

Ballerup Rådhus - Indeklima

Naturlig ventilation til forbedring af termisk indeklima

Ballerup Kommune - Ejendomme

Dato: 31. maj 2024

Rev. 2: 27. juni 2024

Indhold

1	Resume	2
2	Baggrund	2
3	Målsætning og krav til det termiske indeklima	3
3.1	Praksis omkring renovering.....	3
4	Det overordnede løsningsforslag	4
4.1	Etablering af supplerende naturlig ventilation	4
5	Forudsætninger	5
5.1	Interne belastninger fra personer og udstyr	5
5.2	Interne belastninger fra belysning.....	6
5.3	Mekanisk ventilation	6
5.4	Naturlig ventilation.....	6
5.5	Simuleringsprogram og vejrdata	7
6	Udvalgte lokaler, som beregnes	8
7	Vinduer	10
8	Solafskærmning	15
9	Resultater	17
10	Forbedringskatalog for indeliggende mødelokaler	19

1 Resume

Ballerup Kommune har forespurgt analyse af forbedringsforslag for det termiske indeklima, som reducerer antallet af overtemperaturer ved at benytte automatisk styret solafskærmning og naturlig ventilation.

For kontorerne viser resultaterne, at temperaturen kan reduceres betydeligt ved brug af naturlig ventilation i forhold til de eksisterende forhold uden køling, omend grænseværdierne i Branchevejledningen for Indeklimaberegninger og bygningsreglementer (BR18) overskrides. Disse gælder imidlertid kun for nybyggeri og væsentlige ombygninger og anses således alene at være vejledende i forhold til det aktuelle renoveringsprojekt. Hvorvidt renoveringen er væsentlig vil i sidste ende altid være op til myndighederne (kommunalbestyrelsen). For kontorområdet med facaden mod syd reduceres temperaturen meget, men stadig med overskridelser af grænseværdierne for overtemperaturer. For kontorområdet mod ariet reduceres antallet af timer med overtemperaturer også, men dog ikke lige så meget, hvilket skyldes at luften ved tværv ventilation fra facaden opvarmes, når den passerer gennem kontorområdet mod syd.

Det skal bemærkes, at de dynamiske indeklimategninger er udført for et referenceår, som forskrifterne siger, men at det reelle indeklimategning kan variere i forhold til de præsenterede resultater, såfremt der kommer varmere udeklima.

For mødelokalet vises resultater både med 10 personer og med et lavere antal personer, som passer bedre med et rimeligt CO₂-niveau. Mødelokalet for rigtig mange timer med overtemperaturer og forventes at være designet til 2-3 personers kontor oprindeligt set ud fra den lave luftmængde. Selv ved brug af ensidet naturlig ventilation er der behov for at reducere antallet af personer i lokalet, især i sommerhalvåret.

2 Baggrund

På Ballerup Rådhus opleves omfattende problemer med for høj temperatur i lokalerne, især i sommerperioden.

Årsagen til problemerne er, at de eksisterende køleanlæg til komfort er blevet taget ud af drift, bl.a. pga. høje energiomkostninger, klimahensyn mv., hvilket medfører at indblæsningsluften fra ventilationsanlæggene ikke afkøles, ligesom der ikke leveres supplerende køling fra køleblæserne i bygningen. Den samlede kølevirkning fra bygningens ventilationsanlæg er derfor reduceret væsentligt, især i de områder af bygningen hvor der er køleblæser og hvor friskluftstilførslen er lav. Luftsiftet er dog stadigvæk tilstrækkeligt til at sikre en acceptabel luftkvalitet i disse områder, bortset fra nogle enkelte mødelokaler, hvor luftmængden er for lav i forhold til personantallet.

NIRAS har tidligere udarbejdet et notat til Ballerup Kommune med forslag til forbedring af termisk indeklimategning med revisionsdato 31. januar 2024. På baggrund af dette notat har Ballerup Kommune ønsket beregninger for effekten af at etablere supplerende naturlig ventilation i forbindelse med udskiftning af Rådhusets vinduer.

Rapporten indeholder dynamiske indeklimategninger af to kontorområder og et mødelokale. Disse områder er udvalgt fordi de er repræsentative for en stor del af bygningen. Kontor og mødelokale mod syd er samtidig valgt for at have resultater for lokaler, som er meget udsat for solpåvirkning.

Rapporten er udarbejdet af NIRAS med input omkring luftsifter fra Window Master, samt med sparring fra Window Master om princip for vinduesudformning. Styling af de nye vinduesåbninger har Window Master udarbejdet tilbud for, som findes i selvstændige dokumenter.

3 Målsætning og krav til det termiske indeklima

Målsætningen er et indeklima i kategori "Standard" i alle kontorer og mødelokaler i henhold til Branchevejledning for Indeklimaberegninger og BR18. Indeklimaklasse "Standard" ses herunder. I tabellen er også vist indeklimaklasse "Minimum", hvor den øvre temperaturgrænse er højere end for "Standard" indeklimaet.

Tabel 1: Indeklimakategorier "Minimum" og "Standard" fra Branchevejledning for Indeklimaberegninger.

Indeklimaklasse	Minimum	Standard
Operativ temperatur i °C		
- sommer (maj – september)	22,0 – 27,0	22,0 – 26,0
- overgang (april og oktober)	21,0 – 27,0	21,0 – 26,0
- vinter (november – marts)	21,0 – 25,0	21,0 – 24,5
Solafskærmningstid i procent af brugstiden		
Andel af brugstid, hvor afskærmningen er aktiv	30%	20%
Atmosfærisk indeklima i ppm		
CO ₂ -koncentration (ved udeniveau på 400 ppm)	1200	1000

For at sikre en energioekonomisk løsning tillades maksimumtemperaturen overskredet et antal timer om året. Tilladte overskridelser kan ses herunder.

Tabel 2: Tilladte overskridelser for operativ temperatur fra Branchevejledning for Indeklimaberegninger.

Toleranceoverskridelser for operativ temperatur i brugstiden	
Rum	Storrumskontor og møderum
Indeklimaklasse	Standard 5 arbejdsdage pr. uge
Sommer og overgangsperioder	Maks. 100 timer > 26,0 °C Maks. 25 timer > 27,0 °C
Vinter	Maks. 50 timer > 24,5 °C Maks. 10 timer > 25,5 °C

3.1 Praksis omkring renovering

Når der udføres renoveringer af eksisterende byggeri og etableres supplerende naturlig ventilation, så er der ikke nogen direkte krav i BR18 til toleranceoverskridelser for overtemperaturer. Det bemærkes, at det dog altid vil være op til kommunalbestyrelsen (myndighederne), hvorvidt vedligeholdelsesbyggerarbejder, ombygninger og/eller andre forandringer som denne er omfattet af BR18.

For kontorområderne ligger de beregnede resultater på et forventeligt temperaturniveau for eksisterende kontorer uden køling.

