

NOTAT

OPPDRAG	Nytt Vestre Viken Sykehus	DOKUMENTKODE	126870-RIV-NOT-004
EMNE	Systemløsninger for klimaanlegg	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	Vestre Viken HF	OPPDRAGSLEDER	Helle Basse Larsen
KONTAKTPERSON		SAKSBEH	Rolf M. Åkredalen
KOPI		ANSVARLIG ENHET	Cura ved Multiconsult AS

SAMMENDRAG

Notatet omhandler kriterier og parametere som påvirker valg av klimasystem. Videre behandler notatet ulike løsninger, systemvalg og premisser for klimaanleggene ved Vestre Viken sykehus.

1 INNLEDNING

Valg av klimasystem for sykehus har i dag stort fokus på luftkvalitet og ventilasjonseffektivitet. Mens valg av klimasystem og luftmengder tidligere primært har vært basert på termiske komfortkriterier er det i dag stort fokus på sykehusinfeksjoner og krav til renhet. Dette stiller strenge krav til friskluften med hensyn på partikkelinnhold og forurensninger. Dette medfører at valget av klimasystem i tillegg til å håndtere termisk komfort, også må ivareta luftkvalitet og ventilasjonseffektivitet. Klimasystemet skal samtidig være mest mulig energieffektivt.

Den første delen av notatet omhandler klimasystem generelt og den siste delen omhandler våre anbefalinger for de ulike funksjonsarealene i Nytt Vestre Viken sykehus.

1.1 Prosjektforutsetninger

De klimatekniske installasjonene skal oppfylle kravene til klima og komfort i gjeldende Plan- og bygningslov, krav definert i Arbeidstilsynets veiledning, 444 om klima og luftkvalitet, samt

”Anbefalte faglige normer for inneklimate” fra Folkehelseinstituttet. For spesielle aktiviteter og funksjoner skal gjeldende dekkende lover, forskrifter og veiledninger legges til grunn. (Isolater, spesiallaboratorier, apotekproduksjon/GMP, OP-avdeling, sterilsentraler etc.).

Videre skal de valgte klimasystemvalgene være tilpasset og samkjørt med overordnet teknisk program for prosjektet (OTP).

I rom hvor det arbeides med smitte- og helsefarlige stoffer skal det forutsettes utstrakt bruk av beskyttelsesventilasjon for å ivareta sikkerheten og personbeskyttelsen. Riktig bruk og valg av

00	30.04.15	Notat klimasystemer	RMÅ	GGB	GD
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

utstyr for beskyttelsesventilasjon vil ofte redusere behovet for allmenventilasjon i arealene, samtidig som det kan påvirke energibruken betydelig.

2 PARAMETRE FOR VALG AV KLIMASYSTEM

2.1 Fleksibilitet / Generalitet

Sykehusbygg må generelt være utformet slik at det både strukturelt og teknisk er tilpasningsdyktig i forhold til endringer gjennom byggets levetid. Stadig nye endringer i den medisinske virksomheten, nye behandlingsformer og nytt medisinteknisk utstyr stiller store krav til generalitet og fleksibilitet for både bygg og tekniske installasjoner. Samtidig er det slik at ikke alle typer arealer krever dette samme grad. Det er derfor viktig at de prioriterte arealer med hensyn til fleksibilitet og generalitet defineres konkret i prosjektet. I OTP er det angitt at de konkrete kravene til fleksibilitet og generalitet skal avklares i konseptfasen.

For tekniske anlegg generelt, og klimaanleggene spesielt, handler fleksibilitet i første rekke om tilstrekkelig plass for fremføringer og plass i tekniske sentraler for ombygging og suppleringer. Nøkkelord her er tilstrekkelig etasjehøyder og sjaktarealer.

Erfaringsmessig er det klimaanleggene i behandlingsavdelinger, billeddiagnostikk og laboratorier som har behov for størst fleksibilitet. Tekniske rom/tekniske arealer i overliggende etasje, vil i de fleste tilfeller være løsningen på kravet til fleksibilitet for denne type funksjonsareal. Denne løsningen gir ikke bare store fordeler i byggets brukstid, men gir også betydelige fordeler både i planleggings- og byggefasen. OTP angir at en målsetting må være at ombygging må kunne foregå uten å forstyrre sykehusdriften i vesentlig grad. Dette gjelder i høyeste grad også for de tekniske løsningene.

Tekniske rom for behandlingsarealene er hovedsakelig lagt i 3. etg, delvis direkte over teknisk krevende arealer (OP, lab, Intensiv). Dette er en god løsning som også gir mulighet for horisontale hovedføringer i det tekniske rommet (TME), samtidig som man sikrer god fleksibilitet for fremtidige endringer og nye installasjoner til de ulike behandlingsarealene.

Videre vil klimasystemets oppbygging og struktur ha stor betydning for anleggets fleksibilitet. Generelt bør anleggene i størst mulig grad være sentrale og generelle, med lokal tilpasning/ etterbehandling for spesielle rom og funksjoner. Dette må imidlertid samtidig vurderes opp mot ønske om å benytte varmegjenvinnere med best mulig virkningsgrad og lave SFP-verdier.

2.2 Investeringskostnader. Drifts- og vedlikeholdskostnader

Generelt er drift- og vedlikeholdskostnader for tekniske anlegg i sykehus høyere enn for andre typer bygg relatert til investeringskostnader. Dette gjelder også klimaanleggene. Hovedårsaken er lange driftstider i kombinasjon med relativt store luftmengder. Videre har deler av sykehus ofte relativt komplekse og avanserte anlegg, som igjen krever betydelig grad av oppfølging og vedlikehold.

