

## NOTAT01 – RØYKVENTILASJON ATRIUM

OPPDRA Vest-Lofoten vgs	OPPDRAGSLEDER Per Stig Solbakken	DATO 16.12.2015
OPPDRAGSNUMMER 15750001	OPPRETTET AV Herbjørg M. Ishol	
SENDT TIL: Hus arkitekter v/ Viggo Johansen	KVALITETSSIKRET AV Marit Sliper Drugli / Roy Hedin	DATO 16.12.2015

### Røykventilasjon av atrium – beregning av nødvendig lukeareal og luftvolum ved åpen forbindelse mellom atrium og rømningsveier.

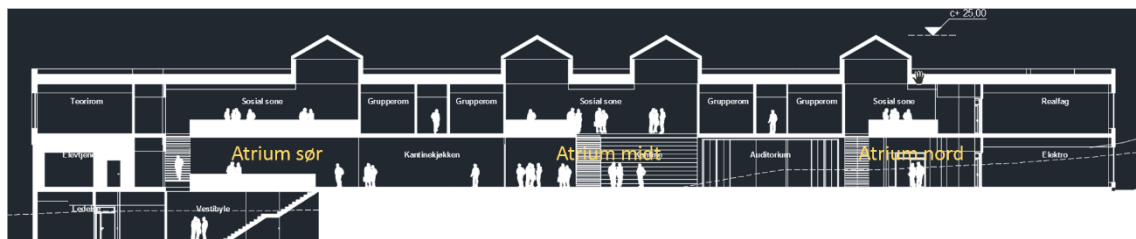
#### 1. Innledning

For å angi størrelsesorden på nødvendig røyklukeareal i planlagt nybygg ved Vest-Lofoten videregående skole, er det gjort overslagsberegninger basert på tegninger fra arkitekt datert 28.10.2015. Takhøyde tatt fra dwg-underlag mottatt 07.12.2015. Nøyaktig beregning må gjøres i løpet av detaljprosjekteringsfasen.

Følgende forutsetninger/antagelser er lagt til grunn:

- Atrium har åpen forbindelse til rømningsvei. Nødvendig røykfri høyde må derfor være minst 3,0 m over gulvnivå i 2. etasje.
- Løsningen med åpen forbindelse mellom atrium og rømningsveier skal verifiseres vha brann- og rømningsanalyse gjennomført i detaljprosjekteringsfasen.
- Bygget skal sprinkles og det skal installeres heldekkende brannalarmanlegg med punktdeksjon. Aspirasjonsdeksjon i fellesarealer (atrium) vurderes.
- Brannvesenet innsatstid er angitt til 10 minutter.
- Romvolumene deles brannteknisk vha røykskillende konstruksjoner, slik at hvert atrium behandles separat.

Atriene er betegnet som «sør», «midt» og «nord» etter hvor de er plassert i bygget.



Figur 1: Lengdesnitt. Atrium sør er til venstre på tegning, atrium nord til høyre.

## 2. Inndata

Beregning av nødvendig lukeareal/viftekapasitet er gjort vha regneark basert på beregningsmetode utviklet av Tanaka og Yamana. Modellen er basert på empiriske korrelasjoner og forenklete plummodeller og inkluderer bla.a. innvirkningen av overflater som omslutter røyklaget. Modellen er utførlig beskrevet i bl.a. Enclosure fire dynamics [1] og Brandskyddshandboken [2].

Følgende forutsetninger og forenklinger ligger til grunn i modellen:

- Tiltak for å ventilere ut røyk er/blir iverksatt.
- Ved et gitt tidspunkt oppstår likevekt mellom andelen røyk som ventileres ut og andelen røyk som tilføres røyksjiktet.
- Høyden til underkant røyksjikt og temperaturen i røyksjiktet er konstant etter at likevekt oppnås.

Verdier for brannbelastning, brannveksttid og dimensjonerende branneffekt er hentet fra temaveiledning om røykventilasjon [3], tabell 7-1 og 7-2.

*Tabell 1: Brannbelastning, brannveksttid og brannareal for typiske aktuelle lokaler benyttet som inndata for beregning.*

Type lokale	Brann-belastning	Brannveksttid tg (tid til 1000 kW)	Brannareal (10 min)	Dimensjonerende branneffekt (500 kW/m <sup>2</sup> )	Konvektiv andel (70%)
Skole	50-200 MJ/m <sup>2</sup>	225 s	14 m <sup>2</sup>	7000 kW	4900 kW
Kantine	< 50 MJ/m <sup>2</sup>	300 s	8 m <sup>2</sup>	4000 kW	2800 kW