4 Det overordnede løsningsforslag

4.1 Etablering af supplerende naturlig ventilation

Den overordnede løsning som her analyseres, er at supplere den eksisterende mekaniske ventilation med automatisk styret naturlig ventilation for herved, at opnå et større luftskifte i de perioder af året, hvor temperaturen i bygningen i dag bliver for høj.

Ved at bevare den eksisterende mekaniske ventilation, sikres et fast basisluftskifte året rundt, som i de fleste områder vurderes at være tilstrækkeligt til at sikre en acceptabel luftkvalitet. Derudover opnås med den eksisterende ventilation fortsat varmegenvinding i opvarmningssæsonen, ligesom behovet for åbning af vinduer minimeres i de perioder hvor udetemperaturen er lav, og hvor risikoen for trækgener ved udluftning er størst. Endelig medfører bevarening af den eksisterende mekaniske ventilation at behovet for supplerende naturlig ventilation, også i sommerperioden, er mindre end hvis bygningen alene skulle kunne klare sig med 100% naturlig ventilation.

Løsningen medfører at brugerne, via de manuelle tryk, får egen indflydelse på deres indeklima, hvilket erfaringsmæssigt medfører forøget tilfredshed.

Pga. den eksisterende mekaniske ventilation vil behovet for åbning af vinduerne i opvarmningssæsonen, hvor risikoen for trækgener er størst, formentlig være begrænset.

Løsningen vil ikke komme til at være lige effektiv i alle områder af bygningen. Bl.a. må det forventes at den oplevede forbedring af indeklimaet generelt vil være mindre i kontorområderne mod atriet, ligesom facadevendte møderum med kølebafler må forventes fortsat at have problemer med luftkvalitet og for høj temperatur, selvom disse forsynes med supplerende naturlig ventilation.

Løsningen medfører generelt ikke forbedring af indeklimaet i indeliggende lukkede rum. Af tegningsmaterialet fremgår en del indeliggende møderum. Nogle møderum er forsynet med VAV, mens nogle møderum er forsynet med kølebafler og et lavt luftskifte, hvilket fremgår af fremsendte ventilationstegninger sammen med supplerende gennemgang oplyst af André Reichhardt fra Ballerup Kommune. Dermed er der møderum, som har CAV og slukkede kølebafler, som er for lille set ift. det viste antal personer på indretningsplanerne. Disse rum har fortsat væsentlige udfordringer med dårlig luftkvalitet og for høj temperatur.

Etablering af lukkede rum i områder, hvor der etableres naturlig ventilation, kan påvirke indeklimaet i tilstødende områder fordi facadeopluk og tværgående luftstrømninger herved blokeres.

Det bør bemærkes, at der opnås ikke filtrering af udeluften ift. forurening, pollen mv. når vinduerne åbnes, hvilket kan have betydning for bl.a. allergikere i pollensæsonen.

Derudover kan støj fra omkringliggende trafik mv. opleves som generende ved åbne vinduer. Der er større veje omkring bygningen, som dog ligger trukket tilbage på grunden med en afstand på +50m til selve vejen.

Det bør også bemærkes, at der vil være større risiko for oplevede trækgener for nogle af brugerne ift. konventionel mekanisk ventilation.

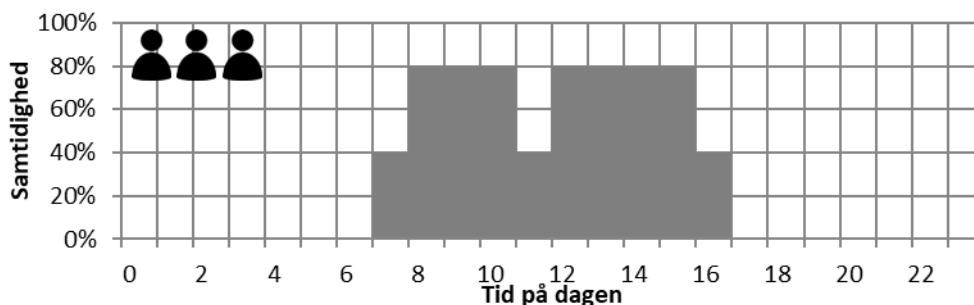
Det anbefales at eksisterende kølebafler demonteres og erstattes af almindelige ventilationsarmaturer, da dette erfaringsmæssigt medfører en lavere risiko for trækgener ift. indblæsning via kølebafler. Dette er dog ikke strengt nødvendigt for at gennemføre løsningen.

5 Forudsætninger

5.1 Interne belastninger fra personer og udstyr

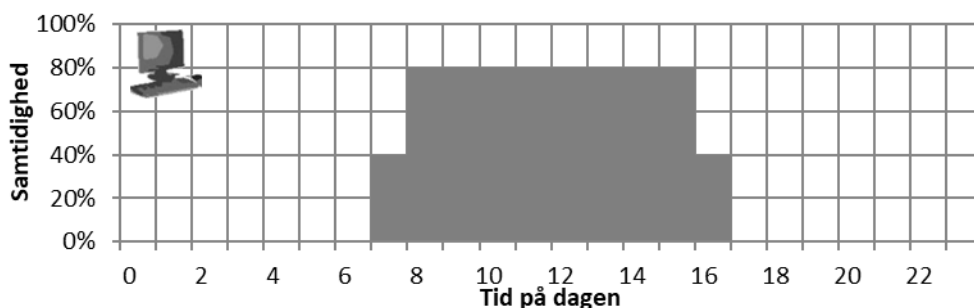
Brugstiden for Ballerup Rådhus kontorer er alle hverdage kl. 8.00-17.00, året rundt. Brugsmønster med samtidighed for personer og udstyr er opstillet på følgende figurer. Der er regnet med denne brugstid året rundt og altså ikke indregnet ferier, helligdage og evt. andre lukkedage.

I kontorudsnittene forudsættes 6 personer pr. kontor med en arbejdsstation pr. person, hvilket svarer til indretningsplanerne både på tegninger samt ved besigtigelsen.



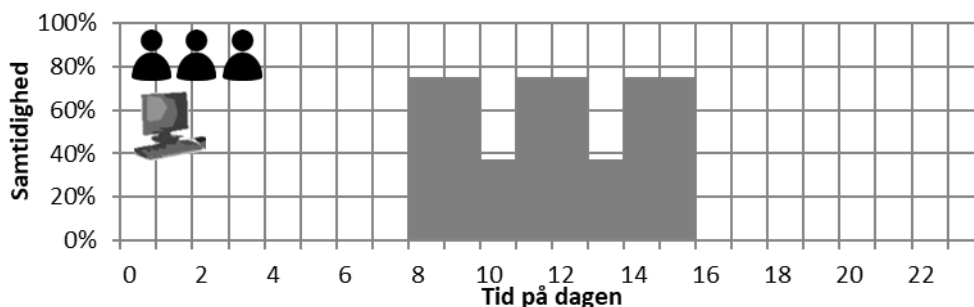
Figur 1: Personbelastning i storrumskontor.

Personantal benyttes ud fra indretningsplaner fra Ballerup Kommune. Der benyttes en samtidighed for storrumskontorerne som vist i figuren ovenfor. Der benyttes varmeafgivelse på 100 W pr. person, hvilket svarer til let, siddende aktivitet og er i overensstemmelse med Branchevejledning for indeklimaberegninger.



