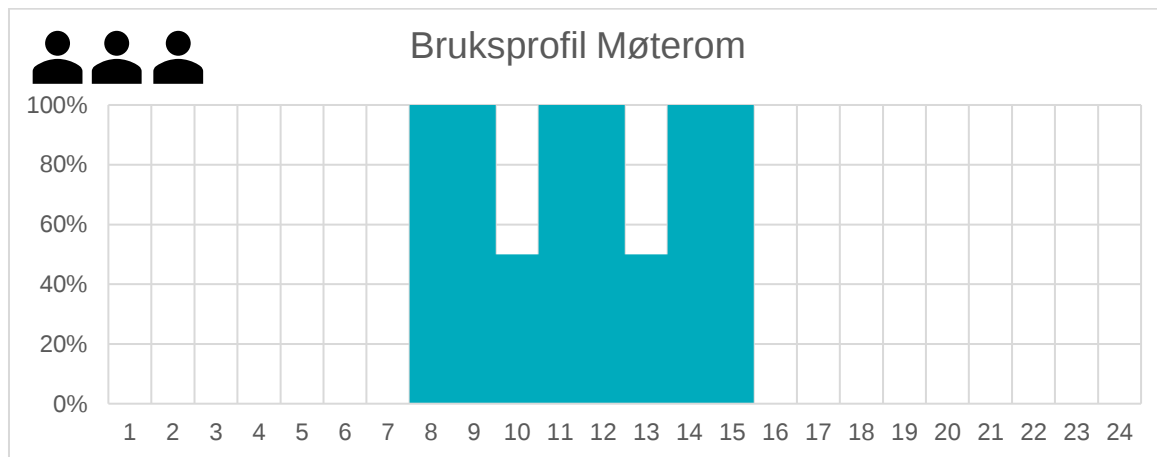


Figur 0-4 Eksempel normal bruksprofil teknisk utstyr og belysning kontorlandskap

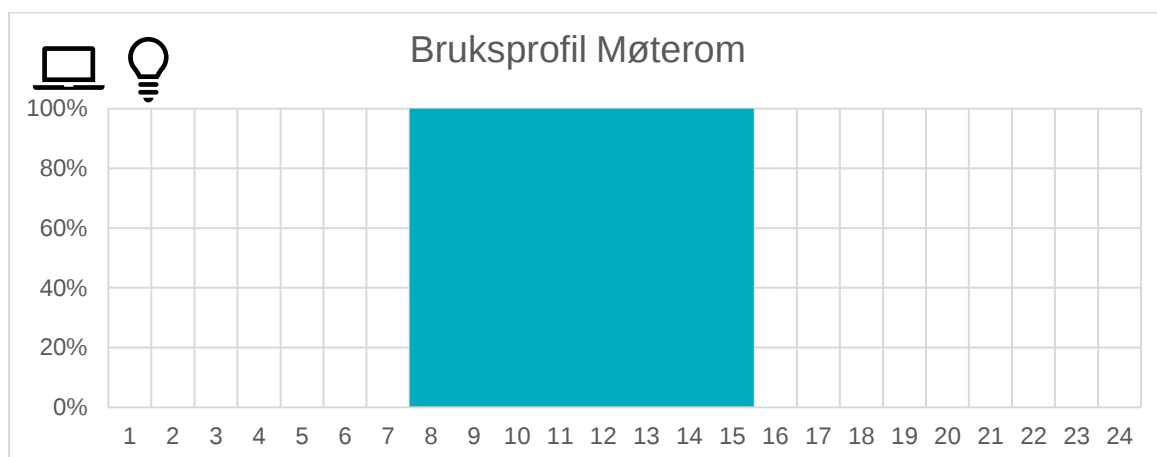


Møterom

Bruk av møterom kan variere en del fra kontorbygg til kontorbygg, men eksemplene i Figur 0-5 og Figur 0-6 er ment å bruke for å verifisere at et møterom tåler å benyttes en hel dag. Et møterom i en barnehage eller på et sykehjem vil derimot kanskje bare brukes en time eller to på en normal dag, men dette bør avklares med byggherre / bruker av bygget.



