

TOR HELGE DOKKA, MICHAEL KLINSKI, MATTHIAS HAASE OG MADIS MYSEN

Kriterier for passivhus- og lavenergibygg – Yrkesbygg

Prosjektrapport 42

2009



SINTEF Byggforsk

Tor Helge Dokka, Michael Klinski, Matthias Haase og Mads Mysen

Kriterier for passivhus- og lavenergibygg – Yrkesbygg

Prosjektrapport 42 – 2009

Prosjektrapport nr. 42

Tor Helge Dokka, Michael Klinski, Matthias Haase og Mads Mysen

Kriterier for passivhus- og lavenergibygg – Yrkesbygg

Emneord:

Energi (Energy), Miljø (Environment), Passivhus (Passive house)

Forsidefoto: Montessoriskole i Aufkirchen, Tyskland. Skolen er sertifisert etter tysk passivhusstandard (www.passiv.de). Arkitekt og foto: Dipl.Ing.Architekt Gernot Vallentin.

ISSN 1504-6958

ISBN 978-82-536-1107-5 (pdf)

© Copyright SINTEF Byggforsk 2009

Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndsverklovens bestemmelser. Uten særskilt avtale med SINTEF Byggforsk er enhver eksemplarframstilling og tilgjengeliggjøring bare tillatt i den utstrekning det er hjemlet i lov eller tillatt gjennom avtale med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk.

Utnyttelse i strid med lov eller avtale kan medføre erstatningsansvar og inndragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

Adr.: Forskningsveien 3 B
Postboks 124 Blindern
0314 OSLO

Tlf.: 22 96 55 55

Faks: 22 69 94 38 og 22 96 55 08

www.sintef.no/byggforsk

Sammendrag

Det er i denne rapporten foreslått foreløpige kriterier for passivhus (PH) for yrkesbygg. Med yrkesbygg menes det her de 11 byggkategoriene i TEK07, som er utover de to boligkategoriene småhus og boligblokk. Det er også foreslått kriterier for lavenergi (LE), som ligger mellom dagens forskriftsnivå (TEK07) og passivhusnivå.

I tråd med passivhus-standarden NS 3700 for boligbygg som er under utarbeidelse, er det i denne standarden satt krav til netto oppvarmingsbehov, netto kjølebehov, varmetapstall og CO₂-utslipp. Det er også satt minstekrav til komponenter. I tillegg er det satt veiledende verdier for interne varmetilskudd og luftmengder, basert på det som er vurdert som best tilgjengelige teknologi i dag.

I omfattende vedlegg til rapporten er det vist underlag for hvordan kriteriene i rapporten er fremkommet.

Disse foreløpige kriteriene kan blant annet brukes i Enovas arbeid med forbildeprosjekter på PH- og LE-nivå, og også danne grunnlag for en standard for yrkesbygg som supplerer kommende NS 3700.

Trondheim, oktober 2009

Tor Helge Dokka

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	3
1.0 Bakgrunn.....	6
1.1 Behov for kriterier i Norge	6
1.2 Kriterier og erfaringer fra Tyskland og Østerrike	6
1.3 Kommende norsk standard NS 3700.....	6
1.4 Svensk forslag til passivhuskriterier	7
1.5 Bruk av uttrykket passivhus	7
2.0 Overordnede kriterier for energiytelse for passivhus.....	9
2.1 Inngangsdata for beregning av energibehov	9
2.1.2 Anbefalt minste luftmengdebehov	9
2.1.3 Interne varmetilskudd.....	10
2.2 Oppvarmingsbehov	10
2.3 Kjølebehov	11
2.4 Varmetapstall	11
2.5 CO ₂ -utslipp og fornybar energi.....	12
3.0 Minstekrav til bygningsdeler, komponenter og lekkasjetall	13
4.0 Anbefalinger for luftkvalitet og termisk komfort	14
4.1 Luftkvalitet	14
4.2 Termisk komfort sommer	14
5.0 Krav til dokumentasjon	15
5.1 Generelt	15
5.2 Dokumentasjon av inngangsdata.....	15
5.3 Dokumentasjon av beregninger og resultater	15
Referanser	17
VEDLEGG A.1 (Normativt):Kriterier for passivhus i kaldt klima	18
VEDLEGG A.2 (Normativt):Kriterier for lavenergibygg.....	19
VEDLEGG B: Bestemmelse av luftmengder.....	23
VEDLEGG C: Bestemmelse av interne varmetilskudd.....	27
VEDLEGG D: Bestemmelse av kriterier for energiytelse.....	30
D.1 Generelt	30
D.2 CO ₂ -faktorer basert på prNS 3700	30
D.3 Barnehage.....	31
D.4 Kontorbygg.....	34
D.5 Skolebygg.....	37
D.6 Universitets- og høyskolebygg.....	39
D.7 Sykehus	42
D.7 Sykehjem	44
D.9 Hoteller.....	47
D.10 Idrettsbygg.....	50
D.12 Kulturbygg.....	56
D.12 Lett industri, verksteder.....	59
VEDLEGG E: Vurdering av termisk komfort og kjølebehov for ulike byggkategorier...	62
E.1 Generelt.....	62
E.2 Barnehage	62
E.3 Kontorbygg	64
E.4 Skolebygg	65
E.5 Universitets- og høyskolebygg	66

E.7 Sykehjem	68
E.8 Hotell	69
E.9 Idrettsbygg	70
E.10 Forretningsbygg	71
E.11 Kulturbbygg	73
E.12 Lett industri, verksteder	74
VEDLEGG F (Informativt)	75
Bestemmelse av minstekrav til komponenter	75
VEDLEGG G (Informativt)	76
Forenkling av varme- og kjølesystemer i passivhus-bygg	76
G.1 Forenklet vannbårent system	77
G.2 Forenklet luftbårent system	77
VEDLEGG H (Informativt)	79
Kriterier for passivhus i Tyskland og Sverige	79

1.0 Bakgrunn

1.1 Behov for kriterier i Norge

En rekke boligprosjekter med passivhus-standard er realisert i Norge, og mange er også under planlegging. De fleste av disse prosjektene har fått støtte av Enova, gjennom programmet for forbildeprosjekter (www.enova.no/forbilde), i tillegg har også Husbanken gitt støtte til mange av disse prosjektene. En norsk definisjon av passivhus for boliger er under utarbeidelse med standarden NS 3700 /1/, se avsnitt 1.3.

Etter hvert har det også i Norge blitt interesse for å bygge andre byggtyper som passivhus, slik som barnehager, skoler og kontorbygg. Initiativer som Fremtidens byer (www.arkitekturbygg.no/2008/06/fremtidens-byer.html) og by- og boligutstilling Oslo - Drammen (www.arkitektur.no/?nid=177450), der passivhus er tenkt brukt som kriterie for energibruk, gjør at behovet for en definisjon for yrkesbygg er påkrevet.

Enova har gjennom sin satsning på passivhus behov for å få tilsvarende definisjoner/kriterier for yrkesbygg, som nå utarbeides for boliger.

1.2 Kriterier og erfaringer fra Tyskland og Østerrike

Som kjent har Passivhusinstituttet /2/ definert passivhus ut fra et funksjonelt kriterium; Et Passivhus er en bygning med komfortabelt inneklima, som er mulig å oppnå kun med ettervarming eller etterkjøling av uansett nødvendige ventilasjonsluftmengder. Definisjonen er uavhengig av klima og bygningstype. Tallverdier og tekniske spesifikasjoner er avledete størrelser, og gjelder ikke nødvendigvis under alle klimatiske forutsetninger og heller ikke automatisk for alle ulike bygningstyper.

Passivhusstandarden med avledete kriterier ble utviklet for boligbygg. Det ble likevel raskt startet prosjekter med andre bygningstyper, hvor det ble overtatt komponenter og metoder fra boligbygg og hvor også oppvarmingsbehovet på maks 15 kWh/m²år ble brukt som hovedkriterie – uten at en systematisk utredning om andre typer bygg forelå. ”Det var på ingen måte opplagt at denne framgangsmåten skulle gi optimale resultater”, skriver Passivhaus Instituttets leder Wolfgang Feist i 2006 /3/. Bortsett fra skolebygg (se vedlegg H), fins det fortsatt ingen oppsummering av passivhuskriterier for andre bygningstyper. Passivhusinstituttet opplyser imidlertid at det jobbes med slike kriterier.

1.3 Kommende norsk standard NS 3700

Norsk standard NS 3700 Kriterier for lavenergi- og passivhus – Boligbygninger /1/ har vært på offisiell høring våren 2009, og ventes fastsatt høsten 2009. Dette arbeidet er finansiert av Enova og Husbanken, og utføres av Standard Norge i samarbeid med SINTEF Byggforsk. NS 3700 er brukt som mal for forslagene til kriterier i denne rapporten, så langt dette har vært hensiktsmessig.



Montessoriskole i Aufkirchen, Tyskland. Skolen er sertifisert etter tysk passivhusstandard (www.passiv.de). Arkitekt og foto: Dipl.Ing.Architekt Gernot Vallentin.

1.4 Svensk forslag til passivhuskriterier

Det ble i mars i år sendt ut et høringsforslag (remiss) /4/ på passivhusdefinisjoner for boliger, men også for skolebygg og barnehager. Etter en del kritikk til forslaget, kom det i juni et revidert forslag til kriterier. Hovedkriteriet som foreslås brukt i Sverige er dimensjonerende varmeeffekt beregnet etter den svenske effektstandard SS 024310. En nærmere beskrivelse av de svenske passivhus-kriteriene er gitt i vedlegg H.

1.5 Bruk av uttrykket passivhus

Det har i forbindelse med utarbeidelsen av NS 3700 vært en god del diskusjoner om uttrykket *passivhus* skal brukes om den modifiserte norske versjonen av passivhuskonseptet. Siden det er en god del forskjell mellom den tyske standarden og den foreslåtte standarden i Norge, har enkelte foreslått at man skulle bruke et annet navn/uttrykk. Når det gjelder NS 3700 er det sannsynlig at uttrykket passivhus blir beholdt. For yrkesbygg, som omhandles i denne rapporten, er det kanskje like stor grunn til å vurdere om uttrykket passivhus skal brukes, da det faktisk ikke foreligger klare kriterier for yrkesbygg fra passivhusinstituttet i Tyskland (bortsett fra skoler).

Uten å konkludere angående dette spørsmålet, er det i denne rapporten valgt å bruke begrepet *passivhus* av følgende grunner:

1. Som i alle passivhuskonsepter legges det også her til grunn en meget godt isolert bygningskropp med minimale luftlekkasjer og kuldebroer, og med styrt ventilasjon med høyeffektiv varmegjenvinning
2. Dette fører til et kraftig redusert effektbehov til romoppvarming, som gir mulighet for drastisk forenkling og kostnadsreduksjon av varmeanlegget.
3. Som indikert i tillegg G, vil det i mange av byggkategoriene være mulig å dekke oppvarmingsbehovet (og eventuelt kjølebehov) med luftbåren oppvarming (kjøling) via ventilasjonsanlegget. Det vil si i tråd med den opprinnelige funksjonsbaserte definisjonen fra Passivhusinstituttet.

2.0 Overordnede kriterier for energiytelse for passivhus

Det er i denne rapporten forsøkt å bruke den samme kravsmetodikken som i NS 3700 /1/. Det vil si at primært krav til passivhus og lavenergibygg er satt på netto oppvarmingsbehov (romoppvarming og ventilasjonsvarme). Sekundære krav til varmetapstall, CO₂-utslipp/fornybar energi og minstekrav til komponenter og bygningsdeler er også satt. Det er i dette kapitlet satt opp krav for passivhus i klima som har høyere årsmiddeltemperatur enn 6,3 °C. Kriterier for bygg på steder med årsmiddeltemperatur lavere enn 6,3 °C, og lavenergibygg er vist i henholdsvis Vedlegg A.1 og A.2.

Det understrekes at kriteriene foreslått i dette kapitlet er foreløpige, og bør evalueres når det foreligger erfaringer fra realiserte yrkesbygg designet etter kriteriene i den rapporten.

2.1 Inngangsdata for beregning av energibehov

Generelt skal bestemmelse av inndata og beregninger gjøres i henhold til NS 3031 /6/. For passivhus og lavenergibygg bør det legges til grunn best tilgjengelige teknologi, både når det gjelder ventilasjonsløsninger, belysning og teknisk utstyr. Det er på områdene luftmengder og interne varmetilskudd i denne rapporten satt anbefalte/minste verdier som er betydelig lavere enn de som det opereres med i tillegg A i NS 3031 /5/ (til bruk i kontrollberegninger mot forskriftskrav). Argumenter og underlag for disse verdiene er gitt i vedlegg B og C. Driftstider til ventilasjon, lys, utstyr, personer og varmtvann er som gitt i NS 3031 tillegg A.

2.1.2 Anbefalt minste luftmengdebehov

Tabell 2 angir minste anbefalt friskluftmengde som gjennomsnittlig luftmengde for hele bygningen og gjennom hele driftstiden. Det understrekes at dette er gjennomsnittsverdier, og at dimensjonerende luftmengde i enkeltrom i ulike byggkategorier vil være betydelige høyere. Underlaget for verdiene i tabell 2 er gitt i vedlegg B.

Tabell 2: Minste anbefalte gjennomsnittlige luftmengder for hele bygget.

Byggkategori	Snitt luftmengde i driftstid	Snitt luftmengde u. driftstid
Barnehage	6 m ³ /hm ²	1 m ³ /hm ²
Kontorbygg	6 m ³ /hm ²	1 m ³ /hm ²
Skolebygg	8 m ³ /hm ²	1 m ³ /hm ²
Universitets- og høyskolebygg	7 m ³ /hm ²	1 m ³ /hm ²
Sykehus	10 m ³ /hm ²	3 m ³ /hm ²
Sykehjem	7 m ³ /hm ²	1 m ³ /hm ²
Hoteller	6 m ³ /hm ²	1 m ³ /hm ²
Idrettsbygg	6 m ³ /hm ²	1 m ³ /hm ²
Forretningsbygg	12 m ³ /hm ²	1 m ³ /hm ²
Kulturbygg	7 m ³ /hm ²	0 m ³ /hm ²
Lett industri, verksteder	7 m ³ /hm ²	0 m ³ /hm ²

2.1.3 Interne varmetilskudd

Tabell 3 angir interne varmetilskudd i driftstiden fra belysning, utstyr og personer som skal brukes i energiberegningen. Siste kolonne angir gjennomsnittlig internvarmetilskudd over døgnet og over året. Som i tillegg A i NS 3031 skal det ikke regnes med noe netto varmetilskudd fra varmtvann.

Tabell 3: Varmetilskudd fra belysning, utstyr og personer, samt gjennomsnittlig totalt internvarmetilskudd (snitt over døgnet og året).

Byggkategori	Belysning	Utstyr	Personer	Internvarme (snitt)
Barnehage	6 W/m ²	2 W/m ²	6 W/m ²	4.2 W/m ²
Kontorbygg	5 W/m ²	6 W/m ²	4 W/m ²	5.4 W/m ²
Skolebygg	6 W/m ²	4 W/m ²	12 W/m ²	5.4 W/m ²
Universitets- og høyskolebygg	6 W/m ²	5 W/m ²	6 W/m ²	6.1 W/m ²
Sykehus	5 W/m ²	8 W/m ²	2 W/m ²	10.7 W/m ²
Sykehjem	5 W/m ²	4 W/m ²	3 W/m ²	9.0 W/m ²
Hoteller	5 W/m ²	1 W/m ²	2 W/m ²	6.0 W/m ²
Idrettsbygg	6 W/m ²	1 W/m ²	10 W/m ²	5.0 W/m ²
Forretningsbygg	11 W/m ²	1 W/m ²	7 W/m ²	8.1 W/m ²
Kulturbygg	6 W/m ²	1 W/m ²	3,2 W/m ²	3.3 W/m ²
Lett industri, verksteder	6 W/m ²	10 W/m ²	2 W/m ²	4.8 W/m ²

Kommentar: Effektbehov til belysning og utstyr settes lik varmetilskudd i tabell 3, dvs. at det antas at all energibruk fra lys og utstyr går over til varme i bygget.

2.2 Oppvarmingsbehov

Krav til maksimalt netto oppvarmingsbehov (romoppvarming og ventilasjonvarme) er gitt i tabell 4. Underlag for fastsettelse av kravene for ulike byggkategorier er gitt i vedlegg D.

Tabell 4: Krav til maksimalt årlig oppvarmingsbehov.

Byggkategori	Årlig oppvarmingsbehov
Barnehage	25 kWh/m ² år
Kontorbygg	15 kWh/m ² år
Skolebygg	15 kWh/m ² år
Universitet- og høyskolebygg	15 kWh/m ² år
Sykehus	20 kWh/m ² år
Sykehjem	15 kWh/m ² år
Hoteller	20 kWh/m ² år
Idrettsbygg	25 kWh/m ² år
Forretningsbygg	20 kWh/m ² år
Kulturbygg	25 kWh/m ² år
Lett industri, verksteder	25 kWh/m ² år

2.3 Kjølebehov

Tabell 5 angir krav til maksimalt kjølebehov (romkjøling og ventilasjonskjøling). Underlag for fastsettelse av kravene for ulike byggkategorier er gitt i vedlegg D.

Tabell 5: Krav til maksimalt kjølebehov for ulike byggkategorier.

Byggkategori	Energibehov kjøling(netto)
Barnehage	0 kWh/m ² år
Kontorbygg	10 kWh/m ² år
Skolebygg	0 kWh/m ² år
Universitet- og høyskolebygg	10 kWh/m ² år
Sykehus	20 kWh/m ² år
Sykehjem	10 kWh/m ² år
Hoteller	10 kWh/m ² år
Idrettsbygg	10 kWh/m ² år
Forretningsbygg	20 kWh/m ² år
Kulturbygg	10 kWh/m ² år
Lett industri, verksteder	10 kWh/m ² år

2.4 Varmetapstall

Tabell 6 angir krav til høyeste tillatte varmetapstall.

Tabell 6: Høyeste tillatte varmetapstall for ulike byggkategorier.

Byggkategori	Varmetapstall, H'' W/(m ² -K)
Barnehage	0,60
Kontorbygg	0,50
Skolebygg	0,50
Universitet- og høyskolebygg	0,50
Sykehus	0,75
Sykehjem	0,65
Hoteller	0,65
Idrettsbygg	0,70
Forretningsbygg	0,65
Kulturbygg	0,50
Lett industri, verksteder	0,55

2.5 CO₂-utslipp og fornybar energi

Tabell 7 angir krav til høyeste tillatte CO₂-utslipp. CO₂-utslippet skal beregnes ut fra total levert energi for bygget, dvs. både for varmebehovet og det elspesifikke energibehovet i bygget, og baseres på CO₂-faktorer gitt i tillegg D.2.

Tabell 7: Maksimalt tillatte CO₂-utslipp.

Byggkategori	CO ₂ -utslipp, m" kg/(m ² ·år)
Barnehage	20
Kontorbygg	25
Skolebygg	20
Universitet- og høyskolebygg	30
Sykehus	60
Sykehjem	45
Hoteller	40
Idrettsbygg	30
Forretningsbygg	40
Kulturbygg	25
Lett industri, verksteder	25

3.0 Minstekrav til bygningsdeler, komponenter og lekkasjetall

Tabell 8 angir minstekrav til bygningsdeler, komponenter og lekkasjetall for bygget.

Tabell 8 Minstekrav.

Egenskap	Verdi
U-verdi yttervegg	$\leq 0,15 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
U-verdi gulv	$\leq 0,15 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
U-verdi tak	$\leq 0,13 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
U-verdi vindu*	$\leq 0,80 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
U-verdi dør	$\leq 0,80 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
Normalisert kuldebroverdi, Ψ^p	$\leq 0,03 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
Virkningsgrad varmegjenvinner, η_T	$\geq 80 \%$
SFP-faktor ventilasjonsanlegg	$\leq 1,5 \text{ kW/(m}^3/\text{s)}$
Lekkasjetall ved 50 Pa, n_{50}	$\leq 0,60 \text{ h}^{-1}$

* Minstekravet gjelder som snitt for alle vinduer/vindusfelt i bygget. Skal et vindusprodukt kalles et "passivhusvindu", må det tilfredsstille kravet til $0,80 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ i standardstørrelse (BxH: 1,23 x 1,48 m), og U-verdien må dokumenteres i henhold til NS 3031.



Storøya grendasenter. Barnehage med passivhusstandard på ca. 1000 m^2 på Fornebu, Bærum kommune. Arkitekt og foto: Arkitektkontoret Kvadrat AS.

4.0 Anbefalinger for luftkvalitet og termisk komfort

Utover de anbefalingene som settes her skal alltid de krav som angitt i gjeldende byggeforskrifter tilfredsstilles /7/.

4.1 Luftkvalitet

Det bør dokumenteres at maksimalt CO₂-nivå ikke overskrider 1000 ppm i utsatte rom med forventet dimensjonerende personbelastning. Forventet dimensjonerende personbelastning i ulike rom og lokaler er gitt i blant annet veiledningen til TEK07 /7/.

4.2 Termisk komfort sommer

Det bør dokumenteres at operativ temperatur ikke overskrider 26 °C mer enn 50 timer i et normalår¹. Dette skal dokumenteres for utsatte/dimensjonerende rom.

¹ Dette anbefales gjort med en dynamisk beregningsmetode eller program. Som klimadata anbefales å bruke dimensjonerende utetemperatur for stedet som ikke overskrides mer enn 50 timer i året i et normalår, dette er tilgjengelig for mange klimateder i Norge. Temperaturamplituden over døgnet kan antas å svinge som en sinussvingning over døgnet, og har vanligvis en amplitude på 5-7 K (6 K kan brukes hvis ikke lokale data er tilgjengelig). Dette dimensjonerende døgnet kan da gjentas (simuleres) fem døgn (varmebølge på fem dager), og simuleringene kan da brukes til å vurdere om temperaturen overskrider 26 °C mer enn 50 timer i året.

5.0 Krav til dokumentasjon

5.1 Generelt

Dokumentasjon av bygget som passivhus eller lavenergibygg skal samles i en rapport og minimum inneholde:

- En referanse til denne rapporten
- Angivelse av beregningsmetode/beregningsprogram som er brukt for beregning av energiytelsen²
- Inndata til beregningene i henhold til kapittel 5.2
- Resultater av beregninger i henhold til kapittel 5.3
- Måling av byggets lufttetthet i henhold til kapittel 5.4

Representative plan- og snittegninger av bygget skal også være med som et vedlegg til en slik rapport.

5.2 Dokumentasjon av inngangsdata

Inndata skal dokumenteres i henhold til tillegg J i NS 3031, 2007 /5/. Alle inndata skal der henviser til hvor dokumentasjon for verdiene er tatt fra, eller til underliggende beregninger. Der inndata i tillegg J er basert på underberegninger (for eksempel av U-verdier) kan dette vises til som et eget vedlegg.

5.3 Dokumentasjon av beregninger og resultater

Beregningsresultater skal presenteres som angitt i NS3031 /5/ og minimum vise følgende resultater:

- Varmetapsbudsjett
- Årlig netto energibudsjett
- Årlig levert energi fordelt på ulike energivarer
- Årlig CO₂-utslipp
- En beregning av normalisert kuldebroverdi, der alle signifikante kuldebroer skal dokumenteres med lengde og kuldebroverdi³

² Kan enten være månedsstasjonær metode gitt i NS 3031, eller dynamisk simuleringsmetode som er validert i henhold til NS 3031.

³ Kuldebroer kan enten tas fra "kuldebroatlas", rapporter, byggdetaljblader eller lignende forutsatt at beregninger er gjort i henhold til NS-EN ISO 10211 og basert på innvendig areal. Finnes ikke kuldebroer for gitt konstruksjonsløsning, kan beregninger gjøres i henhold til NS-EN ISO 10211, eller med beregningsprogrammer som regner i henhold til denne standarden. I tilfeller der det er signifikante punktkuldebroer i bygget, for eksempel gjennomgående arkadesøyler, skal også de tas med i kuldebroregnskapet.

5.4 Dokumentasjon av lufttetthet

Dokumentasjon av byggets lekkasjetall skal ved ferdigstillelse⁴ gjøres i henhold NS-EN 13829, og dokumenteres i en egen rapport.



Marienlyst ungdomsskole. Skole under bygging i Drammen(høst 2009), som skal tilfredsstille passivhus-kriterier satt i denne rapporten. Arkitekt og illustrasjon: div. A Arkitekter.

⁴ Det anbefales også at bygget lekkasjetestes når lufttettesjiktet er etablert, og vinduer, dører og tekniske installasjoner er satt inn/gjennomført, men uten at vegger er isolert og lukket. Dette gjør at lekkasjepunkter kan utbedres på en enkel og kostnadseffektiv måte. Ofte er ikke tekniske installasjoner montert på dette tidspunktet, men det anbefales allikevel å sette inn kanal- og rørstusser, slik at de kan tettes rundt disse og slik at de blendes av ved trykktesting. Gjennomføring av tekniske installasjoner i etterkant er en av de mest vanlige årsakene til at ønsket lekkasjetall er vanskelig/kostbart å oppnå ved ferdigstillelse.

Referanser

- /1/ NS 3700 Kriterier for lavenergi- og passivhus – Boliger. Standard Norge, februar 2009 (Høringsversjon).
- /2/ Passivhaus Institut: www.passiv.de
- /3/ ”Protokollband Passivhaus-Schulen”, Passivhaus Institut, Darmstadt 2006.
- /4/ ”Kravspecifikation för Passivhus - Version 2009”, FEBY, juni 2009.
LTH rapport EBD-R--09/25.
- /5/ NS 3031:2007. ”Beregning av bygningers energi energiytelse. Metode og data”.
Standard Norge 2007
- /6/ Tekniske forskrifter til plan- og bygningsloven (TEK07) med tilhørende veiledning, se www.be.no/beweb/info/energi.html
- /7/ “First Steps: What Can be a Passive House in Your Region with Your Climate?”
by Dr. Wolfgang Feist, Passive House Institute, 2006. <http://www.passiv.de/>
- /8/ Klimadata M21, www.m21.no
- /9/ Høringsnotat: Teknisk forskrift til plan og bygningsloven 23. juni 2009, www.be.no.
- /10/ NS-EN ISO 10211 Kuldebroer i bygningskonstruksjoner – Varmestrømmer og overflatetemperaturer – Detaljerte beregninger
- /11/ NS-EN 13829 Bygningers termiske egenskaper - Bestemmelse av bygningers luftlekkasje - Differansetrykkmetode (ISO 9972:1996, modifisert)
- /12/ ”Revisjon av TEK-07 – Endringer av rammer for energikrav til belysning”, Norsk Lysteknisk komité/Lyskultur, februar 2009.

VEDLEGG A.1 (Normativt):

Kriterier for passivhus i kaldt klima

I kalde strøk av Norge vil det med dagens teknologi være praktisk umulig og oppnå passivhus-kriteriene som angitt i kapittel 2. Med kalde strøk menes her, med en foreløpig definisjon, at årsmiddeltemperaturen for stedet er lavere enn 6,3 °C (Normert Oslo-klima). Det er grovt estimert at av dagens bygg og antatt fremtidig bebyggelse ligger 70-75 % på steder med årsmiddeltemperatur over 6,3 °C.

I de 25-30 % av bebyggelsen med så kaldt klima at det med dagens teknologi er umulig/veldig vanskelig å bygge etter passivhus-kriteriene satt opp i kapittel 2, vil det fortsatt være fornuftig og ønskelig at det bygges i henhold til passivhuskonseptet (superisolering, minimale luftlekkasjer og ventilasjon med høyeffektiv varmegjenvinning som gir mulighet for forenkling av oppvarmingssystemet).

For å ha et enkelt og forståelig krav for disse byggene foreslås følgende kriterie:

”Bygg oppført med passivhuskomponenter i kaldt klima (årsmiddeltemperatur under 6,3 °C) skal tilfredsstille kravene i kapittel 2 beregnet med normert Oslo klima⁵”.

Bygget må allikevel designes og dimensjoneres med hensyn til lokalt klima og stedlige forhold, som for andre passivhus. Det vil også i disse byggene være muligheter for betydelig forenkling og kostnadsreduksjon av oppvarmingssystemet, selv om energi- og effektbehov til oppvarming kan være betydelig større enn i mildere strøk av landet.

Med forventet teknologisk utvikling, med bedre vinduer ($U \rightarrow 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$), mer effektive varmegjenvinnere ($\eta \rightarrow 95 \%$) og nye, høyeffektive isolasjonsløsninger ($\lambda \rightarrow 0,02 \text{ W/mK}$), vil man kunne bygge passivhus i kaldere strøk enn det som er mulig i dag. Kriterier for ”bygg i kaldt klima” bør derfor ses på som til en viss grad dynamiske, som revideres med jevne mellomrom ut fra den teknologiske utviklingen.

⁵ Med normert Oslo-klima menes angitte klimadata i NS 3031, som ligger til grunn for kravene i TEK07.

VEDLEGG A.2 (Normativt):

Kriterier for lavenergibygg

Det er valgt å legge krav til lavenergi-nivået ca. midt mellom dagens forskriftsnivå og passivhus-nivået. Det er lagt til grunn samme minste anbefalte luftmengder og interne varmetilskudd som for passivhus, angitt i tabell 2 og 3 i kapittel 2.

A.2.1 Oppvarmingsbehov

Krav til maksimalt netto oppvarmingsbehov (romoppvarming og ventilasjonvarme) er gitt i tabell A.1.

Tabell A.1: Krav til maksimalt årlig oppvarmingsbehov.