Med denne bakgrunn bør derfor valg av klimasystem i sykehus i enda større grad enn ellers vektlegge FDV-kostnader fremfor investeringskostnader (LCC-beregninger).

Hovedelementer for å oppnå lave FDV-kostnader for klimasystemene er;

- Optimalisert energibruk
- Generelle og mest mulig standardiserte løsninger og komponenter
- Tilpasset teknisk kompleksitet (til driftspersonell og brukere)
- Større og sentrale anlegg med mest mulig standardisert oppbygging.
- Et tilpasset og brukervennlig SD-anlegg for overvåking og styring av klimasystemene.
- Tilstrekkelig plass og tilkomst til tekniske installasjoner for å utføre kontroll og vedlikeholdsarbeider.

2.3 Energibruk

Ved valg av klimasystem vil krav til energibruk være en viktig parameter. OTP legger til grunn at sykehuset skal utformes slik at overordnede krav til et miljøriktig sykehus ivaretas. Sykehuset vil bli underlagt krav om energidokumentasjon og energisertifisering. OTP legger opp til at bygget skal tilfredsstillende energiklasse A, iht. energimerkeordningen.

De viktigste parametre som påvirker klimasystemets energibruk er;

- Type varmegjenvinning på luftbehandlingsanleggene
- Byggets utforming, glassfasader, varmetapstall etc.
- Omfang av behovsstyrt ventilasjon
- SFP-faktor luftbehandlingsanlegg
- Styring og regulering av anlegget generelt, og på romnivå spesielt
- Behov/omfang av lokal klimatisering

I tillegg vil valg av type utstyr for beskyttelsesventilasjon, spesielt i laboratorier ha vesentlig betydning for energibruken.

Av ovennevnte parametre vil valg av type varmegjenvinner være det som vil påvirke energibruken i størst grad. Samtidig vil dette også i stor grad påvirke klimaanleggets og luftbehandlingsanleggets struktur og systemoppdeling. Roterende varmegjenvinner har en gjenvinningsgrad(temperatur) på typisk ca. 80 – 85 %, plategjenvinner ca. 55 – 65 % og batterigjenvinner ca. 50 – 55 %.

Bruk av roterende varmegjenvinner kan medføre fare for overføring av forurensninger fra avtrekksluft til tilluft. Luftbehandlingsanlegg med roterende gjenvinner vil være avhengig av mer tilpasning eller oppdeling iht. type aktivitet og rom, og reduserer fleksibiliteten i arealene.

Batterigjenvinner har helt adskilte installasjoner for friskluft og avtrekksluft og har derfor ingen fare for overføring av forurensninger. Ved bruk av batterigjenvinner vil luftbehandlingsanleggene kunne lages mer generelle og mer fleksible. På grunn av dårligere gjenvinningsgrad vil imidlertid denne løsningen bli mindre energieffektiv.

En plategjenvinner vil i prinsippet være en mellomløsning i forhold til de to overnevnte prinsippene. Den har mindre risiko for overføring av forurensninger enn en roterende gjenvinner (kan ha lekkasjer) og noe bedre virkningsgrad enn en batterigjenvinner.

Et annet alternativ kan være bruk av batterigjenvinner i kombinasjon med en varmepumpe. Dette vil ivareta kravene både til unngå overføring av forurensninger, og en god gjenvinningsgrad. (Virkningsgrad ca. 75 – 80 %)

I forbindelse med utbyggingen av St. Olavs hospital i Trondheim, utførte SINTEF en studie av bruk av roterende varmegjenvinner i sykehussammenheng. Studien konkluderte med at bruk av roterende gjenvinnere ble anbefalt brukt i større omfang enn det som tradisjonelt har vært benyttet i norske sykehus.

Da valget av type varmegjenvinner er av vesentlig betydning både for systemoppbygging av klimaanlegg, fleksibilitet og for å oppnå et mest mulig energieffektivt sykehus, vil dette bli behandlet i et eget notat.

2.4 Omfang og krav til individuell romregulering

Omfanget og krav til individuell temperaturregulering vil påvirke klimasystemets oppbygging og oppdeling. Kravene vil også kunne påvirke valg av ventilasjonsprinsipp i forskjellige rom/arealer. Ulike ventilasjonsprinsipper har ulike behov for individuell romregulering. OTP angir bruk av behovsstyring som et tiltak for å oppnå energiriktig drift.

Behovsstyring gir imidlertid også større mulighet for å kunne tilfredsstille krav om individuell temperatur-/romregulering i en del arealer og rom. Dette vil i første rekke gjelde generelle rom hvor luftmengde kan reguleres etter temperatur/ CO_2 (typisk rom med luftmengde $>300 \text{ m}^3/\text{h}$). Dette kan bety redusert behov for å ha et eget klimakjølesystem som styres individuelt i rom med krav til klimaregulering. I undersøkelses- og behandlingsrom forutsettes behovsstyring primært basert på tilstedeværelsesstyring. Her vil temperaturregulering gjøres med lokalt varmeelement (radiator). Temperaturregulering i behandlings- og undersøkelsesrom som er plassert i kjernearealer, uten romoppvarming, foreslås løst med ettervarme i primærluften.

Det foreslås individuell temperaturregulering i alle rom med varmeelement/radiator med tilknytning til SD-anlegg. I kjølemodus er det forutsatt at en generelt skal ha individuell temperaturregulering på romnivå. I rom som får lokal kjøling foreslås det individuell temperaturregulering.