Figur 2: Udstyrsbelastning i storrumskontor.

Der benyttes samtidighed for udstyr, som opstillet i figur ovenfor. Antallet af arbejdsstationer benyttes ud fra indretningsplaner fra Ballerup Kommune ligesom for personbelastningen. Der benyttes alm. udstyrsbelastning på 90 W pr. arbejdsstation.



Figur 3: Person- og udstyrsbelastning i mødelokale.

For mødelokaler benyttes brugsprofilen opstillet i figuren ovenfor, hvor personbelastning og udstyrsbelastning følges ad, idet udstyr forventes slukket og/eller taget med ud af mødelokalet, når lokalet ikke er i brug.

I mødelokalet forudsættes som udgangspunkt 10 personer, da det svarer til indretning på plantegninger (det specifikke lokale blev ikke besøgt). Udstyret i mødelokalet sættes som udgangspunkt til 325 W, hvilket svarer til en storskærm på 200 W samt en pc á 25 W for hver anden person.

For mødelokalet ses dog også på et scenarie med en lavere personbelastning på 4 personer (og dermed også lavere udstyrsbelastning af pc'er, altså i alt 250 W udstyr).

5.2 Interne belastninger fra belysning

Ud fra besigtigelse er antaget at belysningen består af nyere energieffektive belysningsarmaturer. Der er benyttet intern varmeafgivelse på 5 W/m² for indeklimaberegningerne.

5.3 Mekanisk ventilation

Tabel 3: Ventilation, kontorudsnit og mødelokale.

Type	Kontorudsnit	Mødelokale
	CAV	
Maksimal luftmængde	391 m ³ /time	90 m ³ /time
Maksimalt luftskifte	~ 2,3 gange pr time	~ 1,8 gange pr time
Køling af ventilationsluft	Nej	
Minimumsindblæsningstemperatur	18,0 °C	
Sætpunkt CO ₂ -koncentration	Ingen CO ₂ styring	
Drifttid	Nov.-Mar.: Mandag – fredag, kl. 7:00 – 18:00 Apr.-Okt.: Mandag – fredag, kl. 6:00 – 18:00	
Natkøling	Ingen natkøling via ventilationssystem	

5.4 Naturlig ventilation

Luftskifterne som er benyttet i indeklimasimuleringerne er oplyst af Window Master til at være maks. 3 gange i timen.

Tabel 4: Naturlig ventilation.

	Kontorer og møderum	Atrium
Type	Automatisk udluftning gennem facade og åbninger mod atrium	Automatisk udluftning gennem facade og ovenlys
Sætpunkt sommer- og overgangsperiode	23,5 °C	
Sætpunkt vinter	Ikke aktiv nov.-mar.	
Drifttid	Apr.-Okt. Mandag – fredag, kl. 8.00-17.00 Styring er aktiv, når udetemperatur er lavere end rumtemperaturen, når rumtemperaturen er over 23,5 °C, når det ikke regner og ved udetemperatur >10°C.	Hele året rundt Mandag – fredag, kl. 8.00-17.00 Styring er aktiv, når udetemperatur er lavere end rumtemperaturen, når rumtemperaturen er over 23,5 °C, når det ikke regner og ved udetemperatur >0°C.
Natkøling	Ingen natkøling medtaget i beregningerne af hensyn til sikkerhed	

Åbningen af vinduer mellem kontor og atrium er i indeklimasimuleringerne sat op til at åbne samtidig med vinduerne i facaden til kontorområdet mod syd. Luften til kontorudsnittet mod atriet er i beregningerne opsat til at være luften fra kontorudsnittet mod syd facaden og med luftudveksling videre ud i atrium.

5.5 Simuleringsprogram og vejrdata

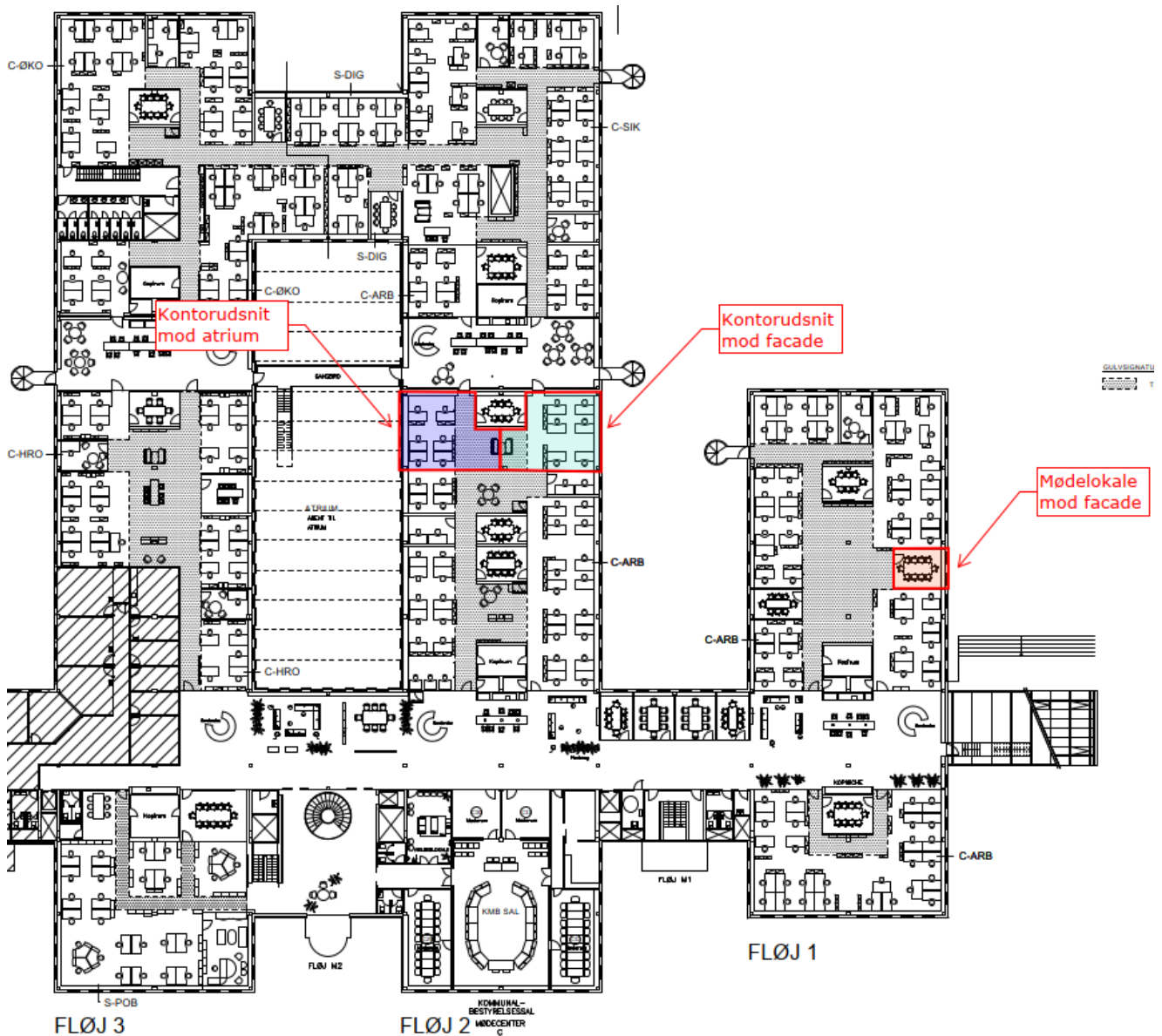
Indeklimavurderingerne er foretaget på basis af modelopbygning og simulering af lokalerne i BSim, version 7.21.9.20. BSim er udviklet af Statens Byggeforskningsinstitut (SBI) til dynamisk modellering af indeklimate og energiforhold i bygninger.