Byggkategori	Årlig oppvarmingsbehov
Barnehage	50 kWh/m ² år
Kontorbygg	30 kWh/m ² år
Skolebygg	35 kWh/m ² år
Universitet- og høyskolebygg	30 kWh/m ² år
Sykehus	65 kWh/m ² år
Sykehjem	40 kWh/m ² år
Hoteller	50 kWh/m ² år
Idrettsbygg	55 kWh/m ² år
Forretningsbygg	40 kWh/m ² år
Kulturbygg	50 kWh/m ² år
Lett industri, verksteder	60 kWh/m ² år

A.2.2 Kjølebehov

Tabell A.2 angir krav til maksimalt kjølebehov (romkjøling og ventilasjonskjøling).

Tabell A.2: Krav til maksimalt kjølebehov for ulike byggkategorier.

Byggkategori	Energibehov kjøling (netto)
Barnehage	0 kWh/m ² år
Kontorbygg	15 kWh/m ² år
Skolebygg	0 kWh/m ² år
Universitet- og høyskolebygg	15 kWh/m ² år
Sykehus	30 kWh/m ² år
Sykehjem	15 kWh/m ² år
Hoteller	15 kWh/m ² år
Idrettsbygg	15 kWh/m ² år
Forretningsbygg	30 kWh/m ² år
Kulturbygg	15 kWh/m ² år
Lett industri, verksteder	15 kWh/m ² år

A.2.3 Varmetapstall

Tabell A.3 angir krav til høyeste tillatte varmetapstall.

Tabell A.3: Høyeste tillatte varmetapstall for ulike byggkategorier.

Byggkategori	Varmetapstall, H'' W/(m ² ·K)
Barnehage	0,80
Kontorbygg	0,70
Skolebygg	0,75
Universitet- og høyskolebygg	0,75
Sykehus	1,20
Sykehjem	0,95
Hoteller	0,85
Idrettsbygg	1,00
Forretningsbygg	0,90
Kulturbygg	0,70
Lett industri, verksteder	0,85

A.2.4 CO₂-utslipp og fornybar energi

Tabell A.4 angir krav til høyeste tillatte CO₂-utslipp. CO₂-utslippet skal beregnes ut fra total levert energi for bygget, dvs. både for varmebehovet og det elspesifikke energibehovet i bygget, og baseres på CO₂-faktorer gitt i tillegg D.

Tabell A.4: Maksimalt tillatte CO₂-utslipp.

Byggkategori	CO ₂ -utslipp, m" kg/(m ² ·år)
Barnehage	35
Kontorbygg	35
Skolebygg	35
Universitet- og høyskolebygg	45
Sykehus	90
Sykehjem	60
Hoteller	55
Idrettsbygg	50
Forretningsbygg	60
Kulturbygg	40
Lett industri, verksteder	45

A.2.5 Minstekrav til bygningsdeler, komponenter og lekkasjetall

Tabell A.5 angir minstekrav til bygningsdeler, komponenter og lekkasjetall.

Tabell A.5 Minstekrav til komponenter

Egenskap	Verdi
U-verdi yttervegg	$\leq 0,18 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
U-verdi gulv	$\leq 0,15 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
U-verdi tak	$\leq 0,13 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
U-verdi vindu	$\leq 1,2 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
U-verdi dør	$\leq 1,2 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
Normalisert kuldebroverdi, ψ'	$\leq 0,05 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
Virkningsgrad varmegjenvinner, η_T	$\geq 70 \%$
SFP-faktor ventilasjonsanlegg	$\leq 2,0 \text{ kW/(m}^3/\text{s)}$
Lekkasjetall ved 50 Pa, n_{50}	$\leq 1,50 \text{ h}^{-1}$



Hauptschule. Passivhusskole bygget i Vorarlberg-regionen i Østerrike. Foto: SINTEF Byggforsk.

VEDLEGG B: Bestemmelse av luftmengder

B.1 Generelt grunnlag for bestemmelse av luftmengder i passivhus

Luften i rom beregnet på varig opphold må jevnlig skiftes ut med ren uteluft. Rommene og bygningen må derfor ventileres. Hovedformålet med ventilasjon er:

- å føre bort luft som inneholder bioeffluenter (bl.a. kroppslukter), andre lukter, fuktighet og luftforurensninger fra aktiviteter, materialer og inventar
- å tynne ut forurenset luft inne i bygningen

I tillegg brukes ventilasjonen ofte til temperaturregulering, som regel til kjøling.

Mennesker reagerer forskjellig på innemiljøfaktorene, dette gjelder også luftkvalitet, og det er normalt slik at økt tilførsel av frisk luft gir høyere andel tilfredse.

I passivhus er det ekstremt viktig å redusere forurensningsbelastningen til et minimum for å holde ressursbruken til ventilasjon på et minimum. Det vil si bruk av lav-emitterende materialer og inventar, godt renhold av innredning og flater, og godt vedlikehold av bygningskonstruksjonen med beskyttelse av skadelige fuktpåkjenninger. Dette er årsaken til at de angitte luftmengdene er relativt lave i forhold til de som står i NS 3031, tillegg A.

Videre er det viktig å styre friskluftmengden i forhold til behovet, som oftest gitt av antall personer som oppholder seg i rommet. God behovsstyring kan gi en reduksjon utover de gjennomsnittlige luftmengdene som er angitt i tabell 2.

Tabell B.1 angir anbefalt friskluftmengde i et typisk rom for noen byggkategori ved en gitt personbelastning, forutsatt at all annen forurensing er på et minimum. Det er her brukt dimensjonerende personbelastning som normalt legges til grunn for dimensjonering av luftmengde på romnivå.

Tabell B.1: Personbelastning og tilhørende maksimal luftmengde i typiske rom for noen byggkategorier

Byggkategori	Typisk rom	Person-belastning	Luftmengde i typisk rom ved angitt person-belastning
Barnehage	Oppholdsrom	2 m ² /per	18 m ³ /hm ²
Kontorbygg	Cellekontor	10m ² /per	6 m ³ /hm ²
Skolebygg	Undervisningsrom	2 m ² /per	15 m ³ /hm ²
Universitet- og høyskolebygg	Auditorium	0,7 m ² /per	40 m ³ /hm ²
Sykehus	Sengerom	14,3 m ² /per	8,5 m ³ /hm ²
Sykehjem	Sengerom	14,3 m ² /per	8,5 m ³ /hm ²
Hoteller	To-sengs soverom	5 m ² /per	6 m ³ /hm ²
Idrettsbygg	Gymsal	10 m ² /per	19 m ³ /hm ²
Forretningsbygg	Butikk	6,7 m ² /per	12 m ³ /hm ²

B.2 Grunnlag for angitte minimumsluftmengder

Verdiene gitt i tabell 2 er basert på følgende beregningsforutsetninger:

- Bruksarealet i bygget deles opp i primære oppholdsrom som kontorer, møterom, klasserom, sengerom, og sekundære arealer som korridorer, kommunikasjonsarealer, printerrom, toalett-arealer, etc. De ulike byggkategoriene har anslått fordeling mellom primærarealer og sekundær arealer, gitt i tabell B.2 under.
- Det brukes normalemitterende materialer, som i henhold til Veiledning til TEK07 /6/ gir et behov for $1,0 \text{ l/sm}^2$ ($3,6 \text{ m}^3/\text{hm}^2$). For noen byggkategorier er det brukt høyere luftmengde her, for å ta hensyn til prosesser eller forurensinger som opptrer hyppig i denne byggkategorien. Selv om normalemitterende materialer er lagt til grunn her, anbefales det generelt å bruke lavemitterende materialer.
- Det antas overstrømningsløsning fra primærarealer til sekundærarealer. Det betyr at det i sekundærarealer bare tilføres friskluft tilsvarende materialbelastningen på $3,6 \text{ m}^3/\text{hm}^2$, resten er overstrømning fra primærarealer.
- For mindre rom med få personer (kontorcelle og lignende) antas det brukt tilstedeværelsesstyring av luftmengdene. I større rom med flere personer som klasserom, møterom, teamkontorer/kontorlandskap, antas det CO_2 -styring av luftmengdene (settpunkt på ca. 800 ppm)
- Det antas en gjennomsnittlig personbelastning i primærarealene *når* det er personer i rommet (primærarealene), som angitt i tabell B.2. Denne er betydelig lavere enn dimensjonerende personbelastning for et gitt rom som angitt i tabell 1, siden det en antatt snittverdi både for alle primærarealer og i brukstiden for arealene. Det beregnes en luftmengde på 7 l/s per person ($25,2 \text{ m}^3/\text{h}$) når personene er tilstede i rommet.
- Det er anslått prosentvis tilstedeværelse i prosent av normert driftstid (se tabell B.3). Utenfor denne tiden antas det at luftmengden reduseres til luftmengde bestemt ut fra materialer (og eventuelt andre prosesser).

Som eksempel tar vi utgangspunkt i barnehagen, der primærarealet er estimert til 70 % ut fra planskisse vist i vedlegg D. Persontettheten i oppholdsrom som snitt når disse er i bruk er estimert til $5 \text{ m}^2/\text{per}$. Dvs. for et lekerom/oppholdsrom på 40 m^2 er det i snitt 8 personer der (når i bruk). Luftmengde i primærareal når dette er i bruk blir: $25,2/5 + 3,6 = 8,64 \text{ m}^3/\text{hm}^2$. Med en antatt tilstedeværelse i primærarealet på 60 %, blir snittluftmengden på: $0,6 \times 8,64 + 3,6 \times (1-0,6) = 6,62 \text{ m}^3/\text{hm}^2$. For både primær- og sekundærareal (70/30-fordeling), blir snittluftmengde i driftstiden på: $0,7 \times 6,62 + 0,3 \times 3,6 = 5,72 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ (som vist i tabell 2). Tilsvarende er luftmengde i driftstiden for de andre byggkategoriene også bestemt/beregnet. Verdier for luftmengdene i tabell 2 er beregnet i tabell B.2, og avrundet oppover til nærmeste hele tall.

Tabell B.2: Beregning av snittluftmengder i driftstiden for ulike byggkategorier, som ligger til grunn for tabell 2.

Byggkategori	Primær-areal	Persontetthet Primærareal	Tilstedevær. primærareal	Luftmengde materialer	Snittluftmengde
Barnehage	70 %	5 m ² /per	60 %	3,6 m ³ /hm ²	5,7 m ³ /hm ²
Kontorbygg	60 %	5 m ² /per	60 %	3,6 m ³ /hm ²	5,4 m ³ /hm ²
Skolebygg	60 %	2,5 m ² /per	70 %	3,6 m ³ /hm ²	7,8 m ³ /hm ²
Universitet- og høyskolebygg	60 %	4 m ² /per	70 %	3,6 m ³ /hm ²	6,2 m ³ /hm ²
Sykehus	60 %	5 m ² /per	70 %	7,2 m ³ /hm ²	9,3 m ³ /hm ²
Sykehjem	60 %	5 m ² /per	60 %	4,3 m ³ /hm ²	6,1 m ³ /hm ²
Hoteller	60 %	6 m ² /per	60 %	4,3 m ³ /hm ²	5,8 m ³ /hm ²
Idrettsbygg	70 %	5 m ² /per	60 %	3,6 m ³ /hm ²	5,7 m ³ /hm ²
Forretningsbygg	60 %	4 m ² /per	70 %	7,2 m ³ /hm ²	9,8 m ³ /hm ²
Kulturbygg	70 %	4 m ² /per	60 %	3,6 m ³ /hm ²	6,2 m ³ /hm ²
Lett industri, verksteder	70 %	4 m ² /per	60 %	3,6 m ³ /hm ²	6,2 m ³ /hm ²

Tabell B.3 Driftstid ventilasjon fra NS 3031, og argumenter for valgt luftmengde utenfor normert driftstid brukt i tabell 2.

Byggkategori	Driftstid* ventilasjon	Luftmengde utenfor drift	Kommentar
Barnehage	10/5/52	1 m ³ /hm ²	Siden mange skolebygg ofte er noe i bruk utenfor normal driftstid, er det regnet med litt luftmengde utenfor driftstiden her.
Kontorbygg	12/5/52	1 m ³ /hm ²	Siden kontorbygg er i bruk noe utenfor normal driftstid (12 t), er det regnet med litt luftmengde utenfor driftstiden her.
Skolebygg	10/5/44	1 m ³ /hm ²	Siden mange skolebygg ofte er noe i bruk utenfor normal driftstid, er det regnet med litt luftmengde utenfor driftstiden her.
Universitet- og høyskolebygg	12/5/52	1 m ³ /hm ²	Siden universiteter ofte er i bruk utenfor normal driftstid, er det regnet med litt luftmengde her.
Sykehus	16/7/52	3 m ³ /hm ²	Siden deler av sykehus er i bruk utenfor normal driftstid, er det regnet med en del luftmengde her.
Sykehjem	16/7/52	1 m ³ /hm ²	Siden deler av sykehjem er i bruk utenfor normal driftstid, er det regnet med noe luftmengde her.
Hoteller	16/7/52	1 m ³ /hm ²	Siden deler av hotell er i bruk utenfor normal driftstid, er det regnet med noe luftmengde her.
Idrettsbygg	12/5/44	1 m ³ /hm ²	Siden deler av idrettsbygg er i bruk utenfor normal driftstid, er det regnet med noe luftmengde her.
Forretningsbygg	12/6/52	1 m ³ /hm ²	Forretningsbygg kan i enkelte tilfeller ha lenge åpningstid en normert driftstid, er derfor regnet med litt luftmengde her.
Kulturbygg	11/5/52	0 m ³ /hm ²	Det er antatt at kulturbygg i liten grad er i bruk utenfor normert driftstid.
Lett industri, verksteder	9/5/52	0 m ³ /hm ²	Antatt noe bruk av verksteder utenfor normert driftstid.

* Tatt fra tillegg A i NS 3031-2007.



Prekestolhytta: Turisthytte bygget til lavenergistandard med vann til vann varmepumpe.
Arkitekt: Helen & Hard AS. Foto: SINTEF Byggforsk.

VEDLEGG C: Bestemmelse av interne varmetilskudd

C.1 Grunnlag for bestemmelse av effektbehov og interne varmetilskudd

Til grunn for beregningene av effektbehov og interne varmetilskudd er det brukt samme driftstider som i NS 3031-2007 Tillegg A. Effektbehov for varmtvann, og antagelsen om null varmetilskudd fra dette, er også beholdt.

For belysning er det generelt lagt til grunn verdier foreslått fra Norsk Lyskomite (NLK) /12/, samt i tillegg antatt at det er effektiv behovsstyring. Dette gir verdier betydelig under verdiene i NS 3031-2007, tillegg A.

For barnehager, med 60 % tilstedeværelse (tabell C.1) og effektbehov uten styring på 8,2 W/m² (NLK), vil snitt effektbehov i primærarealet være: $0,6 \times 8,2 = 4,92$ W/m². I sekundærarealene antas det at lysene står på hele tiden (100 % tilstedeværelse): $1,0 \times 8,2 = 8,2$ W/m². Med 70 % primærareal blir snitt effektbehov for belysning i barnehage i driftstiden på: $0,7 \times 4,92 + 0,3 \times 8,2 = 5,9$ W/m². Lignende beregning av snitt belysningseffekt er gjort for de andre byggekategoriene, og vist i tabell C.1. Generelt er det brukt samme belysningseffekt i sekundærareal som i primærarealet, og forutsatt at det ikke er behovsstyring dersom ikke annet er angitt i tabell C.2. Verdier for effektbehovet i tabell 2 er beregnet i tabell B.2, og avrundet oppover til nærmeste hele tall.

Tabell C.1 Grunnlag for valgte verdier for belysning i tabell 2.

Byggekategori	Effekt u/styring	Primærareal	Tilstedeværelse	Beregnet effektbehov med styring
Barnehage	8,2 W/m ²	70 %	60 %	5,9 W/m ²
Kontorbygg	6,4 W/m ²	60 %	60 %	4,9 W/m ²
Skolebygg	8,2 W/m ²	60 %	60 %	5,5 W/m ²
Universitets- og høyskolebygg	7,3 W/m ² *	60 %	60 %	5,5 W/m ²
Sykehus	6,4 W/m ²	60 %	70 %	5,2 W/m ²
Sykehjem	6,4 W/m ²	60 %	70 %	5,2 W/m ²
Hoteller	6,4 W/m ²	60 %	50 %	4,5 W/m ²
Idrettsbygg	8,2 W/m ²	70 %	60 %	5,4 W/m ²
Forretningsbygg**	15/6,4 W/m ²	60 %	100/60 %	10,5 W/m ²
Kulturbygg	8,2 W/m ²	70 %	60 %	5,4 W/m ²
Lett industri, verksteder	8,2 W/m ²	70 %	60 %	5,4 W/m ²

* Det er her brukt en snittverdi av kontorbygg og skolebygg, siden Universitets- og høyskolebygg har både kontor- og undervisningsfunksjoner.

** Det er regnet med 15 W/m² i primærarealer (forretninger og lignende) som står på hele tiden, mens det i sekundærarealer antas 6,4 W/m² med tilstedeværelse på 60 %.

Varmeavgivelse fra personer er stort sett holdt på de samme verdiene som i NS 3031 Tillegg A, bortsett fra forretningsbygg som er satt noe lavere.

Tabell C.2 Grunnlag for valgte verdier for personvarme i tabell 2.

Byggkategori	Personer	Kommentar
Barnehage	6 W/m ²	Samme som i NS 3031-2007, tillegg A.
Kontorbygg	4 W/m ²	Samme som i NS 3031-2007, tillegg A.
Skolebygg	12 W/m ²	Samme som i NS 3031-2007, tillegg A.
Universitets- og høyskolebygg	6 W/m ²	Samme som i NS 3031-2007, tillegg A.
Sykehus	2 W/m ²	Samme som i NS 3031-2007, tillegg A.
Sykehjem	3 W/m ²	Samme som i NS 3031-2007, tillegg A.
Hoteller	2 W/m ²	Samme som i NS 3031-2007, tillegg A.
Idrettsbygg	10 W/m ²	Samme som i NS 3031-2007, tillegg A.
Forretningsbygg	7 W/m ²	Verdi redusert fra 10 W/m ² i NS 30031. Er lagt til grunn en personbelastning på 13 m ² /person (90 W/person) som snitt i driftstiden..
Kulturbygg	3,2 W/m ²	Samme som i NS 3031-2007, tillegg A.
Lett industri, verksteder	2 W/m ²	Samme som i NS 3031-2007, tillegg A.

For effektbehov og varmetilskudd fra utstyr er det for de fleste byggkategoriene brukt samme verdier som i NS 3031-2007, tillegg A.

For kontorbygget er det regnet på et typisk kontorrom (primærareal) som har en bærbar PC (35 Watt), en flatskjerm (40 Watt) og en skriver (25 Watt i snitt). Med en 10 m² stor kontorcelle, utgjør dette 10 W/m². Det antas at utstyret brukes/står på ca. 10 timer i døgnet (80 % tilstedeværelse/bruk i døgnet). I sekundærarealer antas det et effektbehov til utstyr på 2 W/m², som står på i hele driftstiden (12 timer pr. arbeidsdag). Med 60 % primærareal blir da snitt effektbehov for utstyr i driftstiden på:

$10 \times 0,8 \times 0,7 + 2 \times 1,0 \times 0,3 = 5,6 \text{ W/m}^2$. Dette avrundes opp til 6 W/m² i tabell 2.

Tabell C.3 Grunnlag for valgte verdier for personvarme i tabell 2.

Byggkategori	Utstyr	Kommentar
Barnehage	2 W/m ²	Samme som i NS 3031-2007, tillegg A.
Kontorbygg	6 W/m ²	Regnet med 10 W/m ² i typisk kontorareal, som er i bruk 10 timer i døgnet, samt 2 W/m ² i sekundærareal.
Skolebygg	4 W/m ²	I et klasserom på 60 m ² , er det regnet i snitt med 10 stk bærbar PC'er i bruk (35 W/PC), samt en videokanon på 200 W. Dette utgjør 8,3 W/m ² . Dette utstyret antas å være i bruk 6,5 timer pr. skoledag. I sekundærareal antas en snitteffekt på 2 W/m ² i driftstiden. Dette gir et effektbehov til utstyr på 4 W/m ²
Universitets- og høyskolebygg	5 W/m ²	Som for belysning antas denne byggkategorien som en mellomting mellom et skolebygg og et kontorbygg. (undervisnings- og kontorfunksjoner).
Sykehus	8 W/m ²	Samme som i NS 3031-2007, tillegg A.
Sykehjem	4 W/m ²	Samme som i NS 3031-2007, tillegg A.
Hoteller	1 W/m ²	Samme som i NS 3031-2007, tillegg A.
Idrettsbygg	1 W/m ²	Samme som i NS 3031-2007, tillegg A.
Forretningsbygg	1 W/m ²	Samme som i NS 3031-2007, tillegg A.
Kulturbygg	1 W/m ²	Samme som i NS 3031-2007, tillegg A.
Lett industri, verksteder	10 W/m ²	Samme som i NS 3031-2007, tillegg A.

VEDLEGG D: Bestemmelse av kriterier for energiytelse

D.1 Generelt

Det er i det etterfølgende presentert simuleringer av oppvarmingsbehov, netto energibehov, CO₂-utslipp og varmetapstall. Beregningene er gjort med programmet SIMIEN 4.0 (www.programbyggerne.no) som beregner etter NS 3031, og er validert i henhold til NS 3031/NS-EN 15265. Ut fra disse simuleringresultatene er det satt krav til oppvarmingsbehov, kjølebehov, CO₂-utslipp og varmetapstall for de ulike byggkategoriene som gjengitt i kapittel 2.

For krav til CO₂-utslipp er det brukt CO₂-faktorer som foreslått i NS 3700, og det er på bakgrunn av TEK07 /6/ satt krav til at 40 % av varmebehovet (oppvarming + varmtvannsbehovet) dekkes av fornybar energi. Her er det lagt til grunn at dette dekkes av biobrensel⁶, med en utslippfaktor på 14 g/kWh. Som understreket i kapittel 2 beregnes utslippet av CO₂ ut fra total levert energi, og ikke bare ut fra varmebehovet.

D.2 CO₂-faktorer basert på prNS 3700

Tabell D.1 angir CO₂-faktorer som skal brukes for å dokumentere at ikke kravet til maksimalt CO₂-utslipp gitt i kapittel 2 overskrides.

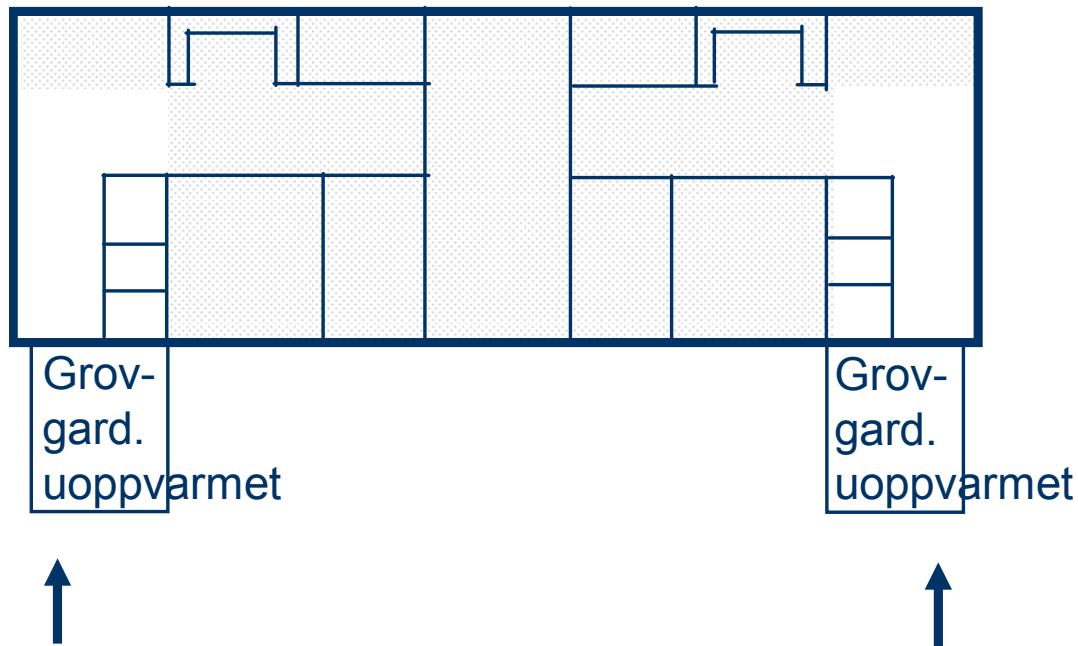
Tabell D.1 Faktorer som skal brukes ved beregning av CO₂-utslipp. Gitt per kWh levert energi

Energivare	CO ₂ -faktor (g/kWh)
Biobrensel	14
Fjernvarme	231
Gass (fossil)	211
Olje	284
Elektrisitet fra kraftnettet	395

⁶ På det konkrete bygget kan dette selvsagt dekkes av andre energikilder energikilder som sol, varmepumper, el, gass, etc., eller kombinasjoner av disse, så lenge det samlede CO₂-utslippet er lavere enn kravet satt i kapittel 2.

D.3 Barnehage

Figur D.1 viser modell for barnehagen som er lagt til grunn for beregningene⁷. Med komponentverdiene som angitt i tabell D.2 vil oppvarmingsbehovet bli på 25.1 kWh/m²år (se tabell D.3). Komponentverdiene i tabell D.2 er relativt nære det som er praktisk mulig å oppnå med dagens tilgjengelige teknologi, og det vurderes som for vanskelig å oppnå oppvarmingsbehov ned mot 15 kWh/m²år som for boliger.



Figur D.1: Modell av barnehage med dimensjoner 10 x 30 m, over én etasje. 300 m² BRA.

Basert på simuleringer presentert i vedlegg E, er det vurdert at det er mulig å oppnå tilfredsstillende sommerkomfort uten mekanisk kjøling, dvs. kun passive tiltak som solskjerming, bruk av termisk masse og effektiv gjennomlufting/krysslufting i varmeperioder.

Med krav til at minst 40 % av varmebehovet dekkes av fornybar energi, er det satt krav til at maksimalt CO₂-utslipp ikke skal overskride 20 kg/m²år (se tabell D.4)

Figur D.2 viser beregnet varmetapstall for barnhagen med komponentverdier gitt i tabell D.2. Krav til varmetapstall for barnehager er ut fra dette satt til 0,60 W/m²K. Effektbehov til oppvarming⁸ (rom og ventilasjon) er simulert til 22 W/m².

⁷ For alle de 11 byggkategoriene er det lagt til grunn de bygningsmodellene som energirammene i TEK07 /6/ er basert på.

⁸ Det er ikke satt et eksplisitt krav til installert oppvarmingseffekt i prNS 3700, og heller ikke i denne rapporten. Denne verdien er derfor kun til informativt formål.

Tabell D.2: Komponentverdier for å nå et oppvarmingsbehov på 25 kWh/m²år.

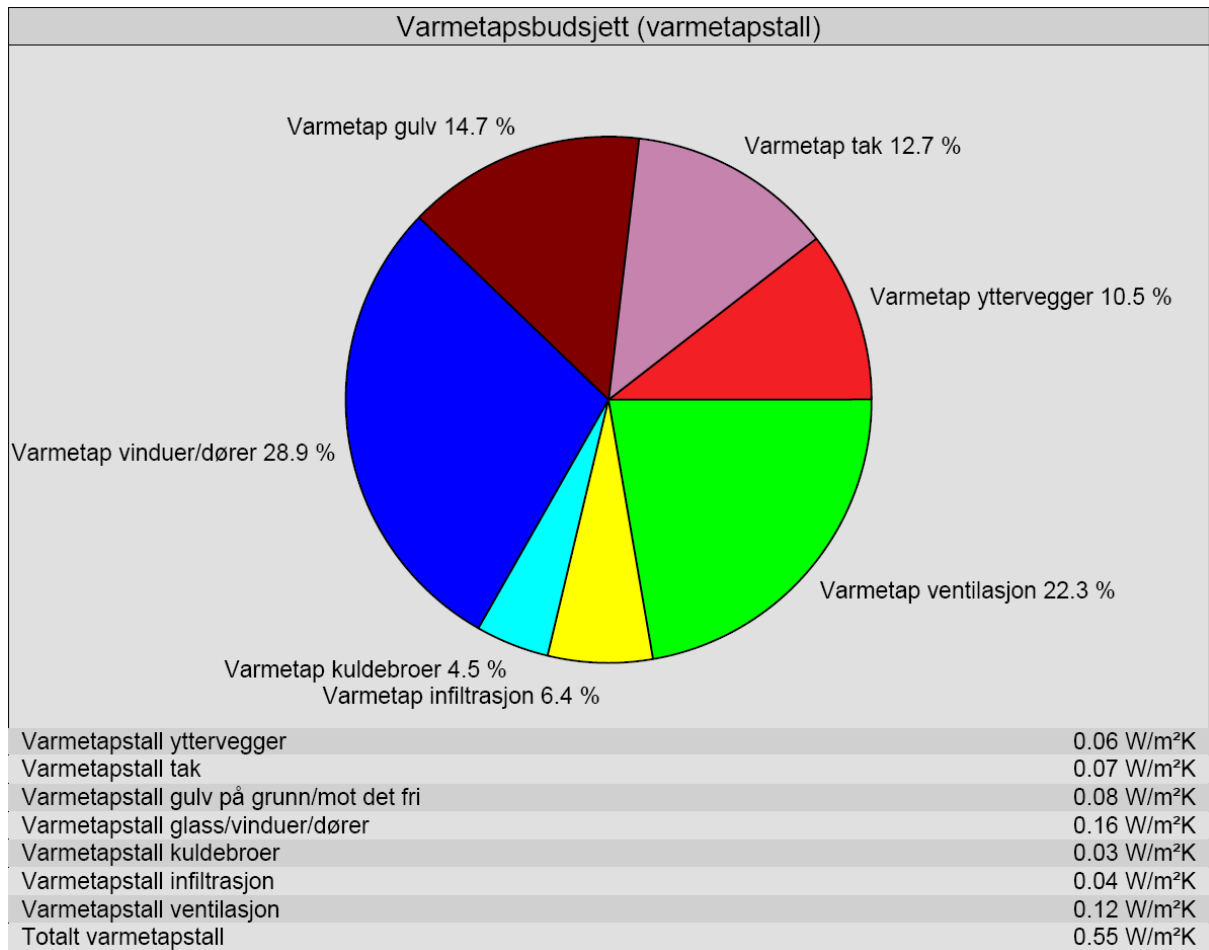
Komponenter:		Komponentverdier
	U-verdi yttervegg	0,10 W/m²K
	U-verdi gulv	0,08 W/m²K
	U-verdi yttertak	0,07 W/m²K
	U-verdi vinduer	0,80 W/m²K
	Varmegjenvinning (η)	85 %
Ψ''	Normalisert kuldebroverdi	0,025 W/m²K

Tabell D.3 Simulert netto energibudsjett for barnehagen.

