



Ratio arkitekter as
MOE A/S
Erichsen & Horgen as
Ing Per Rasmussen as
Ark Kristine Jensens Tegnestue A/S

STATSBYGG

NOTAT 1004501
LIVSVITENSKAPSBYGGET

Forprosjekt

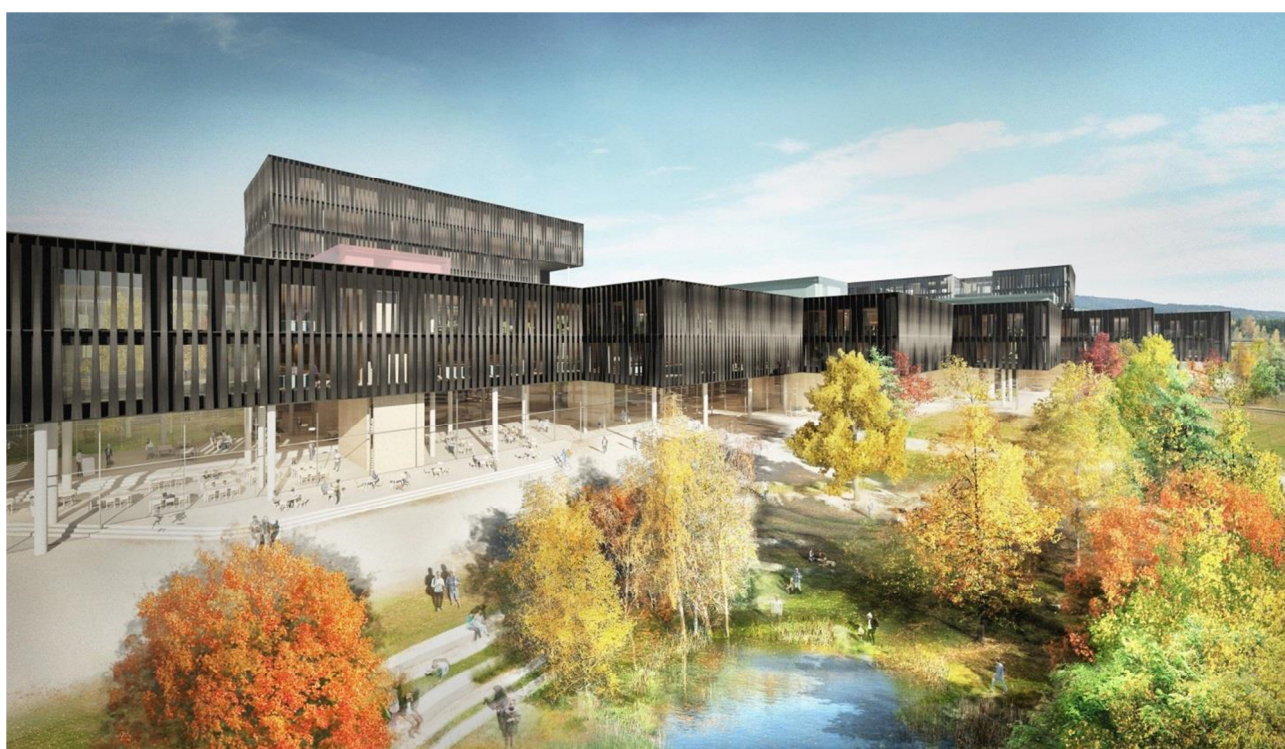
Dato: 12.02.2016

1004501 UiO Livsvitenskapsbygget
H003

NO-RIV-30-09-
ROMKLIMATISERING.DOCX

Rev./status: 02

1004501 UiO Livsvitenskapsbygget Romklimatisering



| | | | | | |
|------------|---|-----------|----------------|---------------------------|--------------|
| 02 | Forprosjekt | 15.04.16 | IRO | IHB | IHB |
| 01 | Til TFK | 11.03.16 | IRO | IHB | IHB |
| 00 | Foreløpig til SB | 12.02.16 | IRO | IHB | IHB |
| Rev. | Beskrivelse | Rev. dato | Utarbeidet av: | Kontrollert av: | Godkjent av: |
| PGL | Ratio Arkitekter as | | RIBr | Erichsen & Horgen as | |
| ARK | Ratio Arkitekter as / CUBO AS | | RIBfy | Erichsen & Horgen as | |
| IARK | Ratio Arkitekter as | | RIAKu | Brekke & Strand as | |
| RIB | MOE AS / Høyer Finseth as | | RIG | MOE AS / Grunn Teknikk as | |
| RIV | Erichsen & Horgen as | | RIEn | Erichsen & Horgen as | |
| RIE | Ing. Per Rasmussen as | | Bream AP | Erichsen & Horgen as | |
| LARK | Ark Kristine Jensens Tegnestue AS Bjørbekk & Lindheim AS | | BIM | SWECO BIM-lab | |

**INNHOLD**

| | | |
|----------|--|-----------|
| 0 | FORMÅL | 3 |
| 1 | BAKGRUNN | 3 |
| 2 | OPPSUMMERING | 3 |
| 3 | KLIMATISERINGSBEHOV ROMNIVÅ | 4 |
| 3.1 | Varme | 4 |
| 3.1.1 | Romoppvarming | 4 |
| 3.1.2 | Kaldrassikring | 4 |
| 3.1.3 | Lysgårder | 5 |
| 3.2 | Kjøling | 6 |
| 3.3 | Ventilasjon | 7 |
| 4 | ALTERNATIVE KLIMATISERINGSLØSNINGER | 7 |
| 4.1 | Varme | 7 |
| 4.1.1 | Radiatorer og konvektorer | 7 |
| 4.1.2 | Gulvvarme/termoaktive dekker | 8 |
| 4.1.3 | Ventilasjonsvarme | 8 |
| 4.2 | Kjøling | 10 |
| 4.2.1 | Vannbasert lokal kjøling | 10 |
| 4.2.2 | Ventilasjonskjøling | 11 |
| 4.2.3 | Gulvkjøling/ termoaktive dekker | 11 |
| 4.2.4 | Kjøling direkte til utstyr | 11 |
| 5 | KRAV TIL TERMISK KOMFORT | 13 |
| 5.1 | Myndighetskrav | 13 |
| 5.2 | Prosjektkrav | 14 |
| 5.2.1 | Klimatabell | 14 |
| 5.2.2 | BREEAM NOR | 14 |
| 6 | ALTERNATIVSVURDERING KLIMATISERINGSLØSNINGER | 15 |
| 6.1 | Metode | 15 |
| 6.2 | Beregningsmodeller og sentrale forutsetninger | 16 |
| 6.2.1 | Beregningsmodell | 16 |
| 6.2.2 | Beregningssoner | 17 |
| 6.2.3 | Sentrale forutsetninger og inndata | 18 |
| 7 | SIMULERINGSRESULTATER OG VURDERINGER | 19 |
| 7.1 | Dimensjonerende sommerforhold | 20 |
| 7.1.1 | Arealer betjent av laboratorieaggregater | 20 |
| 7.1.2 | Arealer betjent av kontoraggregater | 22 |
| 7.2 | Dimensjonerende vinterforhold | 23 |
| 7.2.1 | Arealer betjent av laboratorieaggregater | 26 |
| 7.2.2 | Arealer betjent av "kontoraggregater" | 26 |
| 8 | SAMMENSTILLING AV VURDERINGER OG ANBEFALINGER | 28 |
| 8.1 | Anbefalt klimatiseringsløsning romnivå | 28 |
| 8.1.1 | Kontorlandskap | 28 |
| 8.1.2 | Cellekontor | 29 |
| 8.1.3 | Møte- og grupperom | 29 |
| 8.1.4 | Undervisningsrom | 30 |
| 8.1.5 | Auditorier | 31 |
| 8.1.6 | Laboratorier | 31 |
| 8.1.7 | Støttearealer laboratorier | 32 |
| 8.1.8 | Åpne arealer i 1.etasje | 33 |
| 8.1.9 | Lysgård | 33 |
| | Vedlegg A – Prosjektets klimatabell | 35 |
| | Vedlegg B - Beregningssoner | 36 |
| | Vedlegg C – Romspekifikke inndata | 40 |



0 FORMÅL

Drøfte ulike romklimatiseringsprinsipper og anbefale løsninger som kan svare opp til byggets krav til komfort og fleksibilitet og høye miljøambisjoner.

Dette notatet har til formål også å dokumentere det termiske inneklima ved dimensjonerende tilstand sommer og vinter for Livsvitenskapsbygget for de anbefalte løsninger. Det termiske inneklima er vurdert opp mot krav i gjeldende byggeforskrift (TEK10) med veiledning samt de prosjektspesifikke kravene.

1 BAKGRUNN

Livsvitenskapsbygget vil bli et bygg med strenge krav til både funksjon og fleksibilitet. Samtidig har prosjektet høye målsetninger knyttet til energi og miljø. Det er svært viktig å sikre at måloppnåelse her oppnås uten at det går på bekostning av byggets innemiljø.

En viktig del av byggets innemiljø er det termiske inneklimaet. I et høyambisjonsprosjekt som Livsvitenskapsbygget vil vurderinger av termisk inneklima parallelt og i tett samspill med vurderinger knyttet til blant annet energi og miljø være viktig i alle faser av prosjektet.

2 OPPSUMMERING

Prosjektets høye energiambisjoner setter betydelige krav til romklimatiseringsløsningene som velges.

Sentralt i arbeidet med hvilke klimatekniske løsninger det skal legges opp til i de ulike rom er å begrense omfanget av lokal vannbasert kjøling. Dette er viktig grunnet prosjektets høye energiambisjoner og ønsker å oppnå BREEAM-Excellent. Dette skal allikevel ikke gå på bekostning av termisk komfort.

I forprosjektet er det, så langt det har vært mulig, lagt opp til at mesteparten av romkjølingen dekkes av ventilasjonsluft. Det er allikevel en rekke rom som ut ifra sine interne varmelaster gjør dette umulig. I disse vil det derfor suppleres med vannbåren lokal tilleggskjøling. Utstyr med spesielt stor varmeavgivelse vil tilstrebes kjølt direkte med isvann fremfor at varmeavgivelsen indirekte må kjøles i rommet der utstyret står.

I forbindelse med romoppvarming er det lagt opp til at varmebehovet i en stor del av bygget dekkes av tilluft med noe overtemperatur. I forprosjektet er det primært i laboratedelen av bygget at dette forutsettes på nåværende tidspunkt. I øvrige deler av bygget legges det opp til en mer tradisjonell løsning med radiatorer/konvektorer, men det er gjort studier på muligheten for at også disse deler kan basere seg på ventilasjonsvarme. Dette er noe som må studeres mer inngående i detaljprosjektet hvis dette vurderes realisert.

Det vil være svært viktig at arbeidet som i forprosjektet er påbegynt knyttet til kartlegging av type utstyr som skal inn i bygget og hvordan dette skal benyttes fortsetter inn i den videre detaljering. Selv om det i forprosjektet har vært mulig, i mye større grad enn tidligere, å basere vurderingene på noe mer nøyaktige tall er det fortsatt en del som gjenstår. Spesielt i laboratedelen av bygget er det fremdeles mange rom det er knyttet stor usikkerhet til og som det dermed er vanskelig å anbefale noen konkret klimatiseringsløsning for.

Mot slutten av forprosjektet er det også av brukermøter fremkommet en rekke scenarioer for hvordan de store åpne arealene i byggets første etasje samt auditorier ønskes benyttet. Noen av disse representerer svært høy brukertetthet og betydelige mengder AV-utstyr. Det vil i den



videre detaljering være viktig at PG får avklart hvilke scenarier som det faktisk skal dimensjoneres for. Dette da enkelte av disse vil kunne få betydelige konsekvenser for flere fag.

3 KLIMATISERINGSBEHOV ROMNIVÅ

3.1 Varme

Oppvarmingssystemets primære oppgave er å dekke byggets varmebehov p.g.a. transmisjons, infiltrasjons- og ventilasjonstap. I tillegg har varmeanlegget på romnivå typisk hatt en funksjon som aktiv kaldrassikring. I nye bygg, og spesielt bygg som Livsvitenskapsbygget, er bygningsmessige og tekniske kvaliteter på et så høyt nivå at varmebehovet er svært lavt og faren for kaldras kraftig redusert. Dette åpner for at andre løsninger enn de mest tradisjonelle løsninger kan vurderes.

3.1.1 Romoppvarming

Det er utført beregninger av dimensjonerende varmebehov på romnivå for et utvalg rom som kan regnes som representative for de ulike romtyper og plasseringer av disse som forekommer i bygget. Det er i beregningene lagt til grunn en dimensjonerende utetemperatur på -20° og en ønsket innetemperatur på 20°C . Gjennomsnittlig varmebehov for arealer som ligger ut mot fasade er på rundt 20 W/m^2 når man ser bort ifra internt varmetilskudd. Interne rom med kun tak mot det fri eller gulv mot grunn ligger betydelig lavere.

For mange av byggets arealer vil samlet internt varmetilskudd fra personer, belysning og utstyr ligge på minst 10 W/m^2 . Innenfor normal brukstid på bygget vil derfor nettobehovet for oppvarming flere steder være svært beskjedent.

Videre er dette et bygg der de fleste rom vil dimensjoneres for ventilasjonsluftmengder på godt over $10\text{ m}^3/\text{hm}^2$. Med eksempelvis $15\text{ m}^3/\text{hm}^2$ og kun 1°C overtemperatur på luften vil varmebehovet kunne reduseres med 5 W/m^2 . Med andre ord så er det flere av byggets arealer som vil kunne klare seg med oppvarming kun via tilluft.

Både internvarmen og tilgjengelige ventilasjonsluftmengder vil naturligvis variere fra rom til rom og over døgnet. Bygget må derfor ha et romoppvarmingssystem for å dekke opp for lokale variasjoner og individuelle behov.

3.1.2 Kaldrassikring

Livsvitenskapssenteret planlegges med vinduer og glassfelt med svært lav U-verdi. Det vil derfor være lite behov for kaldrassikring for vinduer med høyde under 2,5 m. For vinduer med større høyder anbefaler vi at det benyttes horisontalt monterte «spoilere». Bredde på disse er gjerne 20 til 30 cm. En spoiler er en passiv løsning som bryter av luftstrømmen. De plasseres med avstand på under 2,5 - 3 m.

I foajeen i Operaen er det med godt hell benyttet en slik løsning, se Figur 3-1. Rommet er oppvarmet med gulvvarme og har ingen annen kaldrassikring enn spoilere i den øvre delen av glassfasaden. Vinduene har U-verdi $1,4\text{ W/m}^2\text{K}$. Spoilerne er plassert ca. hver 3. meter og har en dybde på ca. 25 cm. Det er ikke rapportert noen klager på trekk.

En ytterligere fordel med løsningen er at den gir et redusert varmetap fordi det ikke er noen varm luftstrøm som stryker langs fasaden. Dette vises ved at snøen legger seg på den vertikale glassfasaden som heller svakt innover.



Figur 3-1: Glassfasade i foajeen i Operaen i Oslo

3.1.3 Lysgårder

Livsvitenskapsbygget har flere lysgårder, både åpne og lukkede. De lukkede lysgårder skal være fullklimatiserte og har en svært viktig dagslysfunksjon for de tilgrensede arealer for varig opphold. I forbindelse med klimatisering av disse er det viktig at man finner en god balanse mellom aktive og passive løsninger som sikrer godt med dagslys under forutsetning av god energiytelse og et tilfredsstillende termisk inneklima.

Sentrale faktorer i forbindelse med klimatisering av lysgårdene er håndtering av snølast og løsning for solavskjerming.

I forprosjektet er både en mer tradisjonell løsning med glasstak og en noe mer uvanlig løsning med EFTE-folie (trykksatte "plastputer") blitt vurdert. Selv om materialer og oppbygning varierer mye, har begge løsningene de nødvendige egenskaper for å sikre tilfredsstillende dagslysforhold.

Da lysgårdene er avgjørende for å sikre tilfredsstillende daglysforhold, er det viktig at det ikke blir liggende snø på toppen over lengre perioder. Tradisjonelt har dette vært løst ved at en velger et glass med høy effektiv U-verdi slik at snøen smelter. Med effektiv U-verdi menes her at man har tatt hensyn til helningen på glasset da dette også påvirker U-verdien. Det gir imidlertid både høyt varmetap og fører til et behov for et varmesystem rundt glasstaket for å hindre trekk. Dette fører igjen til både flere installasjoner og høyere energiforbruk.



Alternativt velges en løsning med bedre isolerende egenskaper, typisk 3-lags isolerglass eller 5-lags EFTE-folie, og man implementerer mer aktive tiltak for snøsmelting. For en glassløsning vil en varmemembran som styres slik et optimalt energieffektivt snøsmelteanlegg styres være en aktuell løsning. For en løsning med EFTE-folie kan følgende løsninger være aktuelle:

- Etablere et mindre varmesystem rett i under EFTE-foliesystemet for aktiv indirekte fjerning av snøen. For å øke effektiviteten kan dette vurderes i kombinasjon med at en underliggende horisontalspent solavskjermingsduk, plassert under varmesystemet, aktiveres.
- Legge elektriske varmekabler på utsiden av metallprofilene i overgangene mellom putene

Ved endt forprosjekt er det 5-lags EFTE-folie som legges til grunn for den videre prosjektering.