Beregningerne er udført på basis af vejrdata fra det danske design reference år, DRY 2013. Beregningerne er udført for kalenderåret 2010 i henhold til BR18, §386 stk. 2.

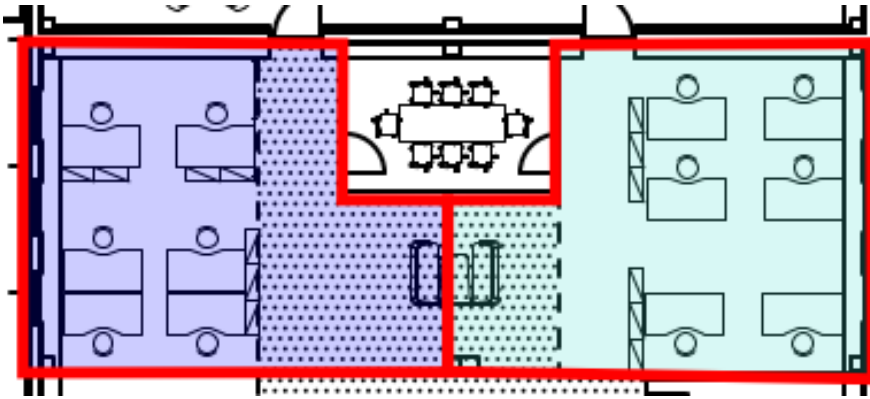
Der er benyttet vindprofiler for bymæssig bebyggelse.

CO₂-koncentrationen i udeluften er sat til 400 ppm.

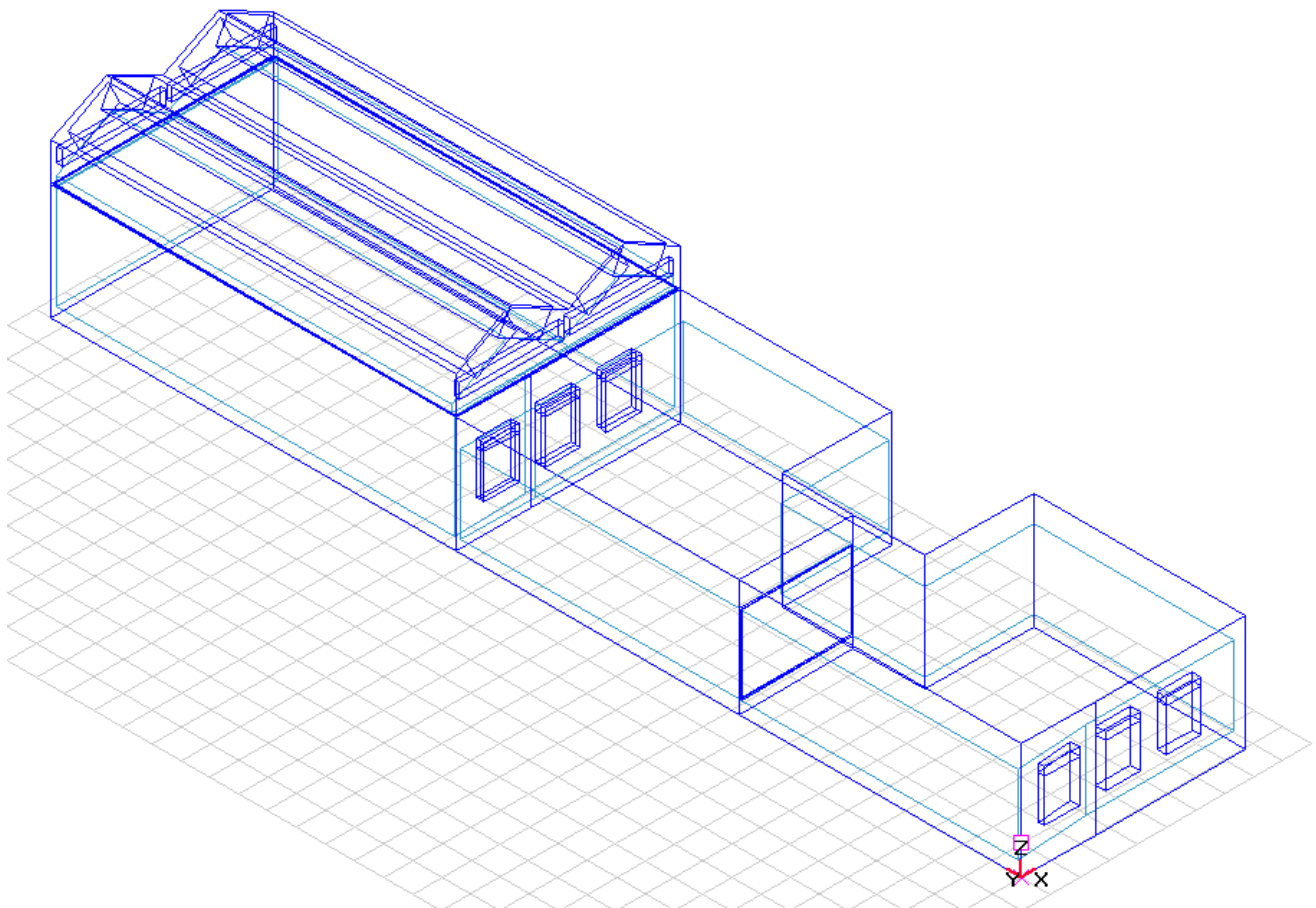
6 Udvalgte lokaler, som beregnes



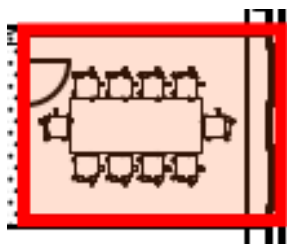
Figur 4: Markering af beregnede rum på 1. sals plan.



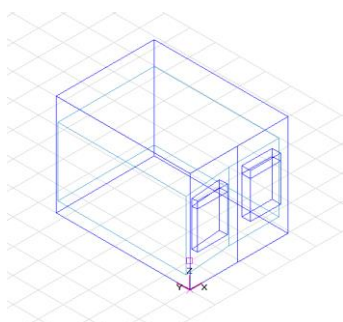
Figur 5: Beregnede kontorer. Lilla markering er kontorudsnit mod atrium. Turkis markering er kontorudsnit med sydvendt facade.