Energibudsjett			
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov	
1a Romoppvarming	7532 kWh	25.1 kWh/m²	
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0.0 kWh/m²	
2 Varmtvann (tappevann)	3007 kWh	10.0 kWh/m²	
3a Vifter	2324 kWh	7.7 kWh/m²	
3b Pumper	0 kWh	0.0 kWh/m²	
4 Belysning	4698 kWh	15.7 kWh/m²	
5 Teknisk utstyr	1566 kWh	5.2 kWh/m²	
6a Romkjøling	0 kWh	0.0 kWh/m²	
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0.0 kWh/m²	
Totalt netto energibehov, sum 1-6	19127 kWh	63.8 kWh/m²	

Tabell D.4 Simulert CO₂-utslipp for barnehagen.

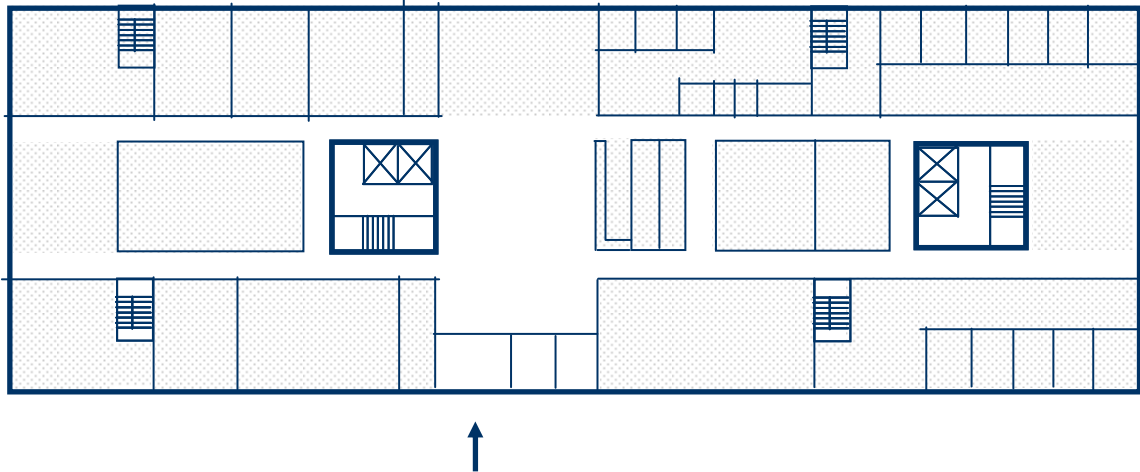
Årlige utslipp av CO ₂			
Energivare	Utslipp	Spesifikt utslipp	
1a Direkte elektrisitet	5890 kg	19.6 kg/m²	
1b El. til varmepumpesystemer	0 kg	0.0 kg/m²	
1c El. til solenergisystemer	0 kg	0.0 kg/m²	
2 Olje	0 kg	0.0 kg/m²	
3 Gass	0 kg	0.0 kg/m²	
4 Fjernvarme	0 kg	0.0 kg/m²	
5 Biobrensel	74 kg	0.2 kg/m²	
6 Annen energivare ()	0 kg	0.0 kg/m²	
Totalt utslipp, sum 1-6	5964 kg	19.9 kg/m²	



Figur D.2: Simulert varmetapsbudsjet for barnehagen

D.4 Kontorbygg

Figur D.3 viser modell for en typisk etasje i kontorbygg-modellen som er lagt til grunn for beregningene. Med komponentverdiene som angitt i tabell D.5 vil oppvarmingsbehovet bli på 14,9 kWh/m²år (se tabell D.6). Verdiene i tabell D.5 er relativt vanlige passivhuskomponentverdier, som er også er tilgjengelig på det norske markedet. Det vurderes derfor som realistisk og sette kravet 15 kWh/m²år for kontorbygg, som for boliger.



Figur D.3: Modell av typisk etasje i kontorbygg, med dimensjoner 20 x 60 m. Totalt BRA på 3600 m² over 3 etasjer.

Basert på simuleringer presentert i vedlegg E, er det vurdert at det er mulig å oppnå tilfredsstillende sommerkomfort med en installert kjøleeffekt på 15 W/m² (ventilasjonskjøling). Dette fører til et årlig kjølebehov på 8,2 kWh/m²år som vist i tabell D.6. Ut fra dette er det satt et krav til at netto energibehov til kjøling ikke skal overstige 10 kWh/m²år.

Med krav til at minst 40 % av varmebehovet dekkes av fornybar energi (her beregnet som bio), blir CO₂-utslippet på 23,3 kg/m²år (tabell D.7). Basert på dette settes kravet for maksimalt CO₂-utslipp for kontorbygg til 25 kg/m²år

Figur D.4 viser beregnet varmetapstall for kontorbygget med komponentverdier gitt i tabell D.5. Krav til varmetapstall for kontorbygg er ut fra dette satt til 0,50 W/m²K. Effektbehov til oppvarming (rom og ventilasjon) er simulert til 15 W/m².

Tabell D.5: Komponentverdier for å nå et oppvarmingsbehov på 15 kWh/m²år.

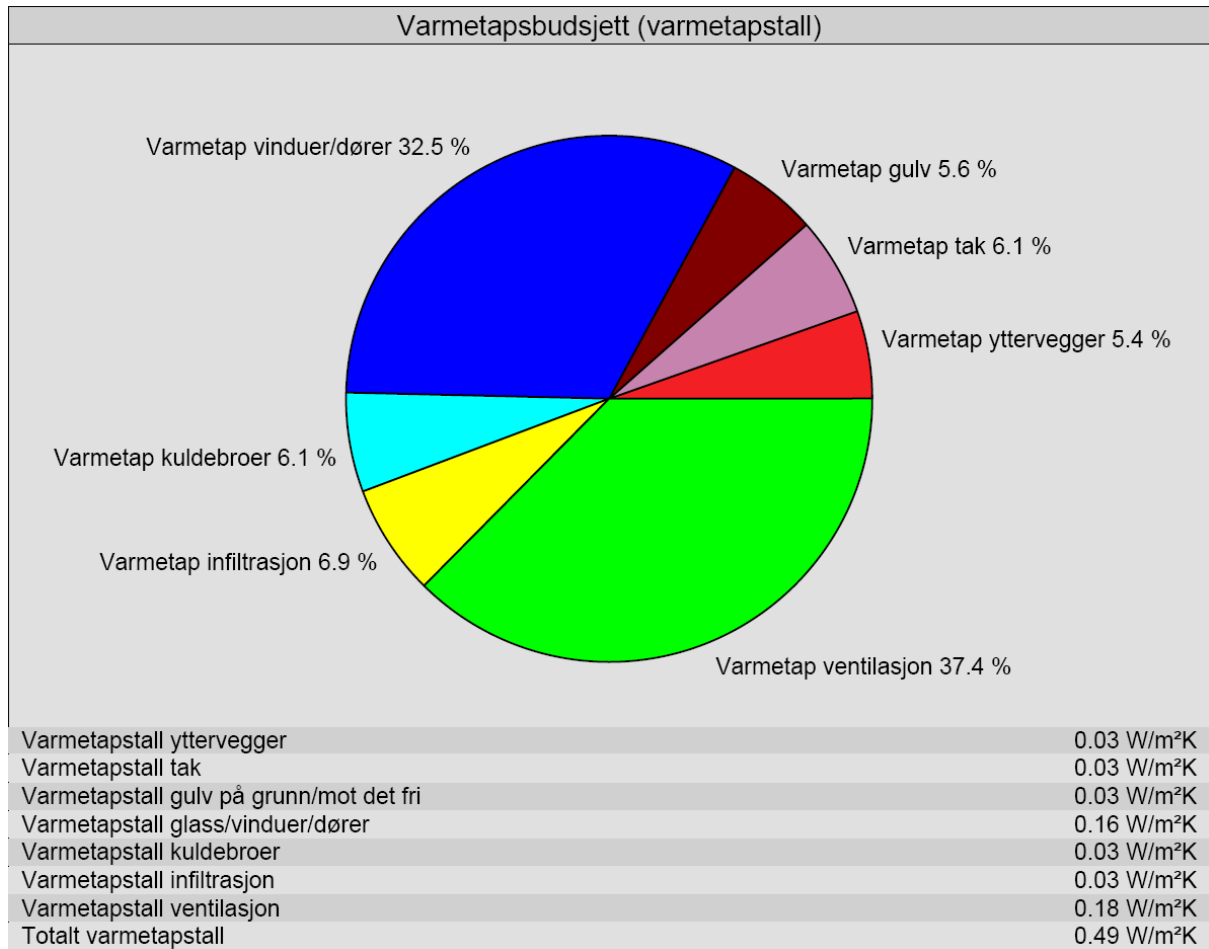
Komponenter:		Komponentverdier
	U-verdi yttervegg	0,12 W/m ² K
	U-verdi gulv	0,08 W/m ² K
	U-verdi yttertak	0,09 W/m ² K
	U-verdi vinduer	0,80 W/m ² K
	Varmegjenvinning (η)	80 %
Ψ''	Normalisert kuldebroverdi	0,03 W/m ² K

Tabell D.6 Simulert netto energibudsjett for kontorbygget.

Energibudsjett			
Energipost	Energibruk	Spesifikk energibruk	
Romoppvarming	53644 kWh	14.9 kWh/m ²	
Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0.0 kWh/m ²	
Oppvarming av tappevann	18040 kWh	5.0 kWh/m ²	
Vifter (ventilasjon)	32229 kWh	9.0 kWh/m ²	
Pumper	0 kWh	0.0 kWh/m ²	
Belysning	56376 kWh	15.7 kWh/m ²	
Teknisk utstyr	67651 kWh	18.8 kWh/m ²	
Romkjøling	0 kWh	0.0 kWh/m ²	
Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	29688 kWh	8.2 kWh/m ²	
Total	257629 kWh	71.6 kWh/m ²	

Tabell D.7 Simulert CO₂-utslipp for kontorbygget.

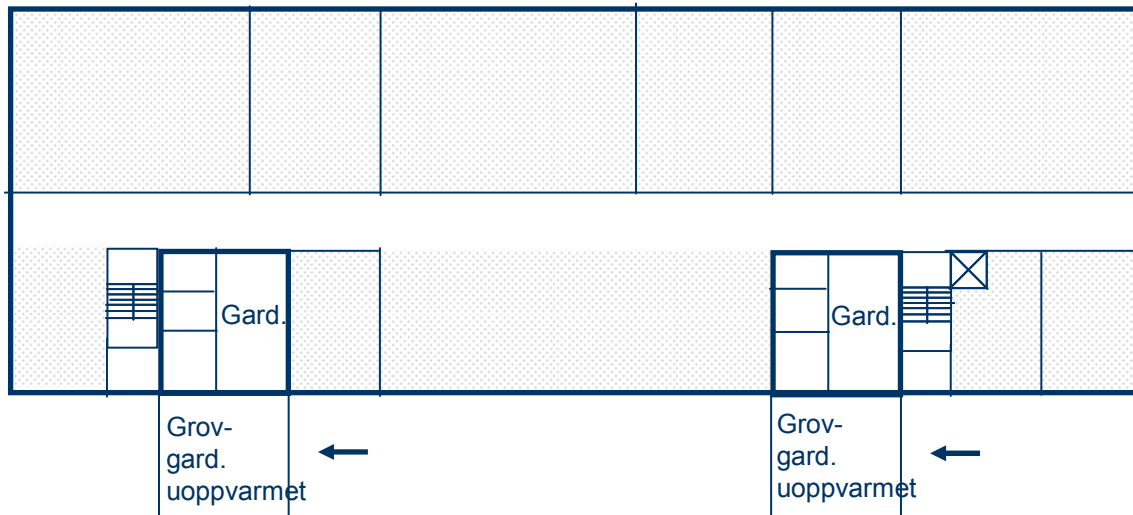
Årlige utslipp av CO ₂			
Energikilde	Utslipp	Spesifikt utslipp	
Elektrisitet	83401 kg	23.2 kg/m ²	
Biobrensel	550 kg	0.2 kg/m ²	
Totalt utslipp	83951 kg	23.3 kg/m ²	



Figur D.4: Simulert varmetapsbudsjet for kontorbygget.

D.5 Skolebygg

Figur D.5 viser modell for en typisk etasjeplan i skolebygg-modellen som er lagt til grunn for beregningene. Med komponentverdiene som angitt i tabell D.8 vil oppvarmingsbehovet bli på 14,8 kWh/m²år (tabell D.9). Verdiene i tabell D.8 kan tilfredsstilles med komponenter som allerede finnes på det norske markedet. Det vurderes derfor som realistisk og sette kravet 15 kWh/m²år for skolebygg også.



Figur D.5: Modell av typisk etasje i skolebygg, med dimensjoner 20 x 60 m. Totalt BRA på 2400 m² over 2 etasjer.

Basert på simuleringer presentert i vedlegg E, er det vurdert at det er mulig å oppnå tilfredsstillende sommerkomfort uten mekanisk kjøling.

Med krav til at minst 40 % av varmebehovet dekkes av fornybar energi (her beregnet som bio), blir CO₂-utslippet på 17,9 kg/m²år (tabell D.10). Basert på det settes kravet for maksimalt CO₂-utslipp for skolebygg til 20 kg/m²år

Figur D.6 viser beregnet varmetapstall for skolebygget med komponentverdier gitt i tabell D.5. Krav til varmetapstall for skolebygg er ut fra dette satt til 0,50 W/m²K. Effektbehov til oppvarming (rom og ventilasjon) er simulert til 15 W/m².

Tabell D.8: Komponentverdier for å nå et oppvarmingsbehov på 15 kWh/m²år.

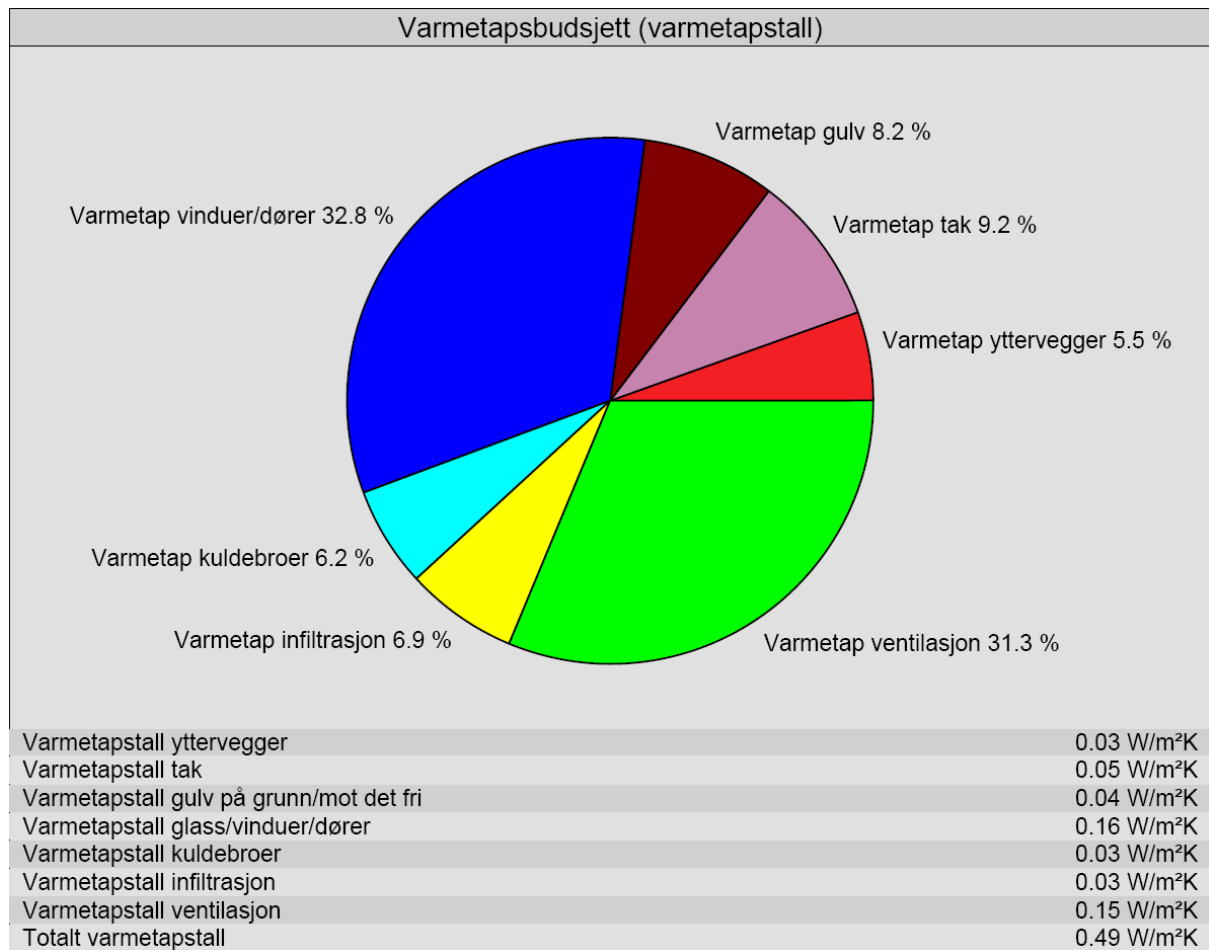
Komponenter:		Komponentverdier
	U-verdi yttervegg	0,12 W/m²K
	U-verdi gulv	0,08 W/m²K
	U-verdi yttertak	0,09 W/m²K
	U-verdi vinduer	0,80 W/m²K
	Varmegjenvinning (η)	83 %
Ψ''	Normalisert kuldebroverdi	0,03 W/m²K

Tabell D.9 Simulert netto energibudsjett for skolebygget.

Energibudsjett			
Energipost	Energibruk	Spesifikk energibruk	
Romoppvarming	35414 kWh	14.8 kWh/m²	
Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0.0 kWh/m²	
Oppvarming av tappevann	23530 kWh	9.8 kWh/m²	
Vifter (ventilasjon)	20501 kWh	8.5 kWh/m²	
Pumper	0 kWh	0.0 kWh/m²	
Belysning	30960 kWh	12.9 kWh/m²	
Teknisk utstyr	20640 kWh	8.6 kWh/m²	
Romkjøling	0 kWh	0.0 kWh/m²	
Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0.0 kWh/m²	
Total	131044 kWh	54.6 kWh/m²	

Tabell D.10 Simulert CO₂-utslipp for skolebygget.

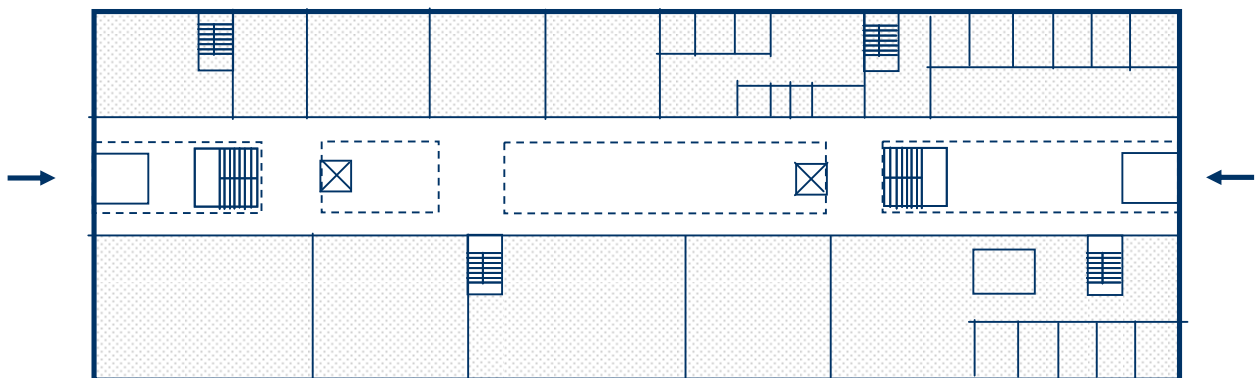
Årlige utslipp av CO ₂			
Energikilde	Utslipp	Spesifikt utslipp	
Elektrisitet	42449 kg	17.7 kg/m²	
Biobrensel	452 kg	0.2 kg/m²	
Totalt utslipp	42902 kg	17.9 kg/m²	



Figur D.6: Simulert varmetapsbudsjett for skolebygget.

D.6 Universitets- og høyskolebygg

Figur D.7 viser modell for en typisk etasjeplan i høyskolebygg-modellen som er lagt til grunn for beregningene. Med komponentverdiene som angitt i tabell D.11 vil oppvarmingsbehovet bli på 15,0 kWh/m²år (tabell D.12). Verdiene i tabell D.11 kan tilfredsstilles med komponenter som allerede finnes på det norske markedet. Det vurderes derfor som realistisk og sette kravet 15 kWh/m²år for universitets- og høyskolebygg også.



Figur D.7: Modell av typisk etasje i universitets- og høyskolebygg, med dimensjoner 20 x 60 m. Totalt BRA på 3600 m² over 3 etasjer.

Basert på simuleringer presentert i vedlegg E, er det vurdert at det er mulig å oppnå tilfredsstillende sommerkomfort med en installert kjøleeffekt på 15 W/m² (ventilasjonskjøling). Dette fører til et årlig kjølebehov på 8,8 kWh/m²år som vist i tabell D.12. Ut fra dette er det satt et krav til at netto energibehov til kjøling ikke skal overstige 10 kWh/m²år.

Med krav til at minst 40 % av varmebehovet dekkes av fornybar energi (her beregnet som bio), blir CO₂-utslippet på 26,0 kg/m²år (tabell D.13). Basert på det settes kravet for maksimalt CO₂-utslipp for universitets- og høyskolebygg til 30 kg/m²år

Tabell D.11: Komponentverdier for å nå et oppvarmingsbehov på 15 kWh/m²år.

Komponenter:		Komponentverdier
	U-verdi yttervegg	0,12 W/m ² K
	U-verdi gulv	0,08 W/m ² K
	U-verdi yttertak	0,09 W/m ² K
	U-verdi vinduer	0,80 W/m ² K
	Varmegjenvinning (η)	81 %
ψ	Normalisert kuldebroverdi	0,03 W/m ² K

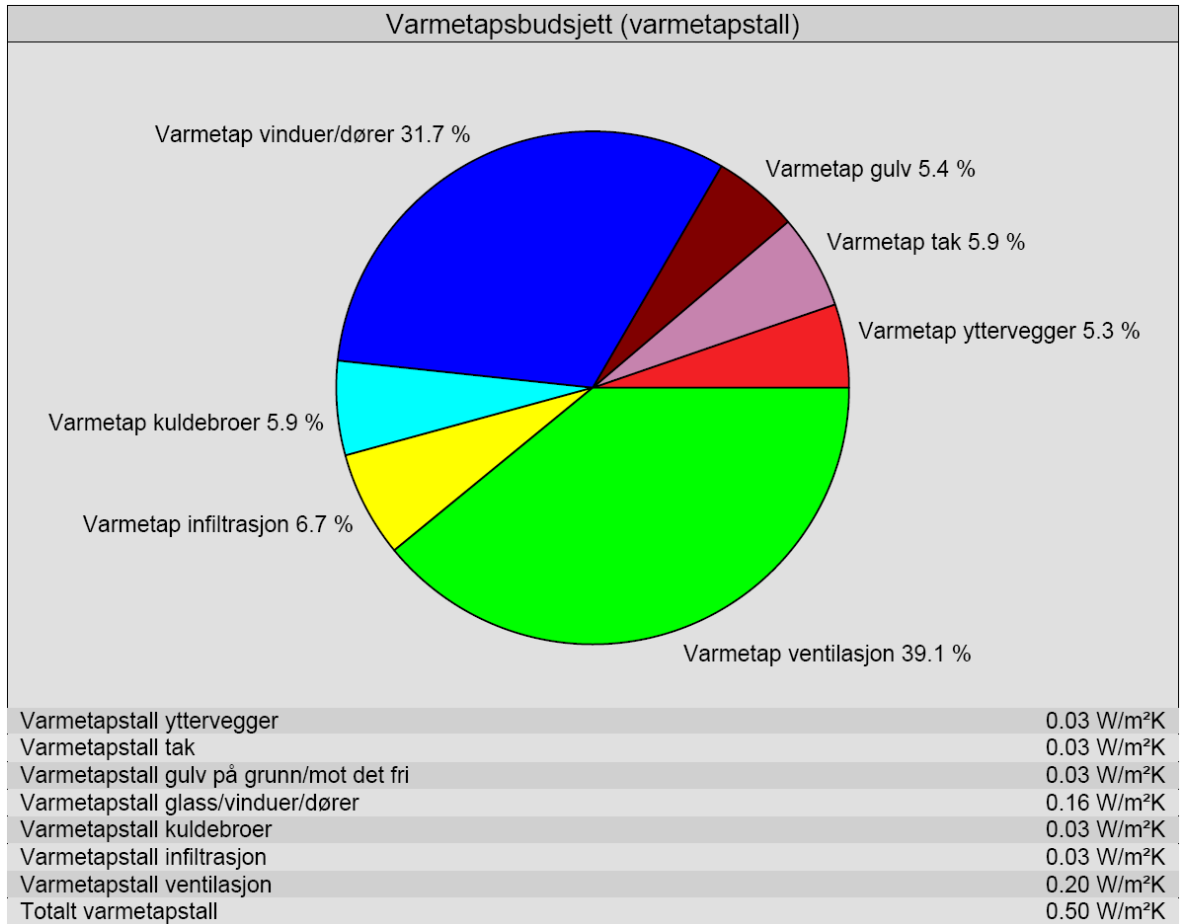
Figur D.8 viser beregnet varmetapstall for høyskolebygget med komponentverdier gitt i tabell D.11. Krav til varmetapstall for universitets- og høyskolebygg er ut fra dette satt til 0,50 W/m²K. Effektbehov til oppvarming (rom og ventilasjon) er simulert til 15 W/m².

Tabell D.12 Simulert netto energibudsjett for universitets- og høyskolebygget.

Energipost	Energibudsjett	
	Energibruk	Spesifikk energibruk
Romoppvarming	54178 kWh	15.0 kWh/m ²
Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0.0 kWh/m ²
Oppvarming av tappevann	18040 kWh	5.0 kWh/m ²
Vifter (ventilasjon)	37019 kWh	10.3 kWh/m ²
Pumper	0 kWh	0.0 kWh/m ²
Belysning	67651 kWh	18.8 kWh/m ²
Teknisk utstyr	56376 kWh	15.7 kWh/m ²
Romkjøling	0 kWh	0.0 kWh/m ²
Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	31562 kWh	8.8 kWh/m ²
Total	264827 kWh	73.6 kWh/m ²

Tabell D.13 Simulert CO₂-utslipp for universitets- og høyskolebygget.

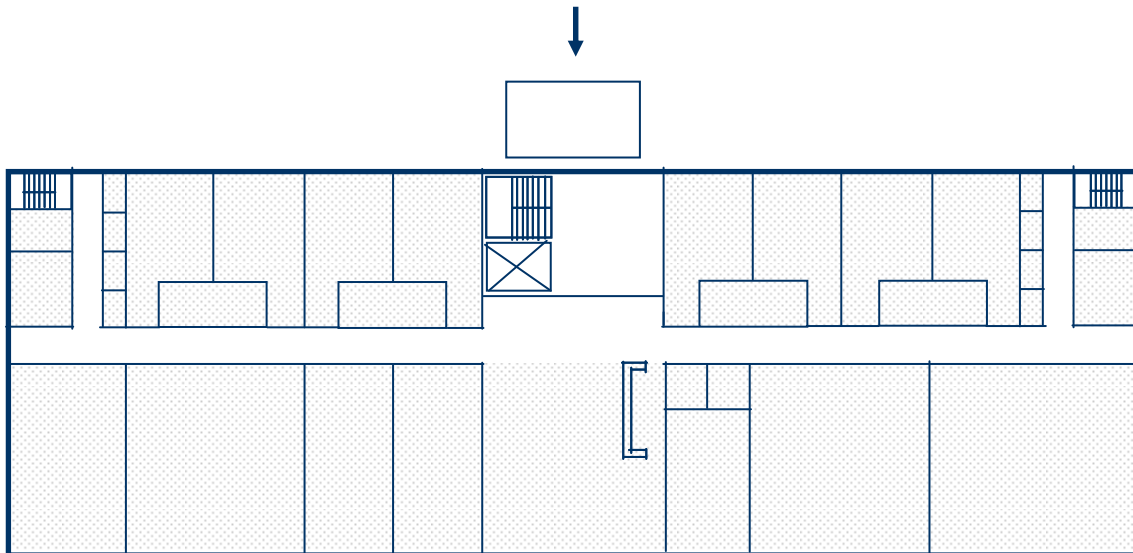
Årlige utslipp av CO ₂		
Energikilde	Utslipp	Spesifikt utslipp
Elektrisitet	93196 kg	25.9 kg/m ²
Biobrensel	554 kg	0.2 kg/m ²
Totalt utslipp	93750 kg	26.0 kg/m ²



Figur D.8: Simulert varmetapsbudsjet for universitets- og høyskolebygget.