3.2 Kjøling

Prosjektet har høye energiambisjoner og ønsker å oppnå BREEAM-Excellent. Å redusere omfanget av lokal kjøling er derfor viktig. Samtidig må de løsninger som velges sikre termisk komfort for brukerne samt besørge robusthet og fleksibilitet. Prosjektets krav til termisk inn klima er strengere enn gjeldende forskriftskrav og arbeidstilsynets anbefalinger noe som gjør denne balansegangen noe mer utfordrende.

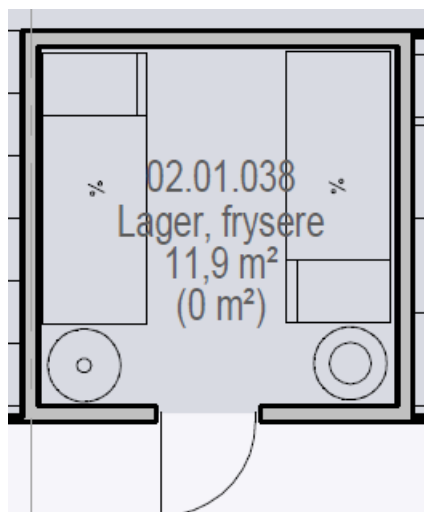
Bygget planlegges med god utvendig solavskjerming på de mest solbelastede fasader for å redusere det eksterne varmetilskuddet til et minimum. Videre så legges det også opp til energieffektiv og behovsstyrt belysning samt at det pågår en prosess knyttet til å stille miljøkrav på brukerutstyr.

Det legges opp til behovsstyrt ventilasjon i alle rom. I de fleste rom der intern belastning avhenger av brukers tilstedeværelse, prosjekteres det med ventilasjonsluftmengder av en slik størrelse at kjølebehov på romnivå vil kunne dekkes av kjølingen som ventilasjonsluften besørger alene. Ved en tilluftsmengde på 20 m³/hm² i et kontorlandskap med solbelastet fasade vil en undertemperatur på 6-7 °C i forhold til krav om maks operativ temperatur på 25 °C, gi et kjølebidrag på rundt 40 W/m². Bygget planlegges derfor med minst mulig lokal vannbasert kjøling, men det legges opp til en infrastruktur som kan takle lokal påkobling der behov måtte oppstå.

I laboratoriedelene av bygget vil luftmengdene være svært høye i rom med mye avtrekksskap. Når avtrekksskapene er i bruk vil de store luftmengdene fort kunne resultere i at romtemperaturen blir tilnærmet lik temperaturen på tilluften. Dette setter da naturlig begrensinger på hvor mange graders undertemperatur det kan legges opp til sentralt. Det vil derfor i enkelte rom som betjenes av laboratorieaggregater, men som ikke har så store luftmengder, være behov for noe lokal etterkjøling.

I tillegg er det en rekke rom i bygget der bruker ikke vil oppholde seg i betydelig grad men som inneholder utstyr med svært stor varmeavgivelse. Disse rommene kan ha svært høye kjølebehov som det kan by på utfordringer å løse teknisk med de mest tradisjonelle klimatiseringsløsninger. Det vil kunne være en fordel å samle disse rom og dermed redusere omfanget av rom med behov for vannbasert kjøling. I disse rom kan man da enklere også legge til rette for spesielløsninger som kan håndtere svært store varmelaster.

Figur 3-2 viser et eksempel på et rom for frysebokser i Livsvitenskapsbygget, rom nr. 02.01.038, samt et bilde av et tilsvarende rom hos UiO i dag. Rommet befinner seg i 4. etasje, er på 11,9 m² og inneholder 3 stk. -80 °C frysebokser og en 150 °C. Dette er et rom som vil være representativt for flere rom som vil finnes i Livsvitenskapsbygget. Varmeavgivelse fra disse er vurdert til samlet å kunne ligge på 5 kW når man har tatt hensyn til samtidighet knyttet til drift av kompressorer.



Figur 3-2: Utsnitt plantegning VVS ultrafryserom UiO.

Dette vil tilsvare et kjølebehov på ca. 420 W/m^2 og byr på utfordringer i forhold til å få plass til de tekniske løsningene for kjøling. Brukerutstyret bør derfor i størst mulig grad ha direkte kjøling fremfor å avgj varmen til rom for så å kjøle rommet.

3.3 Ventilasjon

Prosjektet har en klimatabell som angir minimumsluftmengder i ulike type rom. Da det legges opp til å benytte ventilasjonsluften til å dekke store deler av byggets varme- og kjølebehov vil prosjekterte luftmengder stort sett være en del høyere enn minimumskrav i klimatabell.

Kombinasjonene av en løsning som baserer seg på sentralt innstilte tilluftstemperaturer for å dekke mye av varme- og kjølebehovet, ulike behov og til dels svært høye nominelle luftmengder tilgjengelig på det enkelte rom gjør det viktig med en god behovsstyring av luftmengdene. Det legges opp til behovsstyrt ventilasjon i hele bygget.

4 ALTERNATIVE KLIMATISERINGSLØSNINGER

4.1 Varme

4.1.1 Radiatorer og konvektorer

Funksjon og regulering

En løsning som benyttes til romoppvarming og kaldrassikring. Plasseres gjerne ved fasade og under vindu. Reguleres etter romtemperatur i sekvens med evt. kjøling og behovsstyring av ventilasjonen.

Temperaturnivå

Turtemperatur har tradisjonelt vært opp mot $70 \text{ }^\circ\text{C}$. Lavtempererte systemer, som er mer vanlige i dag, har temperaturer som er betydelig lavere. Lavere turtemperatur medfører økte arealer på varmeavgivende element, større vannmengder og følgelig også større rør og pumpekapasitet.

Tur-/returtemperaturen på det vannbårne varmeanlegget til radiatorer/konvektorer er i forprosjektet på $35/25 \text{ }^\circ\text{C}$



Energieffektivitet

Systemet medfører noe reguleringstregghet. Det medfører også en del varmetap til omgivelser i åpne føringsveier.

Lav temperatur på varmesystemet muliggjør høy COP på varmepumpe.

Kapasitet

Har stor kapasitet og kan dekke romoppvarmingsbehovet med overkapasitet.

Fleksibilitet

Fleksibel løsning i forhold til andre funksjoner ved at føringer er lagt til fasade og slik sett ikke forstyrrer andre føringer. Hver enkelt reguleringsventil på radiatorene kan programmeres til å tilhøre ønsket sone. Dette kan enkelt omprogrammeres og er derfor en fleksibel løsning.

4.1.2 Gulvvarme/termoaktive dekker

Vurderinger rundt termoaktive dekker ble gjort i skisseprosjektet og det henvises til Notat NO-RIV-30-11-Romklimatisering fra denne fasen for mer informasjon om denne løsning. Det ble tidlig i forprosjekt besluttet å ikke jobbe videre med denne løsning. Dette da den vil legge begrensninger i forhold til krav om fleksibilitet. En ny layout for rom kan gi problemer med temperaturstyring i soner. Videre vil et vannbårent gulvvarmesystem vanskeliggjøre eventuelle nye hulltakinger for vann/avløp og annet.

4.1.3 Ventilasjonsvarme

I et tett og godt isolert bygg som livsvitenskapsbygget vil det lave varmebehovet gjøre det svært aktuelt å se på muligheter for at store deler av romoppvarmingen kan besørges av overtemperert tilluft.

Kombinasjonen av lavt oppvarmingsbehov, termisk masse og interne laster vil kunne gjøre det mulig å dekke oppvarmingsbehovet i mange rom med en tilluftstemperatur i størrelsesorden 1-3 °C over ønsket romtemperatur.

Funksjon og regulering

Skal man basere seg på at ventilasjonsvarmen skal dekke hele eller deler av romoppvarmingsbehovet er det naturligvis nødvendig at den går når behovet inntreffer.

I laboratoriedelen av Livsvitenskapsbygget vil aggregatene uansett ha døgnkontinuerlig drift p.g.a. alle avtrekksskapene. Her vil det også, på grunn av de store luftmengdene som er nødvendig til laboratorievirkomheten, kjøres med overtemperatur på tilluften hele året for å unngå for lave temperaturer med tanke på termisk komfort. Både tilgjengelige luftmengder, driftstid og tilluftstemperatur ligger derfor til rette for bruk til romoppvarming.

I den delen av bygget der det er mer typiske kontorfunksjoner vil det i utgangspunktet ikke være nødvendig med døgnkontinuerlig drift. Hvis ventilasjonen også her skal dekke store deler av behovet for romoppvarming, må driftstiden på ventilasjonen i utgangspunktet økes. Aktuelle løsninger kan her være:

- Omluft utenom arbeidstid der luftmengdene behovsstyres etter et temperatursettpunkt med lokale ettervarmebatterier etter sjakt der behov
- Omluft utenom arbeidstid der luftmengdene behovsstyres etter et temperatursettpunkt der settpunkt for romtemperatur justeres opp utenom arbeidstiden. På denne måten starter man arbeidsdagen med noe overtemperatur og utnytter den termiske massen slik at varmebehovet når de interne brukeravhengige lastene slår inn blir minimalt.



Det må presiseres at omluft ikke er et aktuelt alternativ for aggregater som betjener laboratoriefunksjoner.

For de soner der tilluften kun forvarmes sentralt, enten ved aggregat eller ved sonebatterier, vil det kunne være hensiktsmessig at tilluftstemperaturen reguleres ut fra en fastsatt kurve basert på registrert gjennomsnittlig romtemperatur i de aktuelle rom.

På romnivå vil temperaturregulering videre skje ved behovsstyring av luftmengdene ut i fra et temperatursettpunkt. Her vil det kunne være mulig for en viss grad av individuell temperaturregulering fra bruker i forhold til et sentralt satt settpunkt for oppvarming.

Et romoppvarmingssystem basert på ventilasjonsvarme vil ikke besørge kaldrassikring. I de rom der høyden på glassene i forhold til U-verdi kan resultere i kaldras, må dette håndteres separat, enten gjennom passive eller aktive løsninger.

Utfordringen ved å basere seg på ventilasjonsvarme til romoppvarming, er at det i et bygg som livsvitenskapsbygget er mange forskjellige romtyper med ulike behov og plassering. Ved å basere seg på sentral regulering av tilført temperatur, vil det fort kunne være noen arealer der dette ikke vil være optimalt. Eksempelvis kan man få uønskede høye romtemperaturer eller at varmebehovet ikke dekkes fullt ut på de kaldeste dagene. Behov for lokale ekstratiltak som etterkjøling eller spisslastdekning må da vurderes

Temperaturnivå

Luften må ha en temperatur som er høyere enn romluften for å varme. Dersom den er betydelig høyere vil imidlertid ventilasjonseffektiviteten kunne bli sterkt forringet. Vi opererer derfor gjerne med kun 1-3 °C overtemperatur på lufta i arbeidstiden. Når bruker ikke er tilstede og ventilasjonseffektiviteten er mindre viktig, er det naturligvis mulig å kjøre en enda høyere overtemperatur.

Tur-/returtemperatur på det vannbårne varmeanlegget til ventilasjonssystemet er i forprosjektet forutsatt til å være på 35/25 °C

Energieffektivitet

Løsningen kan være energieffektivt dersom det uansett er behov for døgkontinuerlig drift av ventilasjonen og tilgjengelige luftmengder er høye grunnet rommenes funksjon. Brukes ventilasjon til oppvarming også i de rom som ikke må ha døgkontinuerlig ventilasjon, avhenger energieffektiviteten noe mer av valgte løsninger knyttet til bruken av omluft samt regulering av tilluftstemperatur og luftmengder.

Lav temperatur på varmesystemet muliggjør høy COP på varmepumpe.

Kapasitet

Systemets kapasitet begrenses av tilgjengelig luftmengde og tilluftstemperatur. I store deler av bygget, og da spesielt de deler av bygget med laboratoriesaler med avtrekksskap, vil tilgjengelige luftmengde være mer enn nok til å dekke varmebehovet. Det vil i denne type rom være viktig å ha et separat avtrekksystem i rommet, uavhengig av bruken av avtrekksskap. Dette slik at kapasitetene kan utnyttes ved VAV-styring etter temperatur også når eksempelvis alle avtrekksskap står på laveste åpningshøyde utenfor arbeidstid

Av hensyn til energiytelsen til bygget bør byggets termiske masse og variasjonene i internt varmetilskudd utnyttes best mulig slik at luftmengdene til enhver tid kan holdes så lave som mulig.



Tabell 4-1 viser varmebidraget fra ventilasjonsluften ved ulike luftmengder som det typisk dimensjoneres med i bygget. Laboratoriesaler/-rom med avtrekksskap vil kunne ha luftmengder veldig langt over de som det her tas utgangspunkt i

| Luftmengde | Temperaturforskjell romluft og tilluft | | |
|---------------------------------|--|------|------|
| | 1 °C | 2 °C | 3 °C |
| m ³ /hm ² | | | |
| 15 | 5 | 10 | 15 |
| 20 | 7 | 13 | 20 |
| 25 | 8 | 17 | 25 |

Tabell 4-1 Varmekapasitet ved ulike luftmengder og overtemperaturer i W/m²

Fleksibilitet

Systemet er begrenset i forhold til fleksibilitet fordi det er svært lite energioekonomisk dersom en ikke har behov for døgkontinuerlig drift på ventilasjonen.

4.2 Kjøling

Hovedprinsippet for kjøling i bygget er ventilasjon, supplert med evt. andre kjøleinstallasjoner ved behov. Prinsippene er beskrevet i det følgende.

4.2.1 Vannbasert lokal kjøling

Funksjon og regulering

Det finnes både aktive og passive kjøleenheter.

I de passive reguleres temperaturen i rommet ved at vannmengden gjennom regulatoren reguleres. Eksempler kan være egenkonveksjonsbafler og kjøletak.

I de aktive reguleres både væskemengde og luftmengde. Eksempler kan være kombibafler og fan-coils.

Temperaturnivå

Som hovedløsning for den vannbaserte romkjølingen for å sikre termisk komfort i rom for varig opphold forutsettes det i forprosjektet en tur-/returtemperatur på 15/18 °C.

I tillegg vil det være kurser som betjener små rom med spesielt høye varmelaster og rom med behov for backup. Her forutsettes det tur-/returtemperatur på 7/12 °C.

Det vil også være kurser til VVS-teknisk utstyr samt rom og utstyr som ikke har behov for backup og som ikke krever en lavtemperatur-løsning. Her forutsettes det tur-/returtemperatur på 12/19 °C.

Energieffektivitet

Heving av temperaturnivået på isvannet øker energieffektiviteten til energiforsyningen betydelig.

Kapasitet

Aktive kjøleenheter har potensiale til størst kjøleeffekt. En fan-coil kan eksempelvis ha kapasiteter på opptil flere kW. De brukes derfor ofte i rom med større kjølebehov som f.eks. rom for ultrafrysere. Passive og aktive bafler ligger oftest på noen få hundre W.

Fleksibilitet

Systemer basert på bafler og fan-coils er fleksible og kan lett bygges ut så lenge en har tilstrekkelig kapasitet på røranlegget. Ofte legges det frem rør til strategiske punkter i bygget som en så kan koble seg til ved behov.



4.2.2 Ventilasjonkjøling

Funksjon og regulering

Behovsstyring av ventilasjonen etter behov. Regulerer ned og opp luftmengde.

Tilluftstemperatur varierer noe over året, men kan ikke settes for lav da det vil gi problemer med at det blir for kaldt i soner med svært lite varmetilskudd.

Temperaturnivå

Tilluftstemperatur bør ikke settes lavere enn 17 °C. Tåler høy temperatur på isvann noe som muliggjør høy COP på kjølemaskin.

Energieffektivitet

Er energieffektivt der en allikevel skal ventilere. Muliggjør frikjøling i lange perioder.

Kapasitet

Systemet har begrenset kapasitet knyttet til luftmengde i system og tilluftstemperatur.

| Luftmengde | Temperaturforskjell romluft og tilluft | | | | | |
|--------------------|--|------|------|------|------|------|
| | 1 °C | 2 °C | 3 °C | 4 °C | 5 °C | 6 °C |
| m ³ /hm | | | | | | |
| 15 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| 20 | 7 | 13 | 20 | 26 | 33 | 40 |
| 25 | 8 | 17 | 25 | 33 | 41 | 50 |

Tabell 4-2 Kjølekapasitet på luft avhengig av mengde og undertemperatur ift romluft. i W/m²

Fleksibilitet

Systemet er egnet der kjølebehovet samsvarer med bruken. Dersom en får døgntkontinuerlig kjølebehov blir systemet ineffektivt.

4.2.3 Gulvkjøling/ termoaktive dekker

Vurderinger rundt termoaktive dekker ble gjort i skisseprosjektet og det henvises til Notat NO-RIV-30-11-Romklimatisering fra denne fasen for mer informasjon om denne løsning. Det ble tidlig i forprosjekt besluttet å ikke jobbe videre med denne løsning. Dette da den vil legge begrensninger i forhold til krav om fleksibilitet. En ny layout for rom kan gi problemer med temperaturstyring i soner. Videre vil et vannbærent gulvkjølesystem vanskeliggjøre eventuelle nye hulltakinger for vann/avløp og annet.

4.2.4 Kjøling direkte til utstyr

Funksjon og regulering

Direkte tilkobling av kjølingen til utstyret vil fjerne varmen der den oppstår. Reguleringen er integrert i utstyret.

Temperaturnivå

Kan medføre spesielle krav til temperaturnivå på isvannet avhengig av utstyret som ønskes direktekjølt.

Energieffektivitet

Er energieffektivt ved at kjølingen rettes direkte mot behovet. I tilfeller der varmeoverskuddet fra utstyret i perioder utnyttes til varme er det mindre gunstig.