Generelt er installasjon av individuell temperaturregulering relativt kostnadsdrivende. Omfanget bør derfor ses i nær sammenheng med behovsstyring og krav til et forsvarlig inneklima i det enkelte rom.

2.5 Luftkvalitet, termisk komfort

Sykehus er institusjoner som er sammensatte og komplekse både med hensyn på medisinske tjenester, bygninger og tekniske installasjoner. Dette medfører tilsvarende utfordringer og krav til ventilasjon og luftkvalitet.

Funksjoner og behov for ulike pasientgrupper og ansatte, må ivaretas for å sikre et forsvarlig inneklima og forebygge helserisiko knyttet til helsefarlige forurensninger (kjemikalier etc.) og smitterisiko.

Med bakgrunn i funksjonen til sykehus må en så god luftkvalitet og godt inneklima som praktisk mulig være en grunnleggende forutsetning i behandling og restituering av syke mennesker.

Dette betyr at klimasystemet må være tilpasset for å kunne tilfredsstille ulike krav til luftkvalitet og temperatur i avdelinger og rom. Dette krever luftbehandlingssystemer med god ventilasjonseffektivitet og god filtrering. Det må stilles strenge krav til innvendig renhet i luftbehandlingssystemene, samt at anleggene må kunne rengjøres på forsvarlig måte.

I tillegg til at varme- og evt. kjøleinstallasjonen i de ulike rommene må ha tilstrekkelig kapasitet til å gi et godt termisk inneklima, må installasjonene være slik utformet at de ikke akkumulerer støv og forurensninger. Kondensering må elimineres.

Riktig trykkforhold mellom ulike rom/avdelinger må opprettholdes også ved luftmengderegulering. Korrekte trykkforhold hindrer krysskontaminering mellom rom/avdelinger.

3 LUFTFØRINGSPRINSIPPER/VENTILASJONSPRINSIPPER

3.1 Generelt

Valg av ventilasjonsprinsipp påvirker oppdeling og oppbygging av klimasystemet. Ulike ventilasjonsprinsipper stiller bl.a. ulike krav til temperaturregulering både sentralt og lokalt, samt ulike behov for individuell temperaturregulering.

For generell ventilasjon er to ulike ventilasjonsprinsipper aktuelle; Omrøringsventilasjon og fortrenningsventilasjon.

3.2 Omrøringsventilasjon

Ved omrøringsventilasjon forsøkes det å oppnå full luftomrøring i hele romvolumet. Typisk for dette ventilasjonsprinsippet er at luften tilføres med høy hastighet slik at den må tilføres utenfor og oftest over oppholdssonen, i praksis oppunder taket, for å skape størst mulig induksjon og omrøring. Målsetningen er å få utjevnet temperatur- og forurensningsgradienter slik at det oppnås mest mulig lik temperatur- og forurensningskonsentrasjon i hele romvolumet.

Ventilasjonseffektiviteten for denne type ventilasjon er teoretisk lik 1. I praksis oppnås verdier fra ca. 0,6 – 1,0. Omrøringsventilasjon har følgende hovedkarakteristika:

Fordeler;

- Prinsippet har høyere kjølekapasitet enn fortrenningsventilasjon ved moderate takhøyder <2,5 m.
- Bedre ved krav til stor nøyaktighet på temperaturregulering og fast luftmengde. Dette p.g.a. mulighet for lavere tilluftstemperatur.

- Lite avhengig av innredning og plassering av arbeidsplasser i rommet
- Kan benyttes til oppvarming
- God fleksibilitet ved ombygninger
- Stort utvalg av ventiler
- Nærsonen ligger utenfor oppholdssonen

Ulemper;

- Prinsippet har større behov for individuell temperaturregulering/soneregulering p.g.a. liten selvregulerende effekt
- Begrenset ventilasjonseffektivitet
- Redusert effektivitet ved store takhøyder
- Risiko for støy og trekk
- Avhengig av å tilpasses til andre installasjoner i tak/himling
- Tilluftventil krever mer nøyaktig plassering i rommet/himling

3.3 Fortrengningsventilasjon

Ved fortrengningsventilasjon tilføres luften direkte til oppholdssonen med lav hastighet/impuls. Dette skjer som oftest med ventiler plassert nær gulvet. Alternativt kan spesielle lavimpuls ventiler monteres i eller oppe ved tak. Temperaturen på den tilførte friskluften bør være svakt undertemperert i forhold til romtemperaturen.

Luftføringsprinsippet baserer seg på at den tilførte luften skal fortrenge bruktluft og ikke blande seg med den.

På grunn av temperatursjiktning vil romvolumet deles i 2 soner, med en oppholdssone nederst hvor forurensningskonsentrasjonen og temperaturen vil være lavere enn i en øvre sone ved taket. Ventilasjonsprinsippet bidrar til å forbedre luftfornyelsesprosessen og evnen til å fjerne forurensninger ved å opprettholde en gunstig konsentrasjonsgradient i rommet sammenlignet med omrøringsventilasjon.

Fortrengningsprinsippet er et svært effektivt ventilasjonsprinsipp. Ventilasjonsanlegg med et slikt prinsipp vil ha ventilasjonseffektivitet > 1 . Praktiske verdier i rom med moderate takhøyder vil være fra 1 – 1,5. Ved større takhøyder vil effektiviteten kunne være betydelig høyere.