D.7 Sykehus

Figur D.9 viser modell for en typisk etasjeplan i sykehus-modellen som er lagt til grunn for beregningene. Med komponentverdiene som angitt i tabell D.14 vil oppvarmingsbehovet bli på 19,8 kWh/m²år (tabell D.15). Verdiene i tabell D.14 kan tilfredsstilles med komponenter som allerede finnes på det norske markedet. Ut fra dette settes kravet for sykehus til 20 kWh/m²år.



Figur D.9: Modell av typisk etasje i sykehus, med dimensjoner 20 x 60 m. Totalt BRA på 3600 m² over 3 etasjer.

Basert på simuleringer presentert i vedlegg E, er det vurdert at det er mulig å oppnå tilfredsstillende sommerkomfort med en installert kjøleeffekt på 20 W/m² (ventilasjonskjøling). Dette fører til et årlig kjølebehov på 17,1 kWh/m²år som vist i tabell D.15. Ut fra dette er det satt et krav til at netto energibehov til kjøling ikke skal overstige 20 kWh/m²år.

Med krav til at minst 40 % av varmebehovet dekkes av fornybar energi (her beregnet som bio), blir CO₂-utslippet på 59,1 kg/m²år (tabell D.16). Basert på det settes kravet for maksimalt CO₂-utslipp for sykehus til 60 kg/m²år

Figur D.10 viser beregnet varmetapstall for sykehuset med komponentverdier gitt i tabell D.14. Krav til varmetapstall for sykehus er ut fra dette satt til 0,75 W/m²K. Effektbehov til oppvarming (rom og ventilasjon) er simulert til 25 W/m².

Tabell D.14: Komponentverdier for å nå et oppvarmingsbehov på 15 kWh/m²år.

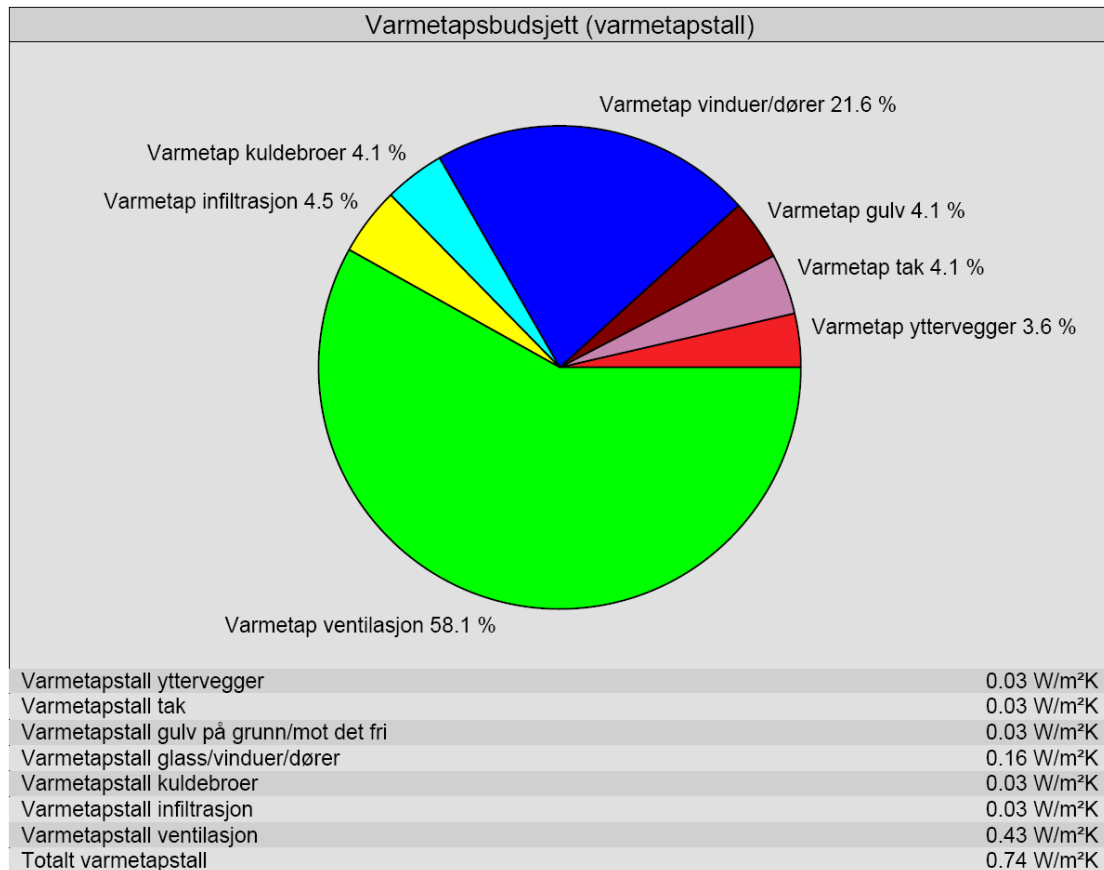
Komponenter:		Komponentverdier
	U-verdi yttervegg	0,12 W/m²K
	U-verdi gulv	0,09 W/m²K
	U-verdi yttertak	0,09 W/m²K
	U-verdi vinduer	0,80 W/m²K
	Varmegjenvinning (η)	83 %
Ψ''	Normalisert kuldebroverdi	0,03 W/m²K

Tabell D.12 Simulert netto energibudsjett for sykehuset.

Energibudsjett			
Energipost	Energibruk	Spesifikk energibruk	
Romoppvarming	71301 kWh	19.8 kWh/m²	
Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0.0 kWh/m²	
Oppvarming av tappevann	107170 kWh	29.8 kWh/m²	
Vifter (ventilasjon)	93456 kWh	26.0 kWh/m²	
Pumper	0 kWh	0.0 kWh/m²	
Belysning	105086 kWh	29.2 kWh/m²	
Teknisk utstyr	168192 kWh	46.7 kWh/m²	
Romkjøling	0 kWh	0.0 kWh/m²	
Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	61718 kWh	17.1 kWh/m²	
Total	606924 kWh	168.6 kWh/m²	

Tabell D.13 Simulert CO₂-utslipp for sykehuset.

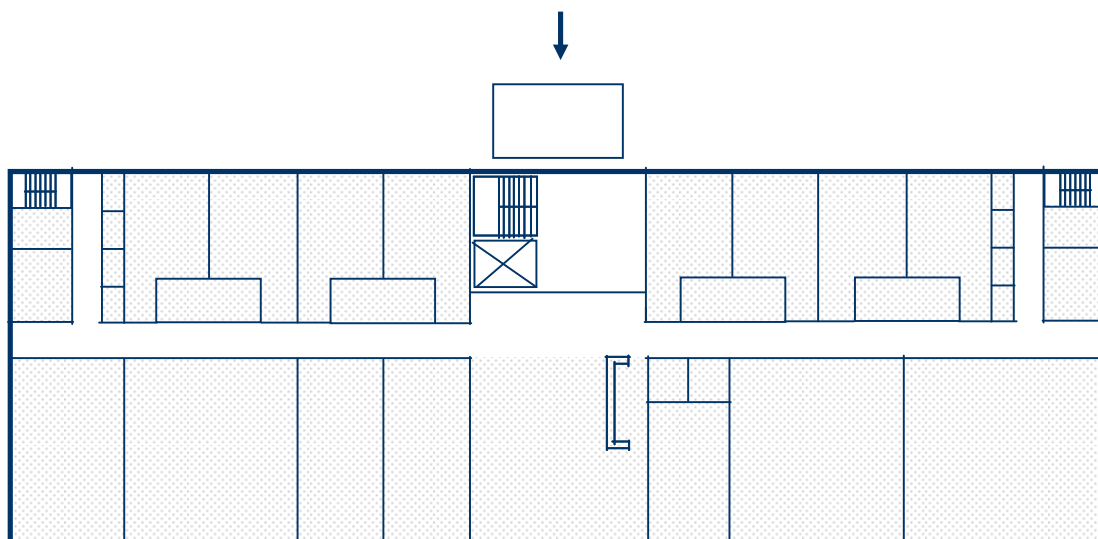
Årlige utslipp av CO ₂			
Energikilde	Utslipp	Spesifikt utslipp	
Elektrisitet	211537 kg	58.8 kg/m²	
Biobrensel	1369 kg	0.4 kg/m²	
Totalt utslipp	212906 kg	59.1 kg/m²	



Figur D.10: Simulert varmetapsbudsjett for sykehuset.

D.7 Sykehjem

Figur D.11 viser modell for en typisk etasjeplan i sykehjems-modellen som er lagt til grunn for beregningene. Med komponentverdiene som angitt i tabell D.17 vil oppvarmingsbehovet bli på 14,6 kWh/m²år (tabell D.18). Verdiene i tabell D.17 kan tilfredsstilles med komponenter som allerede finnes på det norske markedet. Ut fra dette settes kravet for sykehjem til 15 kWh/m²år.



Figur D.11: Modell av typisk etasje i sykehjem, med dimensjoner 20 x 60 m. Totalt BRA på 2400 m² over 2 etasjer.

Basert på simuleringer presentert i vedlegg E, er det vurdert at det er mulig å oppnå tilfredsstillende sommerkomfort med en installert kjøleeffekt på 10 W/m^2 (ventilasjonskjøling). Dette fører til et årlig kjølebehov på $5,2 \text{ kWh/m}^2\text{år}$ som vist i tabell D.18. Ut fra dette er det satt et krav til at netto energibehov til kjøling ikke skal overstige $10 \text{ kWh/m}^2\text{år}$.

Med krav til at minst 40 % av varmebehovet dekkes av fornybar energi (her beregnet som bio), blir CO_2 -utslippet på $40,6 \text{ kg/m}^2\text{år}$ (tabell D.19). Basert på det settes kravet for maksimalt CO_2 -utslipp for sykehjem til $45 \text{ kg/m}^2\text{år}$.

Figur D.12 viser beregnet varmetapstall for sykehjemmet med komponentverdier gitt i tabell D.17. Krav til varmetapstall for sykehjem er ut fra dette satt til $0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$. Effektbehov til oppvarming (rom og ventilasjon) er simulert til 20 W/m^2 .

Tabell D.17: Komponentverdier for å nå et oppvarmingsbehov på $15 \text{ kWh/m}^2\text{år}$.

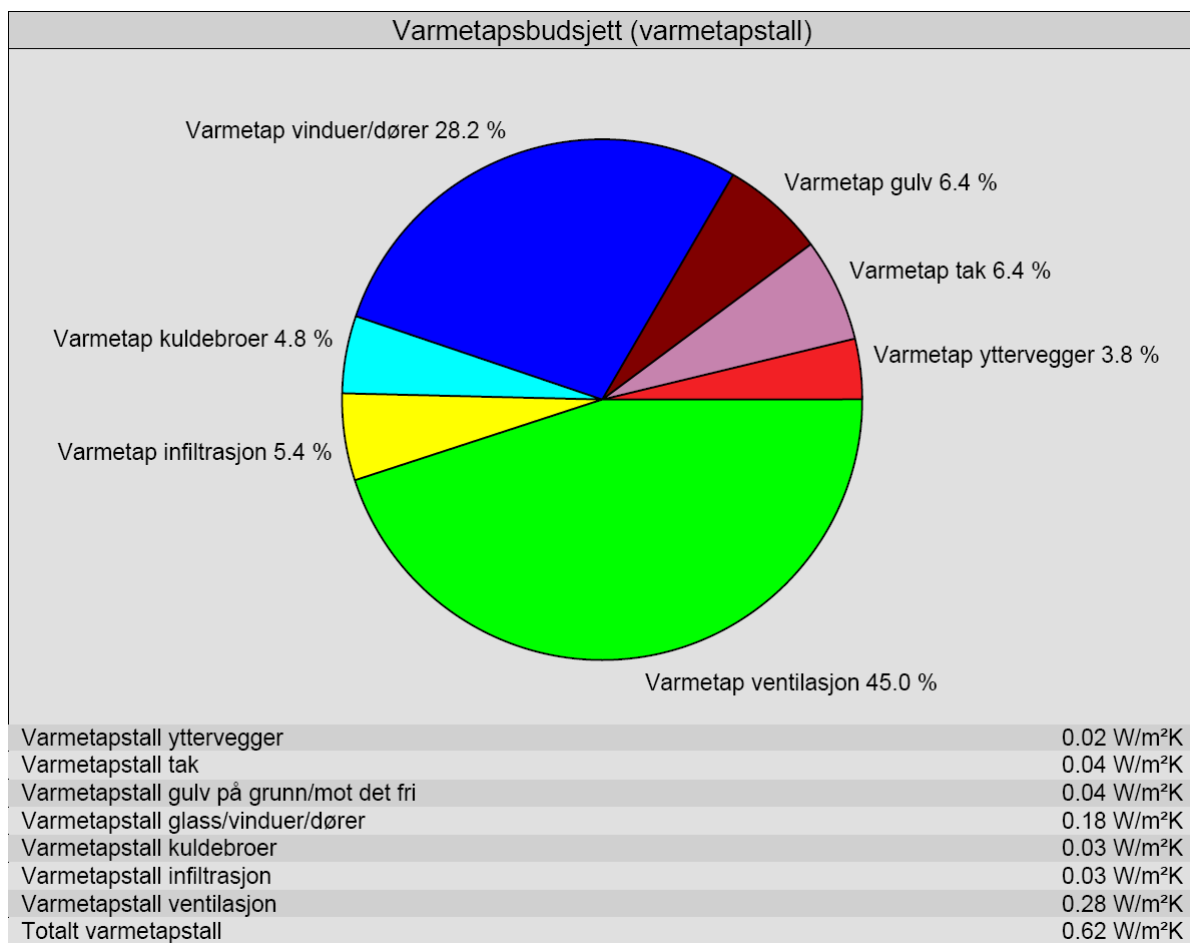
Komponenter:		Komponentverdier
	U-verdi yttervegg	$0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$
	U-verdi gulv	$0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$
	U-verdi yttertak	$0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$
	U-verdi vinduer	$0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Varmegjenvinning (η)	83 %
Ψ''	Normalisert kuldebroverdi	$0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$

Tabell D.18 Simulert netto energibudsjett for sykehjemmet.

Energipost	Energibudsjett	
	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	34929 kWh	14.6 kWh/m^2
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0.0 kWh/m^2
2 Varmtvann (tappevann)	71482 kWh	29.8 kWh/m^2
3a Vifter	42321 kWh	17.6 kWh/m^2
3b Pumper	0 kWh	0.0 kWh/m^2
4 Belysning	70080 kWh	29.2 kWh/m^2
5 Teknisk utstyr	56064 kWh	23.4 kWh/m^2
6a Romkjøling	0 kWh	0.0 kWh/m^2
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	12581 kWh	5.2 kWh/m^2
Totalt netto energibehov, sum 1-6	287456 kWh	119.8 kWh/m^2

Tabell D.19 Simulert CO₂-utslipp for sykehjemmet.

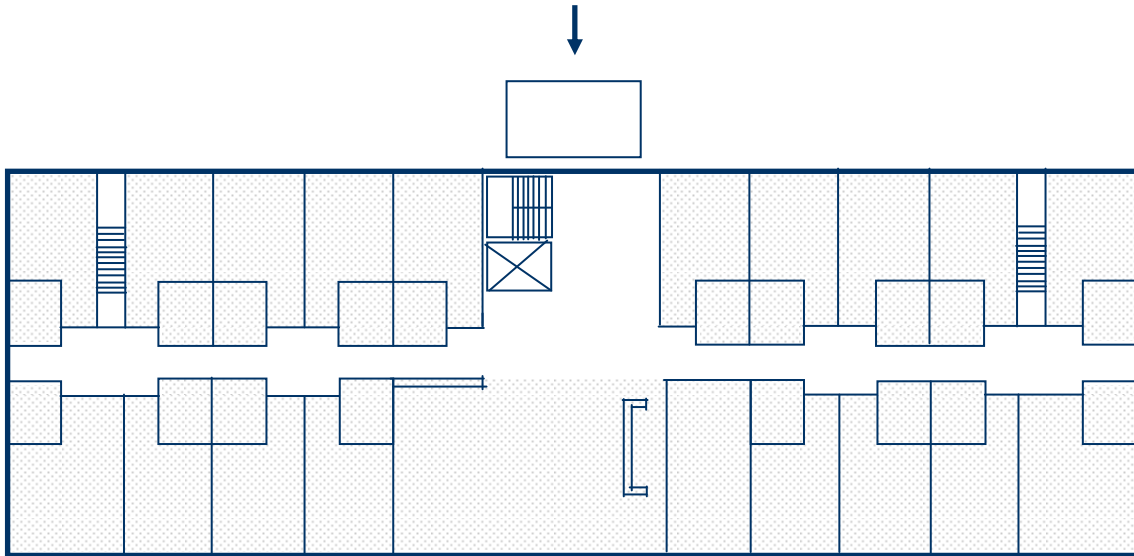
Årlige utslipp av CO ₂		
Energivare	Utslipp	Spesifikt utslipp
1a Direkte elektrisitet	96732 kg	40.3 kg/m ²
1b El. til varmepumpesystemer	0 kg	0.0 kg/m ²
1c El. til solenergisystemer	0 kg	0.0 kg/m ²
2 Olje	0 kg	0.0 kg/m ²
3 Gass	0 kg	0.0 kg/m ²
4 Fjernvarme	0 kg	0.0 kg/m ²
5 Biobrensel	816 kg	0.3 kg/m ²
6 Annen energivare ()	0 kg	0.0 kg/m ²
Totalt utslipp, sum 1-6	97549 kg	40.6 kg/m ²



Figur D.12: Simulert varmetapsbudsjet for sykehjemmet.

D.9 Hoteller

Figur D.13 viser modell for en typisk etasjeplan i hotell-modellen som er lagt til grunn for beregningene. Med komponentverdiene som angitt i tabell D.20 vil oppvarmingsbehovet bli på 19,9 kWh/m²år (tabell D.21). Verdiene i tabell D.20 kan tilfredsstilles med komponenter som allerede finnes på det norske markedet. Ut fra dette settes kravet for hoteller til 20 kWh/m²år.



Figur D.13: Modell av typisk etasje i hotell, med dimensjoner 20 x 60 m. Totalt BRA på 3600 m² over 3 etasjer.

Basert på simuleringer presentert i vedlegg E, er det vurdert at det er mulig å oppnå tilfredsstillende sommerkomfort med en installert kjøleeffekt på 10 W/m² (ventilasjonskjøling). Dette fører til et årlig kjølebehov på 9,3 kWh/m²år som vist i tabell D.21. Ut fra dette er det satt et krav til at netto energibehov til kjøling ikke skal overstige 10 kWh/m²år.

Med krav til at minst 40 % av varmebehovet dekkes av fornybar energi (her beregnet som bio), blir CO₂-utslippet på 35,7 kg/m²år (tabell D.22). Basert på det settes kravet for maksimalt CO₂-utslipp for hotell til 40 kg/m²år
8 W/m².

Figur D.14 viser beregnet varmetapstall for hotellet med komponentverdier gitt i tabell D.20. Krav til varmetapstall for hotellet er ut fra dette satt til 0,65 W/m²K. Effektbehov til oppvarming (rom og ventilasjon) er simulert til 18 W/m²

Tabell D.20: Komponentverdier for å nå et oppvarmingsbehov på 20 kWh/m²år.

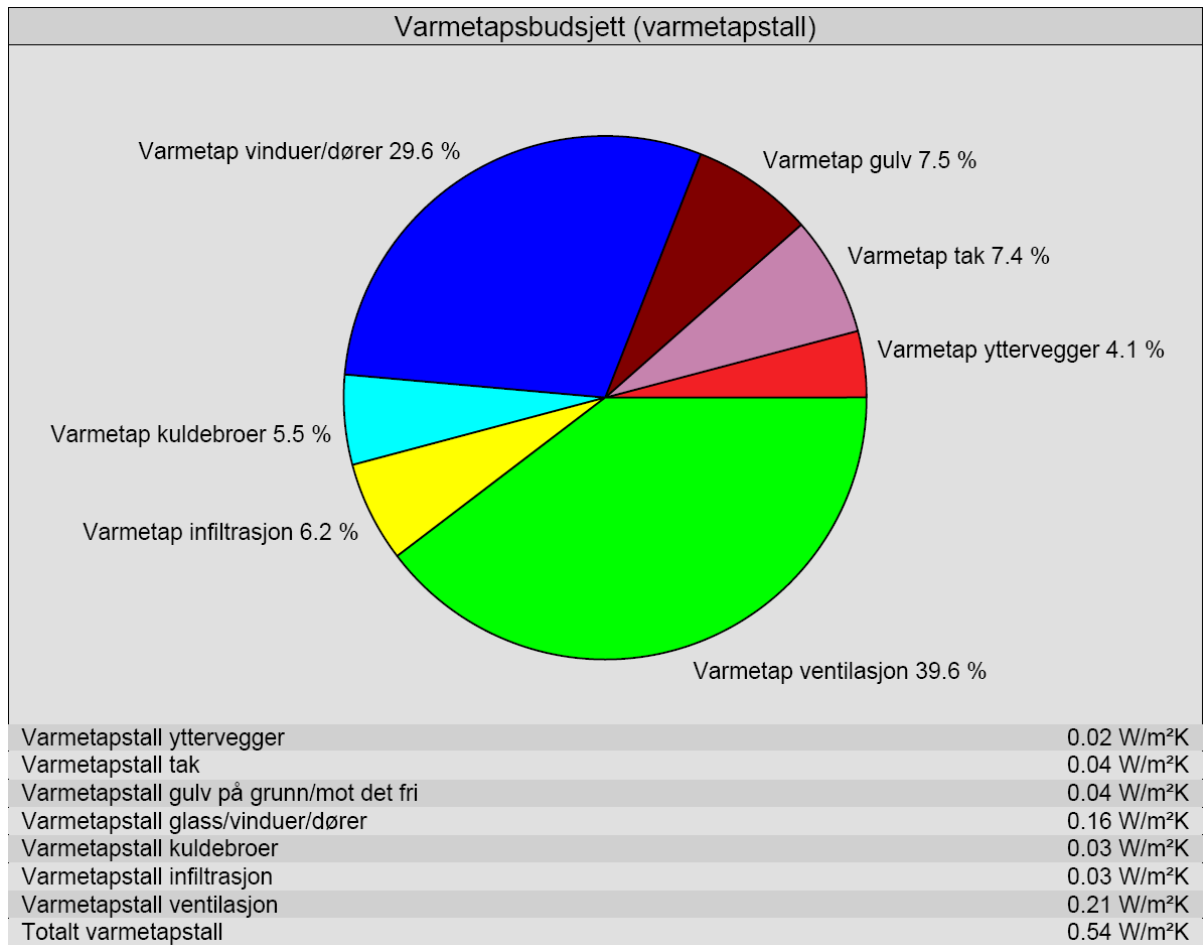
Komponenter:		Komponentverdier
	U-verdi yttervegg	0,10 W/m ² K
	U-verdi gulv	0,08 W/m ² K
	U-verdi yttertak	0,08 W/m ² K
	U-verdi vinduer	0,80 W/m ² K
	Varmegjenvinning (η)	85 %
Ψ''	Normalisert kuldebroverdi	0,03 W/m ² K

Tabell D.21 Simulert netto energibudsjett for hotellet.

Energibudsjett		
Energipost	Energibruk	Spesifikk energibruk
Romoppvarming	47869 kWh	19.9 kWh/m ²
Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0.0 kWh/m ²
Oppvarming av tappevann	71482 kWh	29.8 kWh/m ²
Vifter (ventilasjon)	36438 kWh	15.2 kWh/m ²
Pumper	0 kWh	0.0 kWh/m ²
Belysning	70080 kWh	29.2 kWh/m ²
Teknisk utstyr	14016 kWh	5.8 kWh/m ²
Romkjøling	0 kWh	0.0 kWh/m ²
Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	22326 kWh	9.3 kWh/m ²
Total	262210 kWh	109.3 kWh/m ²

Tabell D.22 Simulert CO₂-utslipp for hotellet.

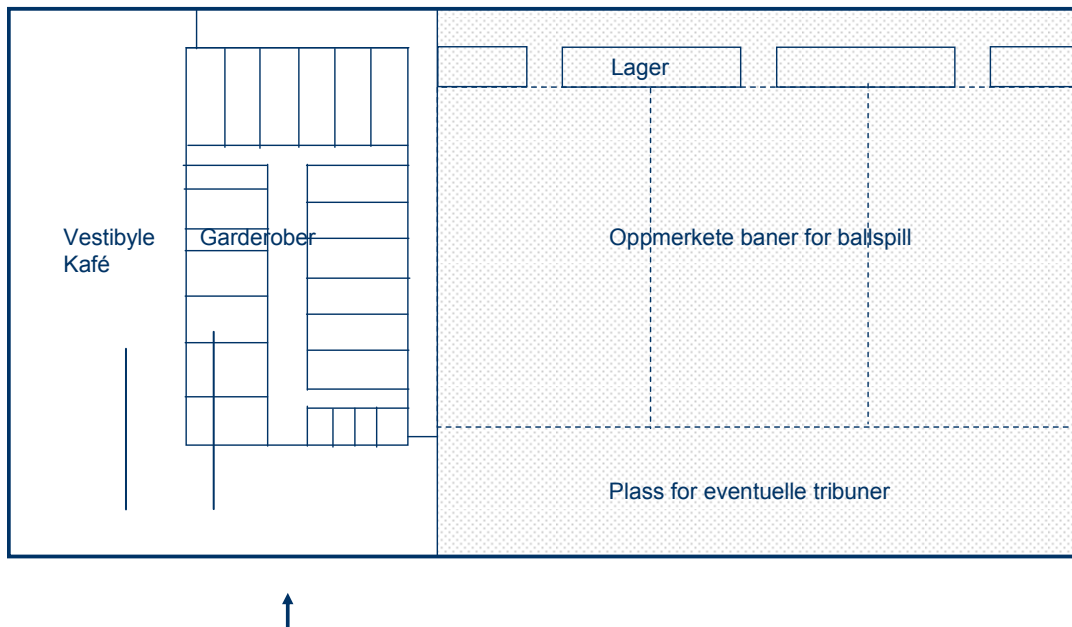
Årlige utslipp av CO ₂		
Energikilde	Utslipp	Spesifikt utslipp
Elektrisitet	84716 kg	35.3 kg/m ²
Biobrensel	916 kg	0.4 kg/m ²
Totalt utslipp	85631 kg	35.7 kg/m ²



Figur D.14: Simulert varmetapsbudsjet for hotellet.

D.10 Idrettsbygg

Figur D.15 viser idrettsbygg-modellen som er lagt til grunn for beregningene. Med komponentverdiene som angitt i tabell D.23 vil oppvarmingsbehovet bli på 24,4 kWh/m²år (tabell D.24). Verdiene i tabell D.23 kan tilfredsstilles med komponenter som allerede finnes på det norske markedet. Ut fra dette settes kravet for idrettsbygg til 25 kWh/m²år.



Figur D.15: Modell av idrettsbygg, med dimensjoner 40 x 80 m. Totalt BRA på 3200 m² over en etasje.

Basert på simuleringer presentert i vedlegg E, er det vurdert at det er mulig å oppnå tilfredsstillende sommerkomfort med en installert kjøleeffekt på 10 W/m² (ventilasjonskjøling). Dette fører til et årlig kjølebehov på 4,4 kWh/m²år som vist i tabell D.24. Det er valgt å sette at krav til at netto energibehov til kjøling ikke skal overstige 10 kWh/m²år.

Med krav til at minst 40 % av varmebehovet dekkes av fornybar energi (her beregnet som bio), blir CO₂-utslippet på 29,9 kg/m²år (tabell D.25). Basert på det settes kravet for maksimalt CO₂-utslipp for idrettsbygg til 30 kg/m²år.

Figur D.16 viser beregnet varmetapstall for idrettsbygget med komponentverdier gitt i tabell D.23. Krav til varmetapstall for idrettsbygg er ut fra dette satt til 0,70 W/m²K. Effektbehov til oppvarming (rom og ventilasjon) er simulert til 22,3 W/m².

Tabell D.23: Komponentverdier for å nå et oppvarmingsbehov på 25 kWh/m²år.