Kapasitet

Tilpasses utstyret og er kun avhengig av tilgjengelig kapasitet på rørnett.

Fleksibilitet

Er svært fleksibelt fordi en da i større grad kan plassere utstyr også i oppholdsrom.



5 KRAV TIL TERMISK KOMFORT

5.1 Myndighetskrav

Prosjektet må tilfredsstillende de gjeldende krav til termisk komfort som fremgår av TEK10 med veiledning samt arbeidstilsynets "Veiledning til klima og luftkvalitet på arbeidsplassen", best. nr. 444.

I TEK 10 § 13-4 står følgende:

- Termisk inneklime i rom for varig opphold skal tilrettelegges ut fra hensyn til helse og tilfredsstillende komfort ved forutsatt bruk.
- I rom for varig opphold skal minst ett vindu eller en dør mot det fri kunne åpnes. I rom i arbeids- og publikumsbygg der åpningsbare vinduer er uønsket ut fra bruken, kan det benyttes vinduer med fast karm.

I veiledningen til TEK 10 gis det anbefalinger til operativ temperatur som vist i Tabell 5-1.

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

Tabell 5-1: Anbefalte verdier for operativ temperatur

Dette korresponderer med de anbefalinger gitt i arbeidstilsynets "Veiledning om Klima og luftkvalitet på arbeidsplassen" best. nr. 444. For VEV er det anbefaling knyttet til lett arbeid som er relevant.

Videre angir både TEK 10 og 444 lufttemperaturforskjeller over 3-4 °C mellom føtter og hode som uakseptabelt, likeså daglig eller periodisk temperaturvariasjon utover ca. 4 °C

Med unntak av feil på de tekniske anlegg eller andre driftsforstyrrelser skal de laveste grensene alltid kunne overholdes.

Det åpnes for en viss overskridelse av de høyeste grensene angitt i Tabell 5-1. Her er det noe forskjell mellom TEK 10 og arbeidstilsynets 444. I TEK 10 § 13-4 står følgende:

Overskridelse av høyeste grense kan aksepteres i varme sommerperioder med utelufttemperatur over den som overskrides med 50 timer i et normalår.

For Oslo er denne temperaturen 26,7 °C. Dette er også den temperatur som er maksimumstemperatur ved inneklimasimuleringer på dimensjonerende sommerforhold i Oslo. Dette betyr at for dimensjonerende sommerdøgn i Oslo så skal ikke anbefalingene i Tabell 5-1 overskrides.

Dette er et strengere krav enn de overskridelser av anbefalt temperatur som arbeidstilsynets veiledning åpner for. I arbeidstilsynets 444 åpnes det for at overskridelser av den høyeste grensen kan aksepteres i varme sommerperioder ved utelufttemperatur over 22 °C. Det settes en begrensning om at overskridelsen ikke bør utgjøre mer enn 50 timer pr. år i lokalenes brukstid.



5.2 Prosjektkrav

I de etterfølgende kapitler presenteres de prosjektspesifikke krav til termisk komfort.

5.2.1 Klimatabell

Et av vedleggene til prosjektets byggeprogram er en klimatabell. I denne tabellen stilles det krav for de aktuelle romtyper knyttet til:

- Operativ temperatur
- Lufthastigheter
- Minimum friskluftmengder
- Støytall

Tabell 5-2 viser krav til operativ temperatur for de romtypene som er valgt studert inngående i denne fasen. Klimatabellen i sin helhet er å finne i vedlegg A.

| Romtype | Operativ temperatur [°C] | | | |
|---------------------------|--------------------------|------|-----------|----------|
| | Sommer | | Vinter | |
| | Min | maks | Min(Natt) | Min(Dag) |
| Kontor/cellekontor | 21 | 25 | 15 | 20 |
| Kontorlandskap | 21 | 25 | 15 | 20 |
| Møterom | 21 | 25 | 15 | 20 |
| Auditorium | 21 | 25 | 15 | 20 |
| Undervisningsrom | 21 | 25 | 15 | 20 |
| Grupperom | 21 | 25 | 15 | 20 |
| Lesesaler | 21 | 26 | 15 | 20 |
| Undervisningslaboratorium | 21 | 25 | 15 | 20 |
| Laboratorium | 21 | 25 | 15 | 20 |
| Fellesareal | 21 | 26 | 15 | 20 |
| Lager og birom | 21 | 26 | 15 | 20 |

Tabell 5-2: Krav i klimatabell som behandles i dette notat

For de fleste rom er maksimal operativ temperatur om sommeren 25 °C, et krav som er strengere enn både anbefalingene gitt i TEK10 og arbeidstilsynets 444.

Under klimatabellen, se vedlegg A, står det at krav til maksimaltemperatur kan overskrides i opp til 50 timer i et normalår. Dette er i samsvar med tillatt overskridelse i arbeidstilsynets 444.

Da det er de prosjektspesifikke krav til temperaturer som er de strengeste, er det disse som resultatene på temperatur vil vurderes opp mot i dette notat.

5.2.2 BREEAM NOR

Hea 10- Termisk komfort

Prosjektet har målsetning om å oppnå 2 poeng under emnet Hea 10-Termisk komfort i BREEAM NOR v.1.1.

Formålet med dette emnet er å sikre, ved hjelp av designverktøy, at man oppnår hensiktsmessige termiske komfortnivåer for arealer i aktiv bruk. Med aktiv bruk menes her et rom eller område innenfor det vurderte bygget som sannsynligvis vil være i bruk i 30 minutter eller mer av en av byggets brukere.



For å oppnå 2 poeng under dette emnet må følgende kriterier være tilfredsstillt:

- Det skal være gjennomført en termisk modellering med sikte på best mulig termisk komfort
- Modelleringen skal være brukt til å støtte følgende designavgjørelser:
 - Grunnleggende bygningsform og plassering
 - Intern planløsning
 - Utnytte effekten av trær og bygg som skygger for solvarmen, og skjermingseffekter på overføringstap
 - Balansere maksimering av dagslys for å oppnå redusert energibruk til belysning mot økt kjølebelastning og termiske komfortnivåer
 - Undersøke risiko for overoppheting

I tillegg skal termiske komfortnivåer i områder som er i bruk tilfredsstillende lokale kriterier for termisk komfort, med spesiell fokus på temperaturområdene inne sommer og vinter.

Dokumentasjon på oppnåelse av 2 poeng under Hea10 ble dokumentert og godkjent i skisseprosjektet.

Hea 11- Termisk soning

Prosjektet har målsetning om å oppnå 1 poeng under emnet Hea 11-Termisk soning i BREEAM NOR v.1.1.

Formålet med dette emnet er å fremme brukerkontroller som lar brukerne justere varme-/kjølesystemene i bygget selv.

For å oppnå 1 poeng under dette emnet må følgende kriterier være tilfredsstillt:

- Varme-/kjølesystemet er utformet for å gi brukerkontroll over sonede områder innenfor alle områder som er i bruk i bygget.
- Soningen gir individuell brukerkontroll (innenfor området som er i bruk) i hvert perimeterområde (dvs. innenfor 7 m fra hver yttervegg) og den sentrale sonen (dvs. mer enn 7 m fra ytterveggene).

Dokumentasjon på oppnåelse av 1 poeng under Hea11 vil bli sendt inn for godkjenning ved endt forprosjekt.

6 ALTERNATIVSVURDERING KLIMATISERINGSLØSNINGER

6.1 Metode

En sentral del av underlaget for alternativsvurderingene som dette notat omhandler, er basert på resultater fra dynamiske simuleringer. De dynamiske simuleringene er utført med det dynamiske simuleringeverktøyet IDA ICE (IDA Indoor Climate and Energy), et program utviklet av Equa Simulation AB.

Dette er et multisoneverktøy for full dynamisk beregning av inneklimate og energiforbruk i bygninger. Programmet er validert iht. følgende:

- ASHRAE 140, 2004
- CEN Standard EN 15255 and 15265, 2007
- CEN Standard EN 13791
- International Energy Agency SHC Task 34
- Technical Memorandum 33 (TM 33)
- LEED and BREEAM
- DGNB



Det er versjon 4.7 av verktøyet som er benyttet.

6.2 Beregningsmodeller og sentrale forutsetninger

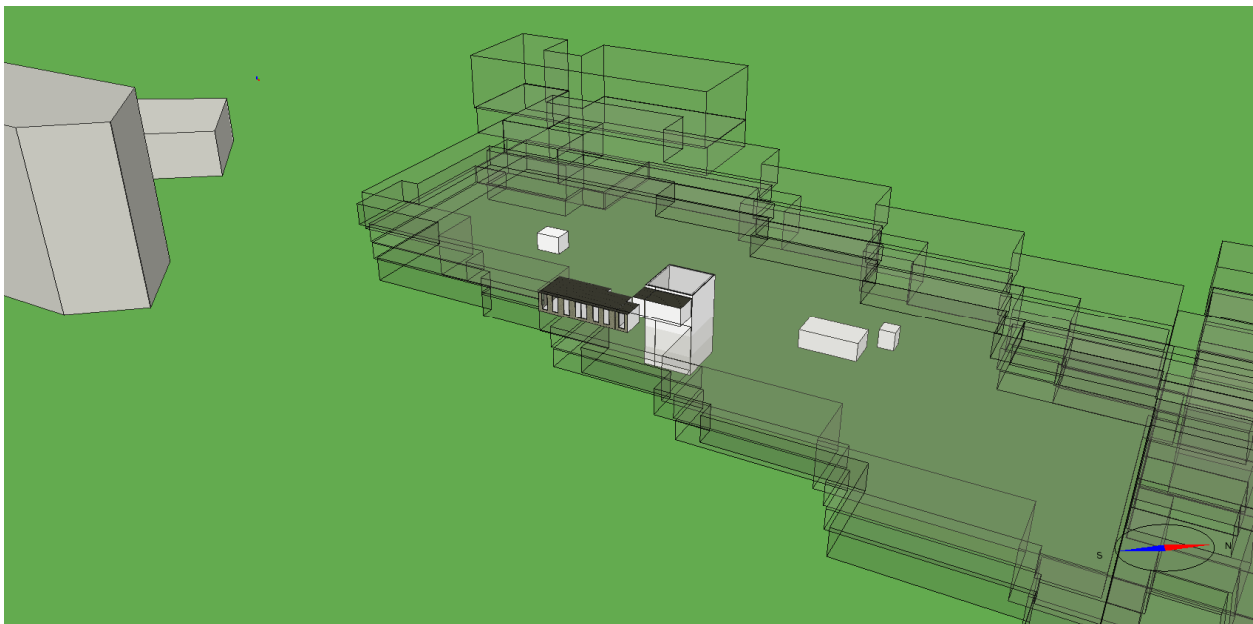
I de etterfølgende kapitler vil de anvendte beregningsmodeller og de mest sentrale forutsetninger presenteres.

6.2.1 Beregningsmodell

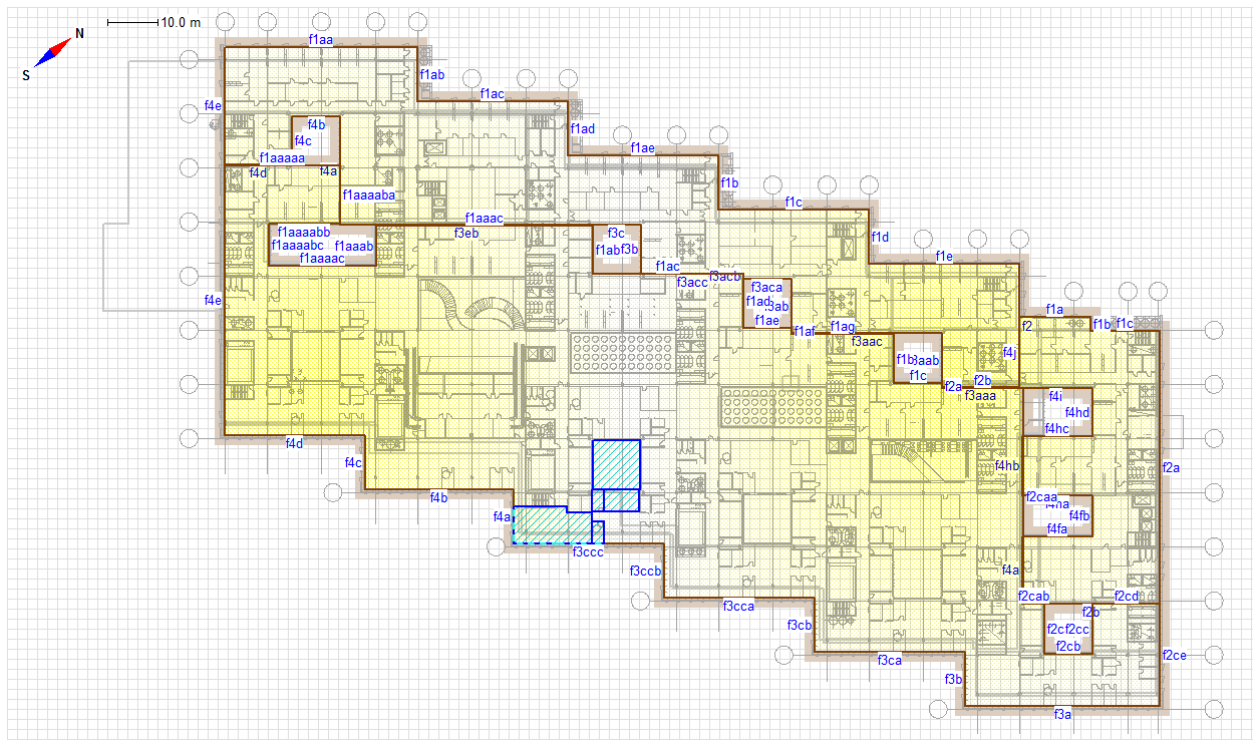
Beregningsmodellen er bygd opp ved at plantegninger fra ARK i dwg-format er importert i beregningsverktøyet. Bygningskropp og soner er så tegnet opp rundt det importerte underlaget og høyder er definert basert på ARK sine snitt-tegninger. Utforming og størrelser på vinduer er basert på 3D-modellen av bygget i Solibri Model Viewer.

Arkitektunderlaget har endret seg hyppig i hele forprosjektet og endres fortsatt i skrivende stund. Underlaget som dette notatet er basert på er hentet fra prosjektserver i uke 9.

Figur 6-1 og Figur 6-2 viser skjermbilder av en av beregningsmodellene slik den ser ut i IDA ICE, både i 3D og i plan.



Figur 6-1: 3D-visualisering av en av de anvendte beregningsmodeller i IDA ICE



Figur 6-2: Visualisering i plan av 4. etasje i en av de anvendte beregningsmodeller i IDA ICE med ARK-underlaget aktivert.

Da det kun er deler av bygget som er studert er bygningskroppen noe forenklet og en del mindre detaljer som er tidkrevende å modellere riktig, og som i liten grad påvirker resultatene, er ikke medtatt. Byggets vinduer har svært varierende utforming og det er i beregningene gjort forenklinger knyttet til vinduenes utseende. Dette påvirker ikke resultatene da det er sørget for at total størrelse og forholdet mellom glass og karm er korrekt. Det er forutsatt en god utvendig solavskjerming på alle solbelastede fasader. I beregningsmodellen har solavskjermingen blitt lagt inn kun med bestemte egenskaper som er noe uavhengige av hvordan den faktiske løsningen blir seende ut.

6.2.2 Beregningssoner

Det er i forprosjektet valgt å kun studere et begrenset antall rom i forbindelse med vurdering av ulike klimatiseringsløsninger.

Ved valg av de rom som er simulert er det vektlagt å velge et stort nok antall til at variasjoner i størrelse samt ulikt internt og eksternt varmetilskudd fanges opp på en slik måte at utvalget kan regnes som representativt for flere av de øvrige rom av samme brukstype. Ved å sikre at klimatiseringsløsningene klarer å tilfredsstille krav til komfort for dette utvalg sikres robusthet og fleksibilitet for det videre arbeid.

Det har i løpet av forprosjektet vært relativt hyppige endringer på planløsning og det er ved endt forprosjekt fortsatt knyttet en del usikkerhet til plassering av og størrelse på interne varmelaster i flere rom. Det vil derfor være svært sannsynlig at den generalisering som gjøres i dette notat ikke fanger opp alle typer behov og at enkelte romtyper må studeres spesielt i den videre detaljering.

Nøyaktig hvilke rom som er simulert er å finne i vedlegg B.