Figur 6: Beregningsmodel for kontorne. Udklip fra beregningsprogrammet BSim. (Atrium udsnit er en del af beregningen.)



Figur 7: Beregnede mødelokale. Orange markering er mødelokale med sydvendt facade.



Figur 8: Beregningsmodel for mødelokale med sydvendt facade. Udklip fra beregningsprogrammet BSim.

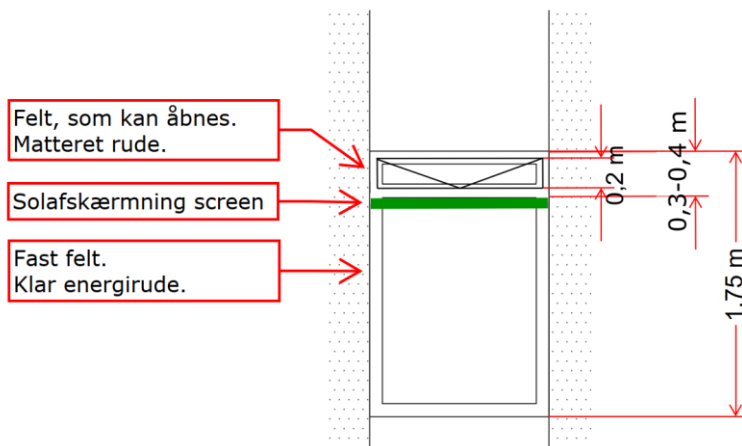
7 Vinduer

Kommunen vil gerne skifte vinduer til nyere og bedre isolerende vinduer og det analyseres i dette notat, hvilken effekt det vil have, hvis vinduerne udføres med oplukkeligt felt med mekanisk styret naturlig ventilation. Der er i analyser og beregninger både set på indeklimaforhold ved nye vinduer, samt ved tilnærmede eksisterende forhold for at kunne sammenligne de to scenarier.

Der skal etableres tryk til manuel overstyring af facadevinduer både åbninger og solafskærmning, da brugernes tilfredshed erfaringsmæssigt forøges ved at have egen indflydelse på deres indeklima. Det kan f.eks. være åbning af vinduesopluk ved høje temperaturer indendørs for at skabe bevægelse i luften, hvilket giver en følelse af lavere temperatur. Men det kan omvendt være lukning af vinduesåbning, såfremt personale/brugere oplever træk. For solafskærmning kan brugerne ønske aktivering af solafskærmningen for at afhjælpe blænding og/eller varmepåvirkning ved direkte solpåvirkning. Men det kan også være ønsket om at deaktivere solafskærmningen, eksempelvis hvis der går en sky for solen og der ønskes mere dagslys tidligere end den automatiske styring efterkommer dette. Vinduer mod atriet bør ikke have overtryk, men styres sammen med åbninger i den modstående facade, således at den naturlige ventilation ikke blokeres for tværventilation ved manuel overstyring af indeliggende åbninger.

Når der ønskes naturlig ventilation, er den mest optimale opdeling af de nye vinduer, at have den oplukkelige del øverst og et fast parti nederst. For at reducere overtemperaturer etableres solafskærmning for det faste store parti med automatisk styring af afskærmningen og solafskærmning for det oplukkelige felt ved anvendelse af solafskærmende glas. For at sikre mod blænding etableres ruden i det oplukkelige felt, som ikke dækkes af den udvendige solafskærmning, ligeledes med matteret glas. I Figur 9 er princippet for vinduesopbygningen vist.

Vindue facade mod øst, syd og vest

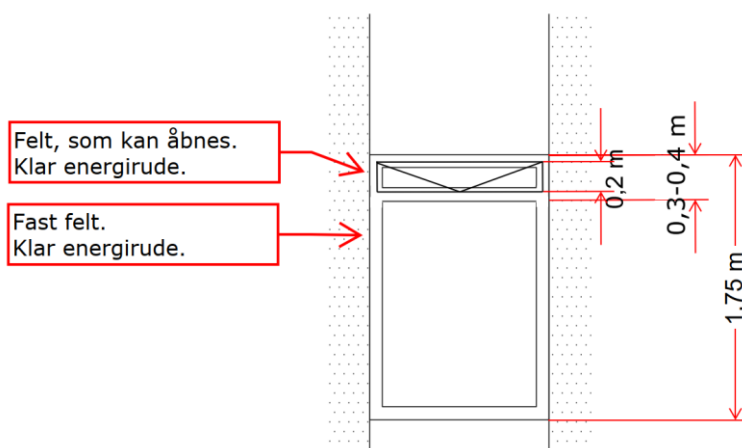


Figur 9: Princip for vinduesopbygning for facader mod øst, syd og vest.

Window Master oplyser at af sikkerhedsmæssige hensyn, så kan åbningen mod atriet ikke være mere end 0,199 m på det bredeste sted (man må ikke kunne få et hoved igennem). I figurerne er det angivet som 0,2 m, men skal altså være mindre end 0,2m. Det gælder for alle åbninger.

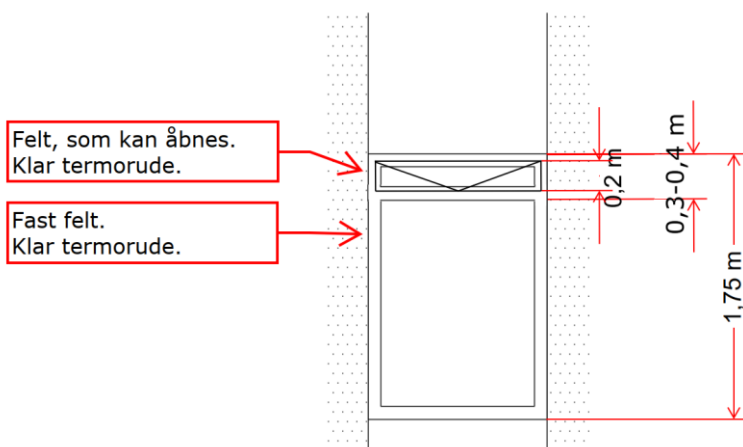
Den detaljerede geometri for opdelingen af øverste og nederste del af det nye vindue afhænger af producent/leverandør, men antages at være 0,3-0,4 m i højden, hvilket derfor er angivet med dette interval på figurerne med principper for vinduesopbygninger.