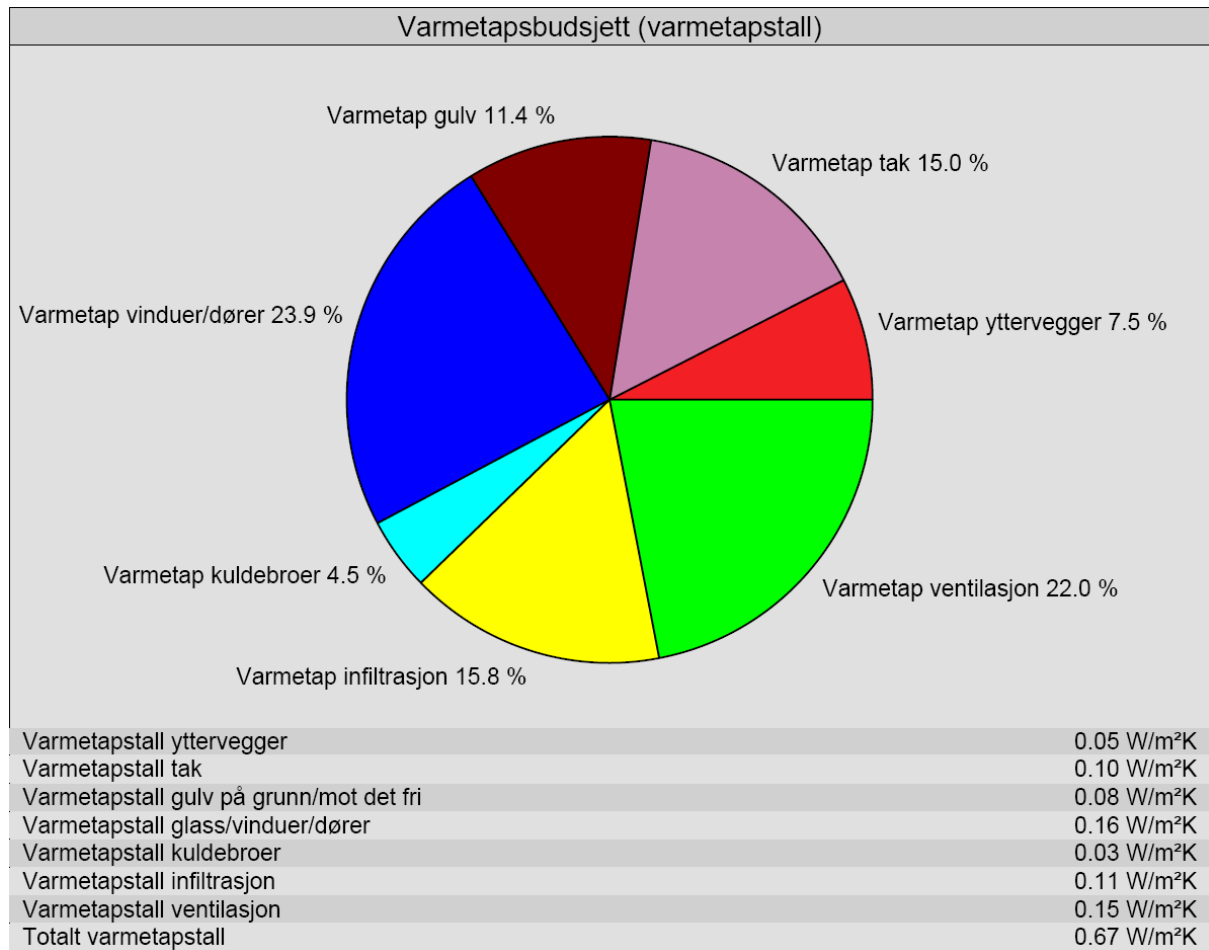
Komponenter:		Komponentverdier
	U-verdi yttervegg	0,12 W/m²K
	U-verdi gulv	0,08 W/m²K
	U-verdi yttertak	0,10 W/m²K
	U-verdi vinduer	0,80 W/m²K
	Varmegjenvinning (η)	82 %
Ψ''	Normalisert kuldebroverdi	0,03 W/m²K

Tabell D.24 Simulert netto energibudsjett for idrettsbygget.

Energibudsjett			
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov	
1a Romoppvarming	78276 kWh	24.5 kWh/m²	
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0.0 kWh/m²	
2 Varmtvann (tappevann)	156864 kWh	49.0 kWh/m²	
3a Vifter	24580 kWh	7.7 kWh/m²	
3b Pumper	0 kWh	0.0 kWh/m²	
4 Belysning	49536 kWh	15.5 kWh/m²	
5 Teknisk utstyr	8256 kWh	2.6 kWh/m²	
6a Romkjøling	0 kWh	0.0 kWh/m²	
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	14094 kWh	4.4 kWh/m²	
Totalt netto energibehov, sum 1-6	331606 kWh	103.6 kWh/m²	

Tabell D.25 Simulert CO₂-utslipp for idrettsbygget.

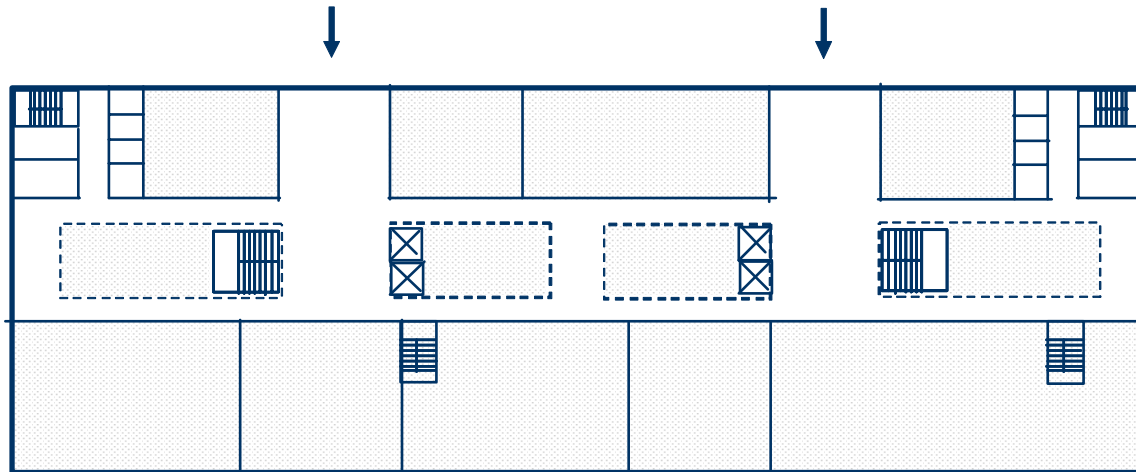
Årlige utslipp av CO ₂			
Energivare	Utslipp	Spesifikt utslipp	
1a Direkte elektrisitet	93832 kg	29.3 kg/m²	
1b El. til varmepumpesystemer	0 kg	0.0 kg/m²	
1c El. til solenergisystemer	0 kg	0.0 kg/m²	
2 Olje	0 kg	0.0 kg/m²	
3 Gass	0 kg	0.0 kg/m²	
4 Fjernvarme	0 kg	0.0 kg/m²	
5 Biobrensel	1804 kg	0.6 kg/m²	
6 Annen energivare ()	0 kg	0.0 kg/m²	
Totalt utslipp, sum 1-6	95636 kg	29.9 kg/m²	



Figur D.16: Simulert varmetapsbudsjet for idrettsbygget.

D.11 Forretningsbygg

Figur D.17 viser modell for en typisk etasjeplan i modellen av forretningsbygget som er lagt til grunn for beregningene. Med komponentverdiene som angitt i tabell D.26 vil oppvarmingsbehovet bli på 18,4 kWh/m²år (tabell D.27). Verdiene i tabell D.26 kan tilfredsstilles med komponenter som allerede finnes på det norske markedet. Ut fra dette settes kravet for forretningsbygg til 20 kWh/m²år.



Figur D.17: Modell av typisk etasje i forretningsbygget, med dimensjoner 20 x 60 m. Totalt BRA på 3600 m² over 3 etasjer.

Basert på simuleringer presentert i vedlegg E, er det vurdert at det er mulig å oppnå tilfredsstillende sommerkomfort med en installert kjøleeffekt på 20 W/m² (ventilasjonskjøling). Dette fører til et årlig kjølebehov på 14,4 kWh/m²år som vist i tabell D.27. Det er valgt å sette at krav til netto energibehov til kjøling ikke skal overstige 20 kWh/m²år.

Med krav til at minst 40 % av varmebehovet dekkes av fornybar energi (her beregnet som bio), blir CO₂-utslippet på 38,3 kg/m²år (tabell D.28). Basert på det settes kravet for maksimalt CO₂-utslipp for forretningsbygg til 40 kg/m²år.

Figur D.18 viser beregnet varmetapstall for forretningsbygget med komponentverdier gitt i tabell D.26. Krav til varmetapstall for forretningsbygg er ut fra dette satt til 0,65 W/m²K. Effektbehov til oppvarming (rom og ventilasjon) er simulert til 30 W/m².

Tabell D.26: Komponentverdier for å nå et oppvarmingsbehov på 20 kWh/m²år.

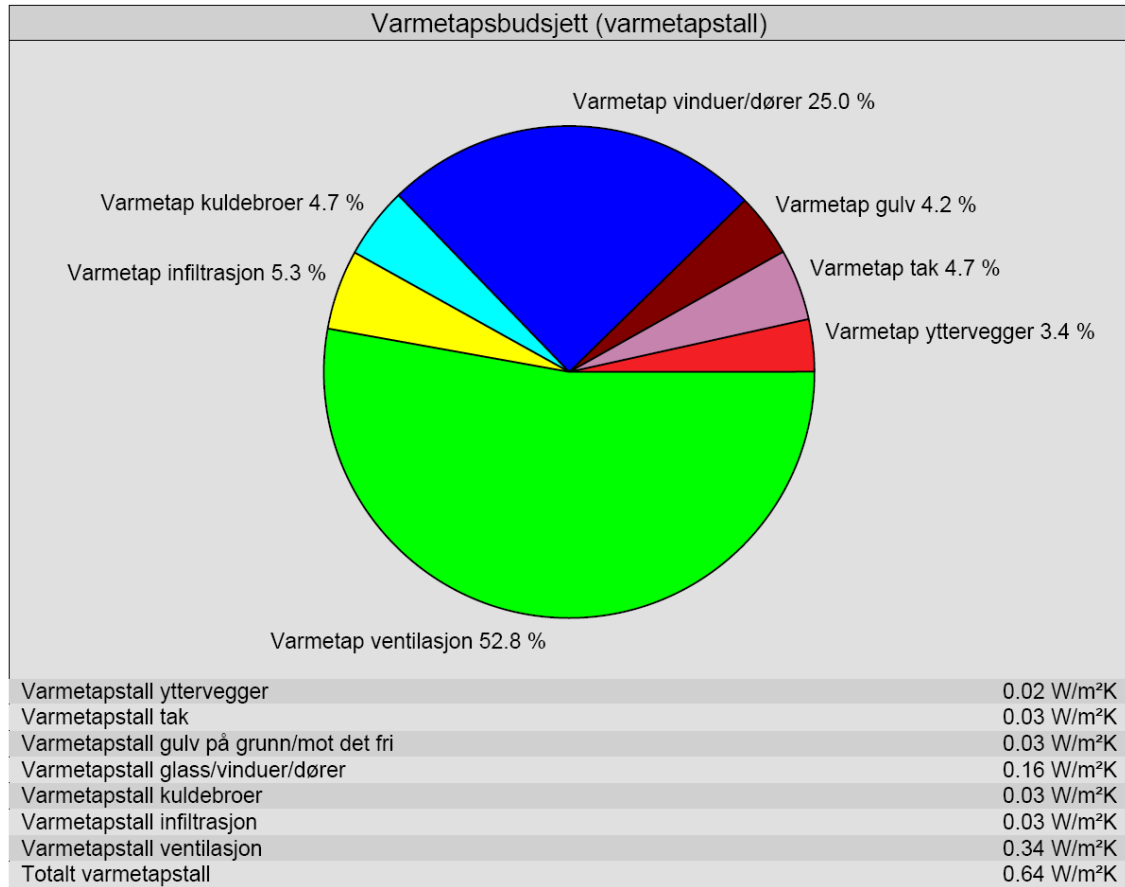
Komponenter:		Komponentverdier
	U-verdi yttervegg	0,10 W/m ² K
	U-verdi gulv	0,08 W/m ² K
	U-verdi yttertak	0,09 W/m ² K
	U-verdi vinduer	0,80 W/m ² K
	Varmegjenvinning (η)	82 %
Ψ''	Normalisert kuldebroverdi	0,03 W/m ² K

Tabell D.27 Simulert netto energibudsjett for forretningsbygget.

Energibudsjett			
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov	
1a Romoppvarming	66166 kWh	18.4 kWh/m ²	
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0.0 kWh/m ²	
2 Varmtvann (tappevann)	37740 kWh	10.5 kWh/m ²	
3a Vifter	71345 kWh	19.8 kWh/m ²	
3b Pumper	0 kWh	0.0 kWh/m ²	
4 Belysning	148295 kWh	41.2 kWh/m ²	
5 Teknisk utstyr	13478 kWh	3.7 kWh/m ²	
6a Romkjøling	0 kWh	0.0 kWh/m ²	
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	51822 kWh	14.4 kWh/m ²	
Totalt netto energibehov, sum 1-6	388846 kWh	108.0 kWh/m ²	

Tabell D.28 Simulert CO₂-utslipp for forretningsbygget.

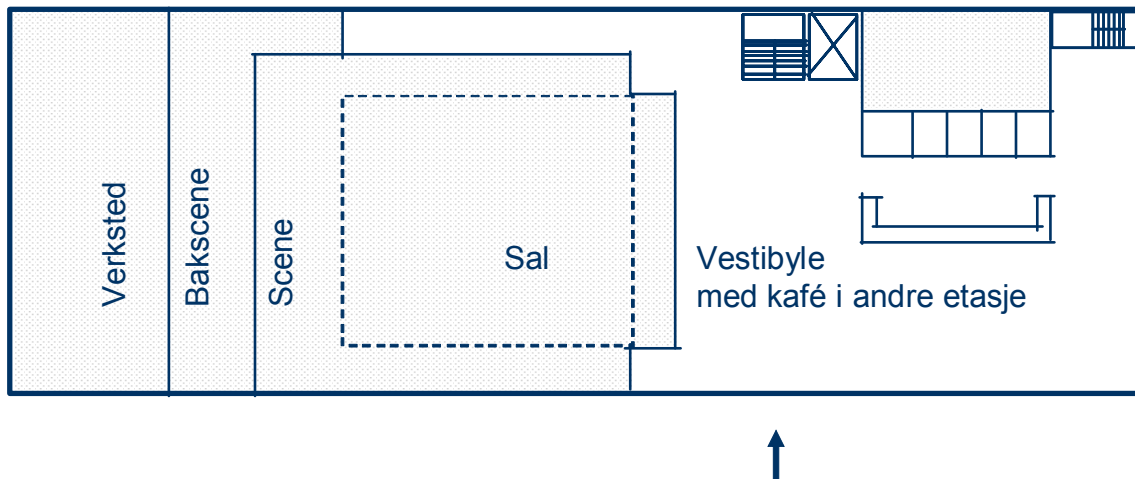
Årlige utslipp av CO ₂			
Energivare	Utslipp	Spesifikt utslipp	
1a Direkte elektrisitet	137177 kg	38.1 kg/m ²	
1b El. til varmepumpesystemer	0 kg	0.0 kg/m ²	
1c El. til solenergisystemer	0 kg	0.0 kg/m ²	
2 Olje	0 kg	0.0 kg/m ²	
3 Gass	0 kg	0.0 kg/m ²	
4 Fjernvarme	0 kg	0.0 kg/m ²	
5 Biobrensel	797 kg	0.2 kg/m ²	
6 Annen energivare ()	0 kg	0.0 kg/m ²	
Totalt utslipp, sum 1-6	137974 kg	38.3 kg/m ²	



Figur D.18: Simulert varmetapsbudsjet for forretningsbygget.

D.12 Kulturbygg

Figur D.19 viser typisk etasjeplan i modellen for kulturbygget som er lagt til grunn for beregningene. Med komponentverdiene som angitt i tabell D.29 vil oppvarmingsbehovet bli på 24,3 kWh/m²år (tabell D.30). Verdiene i tabell D.29 kan tilfredsstilles med komponenter som allerede finnes på det norske markedet. Ut fra dette settes kravet for kulturbygg til 25 kWh/m²år.



Figur D.19: Modell av typisk etasje i kulturbygget, med dimensjoner 20 x 60 m. Totalt BRA på 2400 m² over 2 etasjer.

Basert på simuleringer presentert i vedlegg E, er det vurdert at det er mulig å oppnå tilfredsstillende sommerkomfort med en installert kjøleeffekt på 10 W/m² (ventilasjonskjøling). Dette fører til et årlig kjølebehov på 5 kWh/m²år som vist i tabell D.30. Det er valgt å sette at krav til at netto energibehov til kjøling ikke skal overstige 10 kWh/m²år.

Med krav til at minst 40 % av varmebehovet dekkes av fornybar energi (her beregnet som bio), blir CO₂-utslippet på 22,3 kg/m²år (tabell D.31). Basert på det settes kravet for maksimalt CO₂-utslipp for kulturbygg til 25 kg/m²år.

Figur D.20 viser beregnet varmetapstall for kulturbygget med komponentverdier gitt i tabell D.29. Krav til varmetapstall for kulturbygg er ut fra dette satt til 0,50 W/m²K. Effektbehov til oppvarming (rom og ventilasjon) er simulert til 25 W/m².

Tabell D.29: Komponentverdier for å nå et oppvarmingsbehov på 25 kWh/m²år.

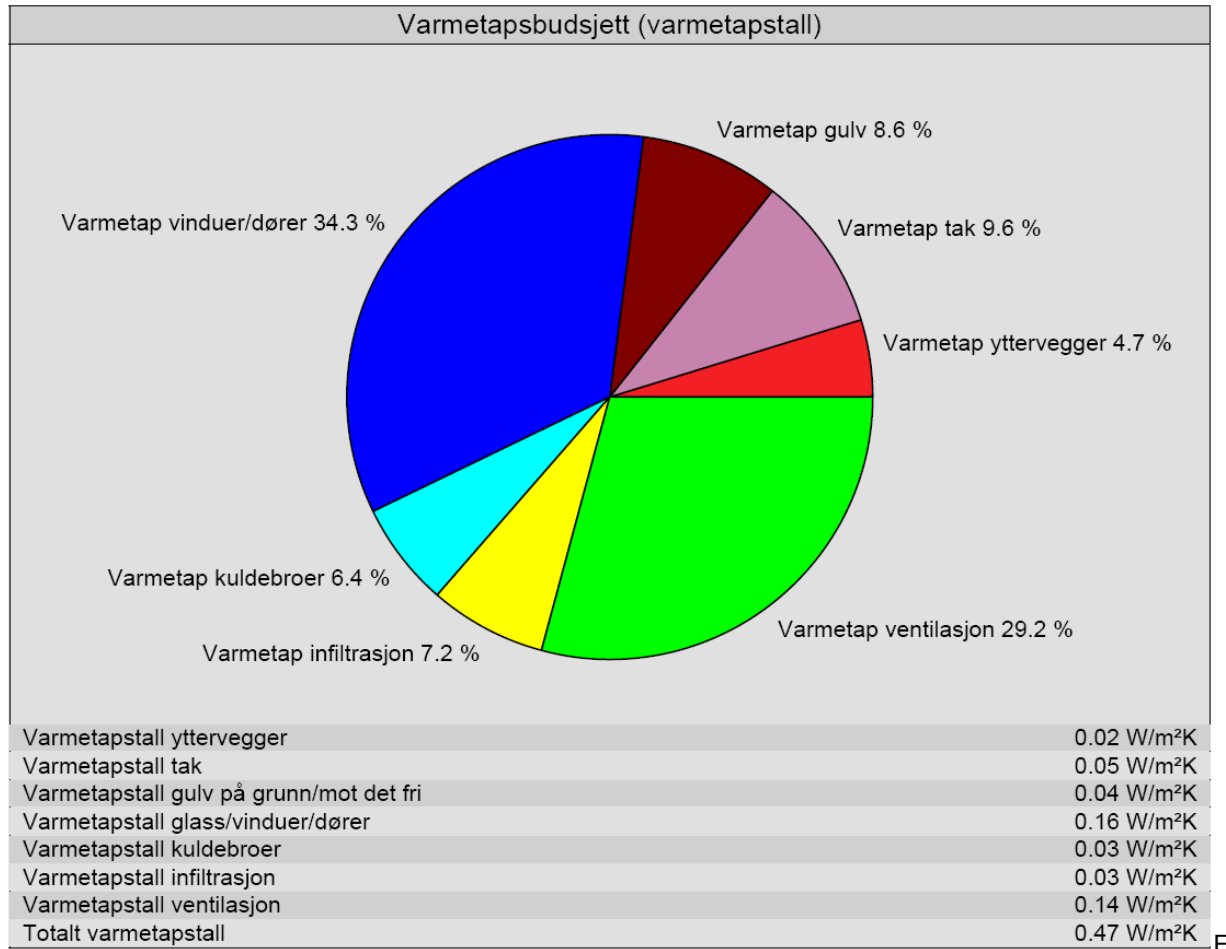
Komponenter:		Komponentverdier
	U-verdi yttervegg	0,10 W/m ² K
	U-verdi gulv	0,08 W/m ² K
	U-verdi yttertak	0,09 W/m ² K
	U-verdi vinduer	0,80 W/m ² K
	Varmegjenvinning (η)	82 %
Ψ''	Normalisert kuldebroverdi	0,03 W/m ² K

Tabell D.30 Simulert netto energibudsjett for kulturbygget.

Energibudsjett			
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov	
1a Romoppvarming	58311 kWh	24.3 kWh/m ²	
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0.0 kWh/m ²	
2 Varmtvann (tappevann)	24054 kWh	10.0 kWh/m ²	
3a Vifter	20097 kWh	8.4 kWh/m ²	
3b Pumper	0 kWh	0.0 kWh/m ²	
4 Belysning	41342 kWh	17.2 kWh/m ²	
5 Teknisk utstyr	6890 kWh	2.9 kWh/m ²	
6a Romkjøling	0 kWh	0.0 kWh/m ²	
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	11983 kWh	5.0 kWh/m ²	
Totalt netto energibehov, sum 1-6	162677 kWh	67.8 kWh/m ²	

Tabell D.31 Simulert CO₂-utslipp for kulturbygget.

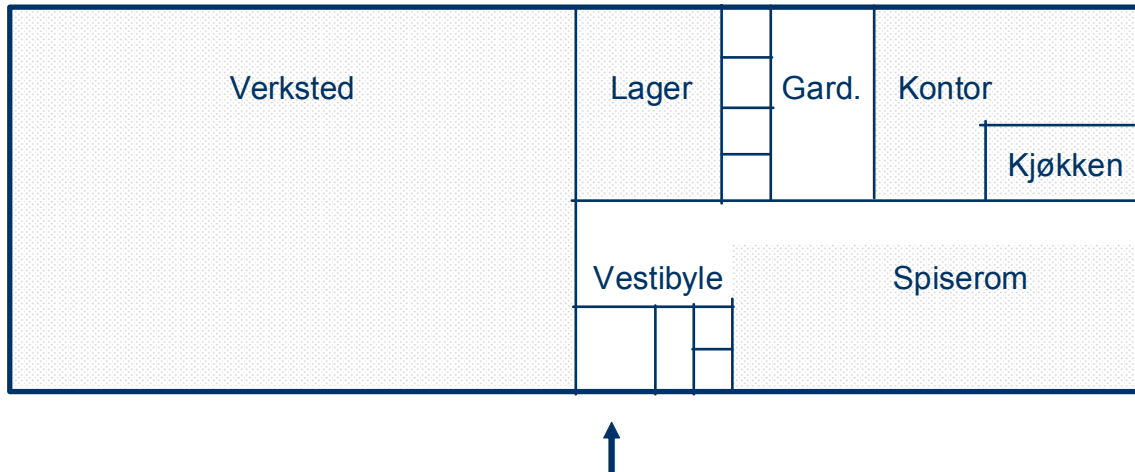
Årlige utslipp av CO ₂			
Energivare	Utslipp	Spesifikt utslipp	
1a Direkte elektrisitet	51244 kg	21.4 kg/m ²	
1b El. til varmepumpesystemer	0 kg	0.0 kg/m ²	
1c El. til solenergisystemer	0 kg	0.0 kg/m ²	
2 Olje	0 kg	0.0 kg/m ²	
3 Gass	0 kg	0.0 kg/m ²	
4 Fjernvarme	0 kg	0.0 kg/m ²	
5 Biobrensel	2257 kg	0.9 kg/m ²	
6 Annen energivare ()	0 kg	0.0 kg/m ²	
Totalt utslipp, sum 1-6	53501 kg	22.3 kg/m ²	



Figur D.20: Simulert varmetapsbudsjet for kulturbygget.

D.12 Lett industri, verksteder

Figur D.21 viser modell for verkstedbygget som er lagt til grunn for beregningene. Med komponentverdiene som angitt i tabell D.32 vil oppvarmingsbehovet bli på 22,3 kWh/m²år (tabell D.33). Verdiene i tabell D.32 kan tilfredsstilles med komponenter som allerede finnes på det norske markedet. Ut fra dette settes kravet for kulturbygg til 25 kWh/m²år.



Figur D.21: Modell av verkstedbygget, med dimensjoner 20 x 60 m. Totalt BRA på 1200 m².

Basert på simuleringer presentert i vedlegg E, er det vurdert at det er mulig å oppnå tilfredsstillende sommerkomfort med en installert kjøleeffekt på 10 W/m² (ventilasjonskjøling). Dette fører til et årlig kjølebehov på 4,3 kWh/m²år som vist i tabell D.33. Det er valgt å sette at krav til netto energibehov til kjøling ikke skal overstige 10 kWh/m²år.

Med krav til at minst 40 % av varmebehovet dekkes av fornybar energi (her beregnet som bio), blir CO₂-utslippet på 25,1 kg/m²år (tabell D.34). Basert på det settes kravet for maksimalt CO₂-utslipp for verkstedbygget til 25 kg/m²år

Figur D.22 viser beregnet varmetapstall for verkstedbygget med komponentverdier gitt i tabell D.32. Krav til varmetapstall for verksteder og lett industribygg er ut fra dette satt til 0,55 W/m²K. Effektbehov til oppvarming (rom og ventilasjon) er simulert til 20 W/m².

Tabell D.32: Komponentverdier for å nå et oppvarmingsbehov på 25 kWh/m²år.

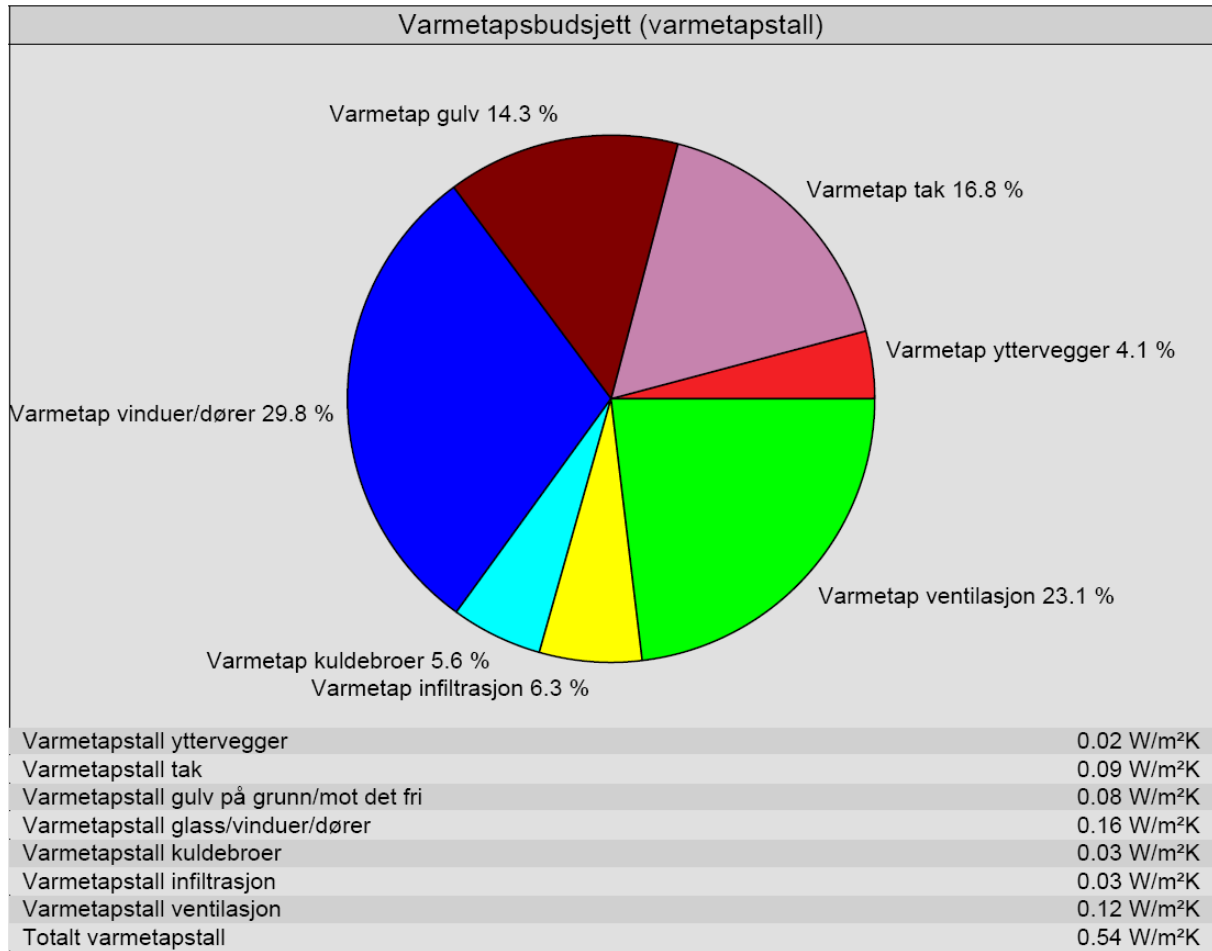
Komponenter:		Komponentverdier
	U-verdi yttervegg	0,10 W/m ² K
	U-verdi gulv	0,08 W/m ² K
	U-verdi yttertak	0,09 W/m ² K
	U-verdi vinduer	0,80 W/m ² K
	Varmegjenvinning (η)	80 %
Ψ''	Normalisert kuldebroverdi	0,03 W/m ² K

Tabell D.32 Simulert netto energibudsjett for verkstedbygget.