De romtyper som er representert i dette utvalget er:

- Cellekontor
- Kontorlandskap
- Møterom
- Auditorier
- Undervisningsrom
- Grupperom
- Lesesal
- Laboratorier (undervisningslab og sterillab)
- Støttearealer laboratorier
- Lysgårder og fellesareal/vringleareal
- Lager- og birom

6.2.3 Sentrale forutsetninger og inndata

Både i skisseprosjektet og i forprosjekt har det pågått tverrfaglig prosesser knyttet til design av klimaskjermen. Ved endt forprosjekt er følgende avtalt at skal legges til grunn for beregninger og vurderinger:

Fasader og tak

- Gjennomsnittlig glassandel på 30 % i de typiske fasader 3.-8.etasje
- Glassandel på 60 % i fasade ut mot åpne lysgårder
- I 1. og 2. etasje forutsettes glass fra OK gulv til UK dekke.
- Vinduer med følgende egenskaper legges til grunn i fasader:
 - U-verdi 0,6 W/m²K
 - g-verdi 0,5
 - Lystransmisjon 70 %
- U-verdi på 0,12 W/m²k på tette felt typisk fasade
- U-verdi på 0,10 W/m²K på yttertak
- Gjennomsnittlig samlet U-verdi på 0,6 W/m²K for tette felt og vinduer i fasader ut mot åpne lysgårder
- Tak av EFTE-folie med følgende egenskaper i de lukkede lysgårder:
 - U-verdi 1,2 W/m²K inkl. karm/ramme
 - g-verdi på 0,68
 - Lystransmisjon 64 %
 - Helning fra senter til kant på ca. 12°

Solskjerming

- De store glassfelt i 1. og 2.etasje samt glass mot åpne lysgårder utstyres med automatisk styrt utvendig screen med g-verdi på <0,08
- Typiske fasader 3.-8.etg. mot SØ og SV utstyres med automatisk styrt utvendig solavskjerming som gir en g-verdi for glass+skjerming på <0,08
- Vinduer mot NV utstyres med automatisk styrt innvendig screen som gir g-verdi for glass+skjerming på < 0,4 hvis ikke de lyddmepende glass som kreves gir tilnærmet samme g-verdi alene.

Hvilke romspesifikke inndata og forutsetninger som er lagt til grunn for simuleringene er å finne i vedlegg C.

Som dimensjonerende utetilstander er følgende lagt til grunn:



Dimensjonerende sommertemperatur, DUT_s er satt til 26,7 °C. Dette er n50 for Oslo-Blindern og er hentet fra M21-Klimadata. n50-temperaturen er den utetemperatur som kun overskrides med 50 timer i et normalår.

Dimensjonerende vintertemperatur, DUT_3 , er satt til -20 °C. DUT_3 er laveste 3-døgnsmiddel for Oslo og er hentet fra SINTEF Byggforsk sitt byggdetaljblad nr. 451.021 "Klimadata for termisk dimensjonering og frostsikring".

7 SIMULERINGSRESULTATER OG VURDERINGER

Livsvitenskapsbygget inneholder svært mange ulike funksjoner. Det er derfor klart at det er ulike forutsetninger de ulike rom har for å kunne basere seg på de ulike klimatiseringsløsninger som studeres i de etterfølgende kapitler. Av denne grunn vil ikke alle klimatiseringsløsninger studeres på det enkelte rom.

En sentral faktor som påvirker hvilke klimatiseringsalternativer som er aktuelle å studere for det enkelte rom er hva slags ventilasjonsaggregat det betjenes av. Her vil det være hensiktsmessig å skille mellom de aggregater som betjener laboratorie- og kontordelen av bygget.

Hovedforskjellen på disse i forbindelse med simuleringer på romnivå er:

- Dimensjonerende luftmengder
- Driftstider
- Tilluftstemperaturer

Eksempelvis vil det i kontorarealene være noe begrenset hvor store luftmengder man kan tilføre, men det vil her være gode muligheter for å tilføre luft med noe undertemperatur.

I en del av laboratoriearealene vil det derimot være veldig store luftmengder tilgjengelige, men da mye av dette i perioder styres av bruken av avtrekksskap begrenser det noe hvor lave tilluftstemperaturer man kan benytte av komforthensyn. Ved bruk av mange avtrekksskap i et rom vil luftmengdene bli av en størrelsesorden som gjør at romtemperatur raskt vil kunne bli det samme som tilluftstemperaturen.

Med bakgrunn i dette vil simuleringsresultater og vurderinger knyttet til dimensjonerende sommer- og vinterforhold deles i to underkapitler, ett for arealer som betjenes av "laboratorieaggregater" og ett for arealer som betjenes av de øvrige aggregater, heretter kalt "kontoraggregater".

De romtyper som er studert for henholdsvis laboratorie- og kontoraggregater fremgår av Tabell 7-1 og Tabell 7-2

| Romtype | Rom studert |
|--------------------------------------|--|
| Kurslab med relativt få avtrekksskap | 01.08.009-Kurslab mikrobiologi |
| Kurslab med mange avtrekksskap | 01.08.004-Kurslab, generell uorganisk/organisk kjemi |
| Kurslab med mange sikkerhetsbenker | 01.08.027-Lab, steril |
| Instrumentrom | 02.03.002-Lab, instrument |
| Undervisningsrom | 01.06.005-Undervisningsrom |
| Grupperom | 01.07.046-Grupperom, mellomstort |
| Lager | 07.08.002-Lager |

Tabell 7-1: Studerte rom som betjenes av laboratorieaggregater



| Romtype | Rom studert |
|--------------------|---|
| Kontorlandskap | 06.02.101-Kontorlandskap (utsnitt fasade SØ) |
| | 06.02.101-Kontorlandskap (Utsnitt mot lysgård) |
| Cellekontor | 06.01.073-Cellekontor |
| | 06.01.029-Cellekontor |
| Møterom | 06.06.002-Møterom |
| Undervisningsrom | 01.06.003-Undervisningsrom |
| Grupperom | 01.07.016-Grupperom, lite |
| Auditorium | 01.05.001-Auditorium, 300 plasser |
| Lesesal+arbeidsrom | 01.03.007-Arbeidsrom + 01.04.004 Lesesal, åpen |

Tabell 7-2: Studerte rom som betjenes av kontoraggregater

7.1 Dimensjonerende sommerforhold

Det har vært en grunnleggende forutsetning for klimatiseringen av dette bygget at det skal tilstrebes å minimere bruken av lokal vannbasert kjøling på romnivå. Dette er spesielt viktig i forbindelse med prosjektets ambisjoner på byggets energiytelse samt oppnåelse av 2 poeng under emne Ene 23 i BREEAM NOR.

For å få til dette har det vært viktig å øke kjølebidraget fra ventilasjonsluften. Dette har resulterte i at det for flere romtyper nå prosjekteres med en del høyere ventilasjonsluftmengder enn det som fremgår som minimumskrav i prosjektets klimatabell.

7.1.1 Arealer betjent av laboratorieaggregater

Da enkelte laboratoriesaler vil kunne få tilført svært høye luftmengder ved høy samtidig bruk av avtrekksskap og sikkerhetsbenker er det begrenset hvor lav tilluftstemperatur vi kan ha ut av aggregatet sentralt av hensyn til komfort. Dette begrenser da naturlig kjølebidraget som den sentrale tilluften vil kunne gi.

For de rom der ikke dette er tilstrekkelig må derfor lokale tiltak vurderes. Naturlige alternativer her vil være bruke av lokale sonebatterier for etterkjøling av tilluft eller supplering med vannbasert kjøling i rommet.

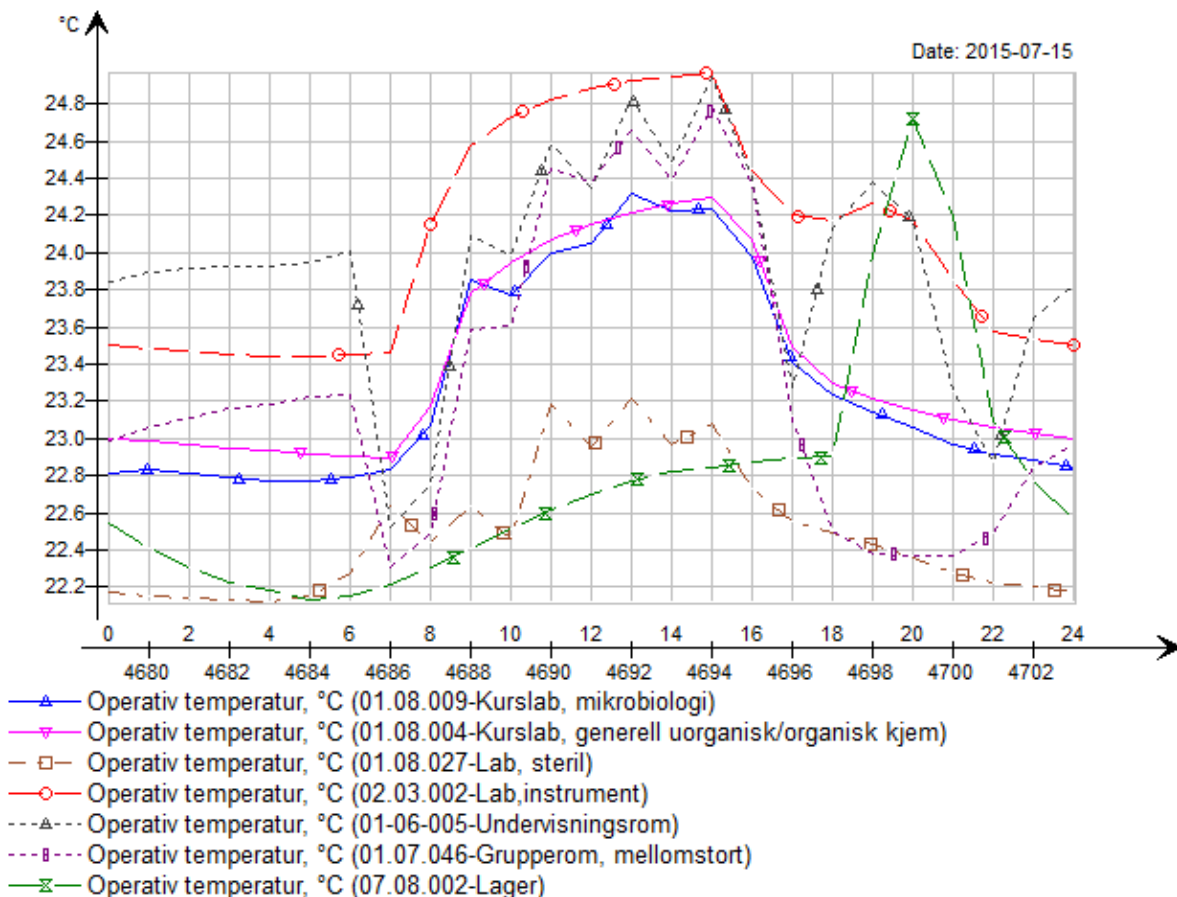
Det er studert forskjellige alternativer for det enkelte rom, men det er valgt å kunne legge frem resultatene på den løsningen som tilfredsstillende temperaturkrav og som vurderes som mest hensiktsmessig. Tabell 7-3 viser hvilke klimatiseringsløsninger som er lagt til grunn for de resultater som presenteres.



| Rom studert | Klimatiseringsløsning simulert | Etterkjøling tilluft/vannbasert romkjøling |
|--|--|--|
| 01.08.009-Kurslab mikrobiologi | VAV(temperatur + CO2) | |
| 01.08.004-Kurslab, generell uorganisk/organisk kjemi | Luftmengder basert på typisk driftsmønster avtrekksskap i undervisningslab | |
| 01.08.027-Lab, steril | VAV(temperatur + CO2) | |
| 02.03.002-Lab, instrument | VAV(temperatur+CO2) + vannbasert romkjøling | 235 W/m ² |
| 01.06.005-Undervisningsrom | VAV(temperatur+CO2) + etterkjøling tilluft via sonebatteri | 1,3 W/(m ³ /h) |
| 01.07.046-Grupperom, mellomstort | VAV(temperatur+CO2) + etterkjøling tilluft via sonebatteri | 1,3 W/(m ³ /h) |
| 07.08.002-Lager | VAV, temperatur + etterkjøling tilluft via sonebatteri | 1,3 W/(m ³ /h) |

Tabell 7-3: Klimatiseringsløsninger brukt til resultatpresentasjon av dimensjonerende sommerforhold

Figur 7-1 viser hvordan operativ temperatur varierer over dimensjonerende sommerdøgn for de studerte rom tilknyttet laboratorieaggregater.



Figur 7-1: Temperaturforløp over dimensjonerende sommerdøgn for studerte rom tilknyttet laboratorieaggregater

Av Figur 7-1 fremgår det at alle rom kan sies å tilfredsstille de krav som er stilt til maksimal operativ temperatur. Kravet er 25 °C for alle rom utenom lager som har 26 °C.



7.1.2 Arealer betjent av kontoraggregater

For de rom som er tilknyttet de typiske kontoraggregatene har det også vært fokus på å minimere bruk av lokal vannbasert kjøling i rommet.

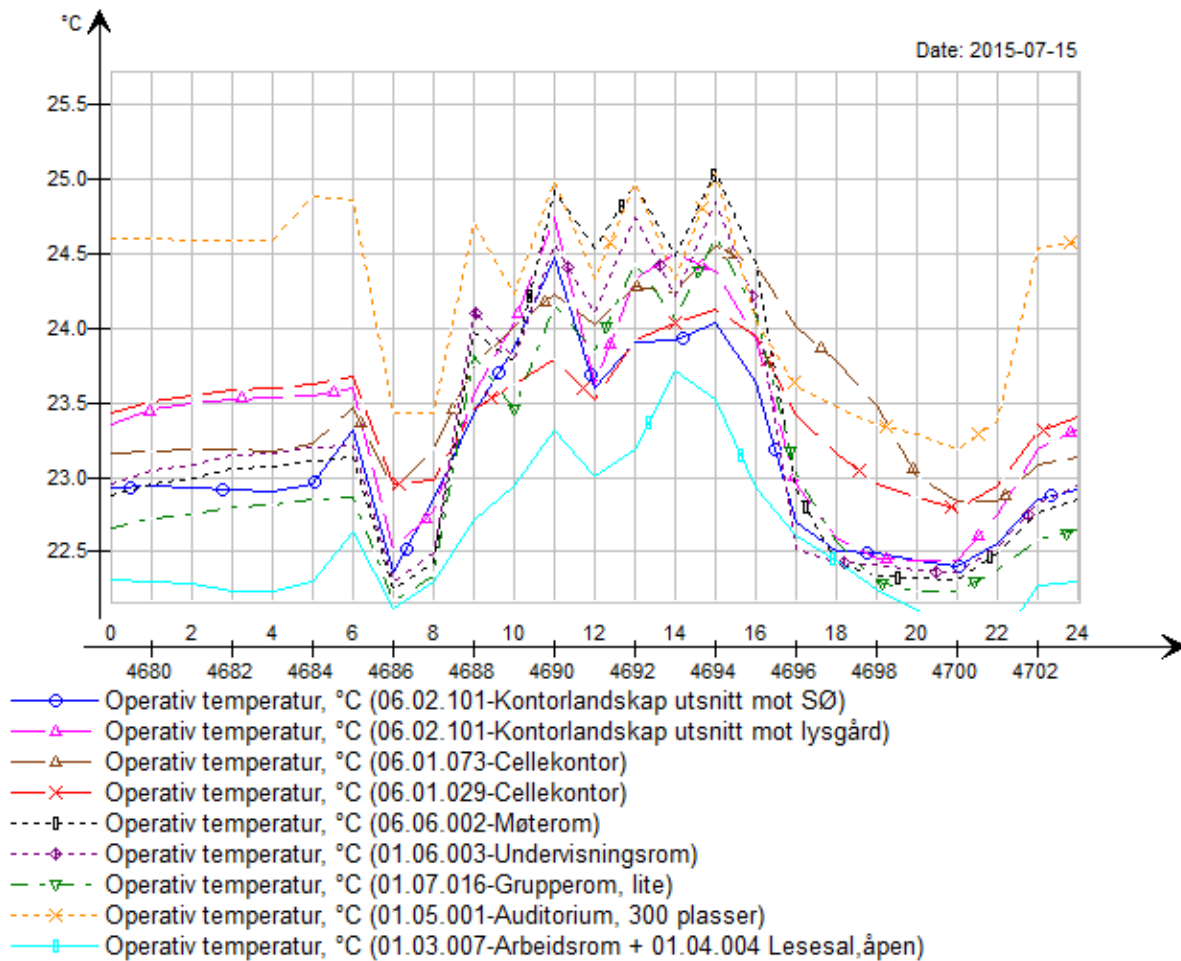
Kontoraggregatene har i større grad mulighet til å tilføre luft med noe mer undertemperatur enn laboratorieaggregatene. I forprosjektet er det forutsatt at tilluftstemperatur ut i rommet er på 18 °C (17 °C ut sentralt) i årets varmeste perioder. Dette kombinert med en oppjustering av ventilasjonsluftmengder utover minimumskrav i klimatabell gjør at ventilasjonsluften vil kunne besørge god kjøling. Dette kjølebidraget vil dog bli redusert en del om vinteren da tilluftstemperatur typisk vil være 2-3 grader høyere enn ved dimensjonerende sommerforhold. For rom som ikke grenser mot klimaskjermen, og som derfor ikke påvirkes av uteforholdene, blir det årets kaldere perioder som fort blir dimensjonerende med tanke på krav til maksimale operative temperaturer. I disse rom vil det da kunne bli nødvendig med ytterligere kjøling enten i form av lokale vannbårne kjøleenheter i rommet eller etterkjøling av tilluft via lokale sonebatterier.