Fortrengningsventilasjon har følgende hovedkarakteristika:

Fordeler;

- Prinsippet har stor temperatur- og belastningsfleksibilitet p.g.a. stor selvregulerende effekt
- På grunn av stor selvregulerende effekt vil behovet for sonedeling ofte kunne sløyfes. Videre medfører dette enklere temperaturregulering med felles tillufttemperatur for flere rom med ulik belastning

- Prinsippet har relativt større kjølekapasitet (ved samme tilluftstemperatur), og krever derfor mindre kjøleinstallasjoner enn omrøringsventilasjon
- Større frikjølekapasitet som medfører mindre energibruk til kjøling. Høyere tilluftstemperatur medfører i tillegg mindre energibruk til avfuktning ved kjøling.
- Svært god ventilasjonseffektivitet
- Lydsvakt
- Mindre fare for trekk ved riktig valgt og plassert ventil
- Lavere turbulensintensitet enn omrøringsventilasjon
- De fleste ventiler har svært lavt trykkfall, noe som medfører redusert bruk av vifteenergi
- Tilluftsentil stiller ikke krav til tak eller himlingsutforming
- Kan monteres både i/ved tak eller i/ved gulv

Ulemper;

- Nærsonen ligger i oppholdssonen. Dette kan bety noen begrensninger i møbleringsfrihet og plassering av fast personopphold. (nærsoneproblematikk) Mer sårbar ved feilplassering og endring av innredning enn omrøringsventilasjon.
- Lite egnet til oppvarming
- Ikke egnet til bruk i rom med krav til stor nøyaktighet på temperaturreguleringen
- Stiller strengere krav til korrekt tilluftstemperatur
- Større kvalitetskrav til tilluftventil
- Mindre utvalg av gode tilluftventiler
- Krever nærmere samarbeid med arkitekt i planleggingsfase
- Ved bruk av fortrenningsventiler for innfelling kreves mer koordinering ved oppsetting av vegger på byggeplass.
- Ved plassering må veggens brann og lydkrav ivaretas
- Mindre fleksibelt med hensyn til endring av romfunksjoner

4 KLIMASYSTEMLØSNINGER

4.1 Generelt

Vurderte klimasystem gjelder for overordnede hoved- eller grunnsystem som hovedsakelig betjener rom uten definerte særkrav som gjelder temperatur, luftkvalitet eller personsikring. Rom med denne type krav vil normalt få egne tilpassede systemløsninger og anlegg. (Op.stuer, isolater, renrom/GMP-krav, laboratorieventilasjon/spesiallaboratorier, røykventilasjon, trykksetting etc.).

Ideelt bør oppvarming, kjøling og ventilasjon gjøres med separate installasjoner i det enkelte rom. Dette gjør at hver enkelt klimainstallasjon kan optimaliseres og tilpasses for sin funksjon. Denne løsningen krever en god reguleringsfilosofi og tilpasset automatisering for samkjøring av installasjonene.

4.2 Oppvarming

I rom med oppvarmingsbehov pga. transmisjons-/infiltrasjonstap mot ytterflater, foreslås oppvarming i all hovedsak med radiator plassert på yttervegg/under vindu. Radiatoren bør være utformet slik at det er liten mulighet for deponering av støv og forurensninger og være lett å rengjøre.

Radiatorer bør ha plane flater og primært være uten konveksjonsribber. Konvektorløsninger bør unngås i størst mulig grad, da dette er lite forenlig med krav til renhet og enkel rengjøring. Pådraget samkjøres med eventuelt andre klimainstallasjoner i rommet via et felles feltbus styringssystem for styring, regulering og overvåkning.

I kjernerom hvor det kan være behov for tilleggsvarme pga. aktivitet og bruk i undersøkelses- og behandlingsrom etc. kan ettervarmebatteri i ventilasjonskanal være aktuelt.

4.3 Lokal kjøling

Generelt vil kjølebehov i rommene bli forsøkt begrenset mest mulig via gode fasade- og skjermingsløsninger for eksterne varmebelastninger. Intern varmebelastning forsøkes generelt begrenset ved valg av utstyr med lav varmeavgivelse, samt lokale løsninger som innbygging og lokale avtrekk etc. som hindrer varmetilskudd til hele lokalet.

Dersom gode løsninger oppnås på ovennevnte, vil behovet for lokal kjøling kunne reduseres ut fra et klimateknisk synspunkt. Det er likevel behov for lokalkjøling i enkelte rom pga. store interne varmebelastninger, dette omtales ofte som prosesskjøling. Videre vil enkelte spesielle rom ha behov for særskilt nøyaktig temperaturregulering og vil derfor få installert lokal kjøling.

Lokalkjøling kan teknisk løses på ulike måter:

- Lokal romkjøler (fancoil)
- Kjølekonvektor
- Kjølehimling
- Etterkjølebatteri i tilluftskanal
- Temperaturregulert luftmengderegulering (VAV)

Lokal romkjøler

Dette er en installasjon som primært benyttes i lokaler med spesielt store varmelaster, som oftest generert av teknisk utstyr i rommet. Romkjøler er i utgangspunktet lite egnet for bruk i rom med fast personopphold pga. støv- og trekkproblemer. Videre er disse installasjonene basert på resirkulering av romluft, som også er uheldig for luftkvaliteten i rommet. Benyttes primært i tekniske arealer med begrenset personopphold. Romkjølere tilknyttes byggets isvannssystem. Romkjøleren styres og reguleres med en egen lokal temperaturføler og hastighetsregulator. Hvis det er en radiator i rommet reguleres romkjøleren i sekvens med denne.

Kjølekonvektor

Konvektoren er bygd opp av kobberør med aluminiumsfinner som er montert inn i en lakkert innkassing/ramme. Kjølekonvektoren kan monteres fritthengende i rommet eller innfelt i himlingen.