Energibudsjett			
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov	
1a Romoppvarming	26760 kWh	22.3 kWh/m ²	
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0.0 kWh/m ²	
2 Varmtvann (tappevann)	12027 kWh	10.0 kWh/m ²	
3a Vifter	8222 kWh	6.9 kWh/m ²	
3b Pumper	0 kWh	0.0 kWh/m ²	
4 Belysning	16913 kWh	14.1 kWh/m ²	
5 Teknisk utstyr	28188 kWh	23.5 kWh/m ²	
6a Romkjøling	0 kWh	0.0 kWh/m ²	
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	5139 kWh	4.3 kWh/m ²	
Totalt netto energibehov, sum 1-6	97248 kWh	81.0 kWh/m ²	

Tabell D.33 Simulert CO₂-utslipp for verkstedbygget.

Årlige utslipp av CO ₂			
Energivare	Utslipp	Spesifikt utslipp	
1a Direkte elektrisitet	29015 kg	24.2 kg/m ²	
1b El. til varmepumpesystemer	0 kg	0.0 kg/m ²	
1c El. til solenergisystemer	0 kg	0.0 kg/m ²	
2 Olje	0 kg	0.0 kg/m ²	
3 Gass	0 kg	0.0 kg/m ²	
4 Fjernvarme	0 kg	0.0 kg/m ²	
5 Biobrensel	1063 kg	0.9 kg/m ²	
6 Annen energivare ()	0 kg	0.0 kg/m ²	
Totalt utslipp, sum 1-6	30078 kg	25.1 kg/m ²	



Figur D.22: Simulert varmetapsbudsjet for verkstedbygget.

VEDLEGG E: Vurdering av termisk komfort og kjølebehov for ulike byggkategorier.

E.1 Generelt

For å sjekke at det er mulig å oppnå tilfredsstillende termiske forhold med den installerte kjøleeffekten som ligger til grunn for kriteriene i kapittel 2.3 (energibehov til kjøling), er det i dette vedlegget simulert det som antas som dimensjonerende rom i bygningsmodellene for de ulike byggkategoriene. Som grunnlag for simuleringene er det brukt en dimensjonerende utetemperatur for Oslo som ikke overskrides mer enn 50 timer i året i et normalår. Denne temperaturen er 26,7 °C for Oslo /8/. Temperaturamplituden over døgnet er beregnet å svinge som en sinussvingning, med en amplitude på 6,2 K /8/. Dette dimensjonerende døgnet tenkes gjentatt fem døgn (varmebølge på fem dager), og simuleringene kan da brukes til å vurdere om temperaturen overskrider 26 °C mer enn 50 timer i året /6/.

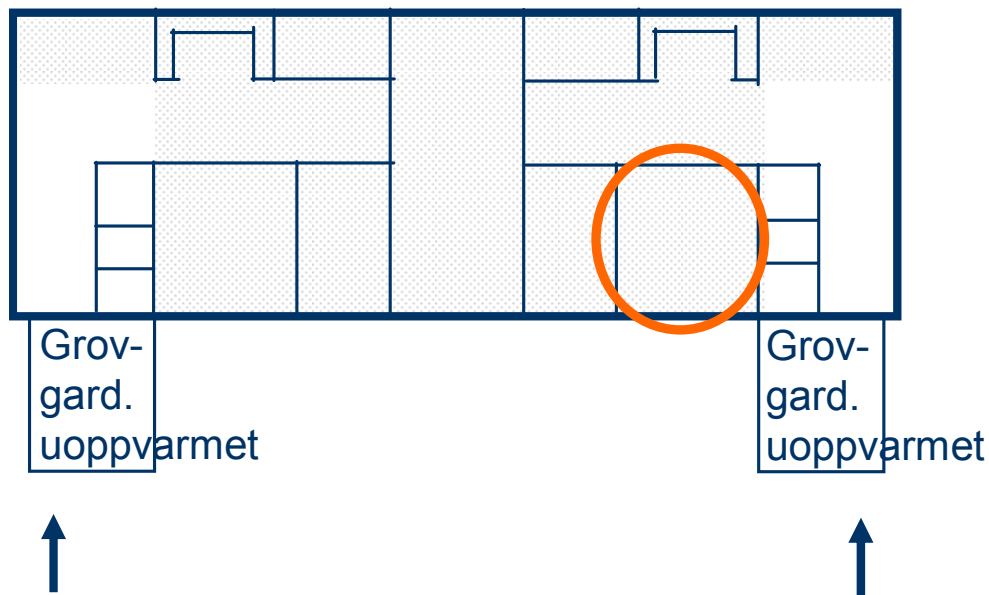
Generelt brukes det dobbelte av personbelastningen som ved energiberegninger (verdier gitt i avsnitt 2.1.3).

For ulike bygningstyper vurderes ulike tiltak for å holde tilfredsstillende termisk komfort om sommeren, som effektiv solskjerming, kryssløfting, nattkjøling, termisk masse, og lignende, og hvis ikke dette er nok er det simulert nødvendig kjøleeffekt for å holde tilfredsstillende termisk komfort. Dette beskrives og vurderes for de ulike byggkategoriene nedenfor.

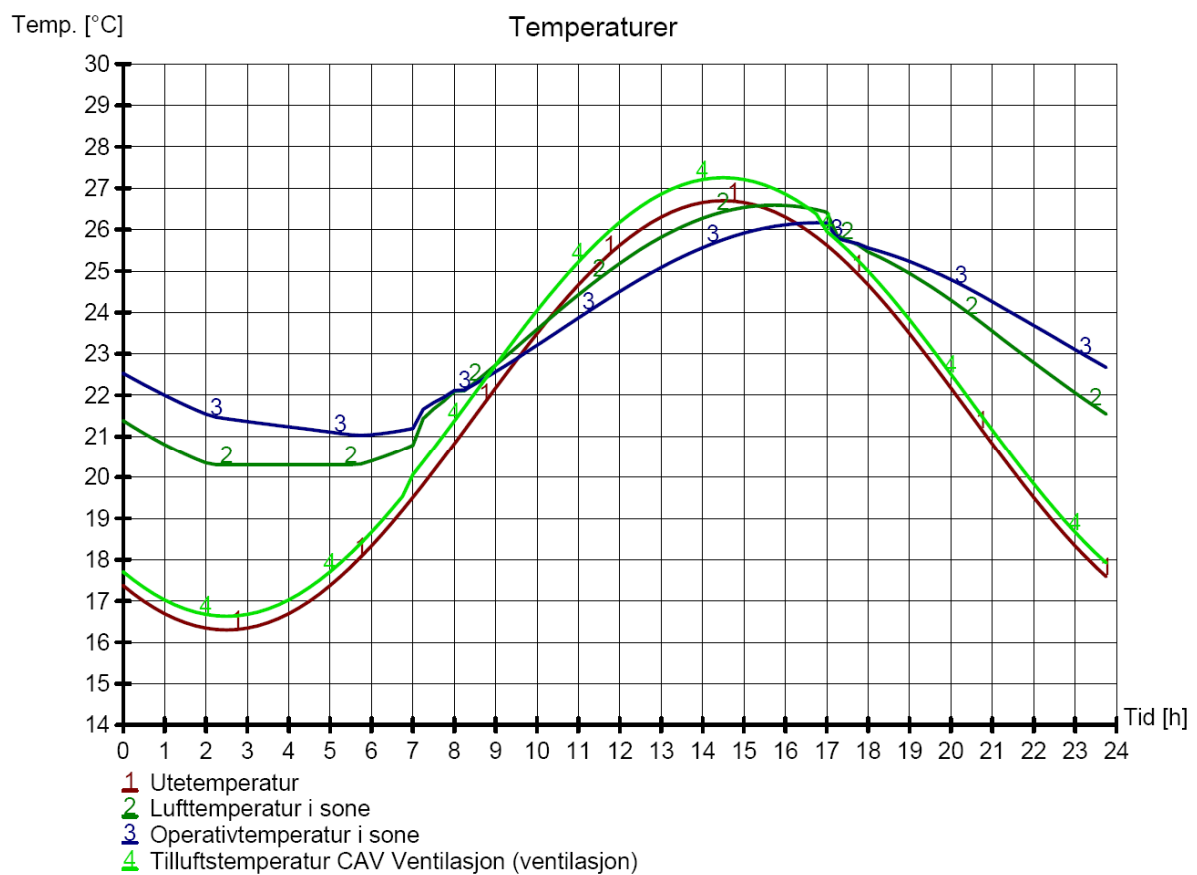
E.2 Barnehage

Figur E.1 viser et valgt grupperom på 25 m² i barnehagen, som er antatt dimensjonerende (solbelastet) for vurdering av termisk komfort. Det er ikke regnet med skygger/avskjerming fra bygningsutspring, nærliggende bygninger, vegetasjon eller horisont. Det er derimot regnet med effektiv utvendig solskjerming (hvite persiennner). Det er også antatt at det i varme perioder er mulighet for effektiv kryssløfting av bygget, som i snitt gir luftskifte på 7 oms/t ⁹. Bygget og rommet er lett til mellomtungt, med en normalisert varmekapasitet på 58 Wh/m²K. Med disse tiltakene blir maksimal operativ temperatur i rommet på 26,2 °C. Siden mye av barnehageaktivitetene om sommeren skjer utendørs, er dette vurdert som fullt tilfredsstillende termisk komfort i barnehager. Og kravet til kjølebehov settes derfor til null.

⁹ Ved effektiv kryssløfting kan man ofte oppnå 20-30 luftskiftninger i timen, selv ved lave vindhastigheter. Et luftskifte på 7 omsetninger er derfor vurdert som relativt enkelt å oppnå, selv ved ugunstige værforhold,



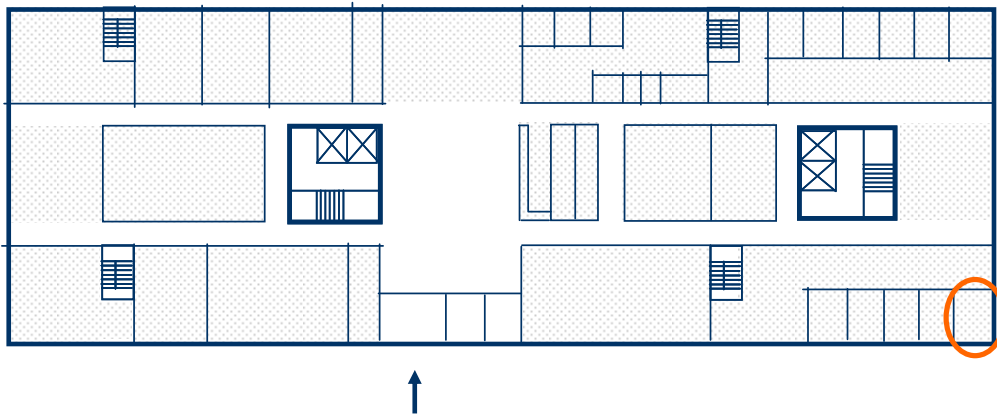
Figur E.1: Sydvendt grupperom som er simulert ved dimensjonerende sommerforhold.



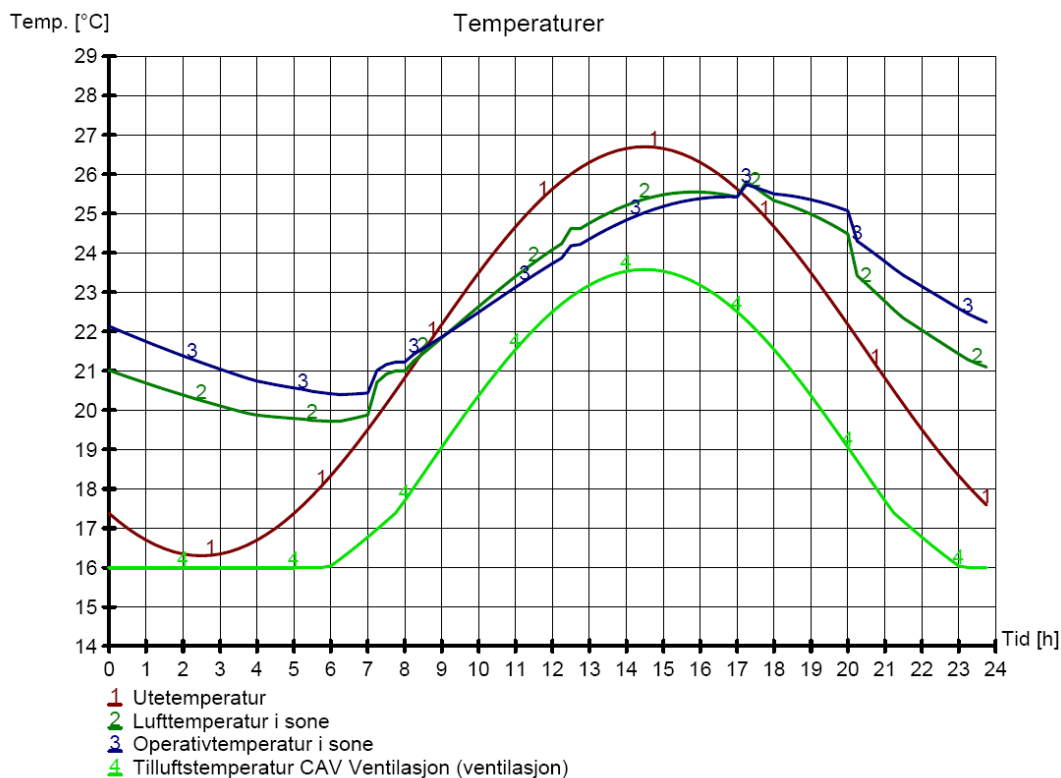
Figur E.2 Simulert temperaturforløp for solutsatt grupperom i barnehage, ved dimensjonerende sommerforhold.

E.3 Kontorbygg

Figur E.3 viser et valgt syd-øst orientert hjørnekontor på 9,8 m² i kontorbygget, som er antatt dimensjonerende (solbelastet) for vurdering av termisk komfort. Det er ikke regnet med skygger/avskjerming fra bygningsutspring, nærliggende bygninger, vegetasjon eller horisont. Det er derimot regnet med effektiv utvendig solskjerming (lyse persienner). Det er også antatt at det i varme perioder kjøres døgnekstremt med 12 m³/hm², og installert kjøleeffekt er på 15 W/m². Bygget og rommet er lett til mellomtungt, med en normalisert varmekapasitet på 46 Wh/m²K. Med disse tiltakene blir maksimal operativ temperatur i rommet på 25,7 °C. En installert kjøleeffekt på 15 W/m² gir et årlig netto energibehov til kjøling på 8,2 kWh/m²år anses derfor som tilfredsstillende for å oppnå god sommerkomfort.



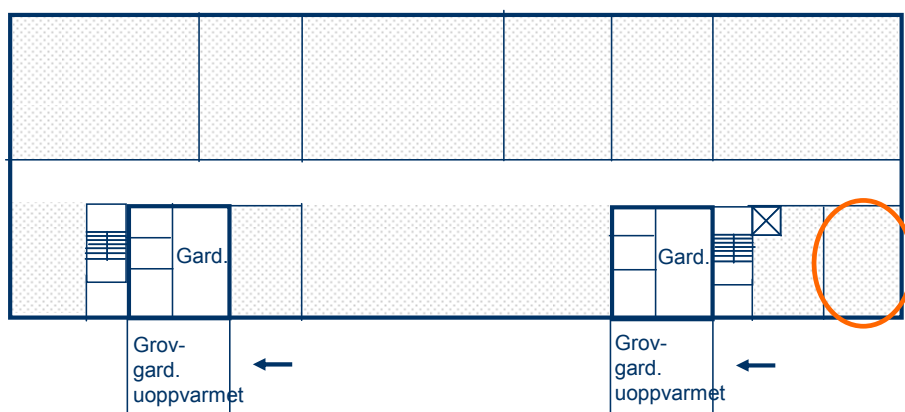
Figur E.3: Syd-østvendt hjørnekontor på 9,8 m² som er simulert ved dimensjonerende sommerforhold.



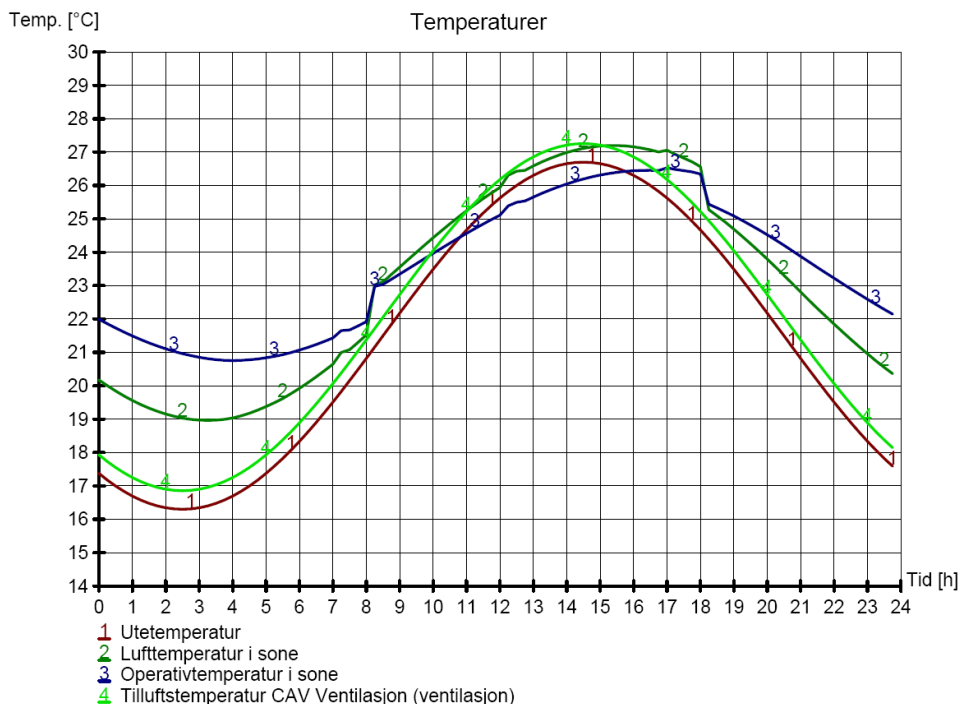
Figur E.4 Simulert temperaturforløp for solutsatt grupperom i barnehage, ved dimensjonerende sommerforhold.

E.4 Skolebygg

Figur E.5 viser et valgt syd-øst orientert gruppe/undervisningsrom på 42 m² i skolebygget, som er antatt dimensjonerende (solbelastet) for vurdering av termisk komfort. Det er ikke regnet med skygger/avskjerming fra bygningsutspring, nærliggende bygninger, vegetasjon eller horisont. Det er derimot regnet med effektiv utvendig solskjerming (lyse persienner). Det er antatt at det i varme perioder kjøres nattkjøling, dvs. nattventilasjon med opp til 20 m³/m²h for å kjøle ned den termiske massen i bygget. Det er også antatt at det vindusluftes i pauser og friminutter for å luften ut varme fra elever (7 oms/t). Bygget og rommet er mellomtungt til tungt, med en normalisert varmekapasitet på 98 Wh/m²K. Med disse tiltakene blir maksimal operativ temperatur i rommet på 26,5 °C. Selv om dette er litt over kravet på 26 °C, vil dette allikevel være akseptabel siden skoler oftest ikke brukes (eller brukes med meget lav belastning) i den varmeste perioden av året (ca. 8 uker). Normalt vil også en varmebølge, som simulert her, falle i denne 8 ukers skoleferieperioden. Og kravet til kjølebehov settes derfor til null.



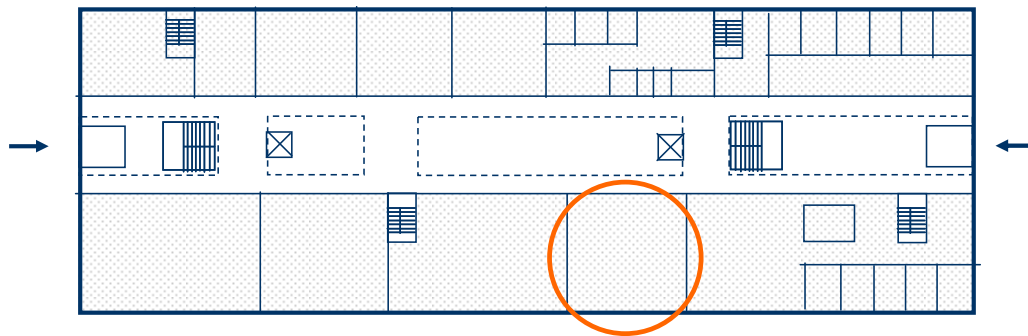
Figur E.5: Syd-østvendt undervisningsrom på 42 m² som er simulert ved dimensjonerende sommerforhold.



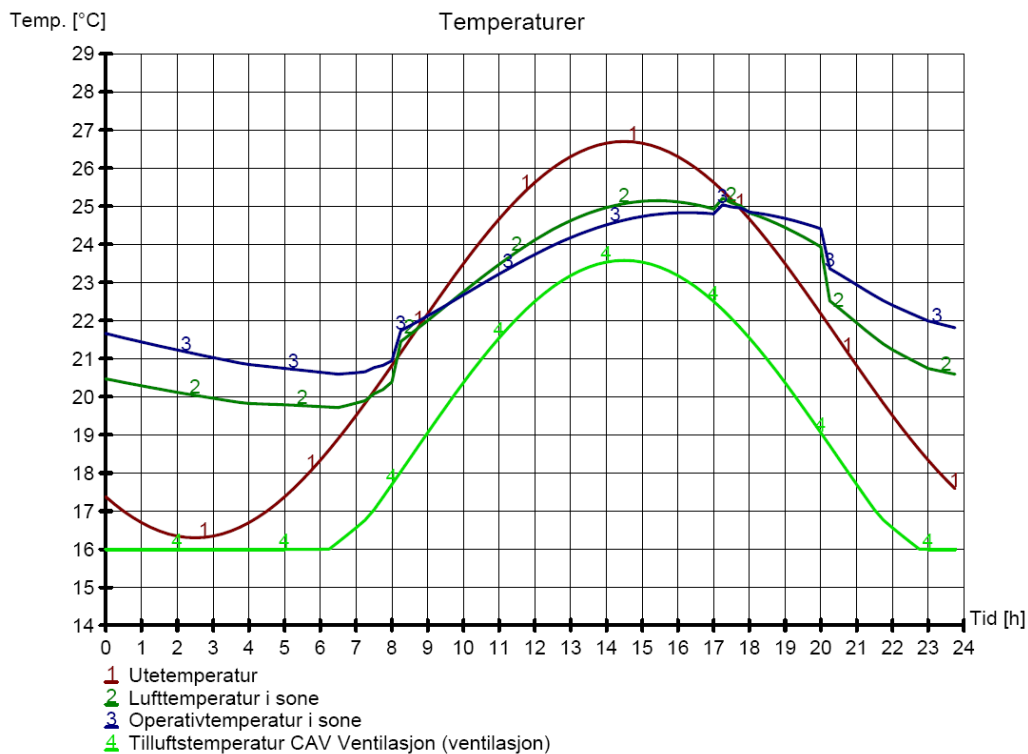
Figur E.6 Simulert temperaturforløp for solutsatt grupperom i barnehage, ved dimensjonerende sommerforhold.

E.5 Universitets- og høyskolebygg

Figur E.7 viser et valgt sydvendt undervisningsrom på 64 m² i høyskolebygget, som er antatt dimensjonerende (solbelastet) for vurdering av termisk komfort. Det er ikke regnet med skygger/avskjerming fra bygningsutspring, nærliggende bygninger, vegetasjon eller horisont. Det er derimot regnet med effektiv utvendig solskjerming (lyse persienner). Det er også antatt at det i varme perioder kjøres døgntkontinuerlig med 12 m³/hm², og installert kjøleeffekt er på 15 W/m². Bygget og rommet er mellomtungt, med en normalisert varmekapasitet på 69 Wh/m²K. Med disse tiltakene blir maksimal operativ temperatur i rommet på 25,0 °C. I tillegg vil slike undervisningsrom være lite brukt (liten intern belastning) i den varmeste tiden på året (midten av juni til midten av august). En installert kjøleeffekt på 15 W/m² gir et årlig netto energibehov til kjøling på 8,8 kWh/m²år, anses derfor som tilfredsstillende for å oppnå god sommerkomfort. Kravet til maksimalt energibehov til kjøling er derfor satt til 10 kWh/m²år



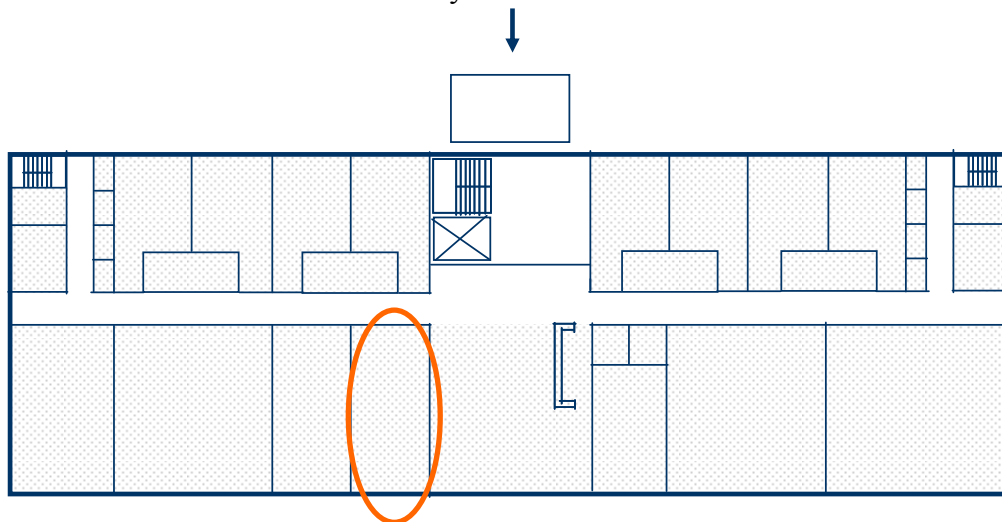
Figur E.7: Sydvendt undervisningsrom på 64 m² som er simulert ved dimensjonerende sommerforhold.



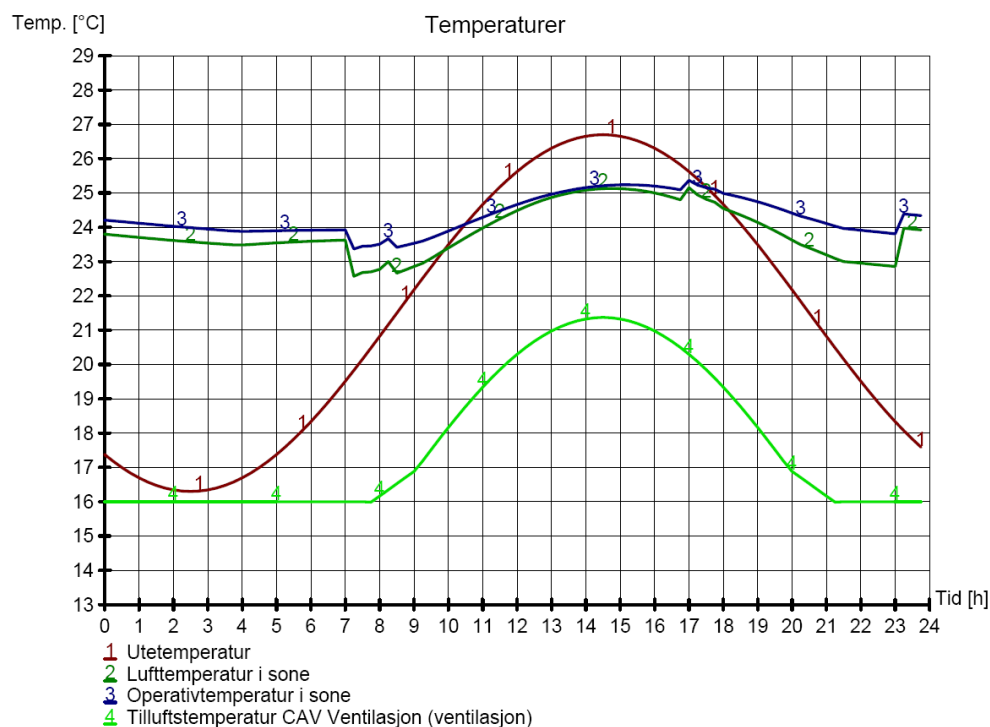
Figur E.8 Simulert temperaturforløp for solutsatt undervisningsrom, ved dimensjonerende sommerforhold.

E.6 Sykehus

Figur E.9 viser et valgt sydvendt pasientrom på 44 m², som er antatt dimensjonerende (solbelastet) for vurdering av termisk komfort. Det er ikke regnet med skygger/avskjerming fra bygningsutspring, nærliggende bygninger, vegetasjon eller horisont. Det er regnet med effektiv utvendig solskjerming (lyse persienner). Ventilasjonen (snitt i driftstiden) på dagen er satt til 10 m³/m²h (likt med snitt for hele bygget), og installert kjøleeffekt er på 20 W/m². Bygget og rommet er mellomtungt, med en normalisert varmekapasitet på 70 Wh/m²K. Med disse tiltakene blir maksimal operativ temperatur i rommet på 25,4 °C. En installert kjøleeffekt på 20 W/m², som gir et årlig netto energibehov til kjøling på 17,1 kWh/m²år, anses derfor som tilfredsstillende for å oppnå god sommerkomfort. Kravet til maksimalt energibehov til kjøling er derfor satt til 20 kWh/m²år for sykehus.