Vindue facade mod nord

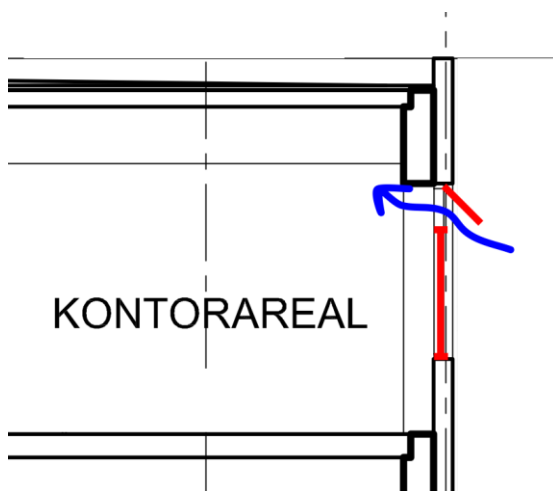


Figur 10: Princip for vinduesopbygning for facader mod nord.

Vindue mod atrium



Figur 11: Princip for vinduesopbygning mellem kontorer og atrium.



Figur 12: Skitse af ny vinduesgeometri med højtplacerede opluk med tophængt udadgående åbning for at lede udeluften ind højest muligt i lokalerne.

Den øverste del af vinduerne i facaderne, som kan åbnes kan med fordel have en matteret rude for både at undgå at en udvendig solafskærmning kommer i konflikt med åbningen og for at minimere/eliminere behov for at etablere indvendig blændingsafskærmning. Vinduerne, som vender ind mod atriet kan have klare ruder i både det oplukkelige felt og det faste felt.

De eksisterende vinduer er ved besigtigelse vurderet at være traditionelle termoruder uden energibelægninger. Egenskaber for de eksisterende vinduer og ruder, som er anvendt i indeklimaberegningerne er opstillet i Tabel 5 herunder.

Tabel 5: Facadevinduer benyttet i beregninger. Eksisterende vinduer vurderet ved besigtigelse.

Facader	Eksisterende termoruder
Type	2-lags termorude
Solenergitransmitans g	0,78
Sollystransmitans LT	0,82
Glasandel	77 % (ramme/karm 8,5 cm)
U-værdi for hele vinduet	2,7 W/m ² K
Recess af vindue i forhold til yderside mur	100 mm

Klart floatglas

Produktnavn Produktkode se side 5 + 9	Type	Energimærkn. U/LT/g	Termiske data		Optiske data				Solenergi		Lyd-reduktion		Vægt kg/m ²
			U-værdi U _g W/m ² K	UV T _{UV} %	Dagslys		R _s indeks	ST %	g	R _w dB	R _w +C _{tr} dB		
					LT	LR _{ud} %							
Pilkington Optifloat [™] Clear	To-lags termorude (DGU)												
4-12-4	2	2,8/82/78	2,8	53	82	15	98	74	78	31	26	20	
4-16-4	2	2,7/82/78	2,7	53	82	15	98	74	78	31	26	20	

Figur 13: Rudeegenskaber for 2-lags termorude udklip fra Glasfakta 2015. Benyttes som eksisterende rude.

De nye vinduer i facaderne anbefales at være med energiruder for at reducere opvarmningsbehovet om vinteren og kølebehovet om sommeren. Egenskaber for de nye vinduer og ruder, som er anvendt i indeklimaberegningerne er opstillet i Tabel 6 herunder. Det anbefales at LT-værdien ikke reduceres yderligere af hensyn til dagslysforholdene. Da g-værdien og LT-værdien afhænger af hinanden, så forventes det ikke at der kan opnås en lavere g-værdi for at lukke mere varme ude fra facadevinduerne, da det også vil påvirke LT-værdien.

Tabel 6: Facadevinduer benyttet i beregninger. Forventede nye vinduer.

Facader	Nye vinduer med energiruder Oplukkeligt felt, øverst	Nye vinduer med energiruder Fast parti, øvrige del af vinduet	Nye vinduer mod atrium
Type	Matteret 3-lags energirude mod øst, syd og vest Klar 3-lags energirude mod nord	Klar, let solafskærmende, 3-lags energirude	2-lags termorude
Solenergitransmitans g	0,37	0,37	0,78
Sollystransmitans LT	0,67	0,67	0,82
Glasandel	$(1,03 \cdot 0,10) / (1,2 \cdot 0,27) = 32\%$	$(1,12 \cdot 1,33) / (1,2 \cdot 1,48) = 84\%$	77 % (ramme/karm 8,5 cm)
U-værdi for hele vinduet	1,1 W/m ² K		2,7 W/m ² K
Recess af vindue i forhold til yderside mur	100 mm	100 mm	100 mm

EGENSKABER FOR COOL-LITE SKN & COOL-LITE XTREME													
Glastype	Tolags ruder - opbygning 6/18/4					Trelags ruder - opbygning 6/18/4/16/4					Tilgængelig som		
	U-værdi	Lystransmission	Lysrefleksion udv.	g-værdi	Ra-indeks	U-værdi	Lystransmission	Lysrefleksion udv.	g-værdi	Ra-indeks	Alm.	Hærdet	Lamineret
XTREME 70/33	1,0	70	11	0,33	95,8	0,5	63	13	0,31	94,3	•	•	•
XTREME 61/29	1,0	61	11	0,29	91,6	0,5	55	13	0,27	90,1	•	•	•
XTREME 50/22 II*	1,0	47	16	0,21	84,2	0,5	43	17	0,19	82,8		•	
SKN 183	1,0	74	12	0,40	93,8	0,6	67	14	0,37	93,1	•	•	•
SKN 176	1,0	70	13	0,37	96,0	0,5	63	15	0,34	94,4	•	•	•
SKN 165	1,0	61	17	0,34	93,7	0,5	55	18	0,31	92,2	•	•	•
SKN 154	1,0	52	19	0,28	89,6	0,5	47	20	0,26	88,2	•	•	•

Ovenstående typer kan også fås på ekstraklart glas - længere leveringstid kan forekomme
 *Ikke lagerført

Figur 14: Rudeegenskaber for det faste parti af de nye vinduer svarer til Scanglas COOL-LITE SKN 183.

For atriumtaget bånd af rytterlys er der ud fra besigtigelsen antaget en rude med en g-værdi i den lavere ende for at modvirke overophedning i atriet. Der er taget udgangspunkt i en rude med egenskaber som "Pilkington Suncool 70/35". Der er ikke ved brug af g-værdi, LT og U-værdi taget højde for sikringen i glasset, da det vurderes at påvirke værdierne minimalt og fordi atriet beregningsmæssigt blot er en del af påvirkningen til kontoret, som vender mod atriet. Formålet med beregningerne er altså ikke at undersøge temperaturforholdene i atriet.

Tabel 7: Ovenlysvinduer vurderet ved besigtigelse.