Kjøleavgivelsen fra en kjølekonvektor kan enten baseres på egen konveksjon av romluft, eller tvungen konveksjon hvor primærluft fra luftbehandlingsanlegget tilføres gjennom en luftspalte i konvektoren, samtidig som romluft blir indusert inn i kjølekonvektoren (induksjonsapparat). Store luftmengder blir satt i bevegelse i rommet med sistnevnte løsning, med tilhørende økt risiko for trekkproblemer.

Konvektoren tilknyttes ofte isvannssystem med høyere vanntemperaturer enn øvrige kjøleinstallasjoner. Dette for å unngå kondensproblematikken. Turtemperaturen til kjølekonvektorer må reguleres iht. fuktinnholdet i romluften.

Kjølekapasiteten på kjølekonvektoren reguleres via 2-veis motorventil og temperaturføler i rommet og styres normalt i sekvens med romoppvarmingen.

Kjølekonvektoren akkumulerer over tid støv og forurensninger fra romluften som avleires på finner og rør i konvektoren. Sammen med risiko for kondensering, medfører dette at det er behov for regelmessig rengjøring av konvektoren. Kjølekonvektor anbefales derfor ikke installert i lokaler med krav til renhet og luftkvalitet.

Kjølehimling/kjøletak

Dette er et prinsipp hvor metallhimlinger eller himlingsflåter kjøles ned og deretter avgir kjøleeffekt til rommet. Størstedelen av kjøleeffekten overføres ved stråling, ca. 70 %. I prinsippet kan kjølehimlingen kjøles ned på to ulike måter;

- Kjølt luft slippes ut over himlingen, hvor rommet over himlingen fungerer som et trykkammer.
- Himlingen kjøles av isvann som sirkulerer i rørsøyfer som klipses fast til himlingspanelene.

Løsningen med isvann i rørsøyfer er den mest vanlige å bruke i forbindelse med kjølehimlinger. Systemet gir en tilnærmet optimal termisk komfort, da størstedelen av effekten avgis ved stråling, og faren for trekk/store luftbevegelser er minimalisert. Systemet er svært lydsvakt. Luftkvaliteten i rommet blir ikke påvirket av denne løsningen, da himlingen vil være tett/lukket. Systemet kan kombineres både med omrøringsventilasjon og fortrenningsventilasjon.

Ulempen med systemet er at det er lite fleksibelt både ved bygningsmessige endringer og for tilkomst over himlingen. Ved en typisk løsning vil imidlertid ikke hele himlingen være kjølehimling.

Systemet styres og reguleres som kjølekonvektorer og i sekvens med oppvarming av rommet.

Etterkjølebatteri i primærluftkanal

Dette er en løsning som kan benyttes generelt i alle typer rom, men fortrinnsvis i rom med større luftmengder $> 300 \text{ m}^3/\text{h}$, samt i rom med krav til renhet og god luftkvalitet. Løsningen er derfor spesielt godt egnet i undersøkelses- og behandlingsrom.

Prinsippet baserer seg på at forbehandlet friskluft etterbehandles i lokalt kjølebatteri montert i tilluftskanalen til det aktuelle rommet. Trykkfallet i batteriet må være lavt, slik at det ikke påvirker utbalansering av anlegget. Fordelen med løsningen er at man her bare behandler ren primærluft. Luftmengden bestemmes av kjølebehovet eller krav til luftkvalitet. Vanntemperatur tilpasses slik at kondens unngås.

Systemløsningen kan også videreutvikles til å omfatte ettervarmebatterier for ettervarme av kjernerom som ikke har radiator eksempelvis undersøkelsesrom, døgnekspedisjoner og vaktrom. Prinsippet kan benyttes både for omrørings- og fortrenningsventilasjon.

Løsningen gir også mulighet til å blande omrørings- og fortrenningsventilasjon i samme luftbehandlingssystem fordi tillufttemperaturen kan endres lokalt. Systemet er fleksibelt mht. ettermontering/supplering, da batteriet ikke må monteres direkte i det aktuelle rommet. Systemet styres og reguleres via motorventil og lokal temperaturføler, eventuelt i sekvens med radiator.

Temperaturstyrt luftmengderegulering, VAV (se også pkt.4.4)

I rom med behovsstyring vil behovet for fjerning av varmeoverskudd/kjølebehov kunne løses ved å regulere luftmengden i rommet styrt av romtemperaturen. Dette forutsetter imidlertid at kombinasjonen av tilstrekkelig luftmengde og riktig tillufttemperatur er til stede. Dimensjoneringen av luftmengden i rommet vil derfor ofte bli bestemt ut i fra kjølebehovet i rommet.

Regulering av luftmengden basert på romtemperatur må gjøres slik at nødvendig friskluftmengde for å opprettholde god luftkvalitet og renhet i rommet ivaretas. Prinsippet med å dekke lokalt kjølebehov med regulering av luftmengde, vil være en relativt rimelig løsning under forutsetning av at behovsstyrt ventilasjon i rommet allerede er valgt.

Spesielt ved omrøringsventilasjon vil temperaturstyrt luftmengderegulering stille spesielle krav til valg av tilluftventiler.

Styring og regulering av systemet kjøres i sekvens med eventuell oppvarming som de øvrige alternativene.

4.4 Luftbehandlingsanlegg

Luftbehandlingsanleggets primære oppgave i et klimasystem er å ventilere og sikre god luftkvalitet. Ofte blir imidlertid luftbehandlingsanlegget også benyttet til klimatisering. I første rekke gjelder dette ved behov for fjerning av overskuddsvarme. I tillegg til sentral kjøling av lufta kan anlegget benyttes på ulike måter som beskrevet i pkt. 4.2 og 4.3 til lokal klimatisering. Som beskrevet i

avsnitt 4 vil luftbehandlingsanleggets evne og kapasitet til klimatisering være avhengig av valgt ventilasjonsprinsipp. Videre vil valg av type varmegjenvinningssystem påvirke systemoppdeling og oppbygging av luftbehandlingsanleggene i stor grad.