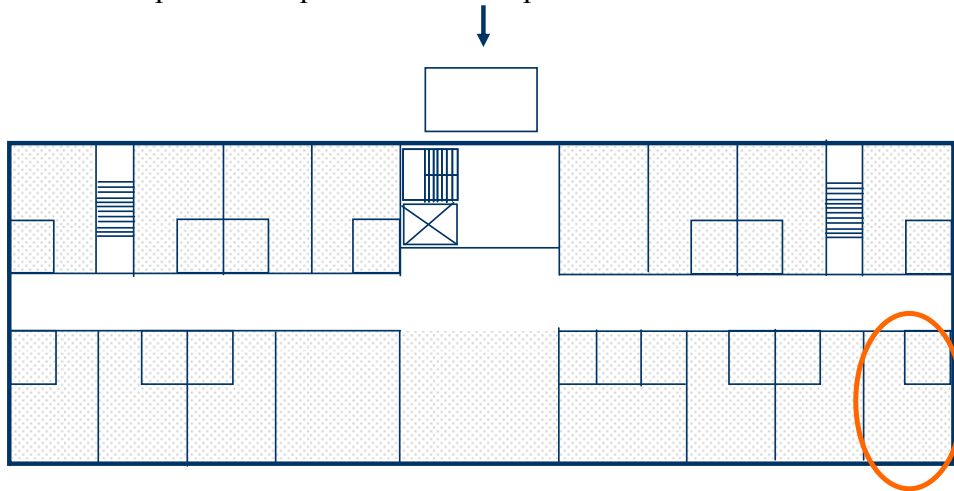
Figur E.9: Sydvendt pasientrom på 44 m² som er simulert ved dimensjonerende sommerforhold.



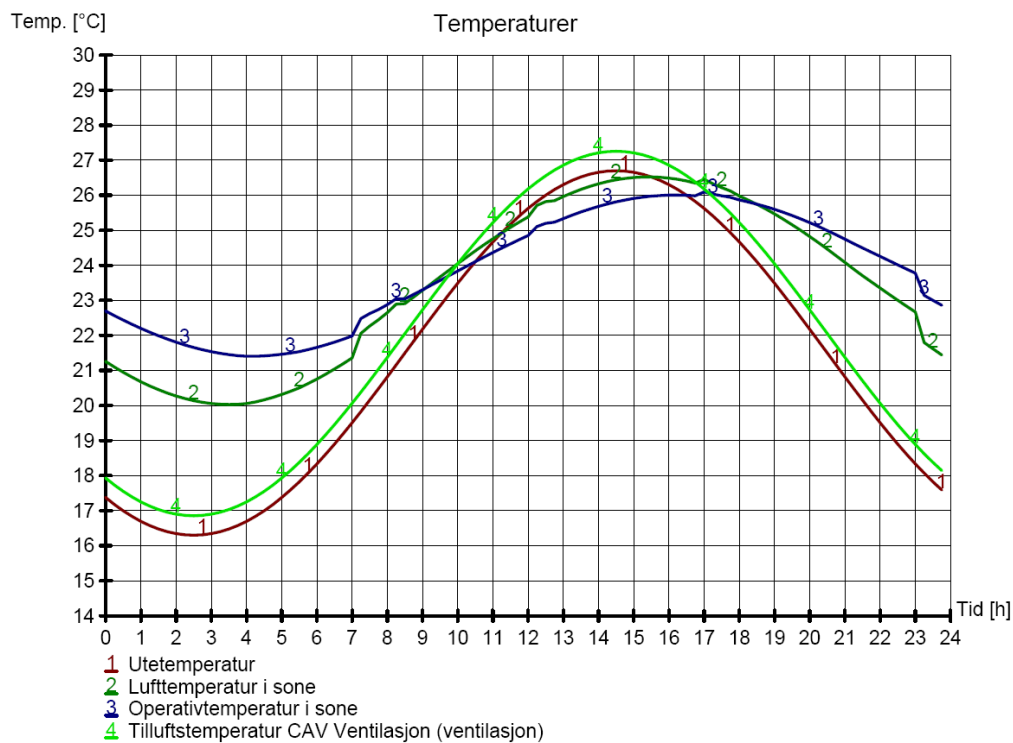
Figur E.10 Simulert temperaturforløp for solutsatt pasientrom, ved dimensjonerende sommerforhold.

E.7 Sykehjem

Figur E.11 viser en valgt syd-østvendt pleieleilighet på 40 m², som er antatt dimensjonerende (solbelastet) for vurdering av termisk komfort. Det er ikke regnet med skygger/avskjerming fra bygningsutspring, nærliggende bygninger, vegetasjon eller horisont. Det er regnet med effektiv utvendig solskjerming (lyse persiener). Det er også antatt at det i varme perioder kjøres døgkontinuerlig med 12 m³/hm², og installert kjøleeffekt er på 10 W/m². Leiligheten er mellomtung, med en normalisert varmekapasitet på 72 Wh/m²K. Med disse tiltakene blir maksimal operativ temperatur i rommet på 25 °C.



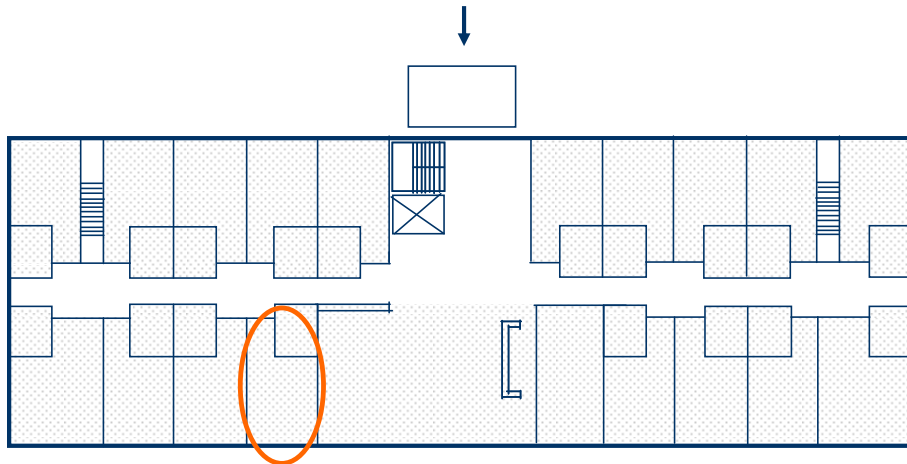
Figur E.11: Syd-østvendt leilighet på 40 m² som er simulert ved dimensjonerende sommerforhold.



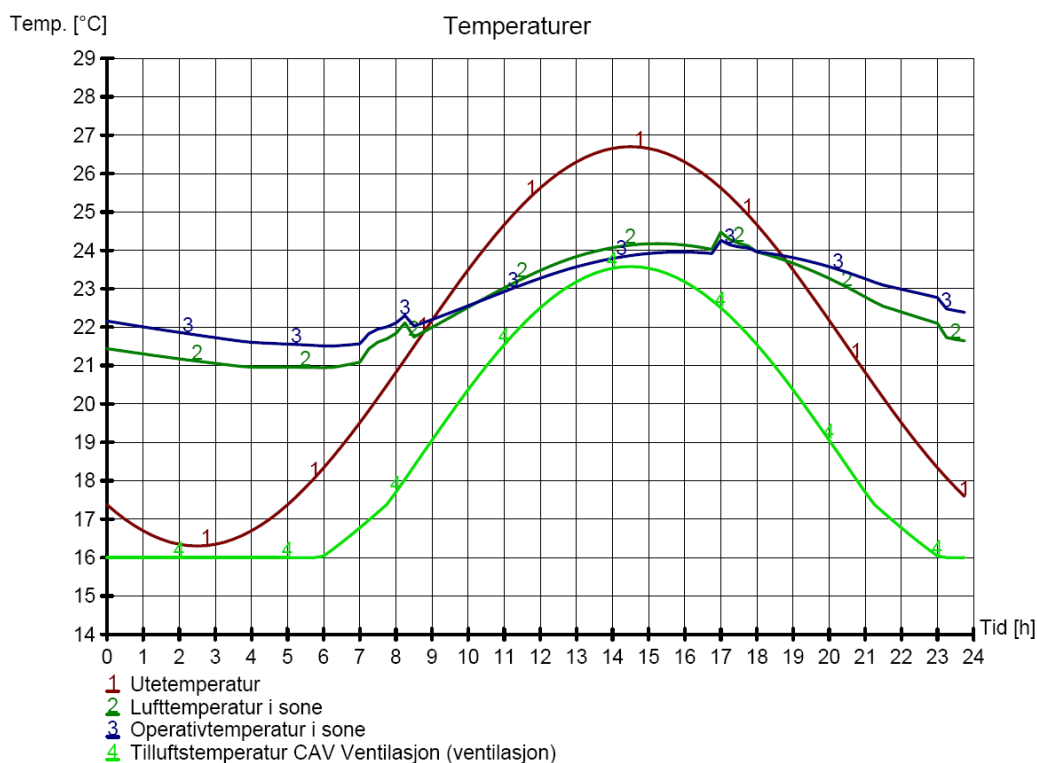
Figur E.12 Simulert temperaturforløp for leiligheten, ved dimensjonerende sommerforhold.

E.8 Hotell

Figur E.13 viser et valgt sydvendt hotellrom på 32 m², som er antatt dimensjonerende (solbelastet) for vurdering av termisk komfort. Det er ikke regnet med skygger/avskjerming fra bygningsutspring, nærliggende bygninger, vegetasjon eller horisont. Det er regnet med effektiv utvendig solskjerming (lyse persienner). Ventilasjonen er regnet å gå døgntkontinuerlig i de varmeste periodene med 8 m³/m²h, og installert kjøleeffekt er på 10 W/m² (ventilasjonskjøling). Hotellrommet er mellomtungt, med en normalisert varmekapasitet på 72 Wh/m²K. Med disse tiltakene blir maksimal operativ temperatur i rommet på 24,3 °C.



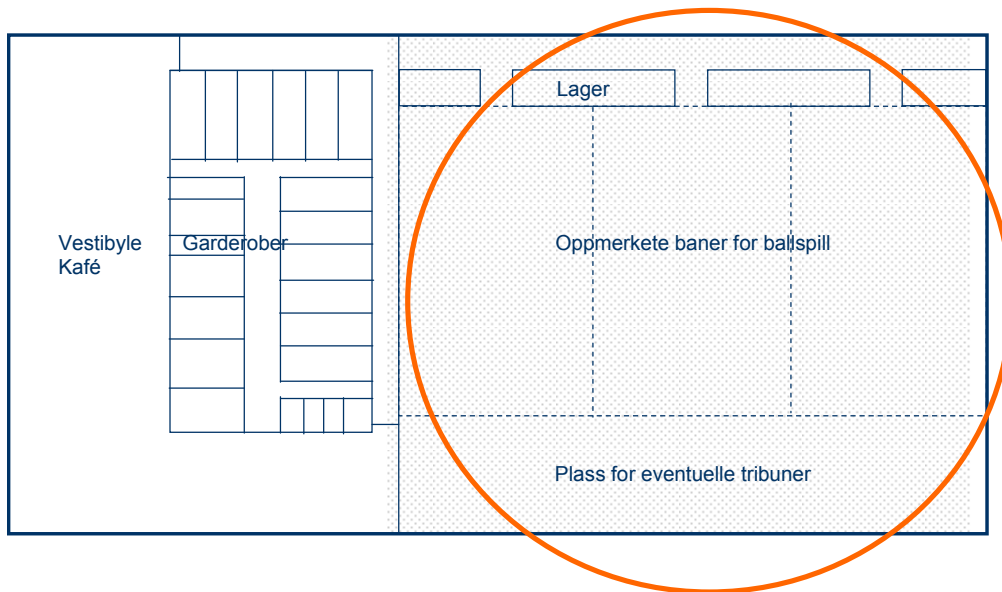
Figur E.13: Sydvendt hotellrom på 32 m² som er simulert ved dimensjonerende sommerforhold.



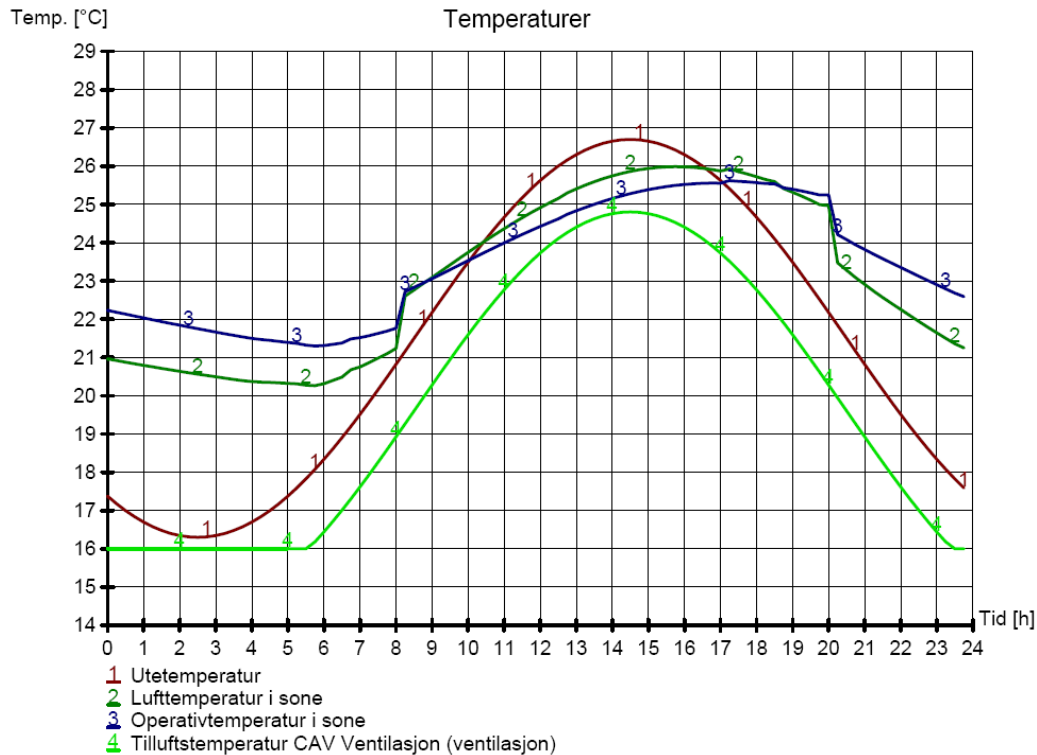
Figur E.14 Simulert temperaturforløp for hotellrommet, ved dimensjonerende sommerforhold.

E.9 Idrettsbygg

Figur E.15 viser ballhallen inkludert tribuner og lager i idrettsbygget på 2000 m², som er antatt dimensjonerende for vurdering av termisk komfort. Det er ikke regnet med skygger/avskjerming fra bygningsutspring, nærliggende bygninger, vegetasjon eller horisont. Det er regnet med effektiv utvendig solskjerming (lyse persiennner). Ventilasjonen er regnet å gå døgntkontinuerlig i de varmeste periodene med 12 m³/m²h, og installert kjøleeffekt er på 10 W/m² (ventilasjonskjøling). Ballhallen er mellomtung til tung, med en normalisert varmekapasitet på 92 Wh/m²K. Med disse tiltakene blir maksimal operativ temperatur i hallen på 25,6 °C.



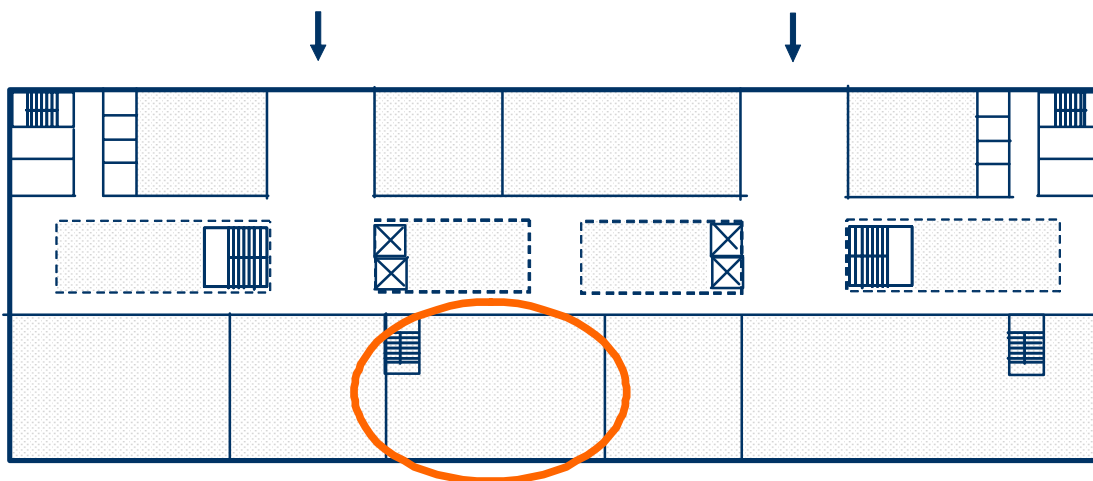
Figur E.15: Viser simulert ballhall på 2000 m² som er simulert ved dimensjonerende sommerforhold.



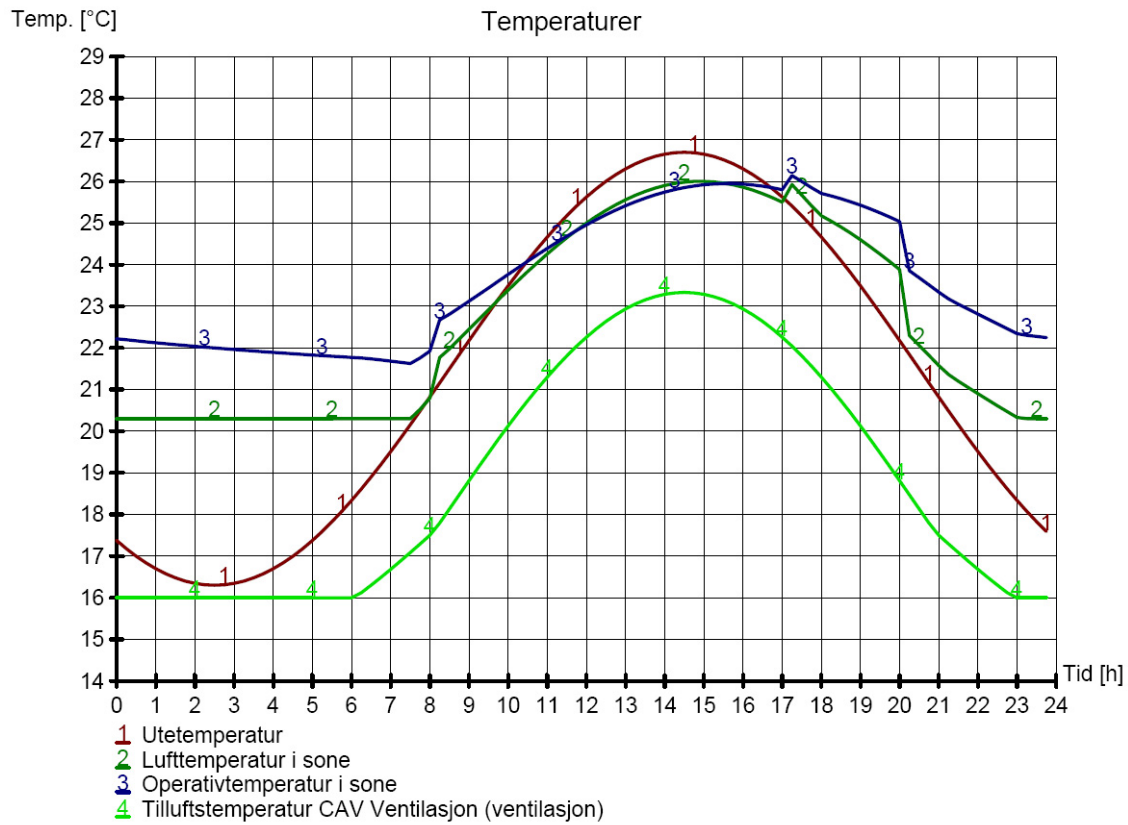
Figur E.16 Simulert temperaturforløp for ballhallen, ved dimensjonerende sommerforhold.

E.10 Forretningsbygg

Figur E.17 viser et valgt sydvendt rom/butikk på 96 m², som er antatt dimensjonerende (solbelastet + internlast) for vurdering av termisk komfort. Det er ikke regnet med skygger/avskjerming fra bygningsutspring, nærliggende bygninger, vegetasjon eller horisont. Det er regnet med effektiv utvendig solskjerming (lyse persiennner). Ventilasjonen er regnet å gå døgnekstetiv i de varmeste periodene med 15 m³/m²h, og installert kjøleeffekt er på 20 W/m² (ventilasjonsskjøling). Butikken er mellomtung, med en normalisert varmekapasitet på 67 Wh/m²K. Med disse tiltakene blir maksimal operativ temperatur i rommet på 26,1 °C.



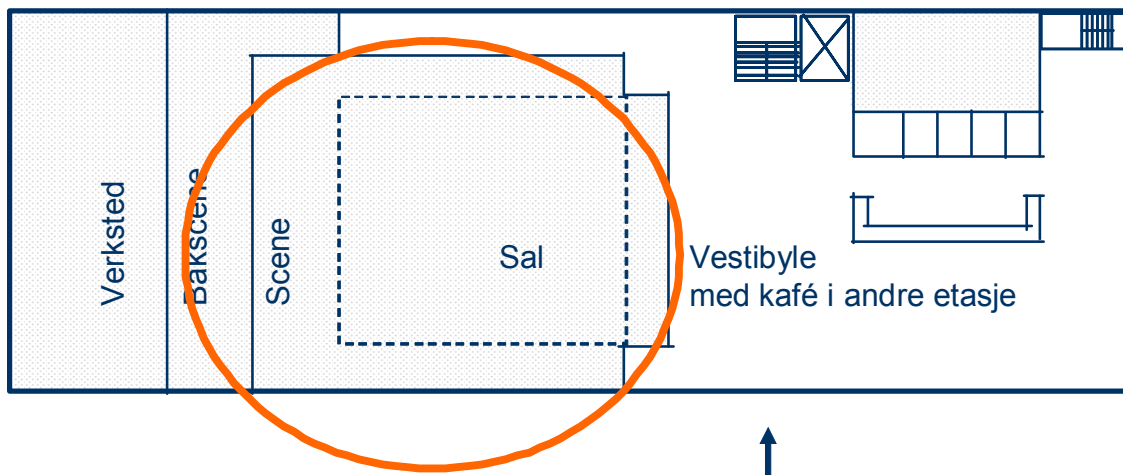
Figur E.17: Sydvendt rom/butikk på 96 m² som er simulert ved dimensjonerende sommerforhold.



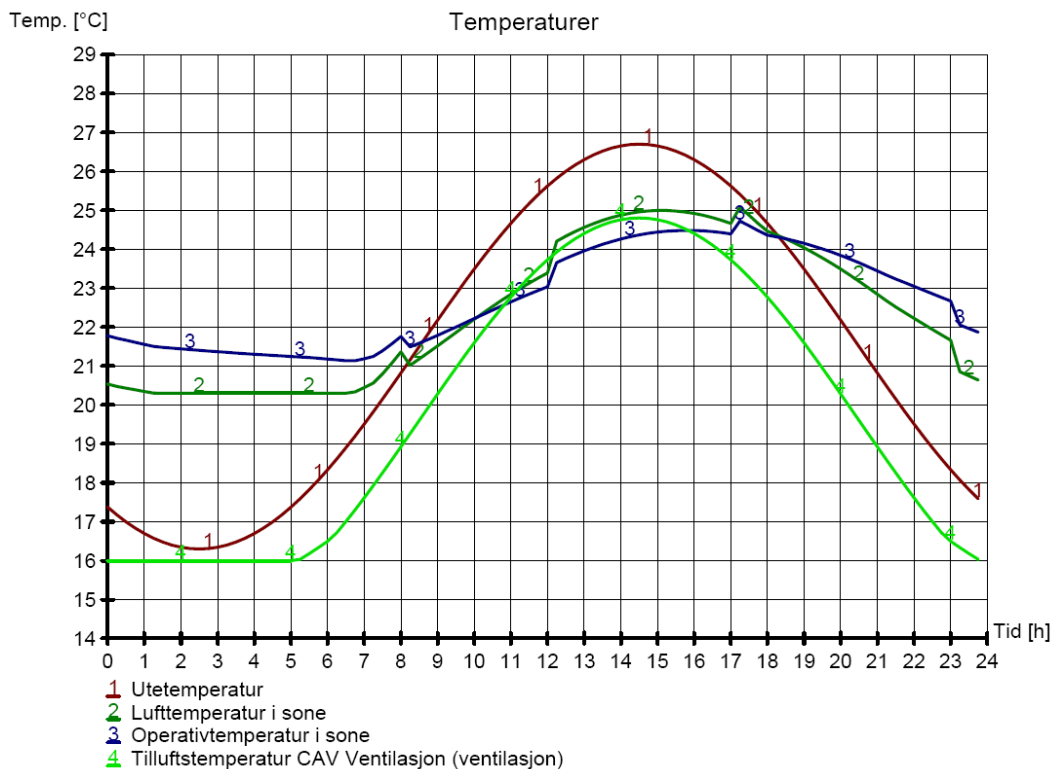
Figur E.18 Simulert temperaturforløp for hotellrommet, ved dimensjonerende sommerforhold.

E.11 Kulturbbygg

Figur E.19 viser et valgt sydvendt sal på 360 m², som er antatt dimensjonerende (solbelastet + internlast) for vurdering av termisk komfort. Det er ikke regnet med skygger/avskjerming fra bygningsutspring, nærliggende bygninger, vegetasjon eller horisont. Det er regnet med effektiv utvendig solskjerming (lyse persienner). Ventilasjonen er regnet å gå døgntkontinuerlig i de varmeste periodene med 12 m³/m²h, og installert kjøleeffekt er på 10 W/m² (ventilasjonskjøling). Lokalet er mellomtungt, med en normalisert varmekapasitet på 65 Wh/m²K. Med disse tiltakene blir maksimal operativ temperatur i rommet på 24,7 °C.



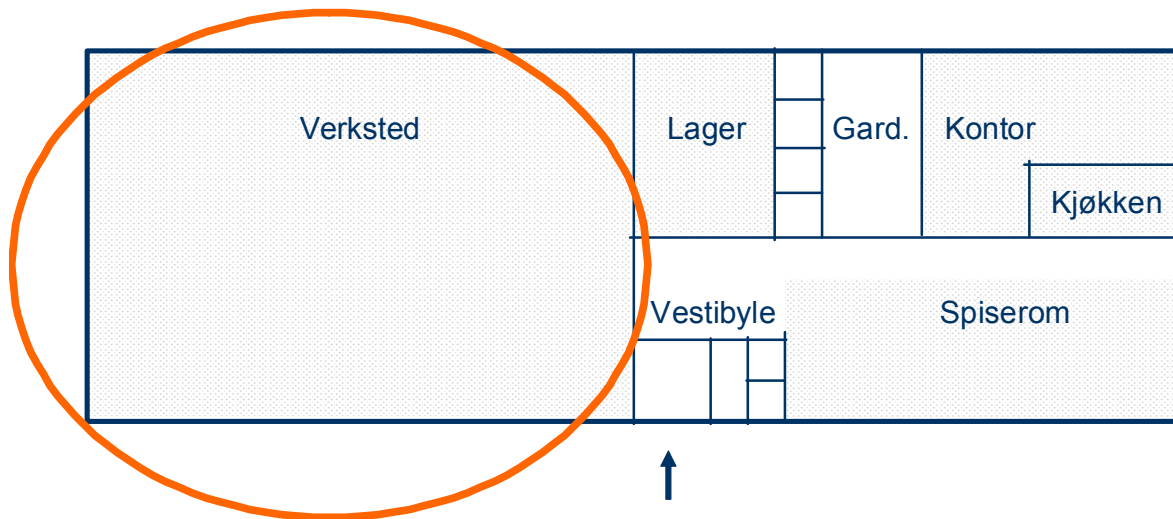
Figur E.19: Sydvendt sal/scene på 360 m² som er simulert ved dimensjonerende sommerforhold.



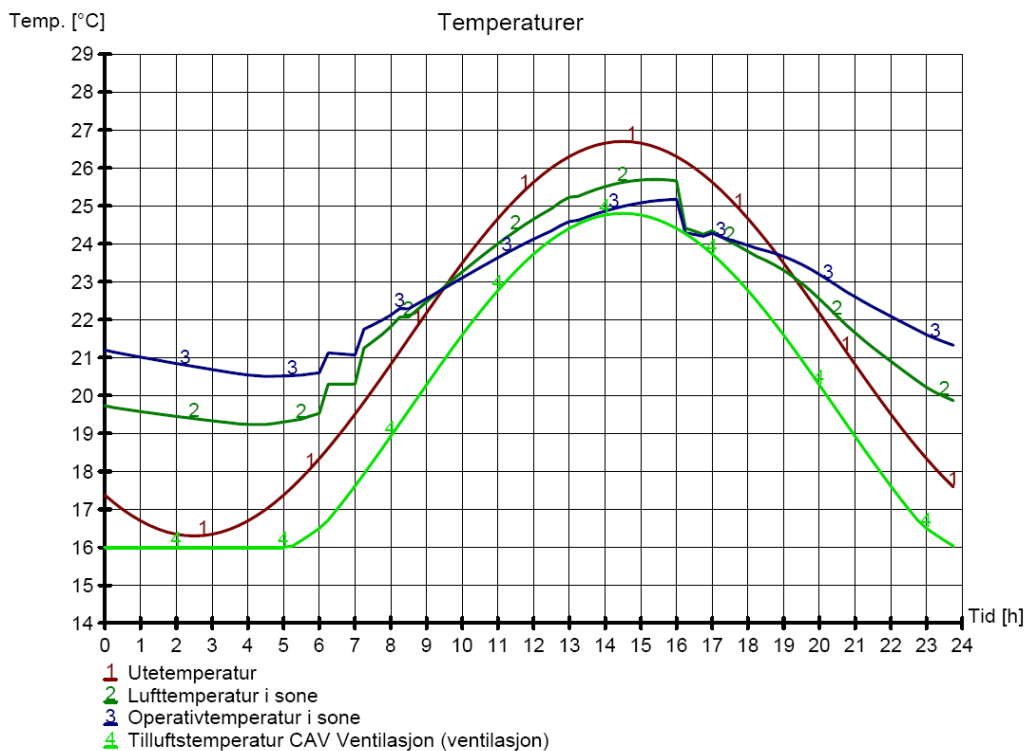
Figur E.20 Simulert temperaturforløp for salen, ved dimensjonerende sommerforhold.