Det er studert forskjellige alternativer for det enkelte rom, men det er valgt å kunne legge frem resultatene på den løsning som tilfredsstiller temperaturkrav og som vurderes som mest hensiktsmessig. Tabell 7-4 viser hvilke klimatiseringsløsninger som er lagt til grunn for de resultater som presenteres.

| Rom studert | Klimatiseringsløsning simulert | Etterkjøling tilluft/vannbasert romkjøling |
|---|---|--|
| 06.02.101- Kontorlandskap (utsnitt fasade SØ) | VAV(temperatur+CO2) | |
| 06.02.101- Kontorlandskap (Utsnitt mot lysgård) | VAV(temperatur+CO2)+ etterkjøling tilluft via sonebatteri | 1,0 W/(m ³ /h) |
| 06.01.073-Cellekontor | VAV(temperatur) | |
| 06.01.029-Cellekontor | VAV(temperatur) | |
| 06.06.002-Møterom | VAV(temperatur+CO2) + etterkjøling tilluft via sonebatteri | 1,0 W/(m ³ /h) |
| 01.06.003- Undervisningsrom | VAV(temperatur+CO2) | |
| 01.07.016-Grupperom, lite | VAV(temperatur+CO2)+ vannbasert romkjøling | 15 W/m ² |
| Auditorium | VAV(temperatur+CO2) | |
| Lesesal+arbeidsrom | VAV(temperatur+CO2) | |

Tabell 7-4: Klimatiseringsløsninger brukt til resultatpresentasjon av dimensjonerende sommerforhold

Figur 7-2 viser hvordan operativ temperatur varierer over dimensjonerende sommerdøgn for de studerte rom tilknyttet laboratorieaggregater.



Figur 7-2: Temperaturforløp over dimensjonerende sommerdøgn for studerte rom tilknyttet kontoraggregater

Av Figur 7-2 fremgår det at alle rom kan sies å tilfredsstille de krav som er stilt til maksimal operativ temperatur. Kravet er 25 °C for alle rom utenom lesesaler som har 26 °C.

7.2 Dimensjonerende vinterforhold

Tabell 7-5 viser en oversikt over dimensjonerende varmebehov for de utvalgte rom som forventes å ha det. I tabellen er det også angitt om rommene betjenes av et aggregat som betjener de typiske kontordelene eller laboratoriedelene av bygget. Det er viktig å skille på dette i forbindelse med vurdering av ulike løsninger for romoppvarming da aggregatene vil ha ulike driftstider, kapasiteter og tilluftstemperaturer.



| Rom studert | BRA | Dim. varmebehov | |
|---|----------------|-----------------|------------------|
| | m ² | W | W/m ² |
| Laboratorieaggegater | | | |
| 01.08.009-Kurslab mikrobiologi | 234,5 | 1840 | 8 |
| 01.08.027-Lab, steril | 78,6 | 1640 | 21 |
| 02.03.002-Lab, instrument | 115 | 1160 | 10 |
| 01.06.005-Undervisningsrom | 81 | 850 | 11 |
| 07.08.002-Lager | 28,9 | 500 | 18 |
| Kontoraggegater | | | |
| 06.02.101-Kontorlandskap (utsnitt fasade SØ) | 107,7 | 2390 | 22 |
| 06.01.073-Cellekontor | 10 | 230 | 23 |
| 01.05.001-Auditorium, 300 plasser | 361,1 | 3490 | 10 |
| 01.03.007-Arbeidsrom + 01.04.004 Lesesal, åpen | 235,8 | 8430 | 36 |

Tabell 7-5: Dimensjonerende varmebehov for de utvalgte rom

Varmebehovene presentert i Tabell 7-5 viser transmisjonstap og infiltrasjonstap. Det sees bort i fra ventilasjonstap. Dette da det forutsettes at tilluftstemperatur i årets kaldeste perioder aldri vil være lavere enn krav til minimumstemperatur i rommet. Varmetilskudd fra interne laster er her ikke tatt høyde for. Varmebehovene presentert ovenfor er derfor et absolutt "worst-case", men allikevel noen som det må tas høyde for.

Den tradisjonelle løsning med romoppvarming via vannbårne radiatorer og konvektorer vil være en løsning som i utgangspunktet vil fungere i alle romtyper. Så lenge samlet installert varmekapasitet er stor nok, se Tabell 7-5, vil prosjektets klimakrav være uproblematisk å tilfredsstille.

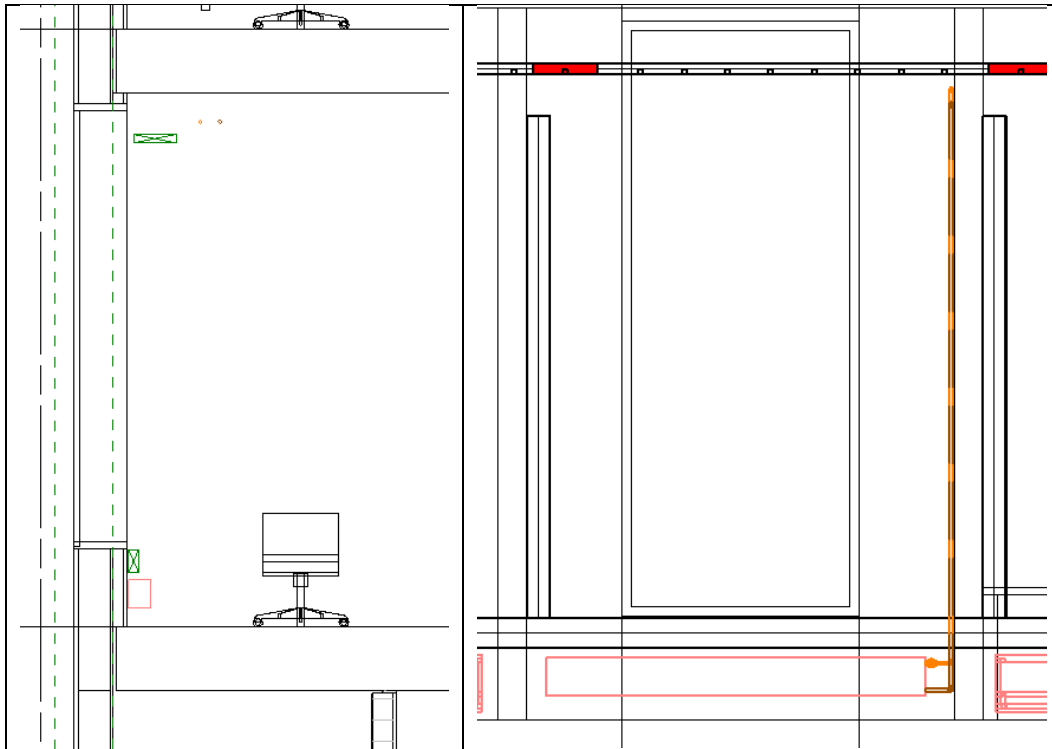
Med en forutsatt turtemperatur på 35 °C og den brystningshøyde som det p.t. planlegges for vil en radiator for å dekke varmebehovet i et cellekontor på ca. 200 W kunne få følgende dimensjoner:

Lengde= 2000 mm

Dybde= 150 mm

Høyde=200 mm

Figur 7-3 viser et bredde- og lengdesnitt av hvordan en typisk radiator for romoppvarming vil kunne bli seende ut.



Figur 7-3: Bredde- og lengdesnitt av typisk radiator for romoppvarming

Muligheter for å dekke hele romoppvarmingsbehovet med ventilasjonsvarme er studert for store deler av bygget. Unntaket er de arealer som grenser mot glassfasade fra gulv til tak. Dette gjelder typisk arealer med fasade mot SØ og SV i byggets 1. og 2. etasje.

I et godt isolert og relativt termisk tungt bygg som Livsvitenskapsbygget vil varmebehovet være lavt. De interne brukeravhengige laster som er aktive på dagtid vil dermed gi et viktig bidrag til å holde temperaturene jevne og oppe på ønsket nivå også om natten. For å få et tilfredsstillende og robust oppvarmingssystem er det allikevel viktig at systemet også klarer å opprettholde ønskede innertemperaturer i perioder der de interne varmelastene uteblir, eksempelvis helger og ferier. Det vil i forbindelse med vurdering av om ventilasjonsvarme kan benyttes derfor være viktig å se på resultatene med og uten disse interne varmetilskuddene.

For dimensjonerende vinterforhold er det valgt å studere følgende to alternative hovedprinsipper for romoppvarming:

- Behov for romoppvarming dekket med lokal vannbåren varme i form av radiatorer/konvektorer.
- Behov for romoppvarming dekket med ventilasjonsvarme.

Det er ikke alle av de studerte rom der begge overnevnte alternativer er aktuelle, og det er derfor enkelte rom der kun et alternativ er studert med tanke på tilfredsstillende av temperaturkravene.

Da de ulike delene av bygget har ulike forutsetninger for å kunne benytte en slik løsning er det, på lik linje med vurderingene for dimensjonerende sommerforhold, valgt å dele opp resultatpresentasjon og vurdering av disse i to underkapitler basert på hva slags ventilasjonsaggregat som betjener de ulike arealene.



7.2.1 Arealer betjent av laboratorieaggregater

I delene av bygget som preges av laboratorievirksomhet er det flere forhold som taler for at å dekke romoppvarmingsbehovet kun med ventilasjonsluft vil være hensiktsmessig:

- Store luftmengder tilgjengelig i mange rom grunnet avtrekkskap
- Døgnkontinuerlig drift på aggregatene grunnet avtrekkskap
- De store luftmengdene gjør det hensiktsmessig å uansett kjøre overtemperatur på tilluften året rundt for unngå diskomfort relatert til for lave romtemperaturer. I forprosjektet tas det utgangspunkt i en tilluftstemperatur på 22 °C hele året for laboratorieaggregater
- Mindre fare for ansamlinger av smuss og lettere renhold

Det er studert forskjellige alternativer for de rom som har et oppvarmingsbehov. Tabell 7-6 viser valgt klimatiseringsløsning som simuleringer viser klarer å tilfredsstille krav til operativ temperatur på minimum 20 °C på dagtid ved dimensjonerende vinterdøgn når ingen interne varmelaster er aktive.

| Rom studert | Klimatiseringsløsning simulert | Lokal tilleggsvarme via radiatorer [W/m ²] |
|--------------------------------|----------------------------------|--|
| 01.08.009-Kurslab mikrobiologi | VAV(temperatur+CO ₂) | |
| 01.08.027-Lab, steril | VAV(temperatur+CO ₂) | |
| 02.03.002-Lab, instrument | VAV(temperatur+CO ₂) | |
| 01.06.005-Undervisningsrom | VAV(temperatur+CO ₂) | |
| 07.08.002-Lager | VAV, temperatur + radiator | 17,5 |

Tabell 7-6: Valgte klimatiseringsløsninger for tilfredsstillelse av krav til minimumstemperatur ved dimensjonerende vinterdøgn

I de rom med avtrekkskap forutsettes det her at luftmengdene kan behovsstyres etter temperatur når minimumsluftmengdene ved lukkede avtrekkskap ikke er tilstrekkelig til å holde ønsket romtemperatur.

7.2.2 Arealer betjent av "kontoraggregater"

Den tradisjonelle løsningen ved at varmebehovet dekkes ved lokale varmegivende enheter som radiatorer, vil være en løsning som vil tilfredsstille krav til operativ temperatur i alle rom ved dimensjonerende vinterforhold så lenge installert varmeeffekt er iht. til beregnet behov gitt av Tabell 7-5.

Det er allikevel valgt å også studere bruk av ventilasjonen til oppvarming i disse deler av bygget som ikke er preget av laboratorievirksomhet. Dette er arealer som typisk vil kreve noen flere tiltak da de typisk ikke er planlagt med døgnkontinuerlig drift og overtemperatur på tilluften. Prosjekterte ventilasjonsluftmengder i disse rom vil typisk også være betydelig lavere enn i en del av laboratoriearealene.

Normal driftstid på disse ventilasjonsaggregatene er i utgangspunktet satt til fra kl. 06.00 til 22.00 og tilluftstemperatur ut i rommet er satt til 21 °C i årets kaldeste perioder

Det er valgt å begrense omfanget av dette studiet til en del av et kontorlandskap langs byggets sørøstvendte fasade, 06.02.101-Kontorlandskap, da dette rom vil være representative for en stor del av byggets arealer der bruk av ventilasjonsvarme vil kunne være et reelt alternativ med tanke på glassandeler i fasade.



Følgende driftsscenarioer er studert:

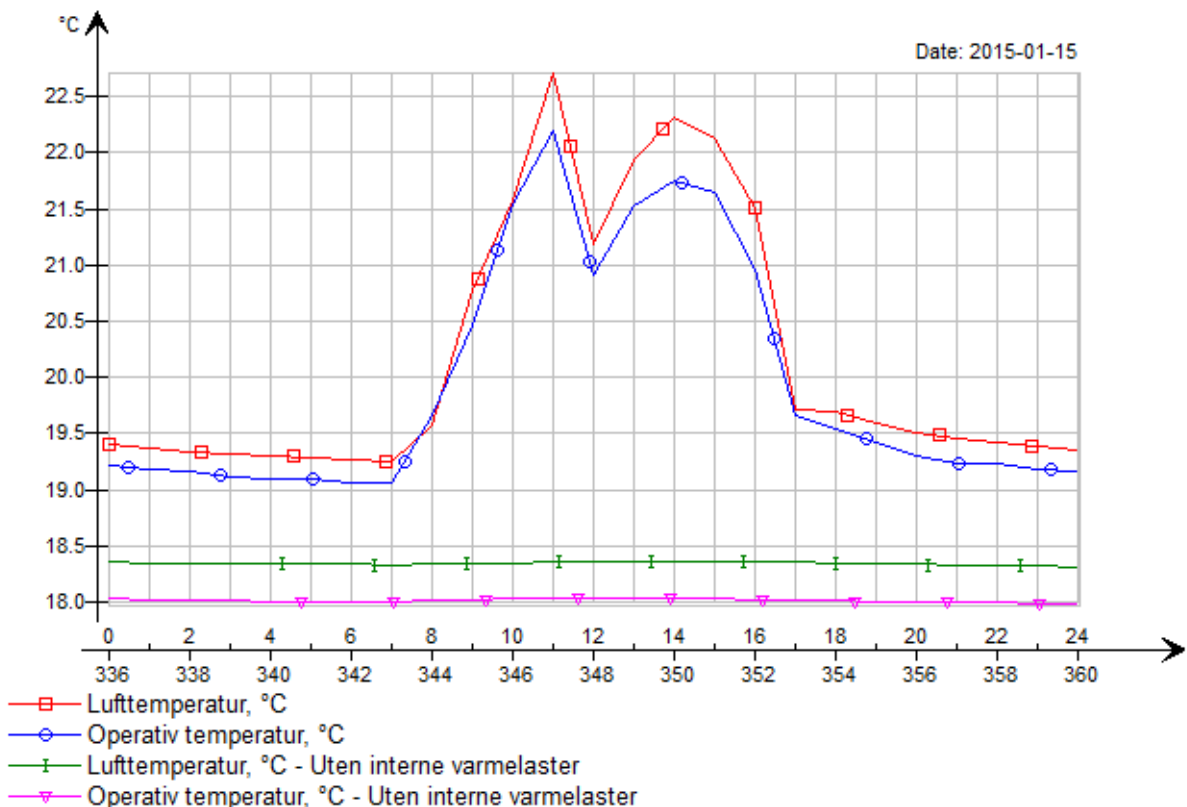
- Omluft kombinert med en økning av romtemperaturen i forkant av oppstart normal driftstid. I tidsrommet mellom kl.22.00 og 06.00 økes settpunkt for romoppvarming fra 20 til 22 °C.
- Omluft kombinert med lokalt ettervarmebatteri. Da de samme aggregat også betjener rom som vil ha kjølebehov hele året er ikke en økning av sentral tilluftstemperatur aktuelt.

Omluft er forutsatt at er mulig å bruke i tidsrommet utenfor den normale driftstiden som er fra kl. 06.00 til 22.00. Hvor mye av tilgjengelig kapasitet på luftmengder som benyttes i omluft-modus styres av romluftstemperaturen ift. valgt settpunkt for oppvarming.

Tilluftstemperatur ut av ettervarmebatteri styres av samme settpunkt for romoppvarming som ventilasjonsluftmengdene. På ettervarmebatteriet er det satt en begrensning på maks 24 °C på tilluften som forlater batteriet. Dette gir en nokså høy overtemperatur på tilluften og må regnes som et anbefalt maks som kun bør benyttes utenfor ordinær driftstid da det vil ha negativ innvirkning både på ventilasjonseffektivitet og komfort.

Begge av de overnevnte scenarioer er studert både med og uten interne varmelaster tilstede.

Figur 7-4 viser hvordan temperaturforløpet blir over dimensjonerende vinterdøgn med omluft og ved en heving av settpunkt for romoppvarming i forkant av oppstart normal driftstid.