Ideelt sett ønsker man et luftbehandlingsanlegg som har en mest mulig fleksibel struktur både mhp. ulike klimatiseringsprinsipper, romfunksjoner og behandlingsformer. Dette tilsier generelt oppbygde anlegg med muligheter for lokal tilpasning/etterbehandling for spesielle rom og funksjoner.

Ved valg av varmegjennvinnere med adskilte luftstrømmer vil også ulike typer av utstyr for beskyttelsesventilasjon kunne kobles direkte til ventilasjonsanleggets avtrekksside. Man slipper da å etablere egne separate systemer som i de fleste tilfeller blir ført ut av bygget uten noen form for varmegjenvinning.

For å oppnå bedre energieffektivitet i bygget vil det bli benyttet roterende varmegjennvinner i deler av sykehuset. Det er da viktig at man i størst mulig grad kan samle rom og aktiviteter som kan ha denne type gjenvinning. Dette for å unngå at man må ha to separate, uavhengige luftbehandlingsystemer inn i samme område. Dette vil både være plasskrevende og driftsmessig uheldig.

Oppdelingen og strukturen på luftbehandlingsanlegget må også ivareta behovet for tidsstyring av ulike arealer og soner.

4.5 Styring og regulering av klimasystem

All klimastyring og regulering både sentralt og på romnivå foreslås tilknyttet et sentralt driftskontrollanlegg for sentral styring og overvåkning. Omfanget av romstyring vil være avhengig av krav til individuell temperaturregulering og behovsstyring.

Romreguleringen legges opp for mest mulig energioptimal drift, samtidig som krav til temperatur og luftkvalitet ivaretas. Generelt skal varme- og kjølepådrag i rommet kjøres i sekvens.

Ved luftkvalitetsregulering etter CO₂, skal denne overstyre eventuell luftmengderegulert temperaturregulering. Temperaturreguleringen av rommet vil da bare styres av varmepådraget.

I enkelte rom med tilstedeværelsesstyring foreslås det at temperaturgrensene justeres ved fravær for energisparing. Grensene må tilpasses slik at når rommet skal tas i bruk, bør temperaturforholdene i rommet være akseptable. Ved tilstedeværelsesstyring og klimatisering ved luftmengderegulering skal systemet gå direkte fra grunnventilasjon til min. friskluftmengde i rommet ved ankomst.

Ved behovsstyrt ventilasjon vil det benyttes ulike prinsipper for anleggsoppbygging/struktur for å ivareta forholdene mellom rom/arealer med varierende luftmengde og rom med konstant luftmengde. Ulike prinsipper vil være; Konstant volumenheter, sonereguleringer og separate eller oppdelte kanalsystemer.

I rom med spesialavtrekk/punktavtrekk etc., med av/på-styring, må det installeres utstyr og automatikk som ivaretar luftmengdebalanse og trykkforhold i de aktuelle rommene.

Teknisk løsning av romregulering vil bli nærmere beskrevet i eget notat.

5 Forslag til klimasystem for Nytt Vestre Viken sykehus

5.1 Generelt

Foreløpig foreligger det svært begrenset underlag på plantegninger med fysisk plassering av rom og hovedfunksjoner. Forslag til hovedprinsipper er derfor basert på generelle betraktninger knyttet til byggkategori, funksjon og romtype. Av samme grunn er det heller ikke foreløpig sett på konkret systemoppdeling av klimaanleggene.

Forslag til løsninger gjelder primært for hovedarealer og typiske rom med personopphold.

Forslag til systemløsninger har som utgangspunkt at det ikke er et generelt krav til individuell temperaturregulering i alle oppholdsrom ved kjølebehov.

Romregulering

I rom med behovsstyring f.eks. luftmengde $> 300 \text{ m}^3/\text{h}$ vil VAV og radiator styres i sekvens fra romtemperaturføler, med overstyring fra CO_2 -føler. Romstyringen tilknyttes feltbusanlegg. Dette vil i første rekke gjelde rom som ikke har behandlingsfunksjoner.

I øvrige rom reguleres romtemperatur med radiator styrt via romføler tilknyttet feltbus.

I rom med behov for prosesskjøling reguleres kjøle- og varmepådrag i sekvens, knyttet opp til feltbusanlegget. Dette gjelder også der hvor man har etterbehandling av primærluft med kjølebatterier.

I generelle undersøkelses-og behandlingsrom (UB-rom) installeres behovsstyring basert på tilstedeværelse. UB-rom som er plassert i kjernearealer som ikke har radiator får ettervarme montert i tilluftskanal, styrt av romføler. Romstyringen av UB-rommene tilknyttes feltbusanlegg.

Spesialrom eller områder som OP-stuer, isolater, smitteklassifiserte rom, spesiallaboratorier, apotekproduksjon etc. løses særskilt med hensyn på romregulering for å ivareta spesielle krav i det enkelte rommet.

5.2 Sengebygg

Rene sengeetasjer vil normalt ha sengeposter med høy belastning og tilnærmet kontinuerlig drift. Bruk av behovsstyring vurderes her til å være mindre aktuelt.