Figur 0-5 Eksempel normal bruksprofil personbelastning møterom

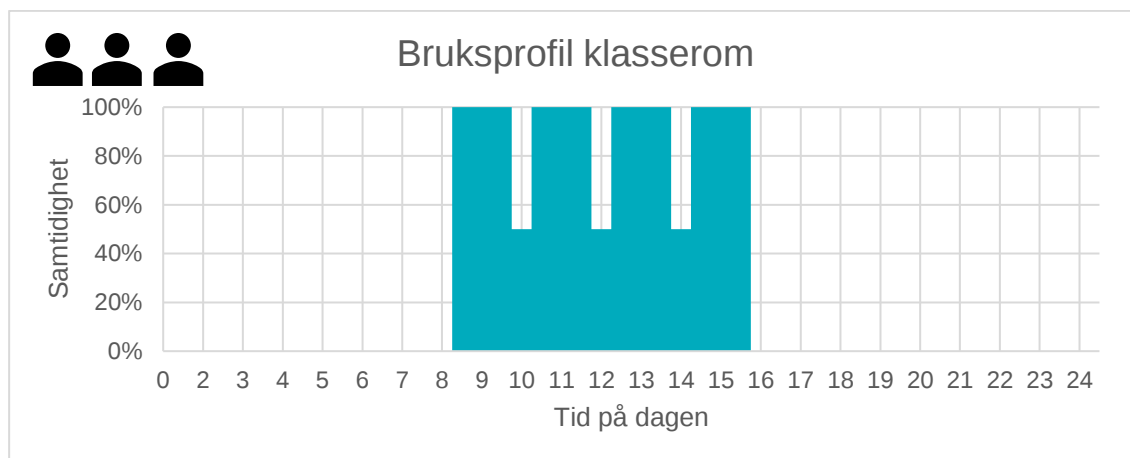


Figur 0-6 Eksempel normal bruksprofil teknisk utstyr og belysning møterom

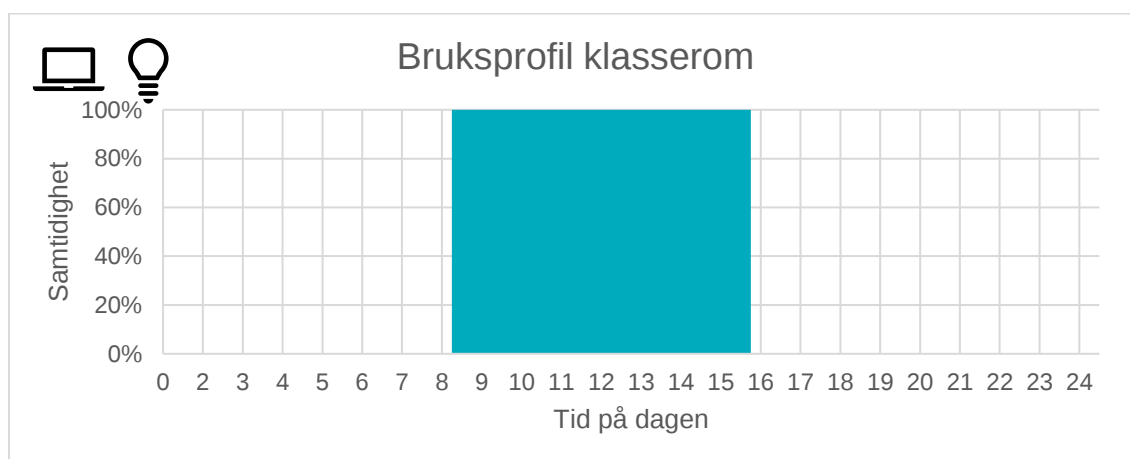


Klasserom

Eksempel på klasserom med høy bruk er vist i Figur 0-7 og Figur 0-8. For en barneskole kan man vurdere om 3 dobbelttimer er mer riktig.



Figur 0-7 Eksempel normal bruksprofil personbelastning kontorlandskap klasserom



Figur 0-8 Eksempel normal bruksprofil teknisk utstyr og belysning klasserom

Det er også viktig å gjøre vurderinger rundt dimensjonerende situasjon og typisk situasjon. Eksempelvis kan dimensjonerende situasjon for et klasserom være under eksamen/tentamen i mai, både ift. bruk av teknisk utstyr, brukstid og varmt uteklima. Under slike forhold skal og bør det termiske inneklimaet være bra. Et annet eksempel at f.eks. et klasserom kan være et flerbruksrom som brukes av skolefritidsordning og fritidsaktiviteter etter planlagt skoledag, slike tilfeller må hensyntas i inneklimavurderingene for å ivareta fleksibiliteten til rom og romfunksjoner.