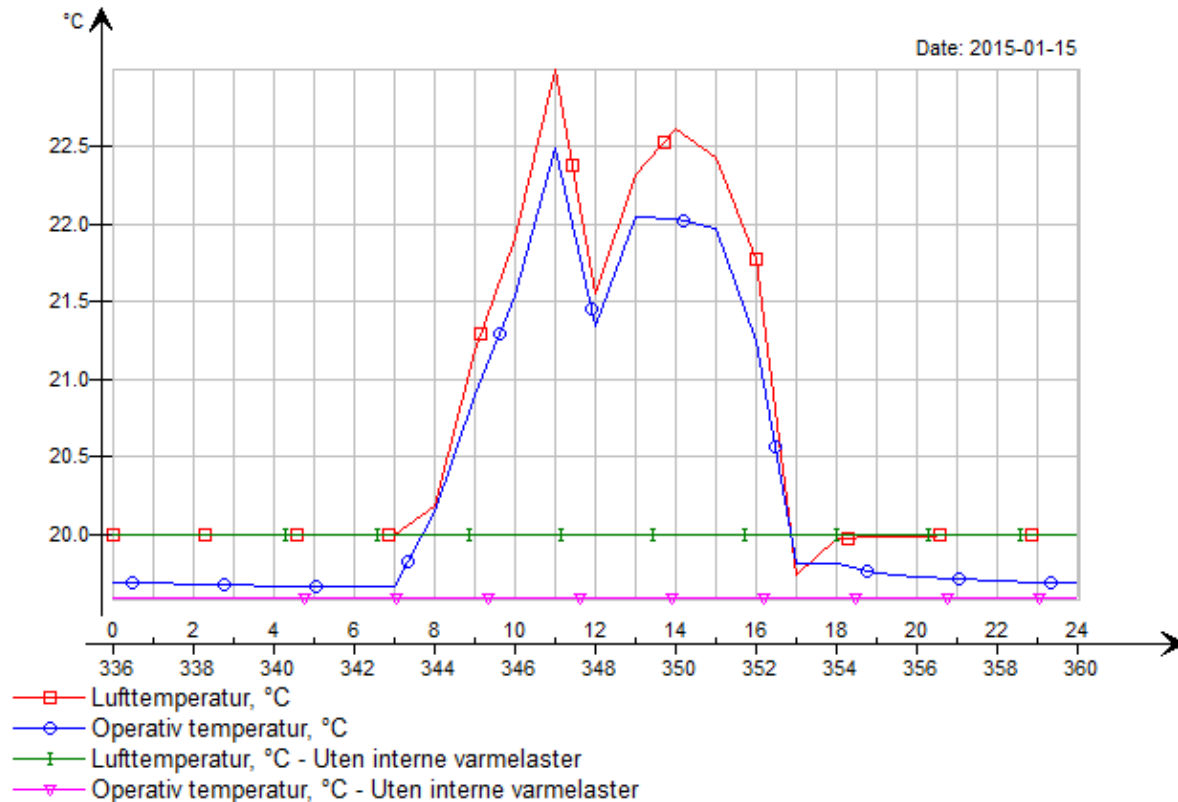


Figur 7-4: Temperaturforløp ved omluft og økt settpunkt for romoppvarming i forkant av oppstart ordinær arbeidstid over dimensjonerende vinterdøgn for kontorlandskap.

Av Figur 7-4 ser man at denne løsningen klarer å holde temperaturene innenfor kravene når man medtar effekten av de interne varmelastene. Når disse ikke er tilstede klarer ikke denne løsning, slik her forutsatt, å holde temperaturene på ønsket nivå på dagtid. Man ser også at de forutsatte luftmengder ikke vil være tilstrekkelige til å oppnå settpunktstemperaturen som er forutsatt i forkant av ordinær arbeidstid.



Figur 7-5 viser hvordan temperaturforløpet blir over dimensjonerende vinterdøgn med omluft og bruk av ettervarmebatteri.



Figur 7-5: Temperaturforløp ved omluft og bruk av lokalt ettervarmebatteri over dimensjonerende vinterdøgn for cellekontor.

Det fremgår av Figur 7-5 at når man kombinerer omluft med mulighet for en økning av tilluftstemperatur opp til 24 °C så vil denne løsningen tilfredsstille temperaturkravene for kontorlandskap ute ved fasade.

8 SAMMENSTILLING AV VURDERINGER OG ANBEFALINGER

8.1 Anbefalt klimatiseringsløsning romnivå

8.1.1 Kontorlandskap

Store deler av byggets kontorlandskap er plassert ut mot fasader, de fleste solbelastede. Det meste av byggets kontorlandskap vil ha behov for både oppvarming og kjøling. Unntaket er noen arealer som ikke grenser mot ute. Her vil det primært være snakk om et kjølebehov.

Det anbefales bruk av omrøringsventilasjon der ventilasjonen ivaretar luftkvalitet og hele kjølebehovet. Luftmengdene styres etter CO₂-konsentrasjon og lufttemperatur.

Det må velges tilluftsventiler med et stort arbeidsområde for luftmengder. Det er viktig at disse ventilene er modulerende slik at de sikrer en god luftdistribusjon, selv ved stor variasjon i luftmengder og tilluftstemperatur. Dette for å sikre god ventilasjonseffektivitet og hindre trekkrelaterte problemer. Det forutsettes ventilasjonsluftmengder på 20 m³/h for kontorlandskap i den videre prosjektering



Det anbefales på nåværende tidspunkt å gå for romoppvarming ved bruk av vannbårne radiatorer plassert i brystning under vinduene. Disse må sammen med ventilasjonen kobles opp mot felles reguleringsystem og styres i sekvens med kjølingen.

Videre arbeid:

Simuleringene har vist at vil kunne være mulig å dekke oppvarmingsbehovet i store deler av disse arealer med overtemperert tilluft i kombinasjon med en omluftsmulighet utenom normal driftstid. Denne mulighet er noe som bør utredes noe mer i den videre detaljering hvis dette skulle bli aktuelt.

8.1.2 Cellekontor

Cellekontorene i bygget er plassert både ut mot fasader og lukkede lysgårder. Alle vil ha et behov for kjøling, mens det kun er de med fasade som vil ha et varmebehov.

Det anbefales bruk av omrøringsventilasjon der ventilasjonen ivaretar luftkvalitet og hele kjølebehovet. Luftmengdene styres etter tilstedeværelse og lufttemperatur. Det må velges tilluftsentililer med et stort arbeidsområde for luftmengder. Det er viktig at disse ventilene er modulerende slik at de sikrer en god luftdistribusjon selv ved stor variasjon i luftmengder og tilluftstemperatur. Dette for å sikre god ventilasjonseffektivitet og hindre trekkrelaterte problemer. Det forutsettes ventilasjonsluftmengder på 15 m³/h for kontorlandskap i den videre prosjektering

Det anbefales på nåværende tidspunkt å gå for romoppvarming ved bruk av vannbårne radiatorer plassert i brystning under vinduene. Disse må sammen med ventilasjonen kobles opp mot felles reguleringsystem og styres i sekvens med kjølingen.

Videre arbeid:

Simuleringene har vist at vil kunne være mulig å dekke oppvarmingsbehovet i store deler av disse arealer med overtemperert tilluft i kombinasjon med en omluftsmulighet utenom normal driftstid. Denne mulighet er noe som bør utredes noe mer i den videre detaljering hvis dette skulle bli aktuelt.

8.1.3 Møte- og grupperom

Disse rommene er i all hovedsak plassert i det indre av bygget og de fleste vil derfor ikke ha noe oppvarmingsbehov. Alle vil ha et behov for kjøling, selv om størrelsen på behovet varierer veldig for denne romtypen.

Da de fleste av disse rom ikke har noen fasade er vintersituasjonen, da den sentrale tilluftstemperaturen er høyest, som vil bli dimensjonerende. Potensialet i ventilasjonskjølingen blir derfor lavt, spesielt i de rom som betjenes av laboratorieaggregater der det kjøres en høyere tilluftstemperatur hele året.

Det forutsettes ventilasjonsluftmengder på 25 m³/hm² for rom over 10 m² og 20 m³/hm² for de under 10 m² i den videre prosjektering.

Det anbefales at det i disse rom må legges opp til noe kjøling utover det som det sentrale ventilasjonsanlegget kan bidra med. Unntaket er de interne møte- og grupperom som betjenes av eget aggregat der tilluftstemperatur til enhver tid kan tilpasses rommenes behov for kjøling. For øvrige rom kan dette enten løses ved bruk av vannbasert etterkjølebatteri på de hovedføringer ute i etasjen som betjener disse rommene eller ved installering av lokale vannbaserte kjøleenheter som eksempelvis kombibafler. For grupperom vil nok det sistnevnte



alternativ være mest aktuelt grunnet den høye brukertetthet som fremgår av de siste møbleringsplanene. Det vil da kunne være mulig å redusere ventilasjonsluftmengdene noe.

Det anbefales bruk av omrøringsventilasjon. Luftmengdene styres etter temperatur og CO₂. Hvis all kjøling skal dekkes av tilluftsventiler må det velges ventiler med et stort arbeidsområde for luftmengder. Det er viktig at disse ventilene er modulerende slik at de sikrer en god luftdistribusjon selv ved stor variasjon i luftmengder og tilluftstemperatur.

Velges det kombibafler er det viktig at disse har gode reguleringsmuligheter på luft og vannbasert kjøling for å kunne tilpasse seg det store spennet i intern belastning som kan forekomme i disse rom. Da behovet for luft og kjøling er stort i forhold til romstørrelse, vil det være en fordel med mulighet for luftdistribusjon i 4 retninger der alle sider kan justeres uavhengig av hverandre i de minste rommene. Dette for å redusere faren for trekkrelatert diskomfort.

Det anbefales at de møte- og grupperommene som ligger ute ved fasade får dekket sitt varmebehov ved bruk av radiatorer som styres i sekvens med rommenes kjølesystem

Videre arbeid

Det er flere av disse rommene som det på nåværende tidspunkt er tegnet inn med et svært høyt antall sitteplasser i forhold til størrelsen på rommet. Dette gjelder spesielt de minste grupperommene. I dRofus er det angitt at det også skal være mulighet for bruk av AV-utstyr og at rommene skal kunne benyttes av flere personer enn det er tegnet inn sitteplasser til. Det må også tas høyde for at studentene vil medbringe egne laptop. I så fall vil interne varmelaster i flere av rommene ligge på over 100 W/m². Dette er en varmelast av en størrelse som vil være nær umulig å klimatisere på en slik måte at både krav til temperatur og lufthastighet fra klimatabellen overholdes i denne type rom.

Det blir i den videre detaljering viktig med en tverrfaglig dialog på hvilke begrensinger de ulike rom har på intern belastning og hva en kan se for seg av type AV-utstyr i disse rom.

8.1.4 Undervisningsrom

Undervisningsrommene har også en varierende plassering i bygget. Noen er med fasade andre er uten. Noen betjenes av laboratorieaggregater mens andre av de mer typiske kontoraggregatene.

For samtlige undervisningsrom anbefales bruk av omrøringsventilasjon der ventilasjonen ivaretar luftkvalitet og hele kjølebehovet. Luftmengdene styres etter CO₂-konsentrasjon og lufttemperatur. For undervisningsrom som betjenes av laboratorieaggregater eller aggregater som også betjener rom med oppvarmingsbehov(rom med fasade), vil det være behov for etterkjøling av tilluft via sonebatterier.

Det må velges tilluftsventiler med et stort arbeidsområde for luftmengder. Det er viktig at disse ventilene er modulerende slik at de sikrer en god luftdistribusjon, selv ved stor variasjon i luftmengder og tilluftstemperatur. Dette for å sikre god ventilasjonseffektivitet og hindre trekkrelaterte problemer. Det forutsettes ventilasjonsluftmengder på 25 m³/hm² for undervisningsrom i den videre prosjektering.

For de undervisningsrom med fasade og som betjenes av laboratorieaggregater, anbefales det at varmebehovet i sin helhet kan dekkes av ventilasjonsluften gitt mulighet for døgkontinuerlig ventilering av rommet ved behov.



I eventuelle undervisningsrom som betjenes av kontoraggregater og som har fasade anbefales det at varmebehovet dekkes av radiatorer som styres i sekvens med kjølingen.

8.1.5 Auditorier

Byggets auditorier betjenes av et eget aggregat og tilluftstemperatur kan derfor tilpasses behovet i disse rom i større grad enn det som er mulig for en del andre rom.

I auditoriene anbefales det at ventilasjonen ivaretar luftkvaliteten og hele rommets kjølebehov. Luftmengdene styres etter CO₂-konsentrasjon og lufttemperatur. I det største auditoriet benyttes fortrekningsventilasjon mens omrøringsventilasjon anbefales i de øvrige. Det forutsettes ventilasjonsluftmengder på 35-40 m³/hm² for den videre prosjektering.

Det anbefales at det store auditoriet ute ved fasaden får dekket sitt varmebehov ved bruk av konvektorer som styres i sekvens med kjølingen. Da dette auditoriet også har et høyt sammenhengende glassfelt i fasaden anbefales bruk av en form for kaldrasbryter i glasset for å redusere faren for kaldras.

Videre arbeid

Mot slutten av forprosjektet er det presentert et mulig bruksscenario kalt "konferanse" der det i auditoriene vil kunne være et betydelig antall stående personer utover det som er av sitteplasser. Dette er en betydelig endring i forhold til det som hittil har vært programmert og vil ikke kunne håndteres slik de klimatekniske anlegg er lagt opp på nåværende tidspunkt. I det videre arbeid blir det viktig å få avklart hvilke scenarier auditoriene faktisk skal kunne håndtere slik at konsekvenser mer nøyaktig kan utredes.

8.1.6 Laboratorier

Byggets laboratorierom-/saler varierer svært både i type og plassering. Flere av disse rom er det ved endt forprosjekt fremdeles knyttet stor usikkerhet til når det gjelder tiltenkt bruk og mengde utstyr som skal inn i dem. Dette gjelder spesielt laboratoriekategori 3. Dette er naturlige faktorer som i stor grad vil påvirke hvordan klimatiseringen velges løst.

Dette gjør det derfor umulig på nåværende tidspunkt å fange opp alle de ulike behov disse ulike rommene vil ha og ut i fra dette komme med konkrete anbefalinger til klimatiseringsløsning. I forprosjektet er det valgt å kun studere et lite utvalg av laboratorietyper der tiltenkt bruk og utrustning er relativt godt kjent, og ut fra vurderinger på disse forsøke å komme med noen generelle anbefalinger for klimatisering av byggets laboratoriearealer.

Generelt så anbefales det at byggets laboratorierom-/saler i størst mulig grad får dekket både sitt behov for kjøling og oppvarming via ventilasjonsluften i tillegg til at ventilasjonen besørger ønsket luftkvalitet og sikkerhet i forbindelse med eksempelvis bruk av avtrekksskap.

I laboratorierom der avtrekksskap og sikkerhetsbenker er dimensjonerende for ventilasjonsbehovet, vil det være svært høye luftmengder tilgjengelige. Med tanke på oppvarming og kjøling vil det ligge en stor kapasitet i disse luftmengdene. Det vil derfor være viktig at disse kapasiteter er tilgjengelig hele døgnet uten begrensninger grunnet åpningsgraden på avtrekksskapene.

I de rom med avtrekksskap anbefales det at luftmengdene behovsstyres etter temperatur når minimumsluftmengdene ved lukkede avtrekksskap ikke er tilstrekkelig til å holde ønsket romtemperatur. En slik løsning vil naturligvis kreve en avtrekksmulighet uavhengig av avtrekksskapene. Det vil også kreve en styring som gjør at behovsstyringen vil kunne overstyres hvis bruken av avtrekksskap krever større ventilasjonsluftmengder enn det som er nødvendig for å holde ønsket temperatur i rommet.



I rom uten avtrekksskap eller rom der ikke avtrekksskapene dominerer ventilasjonsbehovet vil dette i tillegg til en behovsstyring flere steder kunne medføre en økning av ventilasjonsluftmengder utover de minimumskrav gitt i prosjektets klimatabell.

For at oppvarmingsbehovet skal sikres dekket også uten interne varmelaster aktive er det viktig at mulighet for behovsstyrt ventilasjon etter temperatur også er mulig utenfor typisk arbeidstid. Dette vil være relativt uproblematisk da alle laboratorieaggregater går døgnkontinuerlig på grunn av avtrekksskap.

Utover den kjøling som den sentrale ventilasjonsluften besørger vil det være rom tilknyttet byggets laboratoriefunksjoner med spesielt store interne varmelaster som vil kunne ha et behov for supplering med mer kjøling. Dette bør fortrinnsvis løses med lokal etterkjøling av tilluften der lastene er av moderat størrelse. Der dette ikke er mulig eller uegnet må direktekjøling av utstyret eller bruk av passive og aktive bafler vurderes. Utstyr med svært høy varmeavgivelse bør så langt det er mulig forsøkes kjølt direkte via vannbåren kjøling. Dette gir økt fleksibilitet med tanke på hvilke rom utstyret kan plasseres i uten å forringe termisk inneklime.

Videre arbeid

Når flere detaljer knyttet til utstyr og bruk av det enkelte rom er på plass vil det være viktig å ta for seg et større antall rom for å sikre at alle behov fanges opp og løses på best mulig måte.

8.1.7 Støttearealer laboratorier

I laboratedelen av bygget er det en rekke støtterom til laborativirksomheten som eksempelvis lagerrom, renholdsrom, avfallsrom og instrument- /utstyrsrom. Flere av disse er plassert ute ved fasade og vil derfor ha et varmebehov som må dekkes.

Flere mindre støtterom er også plassert ut mot åpne lysgårder der glassandel i fasader er høy. Flere av disse rom vil dermed være blant de rom i hele bygget med høyest varmebehov.

Felles for de fleste av disse støtterom er at de i utgangspunktet ikke er tenkt prosjektert med så mye mer ventilasjon enn minimumskravene som fremgår av klimatabell. Disse er for øvrig nokså lave. For lager er eksempelvis minimumskravet 5 m³/hm².

Av simuleringer fremgår det at det for flere av disse rom vil være nødvendig med en enorm økning i prosjekterte luftmengder for å klare temperaturkrav kun med ventilasjonsvarme.

Forutsetter man en noe mindre økning i luftmengder og legger inn mulighet for ettervarming av tilluft mer lokalt, vil det være mulig å tilfredsstille temperaturkravet ved dimensjonerende forhold. Selv her vil det, for eksempelvis et lagerrom, være snakk om 2-3 ganger krav til minimumsluftmengder som vil være nødvendig.