I sengerom kan både omrøring- og fortreningsventilasjon benyttes som ventilasjonsprinsipp. Ved å benytte fortreningsventilasjon vil en kunne redusere omfanget av etterbehandling og romregulering. Men med bakgrunn i erfaringer med ulemper nevnt i kap. 3.3 anbefales omrøringsventilasjon.

Spesielle vaktrom og ekspedisjoner bør ha individuell regulering med fortrinnsvis etterkjølebatteri i primærluften. Dersom rommene ikke har radiator bør det også monteres inn ettervarmebatteri i tilluften.

Eventuelle luftsmitteisolater i sengepostbygget klimatiseres fra eget luftbehandlingsaggregat. Både oppvarming og kjølig foreslås løst med primærluft.

Postkjøkken i sengebygget foreslås tilknyttet eget luftbehandlingsaggregat for omrøringsventilasjon og lokalt kjølebatteri i primærluftkanal til det enkelte kjøkken for klimatisering og regulering. Aggregatet får varmegjenvinner med helt adskilte luftstrømmer.

Sengeposter for barsel, for korttidsopphold, samt sengepost på akuttmottak kan i prinsippet løses som de generelle sengepostene.

5.3 Føde- og Neonatal avdeling

Fødestuer foreslås ventilert med omrøringsventilasjon med etterbehandling av primærluft.

Lystgassproblematikk i fødestuer må vurderes spesielt (spesialav sug). Øvrige arealer i avdelingen foreslås bruk av omrøringsventilasjon med etterbehandling etter behov, alternativt fortreningsventilasjon for å redusere omfanget og behovet for etterbehandling.

I nyfødtafdelinger er det rom med spesielle klimakrav. Her foreslås da etterbehandling av primærluft med varme- og kjølebatterier i kombinasjon med omrøringsventilasjon. Øvrige arealer får etterbehandling etter behov.

5.4 Poliklinikker

I poliklinikker kan både omrøring- og fortreningsventilasjon benyttes som ventilasjonsprinsipp. Ved å benytte fortreningsventilasjon vil en kunne redusere omfanget av etterbehandling og romregulering. Men med bakgrunn i erfaringer med ulemper nevnt i kap. 3.3 anbefales omrøringsventilasjon.

I rom med spesielle krav til temperaturregulering som i enkelte medisinske polikliniske behandlingsrom, samt Fys.med foreslås omrøringsventilasjon med mulighet for individuell regulering ved varme- og etterkjølebatteri i primærluftkanal.

Polikliniske avdelinger med "enkler" behandlinger, undersøkelser som f.eks. ØNH og Dialyse kan ha behovsstyrt ventilasjon regulert av temperatur og CO₂.

Gastroskopi og coloskopi får punktavsug i undersøkelsesrom, og spesialavtrekksbenker for desinfeksjon av skop.

5.5 Laboratoriearealer, Obduksjon, Apotekproduksjon

Klimasystemet for laboratoriet blir i stor grad påvirket av omfanget av laboratorievirksomhet og utstyr for beskyttelsesventilasjon.

Størstedelen av disse arealene er forutsatt betjent fra et laboratorieventilasjonsystem med behovsstyring. Systemet vil være svært fleksibelt og kan i tillegg til å betjene ulike laboratoriefunksjoner og arealer lett kunne modifiseres til å betjene de fleste typer rom også kontorer, møterom etc.

Systemet kan tilpasses for både fortreningsventilasjon og omrøringsventilasjon. Klimatisering av laboratoriearealer vil primært bli gjort ved luftmengderegulering og radiatorer eventuelt ettervarme i primærluftkanal i rom med varmebehov uten radiator.

Laboratorier med spesielt store kjølebehov løses med romkjølere dersom det er lite omfang av beskyttelsesventilasjon. Rom som i tillegg har installasjoner med avtrekksskap/-benker løses primært med forsert luftmengde styrt av temperatur og alternativt med etterkjølebatteri. Øvrige rom med krav til individuell temperaturregulering vil primært bli basert på luftmengderegulering.

Generelle bruksrom løses etter tilsvarende prinsipper som beskrevet for øvrige avdelinger.

Laboratoriearealer for nukleærmedisin får eget klimasystem utført iht. gjeldene forskrifter. Tekniske hovedprinsipper blir som for øvrige laboratoriearealer.

Obduksjonsavdeling bør ha luftbehandlingsanlegg med egen klimastyring. Ventilasjonsprinsipp blir lavimpuls ventiler i tak i obduksjonsarealer kombinert med fortrenning- eller omrøringsventilasjon i øvrige bruksrom.

Areal for apotekfremstilling får eget klimasystem tilpasset GMP-krav og renromsproduksjon. All klimatisering skjer via primærluft.

5.6 Behandlingsarealer, Operasjon, Intensiv, Mottak etc.

Behandlingsbygg kjennetegnes ved en rekke ulike funksjoner og romtyper innenfor samme avdeling/funksjonsareal. Dette gir spesielle utfordringer ved valg av klimasystem.

I utgangspunktet ville valg av fortrenningsventilasjon vært den beste løsningen for denne type problemstillinger. Forhold knyttet til praktiske utfordringer til plassering av ventiler pga. stor installasjons- og møbleringstetthet, i kombinasjon med ofte lavere himlingshøyder, gjør at det foreløpig foreslås å benytte omrøringsventilasjon som hovedprinsipp i disse arealene. Dette medfører oppdeling i flere ventilasjonssystemer tilpasset de ulike romtyper, temperaturnivåer og belastninger. Omfanget av oppdeling kan imidlertid reduseres ved å tilrettelegge for mer etterbehandling av primærluften.

Arealer for medisinsk overvåking, intensiv, oppvåking, observasjonspost o.l. får omrøringsventilasjon med individuell temperaturregulering basert på etterbehandling av primærluft.