E.12 Lett industri, verksteder

Figur E.21 viser verkstedhallen på 600 m², som er antatt dimensjonerende (solbelastet + internlast) for vurdering av termisk komfort. Det er ikke regnet med skygger/avskjerming fra bygningsutspring, nærliggende bygninger, vegetasjon eller horisont. Det er regnet med effektiv utvendig solskjerming (lyse persiennner). Ventilasjonen er regnet å gå døgkontinuerlig i de varmeste periodene med 12 m³/m²h, og installert kjøleeffekt er på 10 W/m² (ventilasjonskjøling). Verkstedhallen er mellomtung, med en normalisert varmekapasitet på 75 Wh/m²K. Med disse tiltakene blir maksimal operativ temperatur i rommet på 26,0 °C.



Figur E.21: Verkstedhall på 600 m² som er simulert ved dimensjonerende sommerforhold.



Figur E.22 Simulert temperaturforløp for hallen, ved dimensjonerende sommerforhold.

VEDLEGG F (Informativt)

Bestemmelse av minstekrav til komponenter

Minstekravene angitt i tabell 7 i kapittel 2 er tatt direkte fra høringsversjonen av NS 3700 /1/¹⁰, som igjen er basert stort sett på minstekrav satt av PHI /2/.

Minstekrav satt av PHI er at alle vegg-, gulv- og takkonstruksjoner må ha U-verdi under 0,15 W/(m²·K). Siden U-verdien for tak som ligger til grunn for energitiltaksmodellen og energirammemodellen /6/ er på 0,13 W/(m²·K), er denne satt som minstekrav i tabell 7.

Krav til U-verdier for vinduer og dører er satt til 0,80 W/(m²·K), i likhet med kravet satt av PHI. Det samme gjelder for lekkasjetallet.

Minstekravet til normalisert kuldebro på 0,03 W/(m²·K), er satt ut fra flere gjennomregnede passivhus-prosjekter i Norge, både mindre småhus i tre og større leilighetsprosjekter med bæresystem i betong og stål. PHI bruker ikke begrepet normalisert kuldebroverdi, og har ikke noe helt klart krav til kuldebroer, bortsett fra at de sier at byggene må være ”kuldebrofrie”. I Tyskland regnes kuldebroer med basis i utvendig areal (i motsetning til i Norge hvor de beregnes basert på innvendig areal), og med gode kuldebroløsninger vil da de geometriske kuldebroene i utvendige hjørner balansere de termiske kuldebroene i bygget. Med basis i dette vil da bygget kunne være ”kuldebrofritt”, med tyske beregningsregler¹¹.

Kravet til SFP (spesifikk vifteeffekt) er av PHI satt til 0,45 W/(m³/h), som tilsvarer ca. 1,6 kW/(m³/s). Dette er rundet ned til 1,5 kW/(m³/s) i NS 3700. Minstekrav til virkningsgrad for varmegjenvinnere er av PHI satt til 75 %, målt etter sertifisert metode /2/. Siden det vurderes å legge til grunn en virkningsgrad på 80 % i revisjonen av TEK07 /9/, er dette lagt til grunn som minstekrav til virkningsgrad for passivhus.

¹⁰ I høringsversjonen av NS 3700 ble minstekrav til U-verdi for gulv og tak byttet om, dette er rettet opp i tabell 7.

¹¹ Ved å regne med utvendig areal som i Tyskland vil selvsagt transmisjonstapet gjennom vegger, gulv og tak bli større, enn ved å regne med innvendige arealer som i Norge. Men hvis kuldebroene beregnes riktig, skal det totale transmisjonstapet inkl. kuldebrotap bli det samme om det brukes innvendig eller utvendig areal som basis.

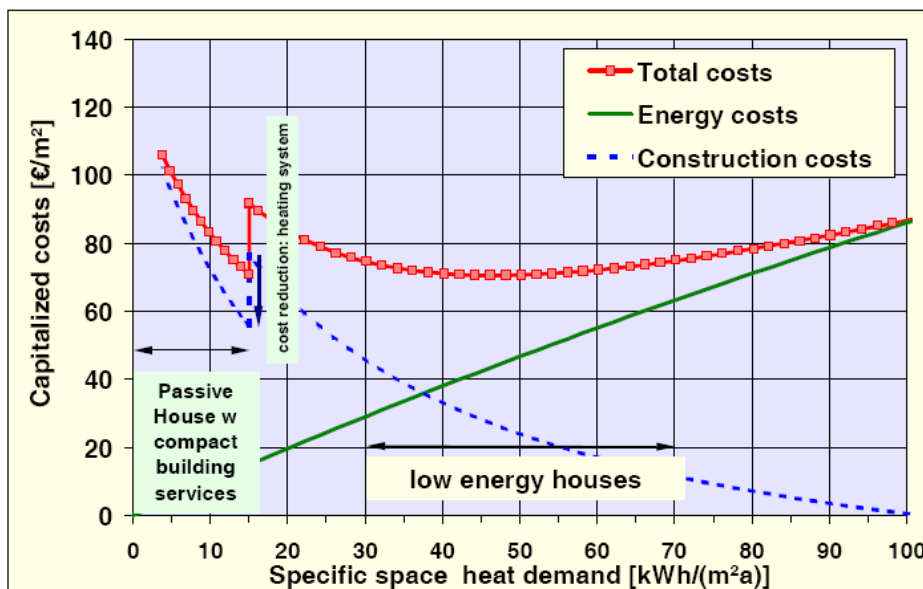
VEDLEGG G (Informativt)

Forenkling av varme- og kjølesystemer i passivhusbygg

I mange nye konvensjonelle yrkesbygg vil installert oppvarmingseffekt ofte være i størrelsesorden 100-200 W/m². Installert kjøleffekt vil også for enkelte byggkategorier komme opp i så høye tall. Går man til passivhus-nivået vil dette medføre fra ca. 50 til 90 % reduksjon i installert effektbehov, sammenlignet med konvensjonelle nye bygg. Dette vil i seg selv føre til en betydelig kostnadsreduksjon i varme- og kjøleanlegget, både når det gjelder produksjon (kjeler, kjølemaskiner, etc.), akkumulering (beredere, tanker), distribusjon (rør og ventiler) og avgivelse (radiatorer, gulvvarme).

Figur G.1 utarbeidet av Passivhaus Institut (PHI) [7], viser skjematisk hvordan byggekostnadene øker med mer energieffektive løsninger fram til et visst punkt¹², der de pga. av mulighet for forenkling av varmeanlegget reduseres betydelig. Ved dette punktet vil da de totale kostnadene, inkludert energikostnader, kunne bli lavere enn mindre ambisiøse lavenergi-konsepter i følge PHI.

Figur G.1 gjelder for boliger, og for yrkesbygg vil det ikke være samme enkle sammenheng. Men også for yrkesbygg vil det i mange tilfeller være mulig med en kraftig forenkling av varme- og kjølesystemene slik at man kan redusere installasjonskostnadene betydelig, som da kan brukes til å dekke hele eller deler av ekstrakostnadene til en bygningskropp med passivhus-spesifikasjoner. Det er både mulig å bruke ventilasjonssystemet til oppvarming og kjøling, men det er også mulig å forenkle et vannbårent system, som diskutert i G.1 og G.2.

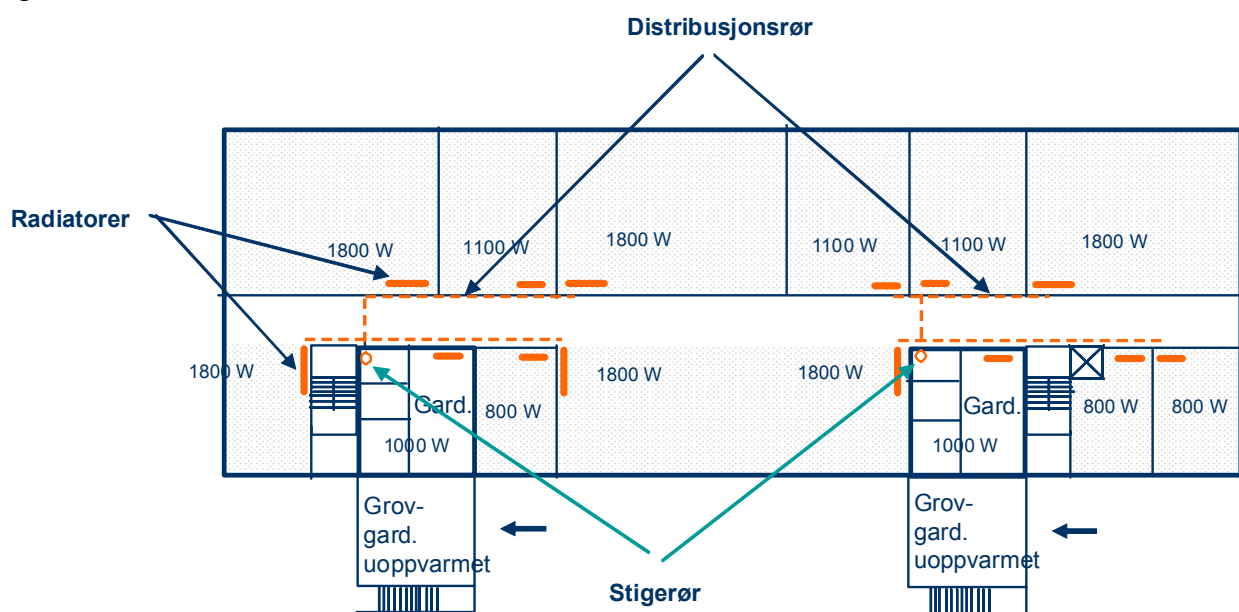


Figur G.1 Viser skematisk sammenheng mellom konstruksjonskostnader, energikostnader og resulterende totale kostnader. Tatt fra [7].

¹² Dette punktet er av Passivhaus Institut definert til å være ved et effektbehov på 10 W/m² til oppvarming, som tilnærmet tilsvarer et årlig oppvarmingsbehov på 15 kWh/m²år. Disse tallene gjelder for boliger, og kan ikke overføres til andre typer bygg.

G.1 Forenklet vannbårent system

Når det brukes passivhus-konstruksjoner, med passivhusvinduer og eliminerte luftlekkasjer og kuldebroer, er det heller ikke behov for perimetervarme ved yttervegg eller varme under vinduer for å unngå kaldras. Dette gjør at varmeanlegget kan sentraliseres og forenkles betydelig uten at dette går utover den termiske komforten. Figur G.2 viser skjematisk eksempel på hvordan dette kan tenkes gjort i en etasje i et skolebygg. Etasjen er på 1200 m², og har et oppvarmingsbehov på 15 W/m², som dermed utgjør 18 kW for hele etasjen. Selv i de største rommene på ca. 110 m² vil det pga. det lave oppvarmingsbehovet være tilstrekkelig med en sentral radiator på skillevegg mot korridor. Med to stigeledninger (tilførselsledninger) i etasjen, vil det bli et meget enkelt distribusjonssystem. I forhold til et konvensjonelt bygg, vil mengden radiatorer, distribusjonsrør, ventiler, etc. kunne bli redusert med 50 til 75 % hvis det planlegges godt.



Figur G.2 Viser skjematisk forenkling av det vannbårne varmeanlegget i et skolebygg.

G.2 Forenklet luftbårent system

Alternativt til et vannbårent varmesystem, er å bruke ventilasjonsanlegget til oppvarming, og eventuelt også kjøling. I et ventilasjonsanlegg i yrkesbygg er disse dimensjonert for mye høyere luftmengder enn i en bolig, og overtemperaturene på innblåsningsluften for å holde tilstrekkelig høy romtemperatur er derfor relativt moderate. Tabell G.1 viser hvilken innblåsningsstemperatur som er nødvendig for å dekke oppvarmingsbehovet for de ulike byggkategoriene (beregnet i vedlegg D), lagt til grunn for luftmengder gitt i tabell 2. Nødvendig innblåsningsstemperatur varierer fra ca. 20 til 25 °C, noe som med riktig dimensjonerte tilluftsventiler¹³ ikke skal være noe problem komfortmessig¹⁴.

¹³ Hvis luften tilføres utenfor oppholdssonen (omrøringsventilasjon) med en viss impuls (hastighet) vil luften pga. av innblanding av romluft ha tilnærmet romtemperatur når den når ned til oppholdssonen. Valg og dimensjonering av tilluftsventiler er derfor viktig i slike tilfeller. Et slikt overtemperatursystem bør ikke kombineres med fortrengningsventilasjon, der luften tilføres med lav impuls i oppholdssonen.

En innvending mot varme via ventilasjonsanlegget, er at det i utgangspunktet ikke er mulig å regulere oppvarmingen på romnivå. Det er riktig i de tilfeller man bruker et CAV-system (ventilasjonssystem med konstante luftmengder), der vil det bare være mulig med en sentral styring av avgitt varme ut fra temperaturfølere i sentrale rom eller i avtrekksluften. Men i passivhus-yrkesbygg, vil det være helt avgjørende å ha strengt behovsstyrt ventilasjon, som også ligger til grunn for luftmengdene angitt i tabell 2 (kap.2). I et behovsstyrt ventilasjonsanlegg vil det være VAV-spjeld¹⁵ som kan styre luftmengdene til hvert enkelt rom ut fra for eksempel temperatur, CO₂ (luftkvalitet) eller tilstedeværelse. Til en viss grad vil det derfor være mulig å regulere avgitt varmeeffekt til rommet ved å regulere innblåst luftmengde, som da vil bli et supplement til sentral styring av innblåsningstemperaturen¹⁶. Men i tillegg til å holde fornuftig romtemperatur, må også lufttilførselen tilpasses slik at luftkvaliteten blir tilfredsstillende. Dette vil i perioder kunne gi motstridende styringsparametre for luftmengden, og en av de to må gis prioritet. I praksis er det ikke sikkert dette er noe problem når varmebehovet er så lite, men det har vært utenfor denne rapportens omfang å analysere dette i detalj.

I moderne yrkesbygg brukes det ofte behovsstyrt ventilasjon som både styres ut fra romtemperaturen og CO₂ eller tilstedeværelse (luftkvalitet). I disse tilfellene vil vanligvis innblåst luft ha undertemperatur, og da fungere som kjøling i rommet. I teorien vil disse systemene kunne ”reverseres” og brukes som oppvarmingssystem, ved at de i oppvarmings-sesongen kjøres med overtemperatur istedenfor undertemperatur. Per. i dag er dette ingen vanlig løsning, og krever noe utprøving før det kan anbefales på bred basis.

Tabell G.1. Viser nødvendig innblåsningstemperatur for å dekke simulert oppvarmingseffekt (fra tillegg D), med basis i luftmengder gitt i tabell 2.

Byggkategori	Dimensjonerende varmeeffekt	Luftmengde i driftstiden*	Nødvendig innblåsningstemperatur
Barnehage	22 W/m ²	6 m ³ /hm ²	24,8 °C
Kontorbygg	15 W/m ²	6 m ³ /hm ²	21,4 °C
Skolebygg	15 W/m ²	8 m ³ /hm ²	19,5 °C
Universitet- og høyskolebygg	15 W/m ²	7 m ³ /hm ²	19,3 °C
Sykehus	25 W/m ²	10 m ³ /hm ²	21,4 °C
Sykehjem	18 W/m ²	7 m ³ /hm ²	21,6 °C
Hoteller	18 W/m ²	6 m ³ /hm ²	23,3 °C
Idrettsbygg	22,3 W/m ²	6 m ³ /hm ²	23,4 °C
Forretningsbygg	30 W/m ²	12 m ³ /hm ²	20,4 °C
Kulturbygg	25 W/m ²	7 m ³ /hm ²	24,0 °C
Lett industri, verksteder	19,5 W/m ²	7 m ³ /hm ²	23,0 °C

* I de kaldeste periodene av året vil det trolig være behov for å kjøre denne luftmengden døgnt-kontinuerlig for å holde ønsket romtemperatur. Disse periodene vil i et normal år være så korte at de har lite innvirkning på det årlige oppvarmingsbehovet.

¹⁴ Såkalte varmluftsystemer som tidligere også var i bruk i en del yrkesbygg, hadde ofte en innblåsningstemperatur på 40-70 °C, noe som ofte ga opphav til dårlig termisk komfort og klager på tørr luft.

¹⁵ Spjeld i tilluftskanalen inn til hvert rom som styrer luftmengden etter behov, for eksempel ut fra CO₂-nivå, tilstedeværelse eller temperatur.

¹⁶ Avtrekkstemperaturen, som vil være en snittverdi av romlufttemperaturen i de rommene ventilasjonssystemet betjener, er ofte en god styringsparameter for tilluftstemperaturen. En slik styring, avtrekkskompensert tilluftstemperatur, brukes også i en viss utstrekning i dag.

VEDLEGG H (Informativt)

Kriterier for passivhus i Tyskland og Sverige

H.1 Skoler som passivhus i Tyskland

”Protokollband Passivhaus-Schulen”, PHI Darmstadt 2006 /3/ er en rapport fra et omfattende forskningsprosjekt om passivhus-skoler med utredninger, simuleringer, målinger og evaluering av flere skoleprosjekter med PH-standard. Resultatet er at kriteriene fra boligbygg i det vesentlige også kan brukes for skoler. Maksimalt effektbehov er imidlertid satt til 75 Watt per kvadratmeter klasseromsareal (OBS: ikke relatert til hele bygningen!). Som i boliger, tas det her utgangspunkt i at det skal være mulig å dekke oppvarmingsbehovet ved å ettervarme ventilasjonslufta. Siden det i skoler uansett er betydelig høyere luftvekslinger (og internlaster) i driftstida, er effektbehovet her ingen markant begrensing som i boliger (avgjørende her er at effekten er tilstrekkelig for å varme opp klasserommene før undervisningen begynner om morgenen, dvs. etter lengre natt- og helgesenking). I driftstida er det store forskjeller mellom boliger og skoler, men i gjennomsnittet over tid er verdiene for både internlaster og luftmengder sammenliknbare. Dette anses som medvirkende årsak for at maks oppvarmingsbehov på 15 kWh/m²år også kan brukes som kriterium for skoler.

Verdiene for internlaster og luftmengder i PHPP er satt på grunnlag av denne rapporten. 15-20 m³/h luftskifte per person kan leses som minstenivå for barnehager og barneskoler og muligens noe mer i videregående skol. En del prosjekter operer med noe vinduslufting ved behov.

Selv om mulighet for oppvarming med ventilasjonsluft er det funksjonelle kriterium også for passivhus-skoler, anbefales dette ikke generelt i praksis. Kostnadsfordelene er bare til stede hvis grupper av rom kan ha felles ettervarmingsregister. Med mye ulik bruk og belegg kan dette bli vanskelig. Mange av de evaluerte prosjektene har derfor oppvarming med noen få, sentralt plasserte radiatorer. Ett av resultatene er for øvrig at tunge bygningsdeler har en større fordel i skoler enn i boligbygg.

H.2 Dokumentasjonskrav som PHI krever

1. Absolutte krav:

- Oppvarmingsbehov 15 kWh/m²a eller effektbehov 10 W/m²
- Lekkasjetall maks 0,6 per time
- Primærenergibehov maks 120 kWh/m²a

Valgmulighet mellom oppvarming eller effekt er nytt (men alltid må begge beregnes). Det er ikke tydelig om det også kan velges slik i ”ikke-boligbygg” eller om det her bare er oppvarming som gjelder.

Der er ikke satt opp et tallfestet krav for primærenergi i ”ikke-boligbygg” – men behovet må dokumenteres, delt opp i oppvarming, passiv kjøling, varmtvann, belysning, ”andre” og ”regenerativt el-substituerings”.

2. Dokumentasjon

2.1 PHPP-beregninger på papir og elektronisk

Inkluderer bl.a. beregning av areal og U-verdier, vinduer, skygge, luftmengder, sommersimulering, elbehov og systemtap.

2.2 Planunderlag

Inkluderer i tillegg til plantegninger bl.a. detaljer for kuldebroer, beregning av oppvarmet areal, skisser for ventilasjonsanlegg, oppvarming og varmtvannsberedning med beskrivelse samt detaljtegninger for alle overganger.

2.3 Tekniske informasjoner

Inkluderer bl.a. vinduer og dører med kuldebroverdier og tegning på hvordan de settes inn i konstruksjonen, spesifikasjon av alle tekniske komponenter og konsept for effektiv elbruk.

2.4 Trykktestresultat

Anbefalt å gjennomføre når det lufttette laget fortsatt er tilgjengelig. Volumberegning kreves. I utgangspunktet skal testen gjennomføres uavhengig av oppdragsgiver og byggherre. Det aksepteres imidlertid at oppdragsgiver gjennomfører testen dersom en person underskriver protokollen under eget ansvar.

2.5 Innreguleringsprotokoll for ventilasjonsanlegget

2.6 Byggeleder attesterer korrekt utføring

2.7 Bilder som dokumenterer byggingen

3. Tilleggsdokumentasjon for ”ikke-boligbygg”

- Avtrekkssystemer uten varmegjenvinning må inkluderes i beregning av gjenvinningsgrad og strømbehov.
- Prosjektering og dimensjonering av kjølesystemer
- Belysningssystem
- Annet utstyr

H.3 Luftmengder i PHPP

Ventilasjonsluftmengder må alltid beregnes i PHPP. Avtrekksbehovet etter tysk standard DIN 1946 (i boliger: bad 40, dusj 20, WC 20 m³/h) er lavere enn anbefalinger i Norge.

Frisklufttilførsel tar utgangspunkt i samme standard med 30 m³/h per person. Det er kun tre kategorier med ”forhåndsanbefalte” verdier i m³/h per person:

Boliger: 30

Barnehager og skoler: 15 – 20

Idrettshaller: 60

PHI anbefaler at det minst blir 0,3 luftvekslinger per time, regnet som gjennomsnitt over døgnet, og at det heller ikke skal være for mye ventilasjon for å unngå for tørr luft i oppvarmingsperioden. Det er vanlig å regne med luftskifte på 0,3/h i boliger. Hvis det ikke settes inn noe spesifikt i i PHPP settes raten lik 0,4.

H.4 Bygningstyper og interne varmetilskudd i PHPP

Beregningsverktøyet Passivhus-prosjekteringspakke (PHPP) tar utgangspunkt i boligbygg. Her kan det velges boliger eller ”Heime”, i den engelske utgaven ”assisted living facilities”. Dette høres noe forskjellig ut på tysk og engelsk, men barnehjem og sykehjem kan vel komme innunder denne kategorien. Studentboliger og andre boformer med flere personer per areal burde også komme i nærheten. Ellers kan det velges kontor- og forvaltningsbygg og skoler. Disse har følgende forhåndsdefinerte interne varmetilskudd (sum belysning, utstyr og personer), angitt som gjennomsnitt over døgnet i Watt per m² oppvarmet areal (verdiene gjelder beregning av oppvarmingsbehov; ved beregning av effektbehov brukes 1,6 W/m²):

alle vanlige boligtyper: 2,1

”hjem”: 4,1

kontor- og forvaltningsbygg: 3,5

skoler: 2,8

Både under kategoriene boligbygg og ikke-boligbygg kan det i tillegg velges ”andre”, som ikke har forhåndsdefinerte inndata. For begge kategorier er det innlagt regneark for å kunne bestemme interne varmetilskudd for et konkret prosjekt (ved sertifisering skal disse normalt ikke brukes for bygningstyper med forhåndsdefinerte inndata). For ikke-boligbygg fins det også et regneark for å definere bruksprofiler (driftsmønster) som grunnlag for beregning av internlaster. Ved siden av egendefinerte profiler (må begrunnes) kan en her bruke forhåndsdefinerte data for 32 kategorier bygninger og rom, basert på tysk standard DIN V 18599-10. Disse dekker de fleste kategorier i NS 3031/TEK 07, men er detaljert ned til enkeltromnivå. Det er ikke undersøkt hvilke resultater slike beregninger vil gi for ulike byggkategorier.

H.5 Forslag til passivhus definisjon for skoler og barnehager i Sverige

Forfatterne av det svenske høringsforslaget tar utgangspunkt i Passivhusinstituttets funksjonelle definisjon om at termisk komfort skal kunne oppnås med varmedistribusjon via hygienisk nødvendig ventilasjonsluft. Likevel er kravspesifikasjonen utformet slik at den er tilpasset ”svenske forhold” og ”muliggjør passivhus i et mer nordisk klima”, som det heter i forslaget for skoler og barnehager. I den underliggende metoderapporten blir dette begrunnet med at det i Sverige er andre klimatiske forutsetninger enn i Tyskland samt at det etter svensk forskrift brukes andre inndata og metoder enn i PHPP. Ut fra dette var det et ønske om å tilpasse beregningsmetodikken mest mulig den som er etablert i Sverige. I høringen kom det imidlertid innspill som viste til at det kun er fem prosent av befolkningen som bor i veldig kalde områder. Det kan dessuten bemerkes at det også i den offisielle tyske energiforskriften brukes andre inndata og en annen (mindre presis) metode enn i PHPP.

Remissen for skoler og barnehager (omfatter ikke idrettshaller) baserer seg på den samtidig foreslåtte kravspesifikasjonen for boliger. Funksjonelt er definisjonen noe løsere enn for boliger ved at oppvarmingen ”i hovedsak” skal kunne skje via ventilasjonsluft, uten at dette er nærmere definert. Som i boliger, er foreslått hovedkrav at effektbehovet ikke overstiger hhv. 10 W/m² i klimasone sør og 14 W/m² i klimasone nord. For boliger gis det mulighet for ytterligere 2 W/m² for småhus under 200 m² oppvarmet areal. Et slikt tillegg foreslås ikke for mindre skole- og barnehagebygg. I remissene med underliggende rapport står det ingen begrunnelse for tallverdiene. Ut i fra tidligere svenske kravspesifikasjoner med bakgrunnsmateriale er det kjent at det regnes med mulighet for større varmeleveranse pga. større ventilasjonsmengder og kaldere friskluft. Dette er i motsetning til PHIs anbefalinger om å begrense luftmengdene. I lys av erfaringene fra tyske passivhusskoler kan det også settes spørsmålsteget ved om 10 W/m² installert effekt kan være tilstrekkelig for å varme opp klassene etter natt- og helgesenkning (10 W/m² er i PHPP utgangspunkt for boliger, men ikke spesifisert for andre bygningstyper).

Remissene har ikke krav om oppvarmingsbehov. Det er derimot foreslått ”bør-verdier” for vektet levert energi, som omfatter oppvarming, varmtvann, driftsstrøm og ”fastighetsel” (dvs. ikke lys og utstyr i boliger, klasser osv.). Disse er de samme for boliger, skoler og barnehager og tillatt 50 prosent høyere i klimasone nord.

Som komponentkrav for skoler og barnehager er det kun foreslått SFP-verdi på maks. 1,5 kW/m³s, varmegjenvinning minst 80 prosent og U-verdi for vinduer maks 0,9 W/m²K (samme for gjennomsnittlig U-verdi for vinduer og glasspartier). Passivhusvinduer er altså ikke påkrevd. Ellers skal det ikke være større luftlekkasje enn 0,30 liter/sm² ved +/- 50 Pa etter svensk metode, som relaterer lekkasje til hele klimaskjermen (omsluttende areal) i stedet for volum. Ifølge metoderapporten betyr dette at småhus kan ha betydelig høyere lekkasjetall enn 0,6 omsetninger per time, som er kravet i PHPP. Det samme vil være tilfelle for mindre barnehager.

Visjonen for **FME-senteret Zero Emission Buildings** er å bli et nasjonalt forskningssenter som vil plassere Norge i front innen forskning, innovasjon og implementering mht bygninger med svært lavt energibehov og uten netto klimabelastninger.

Partnerne i senteret er: NTNU (vertsinstitusjon), SINTEF Byggforsk, Skanska, maxit, Isola, Glava, Protan, Hydro Aluminium, YIT, ByBo, Multiconsult, Brødrene Dahl, Snøhetta, Forsvarsbygg, Statsbygg, Husbanken, Byggenæringens landsforening (inkl. Byggevarerindustriens forening), Norsk Teknologi og Statens bygningstekniske etat.

SINTEF er Skandinavias største forskningskonsern. Vår visjon er «Teknologi for et bedre samfunn». Vi skal bidra til økt verdiskapning, økt livskvalitet og en bærekraftig utvikling. SINTEF selger forskningsbasert kunnskap og tilhørende tjenester basert på dyp innsikt i teknologi, naturvitenskap, medisin og samfunnsvitenskap.

SINTEF Byggforsk er et internasjonalt ledende forskningsinstitutt og Norges viktigste formidler av forskningsbasert kunnskap til bygge- og anleggsnæringen. Vi skaper verdier for våre kunder og for samfunnet gjennom forskning og utvikling, spesialrådgivning, sertifisering og kunnskapsformidling. Våre publikasjoner omfatter Byggforskserien, Byggebransjens våtromsnorm, håndbøker, rapporter, faktabøker og beregnings- og planleggingsverktøy.