Da det å basere seg på ventilasjonsvarme i denne type støtterom vil resultere i betydelig større kanaler som igjen vil skape problemer knyttet til plass og fleksibilitet, vil en varmeløsning basert på radiatorvarme fremstå som mer egnet.

Flere av støttearealene inneholder svært mye varmeavgivende utstyr og vil derfor ha et behov for kjøling utover den sentrale ventilasjonsluften kan besørge. Fortrinnsvis bør utstyr direktekjøles hvis mulig. Der dette ikke er mulig må lokal etterkjøling eller bruk av aktive eller passive lokale kjøleenheter vurderes. Valg av kjøleløsning avhenger også av i hvilken grad det er snakk om rom for varig opphold. Hvordan alle disse ulike rom skal klimatiseres kan først gjøres når det foreligger en bedre og mer komplett oversikt over hvilke varmelaster som vil kunne forekomme.



For støttearealer med fasade anbefales det på nåværende tidspunkt å gå for romoppvarming ved bruk av vannbårne radiatorer plassert i brystning under vinduene. Disse må sammen med ventilasjonen kobles opp mot felles reguleringsssystem og styres i sekvens med eventuell kjøling.

8.1.8 Åpne arealer i 1. etasje.

I 1. etasje er det flere store åpne arealer som er tilknyttet byggets lysgårder. Herunder kan kantine, lesesaler, bibliotek, og velkomstsenter trekkes frem som noen eksempler.

Det anbefales bruk av omrøringsventilasjon der ventilasjonen ivaretar luftkvalitet og hele kjølebehovet. Luftmengdene styres etter CO₂-konsentrasjon og lufttemperatur. Da det flere steder her vil være snakk om en betydelig større romhøyde enn i øvrige deler av bygget vil mulighet for etterkjøling av tilluft via sonebatterier anbefales for å sikre god luftdistribusjon og omrøring også i de kalde perioder av året da sentral tilluftstemperatur heves noe. Etterkjøling vil også gi et viktig bidrag til å dekke kjølebehovet som kan oppstå ved de store folkeansamlinger som kan forekomme i disse arealer.

Det forutsettes ventilasjonsluftmengder på 25 m³/h for disse åpne arealer i den videre prosjektering.

Oppvarmingsbehovet ute ved fasade anbefales dekket ved bruk av konvektorer som styres i sekvens med kjølingen. Da fasaden ved disse rom primært vil bestå av høye sammenhengende glassflater vil det også være behov for en form for kaldrasbrytere i glassfeltet for å redusere faren for kaldras

For arealene ut mot sørøstvendt fasade i byggets første etasje består hele klimaskillet av glass. Dette vil gjøre at det eksterne varmetilskudd fra sol her vil kunne bli svært høyt. Dette gjelder ikke bare om sommeren men vel så mye om våren når solen står lavt. Hjørnepartiene er spesielt utsatt da de får soltilskuddet over en større del av dagen. Av hensyn til å oppnå en tilfredsstillende klimatisering av disse arealer er det svært viktig at det ikke plasseres lukkede rom ut mot denne fasade i 1. etasje. Selv med god utvendig solavskjerming vil soltilskuddet bli for stort til at rommet lar seg klimatisere på en tilfredsstillende måte i forhold til prosjektets klimatabell.

Videre arbeid

Mot slutten av forprosjektet er det presentert flere mulig bruksscenarioer for disse åpne arealer. Noen av disse scenarioer representerer en svært høy brukertetthet og bruk av AV-utstyr. Dette er scenarioer som ikke alle vil kunne håndteres slik de klimatekniske anlegg er lagt opp på nåværende tidspunkt. I det videre arbeid blir det viktig å få avklart hvilke scenarioer det skal dimensjoneres for slik at konsekvens på dagens forutsatte klimaanlegg mer nøyaktig kan utredes.

8.1.9 Lysgård

Bygget har flere lukkede lysgårder som må klimatiseres slik at ikke tilstøtende arealer får økt oppvarmingsbehov om vinteren og økt kjølebehov om sommeren.

Oppvarmingen i lysgårdene løses med vannbåren varme via konvektorer i toppen.

Lysgårdene vil ikke ha noen kjøling men vil utstyres med en horisontalspent automatisk styrt solskjermingsduk i toppen. For å gi en effektiv solbeskyttelse og hindre uønskede overtemperaturer i toppen av lysgården, må området på oversiden av duken ventileres. Dette vil fortrinnsvis løses ved at avtrekksluft fra underliggende åpne arealer trekkes av via lysgården og



ut på oversiden av duken. Der dette ikke er mulig eller ikke tilstrekkelig må også lysgårdene utrustes med klimaluker i toppen som styres av et valgt temperatursettpunkt. For å få mest effektiv ventilering via luken bør det også være luker med tilsvarende areal i fasaden i bunn som åpner samtidig.

Det forutsettes at snøsmelting på tak av lysgård stort sett vil skje naturlig p.g.a. kombinasjonen av valgt U-verdi og helning. Hvis dette i perioder ikke vil være tilstrekkelig vil man mer aktivt kunne fjerne snøen ved å aktivere solskjermingsduken og eventuelt supplere med noe av varmen fra konvektorene i toppen for å skape en varmepute på oversiden av duken.



Vedlegg A – Prosjektets klimatabell

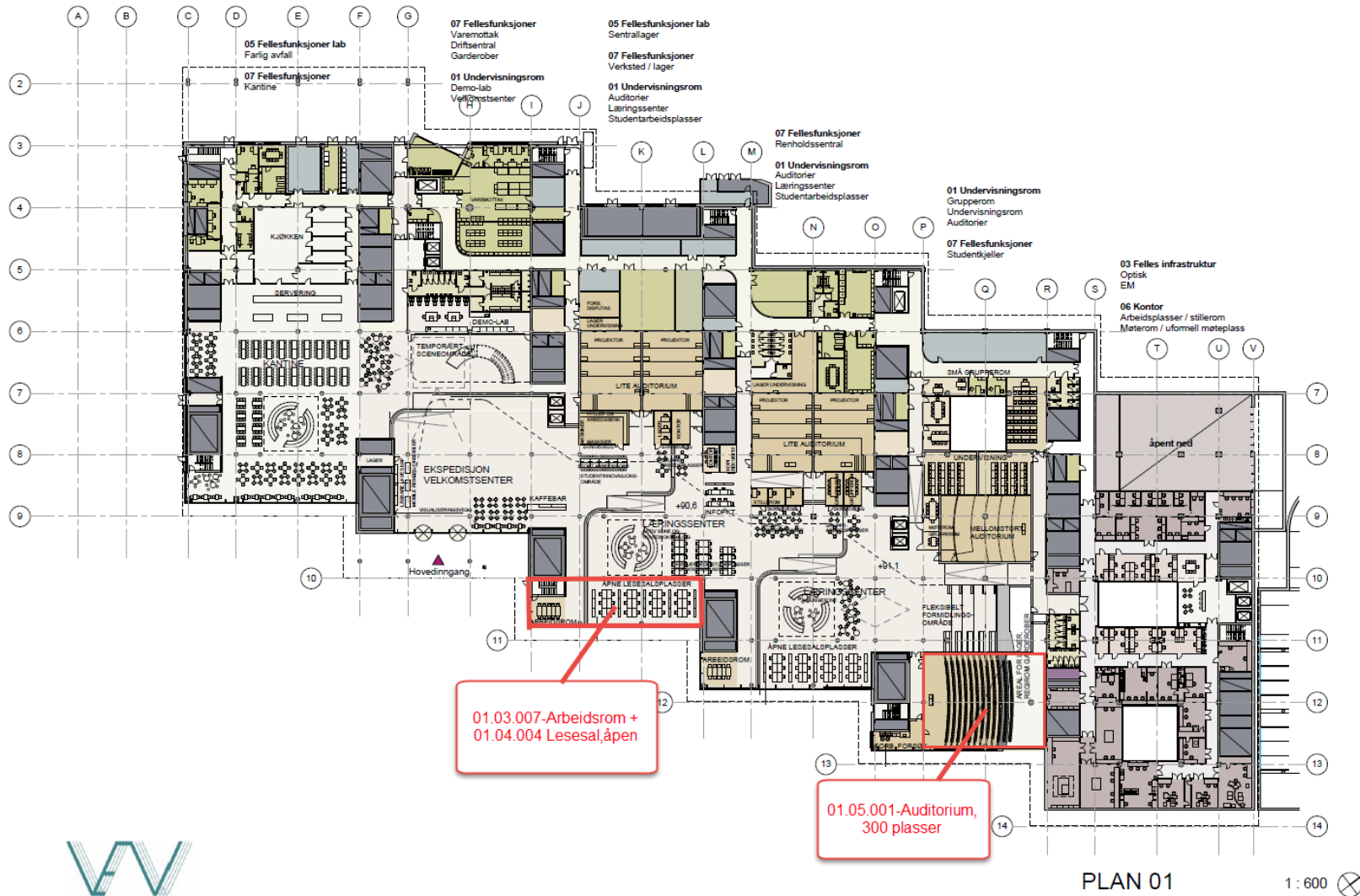
INNEKLIMAKRAV Tabell 30.1

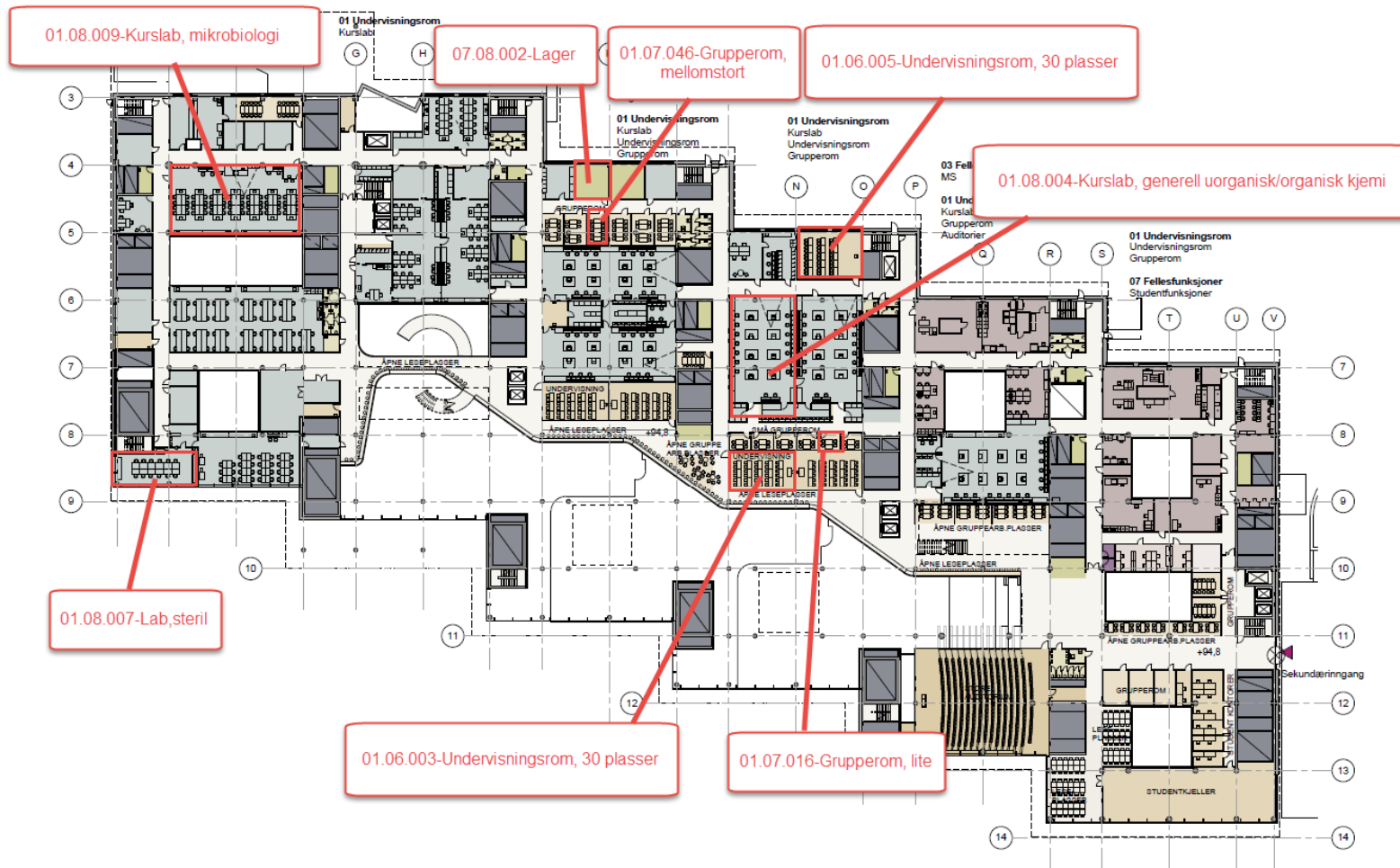
| Romtype | Operativ temperatur | | | | Lufthastighet | | Luftfuktighet | | Friskluftsmengde* | | Støytall | Anmerkninger |
|--------------------------------|---------------------|------|--------|-----|---------------|-------|---------------|------|-------------------|-------------------|----------|---------------------------------------|
| | Sommer | | Vinter | | 20 °C | 25 °C | Min. | Maks | pr. | pr. | | |
| | Min. | Maks | Natt | Dag | | | | | m ² | pers. | | |
| | °C | °C | °C | °C | m/s | m/s | %RF | %RF | m ³ /h | m ³ /h | | |
| Kontor/ cellekontor | 21 | 25 | 15 | 20 | 0,15 | 0,20 | | | 10 | 30 | 25 | |
| Kontorlandskap | 21 | 25 | 15 | 20 | 0,15 | 0,20 | | | 12 | 30 | 25 | |
| Moterom | 21 | 25 | 15 | 20 | 0,15 | 0,20 | | | 20 | 30 | 25 | |
| Stillerom | 21 | 26 | 15 | 20 | 0,15 | 0,20 | | | 10 | 30 | 25 | |
| Kopi/Printer/ fax | 21 | 26 | 15 | 20 | 0,15 | 0,20 | | | 15 | | 30 | |
| Auditorier | 21 | 25 | 15 | 20 | 0,15 | 0,20 | | | 20 | 40 | 25 | |
| Sal 1 | 21 | 25 | 15 | 20 | 0,15 | 0,20 | | | 20 | 40 | 25 | |
| Sal 2 | 21 | 25 | 15 | 20 | 0,15 | 0,20 | | | 20 | 50 | 25 | |
| Undervisnings- rom | 21 | 25 | 15 | 20 | 0,15 | 0,20 | | | 20 | 30 | 25 | |
| Grupperom og kollokvierom | 21 | 25 | 15 | 20 | 0,15 | 0,20 | | | 15 | 30 | 25 | |
| Lesesaler | 21 | 26 | 15 | 20 | 0,15 | 0,20 | | | 15 | 30 | 25 | |
| Bibliotek | 21 | 26 | 15 | 20 | 0,15 | 0,20 | | | 15 | 30 | 25 | |
| Laboratorium | 21 | 25 | 15 | 20 | 0,15 | 0,20 | | | 15 | 30 | 30 | Brukerkrav skal følges |
| Undervisnings- laboratorier | 21 | 25 | 15 | 20 | 0,15 | 0,20 | | | 20 | 30 | 30 | Brukerkrav skal følges |
| Kurslab | 21 | 25 | 15 | 20 | 0,15 | 0,20 | | | 15 | 30 | 30 | Brukerkrav skal følges |
| Fellesareal | 21 | 26 | 15 | 20 | 0,15 | 0,20 | | | 15 | | 30 | |
| Kantine | 21 | 26 | 15 | 20 | 0,15 | 0,20 | | | 15 | 40 | 30 | |
| Kjøkken | 21 | 26 | 15 | 20 | 0,15 | 0,20 | | | 35 | | 30 | Tilpasses faktisk utsyr |
| Studentarealer | 21 | 26 | 15 | 20 | 0,15 | 0,20 | | | 15 | 30 | 30 | |
| Trimrom | 21 | 26 | 15 | 20 | 0,20 | 0,25 | | | 15 | 80 | 30 | |
| Garderober m/dusj | 21 | 26 | 15 | 20 | 0,15 | 0,20 | | | | 100 | 35 | Ca. 100 m ³ /h per dusj |
| Toaletter/HC- toaletter | 21 | 26 | 15 | 20 | 0,15 | 0,20 | | | | 100 | 35 | Ca. 100 m ³ /h per sete |
| Lager og birom | 21 | 26 | 15 | 20 | 0,15 | 0,20 | | | 5 | | 35 | |
| VVS- teknisk rom | 15 | | 15 | 15 | | | | | 3 | | | |