Hver operasjonsstue får separat aggregat med individuell temperaturregulering. Stuene får omrøringsventilasjon eller LAF-ventilasjon avhengig av krav til renhet. Utstyr for beskyttelsesventilasjon i de ulike stuene tilknyttes avtrekk for generell ventilasjon eller egen avtrekksvifte.

Arealer for postoperasjon, oppvåking, forberedelse- og avviklingsrom for operasjon etc. løses med omrøringsventilasjon tilknyttet anlegg for generell ventilasjon. Eventuelle spesielle klimatiseringsbehov som desinfeksjonsrom o.l. løses med romkjøler.

Kontaktsmitteisolater foreslås tilknyttet generelt luftbehandlingsanlegg. Isolatet innreguleres med undertrykk.

Luftsmitteisolater løses med eget aggregat for ventilering og klimatisering tilsvarende som isolatene i sengepostavdelingene.

Akuttmottak, skadepoliklinikk og observasjonspost løses med omrøringsventilasjon. I rom med spesielle krav til temperaturregulering benyttes luftmengderegulering (VAV).

Akuttstue løses som en konvensjonell operasjonsstue.

Vaktrom, overvåkningsentraler, ekspedisjoner etc. får omrøringsventilasjon med individuell temperaturregulering via etterbehandling av primærluft.

5.7 Billeddiagnostikk, Radiologi, Stråleterapi

Billeddiagnostikk foreslås løst med omrørings- eller fortrenningsventilasjon avhengig av romfunksjon og romoppdeling. Røntgenlaboratorier som har store varmelaster og lokal romkjøler får omrøringsventilasjon. Arealene får behovsstyring via tilstedeværelsesdeteksjon.

MR krever særskilte løsninger spesielt med tanke på kjøling av maskinrom.

I stråleterapi kan det generelt velges omrøringsventilasjon eller fortrenningsventilasjon avhengig av romoppdeling o. l. I behandlingsrom benyttes omrøringsventilasjon med etterbehandling av primærluft for individuell temperaturregulering.

5.8 Psykiatri

I psykiatri kan både omrøring- og fortrenningsventilasjon benyttes som ventilasjonsprinsipp. Ved å benytte fortrenningsventilasjon vil en kunne redusere omfanget av etterbehandling og romregulering. Men med bakgrunn i erfaringer med ulemper nevnt i kap 3.3 anbefales omrøringsventilasjon.

Det foreslås behovsstyring basert på tilstedeværelse og eller tidsstyring i bruksrom hvor det ikke er døgnkontinuerlig drift.

I spesielle vaktrom, ekspedisjoner, samt møterom, grupperom, fellesrom etc. foreslås det individuell romregulering basert på luftmengderegulering i kombinasjon med radiator, eventuelt ettervarme i kanal. Kontorer foreslås løst som for øvrige avdelinger

5.9 Kontor- og administrasjonsarealer

Kontor- og administrasjonsarealer kan løses både med omrøringsventilasjon og fortrenningsventilasjon. Dette avhenger bl.a. av plassering i forhold til øvrige rom, fysisk utforming av rommet osv. Ved omrøringsventilasjon vil det kunne bli behov for soneoppdeling og eventuelt etterbehandling av primærluft.

Arealer med større luftmengder > 300 m³/h behovsstyres med VAV, regulert av temperatur og CO₂.

I kontorer benyttes konstant luftmengde, alternativt tilstedeværelsesstyring.

5.10 Undervisningsarealer, møterom, auditorier

Møterom, undervisningsarealer, auditorier etc. løses med fortrenningsventilasjon. Arealene får behovsstyring og temperaturregulering ved bruk av VAV styrt av temperatur og CO₂-føler. Enkelte

større rom uten radiatorer vil ha behov for ettervarmebatteri i primærluftkanal for å sikre at minimumstemperatur opprettholdes når rommet ikke er i bruk.

5.11 **Generelle felles arealer**

Vestibyle, resepsjon, kafeteria osv. vil få egen separate systemer som ikke er koblet sammen med rom med sykehusfunksjoner. Oppdeling av antall systemer vil avhenge av fysisk romoppdeling og plassering. Arealene foreslås hovedsakelig løst med behovsstyring regulert av temperatur og CO₂-føler. Generelt anbefales bruk av fortreningsventilasjon, bl.a. fordi man ofte har stor takhøyde i denne type arealer.

Imidlertid kan romutforming og plassering medføre at deler av arealene må løses med omrøringsventilasjon.

5.12 **Sevicearealer. Kjøkken, Sterilsentral, Garderober etc.**

Kjøkken, sterilsentral, garderober etc. løses med omrøringsventilasjon. Rom med spesielle kjølebehov får installert romkjøler. For øvrig ingen individuell regulering utover regulering på radiator.

Kjøkken får eget aggregat med egen temperaturregulering og omrøringsventilasjon. Avtrekk fra avtrekkshetter tilkobles samme system og valg av varmegjenvinner må tilpasses slik at en unngår overføring av fuktighet og lukt.

Sterilsentral foreslås generelt løst med omrøringsventilasjon. I rengjøringsrom i sterilsentral benyttes i tillegg romkjølere. Behov for spesiell filtrering (HEPA) og etablering av rene soner for sterilt lager og pakkerom må avklares. Individuell temperaturregulering i sterilt lager med etterkjøling i primærluftkanal og noe overtrykk.

Garderobeanlegg får omrøringsventilasjon med tilstedeværelsesstyring. Oppvarming via gulvvarme og eller radiatorer.