Tagvinduer	Eksisterende ovenlys fra 2011
Type	3-lags energiruder
Solenergitransmitans g	0,39
Sollystransmitans LT	0,65
Glasandel	70%
U-værdi for center af rude	0,9 W/m ² K
U-værdi for hele vinduet	1,2 W/m ² K
Recess af vindue i forhold til yderside tag	0 mm

Belagte solafskærmende-energiglas

Produkt navn Produktkode se side 5 + 9	Type	Energimærkn. U/LT/g	Termiske data U-værdi U _g W/m ² K	Optiske data				Solenergi		Lyd-reduktion		Vægt kg/m ²
				UV T _{uv} %	Dagslys LT %	LR _{ud} %	R _s indeks	ST %	g %	R _w dB	R _w +C _{tr} dB	
Pilkington Suncool™ 70/40			ε = 0,037	Farve i T/R: Neutral / Neutral – svagt grøn						Tyk.: 4, 6, 8 og 10 mm		
6C(74)-16Ar-4	2	1,1/71/43	1,1	19	71	10	96	40	43	34	29	25
6C(74)-16Ar-4-16Ar-4	3	0,9/65/39	0,9	16	65	14	95	36	39	36	30	35
6C(74)-16Ar-4-16Ar-S(3)4	3	0,6/64/38	0,6	10	64	13	94	33	38	36	30	35

Figur 15: Rudeegenskaber for Pilkington 70/40 fra Glasfakta 2015. Rudetyper benyttes for ovenlysruder i atrium.

8 Solafskærmning

Etablering af udvendig mobil solafskærmning, som styres automatisk er en vigtig parameter i at reducere de høje temperaturer, som opleves i Ballerup Rådhus med nuværende indeklimaforhold. Den automatiske solafskærmning skal udføres med etablering af tryk for manuel overstyring fra brugerne, da dette erfaringsmæssigt medfører en væsentligt højere brugertilfredshed.

I kombinationen med etablering af naturlig ventilation og solafskærmning er det vigtigt at den nye løsning for solafskærmning ikke blokerer for de nye udluftningsåbninger, hvilket er løst her ved at opdele de nye vinduer med de to funktioner i hver sin del af vinduet. Det er væsentligt at en eventuel indvendig blændingsafskærmning ikke forhindrer funktionen af den naturlige ventilation.

Der regnes ikke med indvendig solafskærmning for facadevinduer i nogen af beregningerne, da dette har meget lille effekt og er en meget usikker parameter pga. den manuelle styring, som er meget individuel fra person til person. Dog regnes der med begrænset brug ved manuel styring af indvendige solsejl/dug ved ovenlys i atrium for de bånd af rytterlys, som ikke har opluk.

De nye vinduer mod øst, syd og vest har udvendig mobil solafskærmning i form af automatisk styret screen, som placeres efter samme princip, som vist på Figur 16.

Egenskaber for solafskærmningsfaktor, maksimal vindpåvirkning og styringssetpunkter for aktivering af afskærmningen er opstillet i Tabel 8 herunder. Egenskaberne er benyttet i indeklimasimuleringerne og er dermed også produktkrav til solafskærmningen.

Setpunkterne for hvornår den nye automatisk styrede solafskærmningen aktiveres (kører ned) og deaktiveres (kører op) er sat til at være aktiv (dække vinduet) i 20% af brugstiden for kontorområdet mod syd. Dette er for stadig at have 80% af brugstiden med frit udsyn til omgivelserne.

Såfremt brugerne ønsker solafskærmningen aktiveret en større del af brugstiden (f.eks. 30%, som svarer til indeklimaklasse "minimum" i Branchevejledning for indeklimaberegninger), så vil temperaturniveau reduceres.



Figur 16: Princip for placering af udvendig mobil screen. Foto fra referenceprojekt VAT83.

Ved valg af en udvendig solafskærmning, bør der vælges et fabrikat som kan tåle vindhastigheder på min. 15m/s, da det alternativt ofte kan være nødvendigt at trække solafskærmningen fra i situationer, hvor der er et reelt behov for afskærmning i bygningen. Mere vindfølsomme afskærmningsprodukter kan erfaringsmæssigt også medføre gener i form af bankelyde fra bundskinne, sidestyr mv. ved vindpåvirkning.

Tabel 8: Egenskaber og styringssetpunkter for ny solafskærmning for facader mod øst, syd og vest med nye vinduer.

Udvendig screen	Facade mod øst	Facade mod syd	Facade mod vest
Type	Udvendig screen	Udvendig screen	Udvendig screen
Afskærmningsfaktor	0,30	0,30	0,30
Udsynsklasse når aktiv*	3	3	3
Udsynsklasse når ikke aktiv	Uforstyrret udsyn	Uforstyrret udsyn	Uforstyrret udsyn
Styring	Automatisk efter lux	Automatisk efter lux	Automatisk efter lux
Aktiveres ved	29.000 lux	50.000 lux	25.000 lux
Deaktiveres ved	24.000 lux	45.000 lux	20.000 lux
Drifttid	Altid, ved vind under 15 m/s og udetemperaturer over 0°C	Altid, ved vind under 15 m/s og udetemperaturer over 0°C	Altid, ved vind under 15 m/s og udetemperaturer over 0°C

Tabel 9: Vurderet eksisterende solafskærmning for tagvinduer.

Tagvinduer	
Type	Indvendigt lyst gardin / solsejl
Afskærmningsfaktor	0,80
Styring	Manuelt
Aktiveres ved	Temperatur over 25,0°C og solindfald fra 250 W/m ² og højere
Deaktiveres ved	Solindfald fra 150 W/m ² og lavere
Drifttid	Mandag – fredag, kl 8.00 – 17.00

9 Resultater

Tabellen viser en oversigt over luftmængderne for hhv. mekanisk og naturlig ventilation. I indeklimasimuleringerne med hybrid ventilation, hvor både mekanisk og naturlig ventilation er aktiv vil den samlede luftmængde være summen af de to.

Tabel 10: Maksimale luftmængder for kontorer og mødelokale.

Maksimale luftmængder	Mekanisk ventilation		Naturlig ventilation
	m ³ /h	Luftskifte pr. time	Luftskifte pr. time
Kontor, sydvendt facade	391	~ 2,3	Maks. 3
Kontor, mod atrium	391	~ 2,3	Maks. 3
Mødelokale, sydvendt facade	90	~ 1,8	Maks. 3

Antallet af timer over og under de ønskede temperaturer i henhold til krav og ønsker er opgjort i tabellen herunder. Derudover ses den maksimale CO₂-koncentration og andelen af brugstiden med solafskærmning i brug.

Tabel 11: Kontor, sydvendt. Resultater for indeklimasimuleringer for eksisterende og fremtidige forhold. Antal timer med temperatur under og over de fastsatte grænser samt maksimal CO₂-koncentration og andel af brugstid med solafskærmning i brug.

Kontor, sydvendt	Eksisterende forhold	Ved brug af naturlig ventilation
Vinter (november - marts)		
under 21,0°C	0 timer	0 timer
over 24,0°C	0 timer	0 timer
over 25,0°C	0 timer	0 timer
Sommer- og overgangsperiode		
under 21,0°C (april og oktober)	0 timer	0 timer
under 22 °C (maj – september)	0 timer	11 timer
over 26°C (april – oktober)	539 timer	152 timer
over 27°C (april – oktober)	393 timer	61 timer
Maksimal CO ₂ -koncentration	690 ppm	690 ppm
Andel af brugstid med solafskærmning i brug	232 timer = 10%	466 timer = 20%

Det ses af Tabel 11 at det termiske indeklima for sydvendte kontorområder forbedres væsentligt i sommer- og overgangsperiode ved etablering af supplerende naturlig ventilation. Det ses desuden at overtemperaturerne ved brug af naturlig ventilation stadig overstiger BR18's tolerancegrænser på maks. 100 timer over 26 °C og maks. 25 timer over 27 °C.