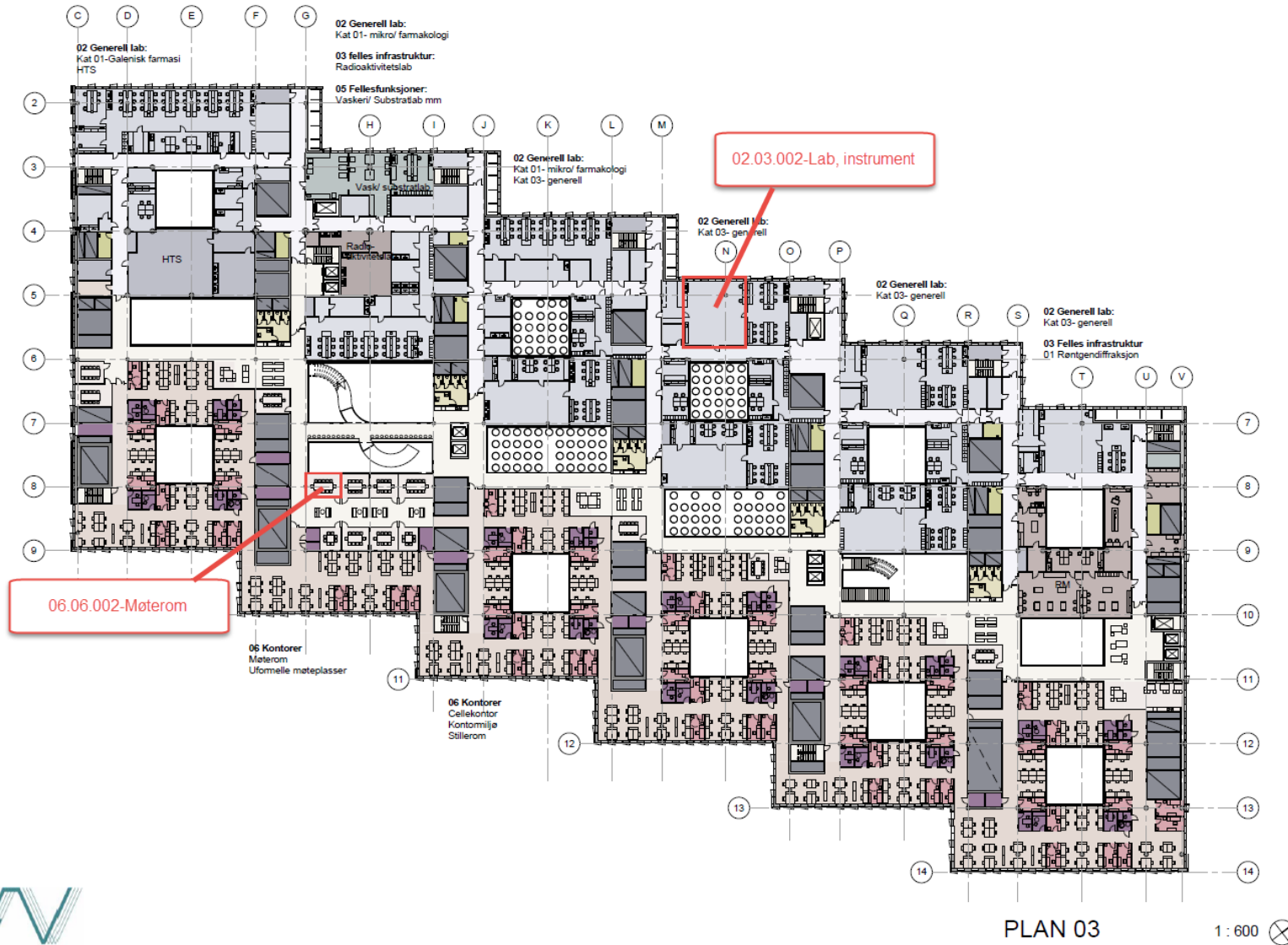
- Angitte luftmengder er veiledende. Friskluftmengder skal være i henhold til forskrifter og temperaturkrav.
- Kravet til maksimumstemperatur kan overskrides opp til 50 timer i et normalår.
- Laboratorier har grunnventilasjon på ca. 15 m³/m²h, i tillegg skal kapasiteten på ventilasjon tilpasses spesialutstyr i rommet og samtidighet på bruk av utstyr. Laboratorieventilasjon skal ha mengderegulering.
- Luftmengde må beregnes utfra dimensjonerende aktivitet og bekleddning

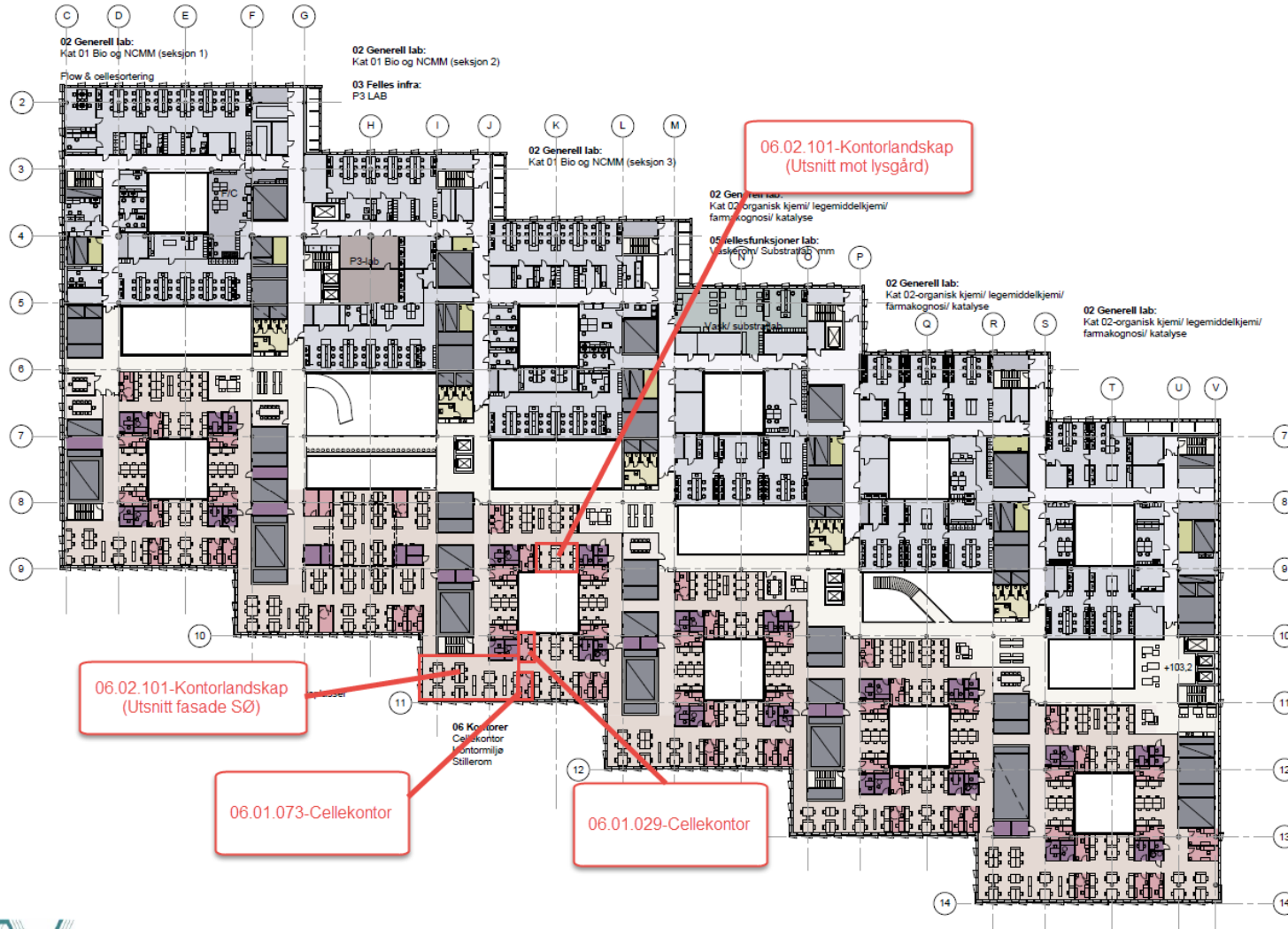


Vedlegg B - Beregningsoner









PLAN 04

1: 600





Vedlegg C – Romspesifikke inndata

Under følger en oversikt over de romspesifikke inndata som er lagt til grunn for simuleringene som dette omhandler.

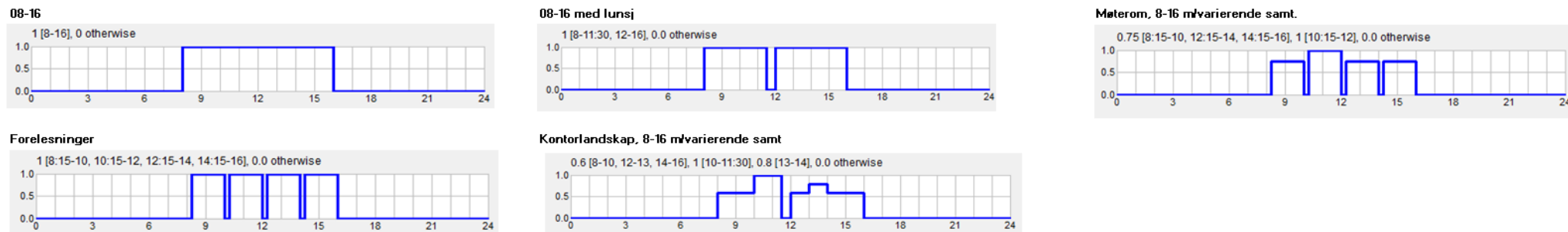
Tabell C-8-1 viser de interne laster som er forutsatt i de ulike beregningssoner mens Figur C-1 viser de forutsatte tidsplaner og samtidighet.

| Sone | BRA m² | Maksimale interne laster | | | | | | | Tidsplaner for bruk | | | | |
|--|-----------|--------------------------|-------------------|---------------------------|--------------------|------------|----------------|----------|--|----------------|---|---------------|------------------|
| | | Maks antall | Belysning W/m² | Brukerutstyr W/pers. W | AV- utstyr W | Annet W | Totalt W/m² | Personer | Belysning | Brukerutstyr | AV-utstyr/Annet utstyr | | |
| 06.02.101-Kontorlandskap(Utsnitt fasade SØ) | 107,7 | 18 | 8 | 120 | | | | 41,4 | Kontorlandskap, 8-16 mlvarierende | 08-16 | Kontorlandskap, 8-16 mlvarierende samt. | | |
| 06.01.073-Cellekontor | 9,9 | 1 | 8 | 120 | | | | 28,1 | 8-16 med lunsj | 8-16 med lunsj | 8-16 med lunsj | | |
| 06.01.029-Cellekontor | 10,2 | 1 | 8 | 120 | | | | 27,7 | 8-16 med lunsj | 8-16 med lunsj | 8-16 med lunsj | | |
| 06.06.002-Møterom | 20,0 | 12 | 8 | 20 | | | 500 | 92,9 | Møterom, 8-16 mlvarierende samt. | 08-16 | | Forelesninger | |
| 01.06.003-Undervisningsrom | 65,2 | 30 | 8 | 20 | | | 1200 | 72,4 | Forelesninger | 08-16 | | Forelesninger | |
| 01.07.016-Grupperom, lite | 9,4 | 4 | 8 | 20 | | | 300 | 82,2 | Forelesninger | 08-16 | | Forelesninger | |
| 06.02.101-Kontorlandskap(Utsnitt mot lysgård) | 30,3 | 8 | 8 | 120 | | | | 60,8 | Kontorlandskap, 8-16 mlvarierende samt | 8-16 med lunsj | Kontorlandskap, 8-16 mlvarierende samt. | | |
| 01.08.009-Kurslab, mikrobiologi | 233,6 | 50 | 8 | | | | 600 | 27,7 | Forelesninger | 8-16 med lunsj | | 08-16 | |
| 01.08.004-Kurslab, generell uorganisk/organisk k | 182,3 | 25 | 8 | | | | 600 | 22,3 | 08-16 | 08-16 | | 08-16 | |
| 07.08.002-Lager | 28,8 | 0 | 0 | | | | | 0,0 | | | | | |
| 02.03.002-Lab.instrument | 114,7 | 3 | 8 | | 20 000 | | | 800 | 191,4 | 08-16 | 08-16 | 08-16 | Døgnkontinuerlig |
| 01.07.046-Grupperom, mellomstort | 17,6 | 10 | 8 | 20 | | | 500 | 93,5 | Møterom, 8-16 mlvarierende samt. | 08-16 | | Forelesninger | |
| 01-06-005-Undervisningsrom | 77,0 | 30 | 8 | 20 | | | 1200 | 62,5 | Forelesninger | 08-16 | | Forelesninger | |
| 01.08.027-Lab, steril | 77,7 | 12 | 8 | | | | | 20,4 | Forelesninger | 08-16 | | | |
| 01.05.001-Auditorium, 300 plasser | 361,1 | 300 | 10 | 20 | | | 23 900 | 159,3 | Forelesninger | Forelesninger | | Forelesninger | |
| 01.03.007-Arbeidsrom + 01.04.004 Lesesal,åpen | 235,8 | 58 | 8 | 20 | | | | 32,6 | Kontorlandskap, 8-16 mlvarierende samt | 08-16 | Kontorlandskap, 8-16 mlvarierende samt. | | |

Tabell C-8-1: Oversikt over interne varmetilskudd lagt til grunn for simuleringene

Varmer fra personer er forutsatt til å være 80 Watt per person. I kontorarealer er det forutsatt PC-utstyr per faste arbeidsplass på 120 Watt. Dette tilsvarer eksempelvis en laptop med 2 skjermer. I lesesaler samt møte-, gruppe- og undervisningsrom er det forutsatt at brukerne medbringer egen laptop på 20 Watt.

Størrelse på internvarme fra øvrig utstyr er satt ut i fra den informasjon som prosessen på brukerutstyr som RIEn har hatt gående opp mot brukerne og utstyrsrådgiver har gitt så langt. Forutsatte effekter på AV-utstyr er satt i samsvar med rådgiver på AV-utstyr. De interne laster vil naturligvis på nåværende tidspunkt være beheftet med til dels stor usikkerhet i enkelte rom. Her kan en del av byggets laboratorierom trekkes særskilt frem.



Figur C-1: Forutsatte tidsplaner og samtidighet på de forutsatte varmelaster.

Tabell C-2 viser en oversikt over de tekniske driftsparametere som er lagt til grunn for ventileringen av de ulike beregningssoner.

| Name | BRA m ² | Settpunkt oppvarming °C | Settpunkt kjøling °C | Styring av ventilasjon i simulering | Nominell luftmengde m ³ /hm ² | Driftstid ventilasjon sentralt | Tilluftstemperatur til rom sommer/vinter | Kommentar |
|---|--------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------------------|---|--------------------------------|--|--|
| 06.02.101-Kontorlandskap(Utsnitt fasade SØ) | 107,7 | 20 | 22 | VAV, temp+CO2 control | 20 | 06-22 | 18/21 | |
| 06.01.073-Cellekontor | 9,9 | 20 | 22 | VAV, temp+CO2 control | 15 | 06-22 | 18/21 | |
| 06.01.029-Cellekontor | 10,2 | 20 | 22 | VAV, temp+CO2 control | 15 | 06-22 | 18/21 | |
| 06.06.002-Møterom | 20,0 | 20 | 22 | VAV, temp+CO2 control | 25 | 06-22 | 18/21 | |
| 01.06.003-Undervisningsrom | 65,2 | 20 | 22 | VAV, temp+CO2 control | 25 | 06-22 | 18/21 | |
| 01.07.016-Grupperom, lite | 9,4 | 20 | 22 | VAV, temp+CO2 control | 20 | 06-22 | 18/21 | |
| 06.02.101-Kontorlandskap(Utsnitt mot lysgård) | 30,3 | 20 | 22 | VAV, temp+CO2 control | 20 | 06-22 | 18/21 | |
| 01.08.009-Kurslab, mikrobiologi | 233,6 | 20 | 22 | VAV, temp+CO2 control | 25 | Døgnkontinuerlig | 22 | 3 avtrekkskap på totalt 1800 m ³ /h |
| 01.08.004-Kurslab, generell uorganisk/organisk kjem | 182,3 | 20 | 22 | Typisk driftsmønster avtrekkskap | 97 | Døgnkontinuerlig | 22 | |
| 07.08.002-Lager | 28,8 | 20 | 22 | VAV, temp. control | 10 | Døgnkontinuerlig | 22 | |
| 02.03.002-Lab,instrument | 114,7 | 20 | 22 | VAV, temp+CO2 control | 29 | Døgnkontinuerlig | 22 | 3 avtrekkskap på totalt 3300m ³ /h |
| 01.07.046-Grupperom, mellomstort | 17,6 | 20 | 22 | VAV, temp+CO2 control | 25 | Døgnkontinuerlig | 22 | |
| 01-06-005-Undervisningsrom | 77,0 | 20 | 22 | VAV, temp+CO2 control | 25 | Døgnkontinuerlig | 22 | |
| 01.08.027-Lab, steril | 77,7 | 20 | 22 | VAV, temp+CO2 control | 25 | Døgnkontinuerlig | 22 | 12 stk. sikkerhetsbenker med 160 m ³ /h friskluft pr benk |
| 01.05.001-Auditorium, 300 plasser | 361,1 | 20 | 22 | VAV, temp+CO2 control | 41 | 06-22 | 18/21 | |
| 01.03.007-Arbeidsrom + 01.04.004 Lesesal,åpen | 235,8 | 20 | 22 | VAV, temp+CO2 control | 25 | 06-22 | 18/21 | |

Tabell C-2: Forutsatte tekniske driftsparametere for ventilasjon i simuleringene

Tilluftstemperaturene som er presentert i tabell C-2 er temperaturen på tilluften i det den når det aktuelle rommet. For kontoraggregatene er det forutsatt 1 °C temperaturøkning over viften som gjør at tilluftstemperatur sentralt blir 17/20 °C i stedet for de 18/21 °C som er forutsatt ut i rommet. P.g.a. de store luftmengder som forsynes av laboratorieaggregater er det her ikke forutsatt noen temperaturøkning av betydning på tilluften grunnet viften.