Tabel 12: Kontor, mod atrium. Resultater for indeklimasimuleringer for eksisterende og fremtidige forhold. Antal timer med temperatur under og over de fastsatte grænser samt maksimal CO₂-koncentration og andel af brugstid med solafskærmning i brug.

Kontor, mod atrium	Eksisterende forhold		Ved brug af naturlig ventilation	
Vinter (november - marts)				
under 21,0°C		0 timer		0 timer
over 24,0°C		0 timer		0 timer
over 25,0°C		0 timer		0 timer
Sommer- og overgangsperiode				
under 21,0°C (april og oktober)		0 timer		0 timer
under 22 °C (maj – september)		0 timer		0 timer
over 26°C (april – oktober)		424 timer		272 timer
over 27°C (april – oktober)		249 timer		134 timer
Maksimal CO ₂ -koncentration		690 ppm		690 ppm
Andel af brugstid med solafskærmning i brug		0 timer = 0%		0 timer = 0%

Det ses af Tabel 12 at det termiske indeklima for kontorområder mod atriet ligeledes forbedres i sommer- og overgangsperiode ved etablering af supplerende naturlig ventilation. Dog er forbedringen ikke helt lige så positiv, hvilket skyldes at luften fra den naturlige ventilation tilføres fra den tilstødende del af kontorområdet som luften først er passeret gennem og derved blevet opvarmet. Det ses også at overtemperaturerne ved brug af naturlig ventilation overstiger BR18's tolerancegrænser på maks. 100 timer over 26 °C og maks. 25 timer over 27 °C.

Tabel 13: Mødelokale, sydvendt. Resultater for indeklimasimuleringer for eksisterende og fremtidige forhold. Antal timer med temperatur under og over de fastsatte grænser samt maksimal CO₂-koncentration og andel af brugstid med solafskærmning i brug.

Mødelokale mod syd	Eksisterende forhold		Ved brug af naturlig ventilation	
	10 pers.	4 pers.	10 pers.	4 pers.
Vinter (november - marts)				
under 21,0°C		0 timer		0 timer
over 24,0°C		479 timer		659 timer
over 25,0°C		307 timer		461 timer
Sommer- og overgangsperiode				
under 21,0°C (april og oktober)		0 timer		0 timer
under 22 °C (maj – september)		0 timer		0 timer
over 26°C (april – oktober)		1177 timer		646 timer
over 27°C (april – oktober)		1144 timer		561 timer
Maksimal CO ₂ -koncentration		2088 ppm		2088 ppm
Andel af brugstid med solafskærmning i brug		232 timer = 11%		466 timer = 22%

Det ses af Tabel 13 at temperaturer og CO₂-niveau i mødelokalet for 10 personer er voldsomt højt og meget højere end de anbefalede grænseværdier for både temperatur og CO₂. Derfor er mødelokalet også beregnet med en personbelastning på 4 personer, hvilket giver CO₂-niveauer der overskrider grænseværdien på 1000

ppm, men dog er i nærheden af grænseværdien. Men selv med et reduceret personantal på 4 personer, så bliver der stadig rigtig mange timer med overtemperaturer. Måske er mødelokalet mod syd oprindeligt designet til at være et 2-3 personers kontorlokale, hvilket passer bedre til den mekaniske luftmængde.

10 Forbedringskatalog for indeliggende mødelokaler

En del af nedenstående forbedringstiltag kan også benyttes til mødelokaler placeret ved facaden. Husk at tiltagene skal undersøges nærmere inden implementering.

- Køling
Den mest effektive måde, at holde temperaturniveauet nede er, at have køling af rummet. Dette kan være ved at tænde kølingen af ventilationsluften igen. Det er en løsning, som kan benyttes for alle rådhusets lokaler, som også tidligere har haft køling. At tænde kølingen af ventilationen igen er dog en løsning, som der fra politisk side arbejdes væk fra, hvilket også er årsagen til udarbejdelsen af dette notat.
- Regulere de interne varmekilder ved at reducere antal personer og udstyrseffekt
Temperaturniveauet vil sænkes, hvis lokalet benyttes af færre personer. Det kan gøres ved at reducere antallet af stole i lokalet og sætte personantal på f.eks. døren til lokalet og/eller i et digitalt bookingssystem, hvis der findes et sådant. Temperaturniveauet vil også reduceres, hvis der benyttes udstyr som afgiver mindre varme ved at reducere effekten af f.eks. storskærm, medbragte pc'er og andet elektronisk udstyr.
- Etablere decentrale anlæg for at øge luftmængden
Luftmængden i lokalet kan øges, hvis det er muligt at etablere et decentralt ventilationsanlæg, som f.eks. Airmaster units. Små decentrale anlæg skal kanalføres til udeklima, hvilket for indeliggende lokaler på 1. sal umiddelbart kan gøres gennem tag, hvis det er konstruktivt muligt. Alternativt skal det undersøges om der er mulighed for kanalføring over nedhængt loft over kontorområderne ud til klimaskærmen. Dog er der i forvejen ikke meget plads over nedhængt loft og der føres allerede ventilationskanaler, som vil være svære at krydse. For indeliggende mødelokaler i stueplan er kanalføringen også udfordrende, da der så vil skulle ses på mulighed for kanalføring over nedhængt loft over kontorområder eller kanalføring op gennem 1. sal og videre op gennem tag. Hvis etablering af decentrale anlæg skal undersøges nærmere, så har NIRAS ikke vurderet de statiske forhold og det vil kræve, at kommunen kan fremskaffe statistisk dokumentation af eksisterende forhold for at der kan laves en vurdering.
- Hæve luftmængden i mødelokaler og reducere den tilsvarende i storrumskontorer
For at forbedre temperaturniveauet i indeliggende lokaler kan luftmængden fra den mekaniske ventilation øges i det indeliggende lokale. Luften i den mekaniske ventilationssystem reduceres så i de omkringliggende kontorområder. Det vil potentielt kunne give et meget højere luftskifte i indeliggende mødelokaler og kun give en mindre reduktion i omkringliggende kontorområder fordi de indeliggende mødelokaler har en lille størrelse i forhold til de omkringliggende storrumskontorer. Løsningen skal undersøges nærmere for at afklare konsekvenserne for både indeliggende mødelokaler og omkringliggende kontorer. Desuden kan det forventes at der vil være behov for at udskifte et eller flere ventilationsarmaturer og nogle meter kanal samt et VAV-spjæld i forbindelse med at øge luftskiftet pr. indeliggende mødelokale.
- Lokale ventilatorer (bord-/gulv-ventilator) til bevægelse af luften
En lokal ventilator kan give en oplevelse af reduceret temperaturniveau. Det vil dog ikke sænke antallet af overtemperaturer, men give en svalende oplevelse.