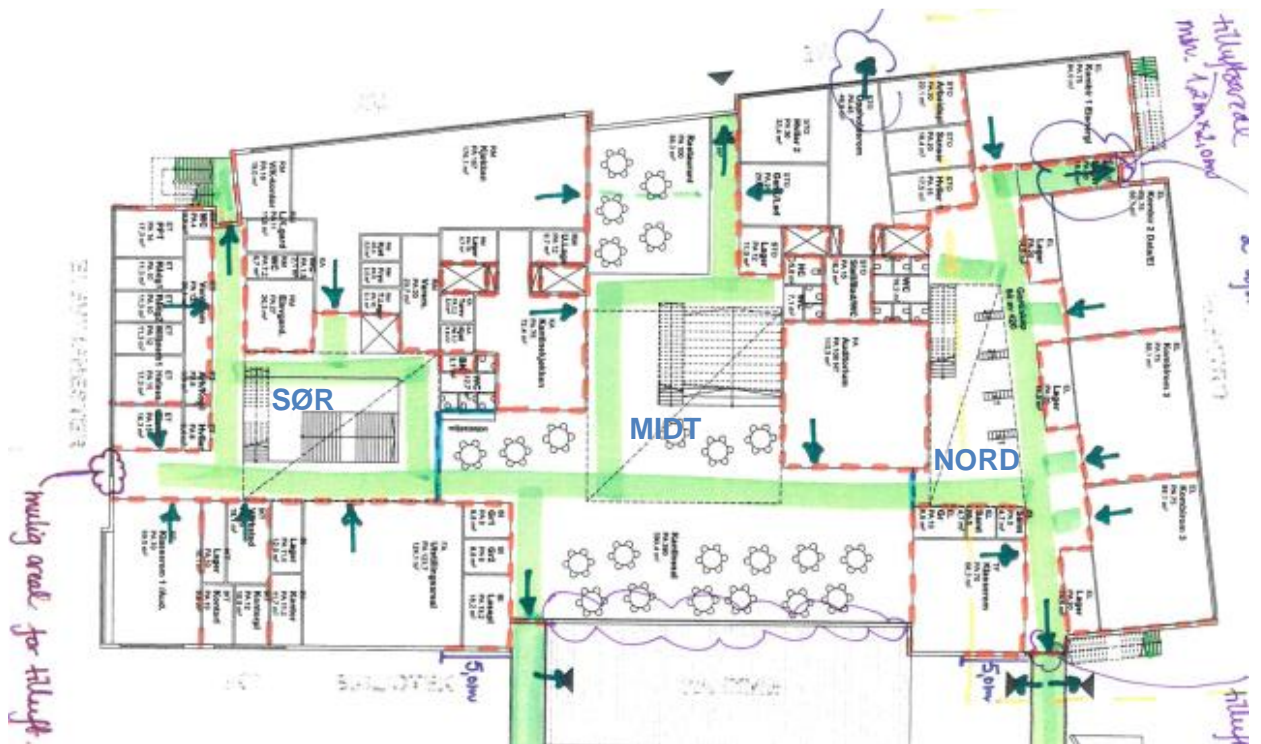
Faktisk brannbelastning er avhengig av møblering og materialbruk. Brannbelastning under 50 MJ/m<sup>2</sup> forutsetter at møblering i stor grad er ubrennbar og benyttes normalt kun der hvor arealet benyttes som transportareal eller ren kantinevirksomhet. Ut fra planlagt bruk av fellesareal i 2. etasje med møblering og garderobeskap, er det valgt å legge verdier for «skole» til grunn for beregningene.

Figur 2 til Figur 4 viser utsnitt av plantegning fra ARK datert 28.10.2015 brukt som underlag for brannskisse av samme dato. Brannskissene viser branncelleinndeling vist med rød stipling, rømningsveier (grønne piler) og røykskille mellom atriene vist med blå stiplede linje.

Fri takhøyde i korridorsoner er av ARK oppgitt til 2,7 m. Av hensyn til begrensninger i byggehøyde, er det ikke mulig å oppnå større takhøyde i bygget. For at korridorsoner rundt atriene skal kunne benyttes til rømning, er det derfor nødvendig at korridorsonene holdes røykfrie. All oppsamling av røyk må derfor skje i hvert atrium som derfor er brukt som dimensjonerende «rom». Mål for bredde og lengde av hvert atrium, samt areal er vist på Figur 4.



Figur 2: Plantegning U. Etasje. Lilla sky angir aktuelt areal for tilluftsåpninger.



Figur 3: Plantegning 1. Etasje. Lilla sky angir aktuelt areal for tilluftsåpninger.



Figur 4: Plantegning 2. Etasje. Lilla sky angir aktuelt areal for tilluftsåpninger. Tegningen angir også bredde og lengde på atrium.

## 2.1 Varmeovergangskoeffisient for overflater

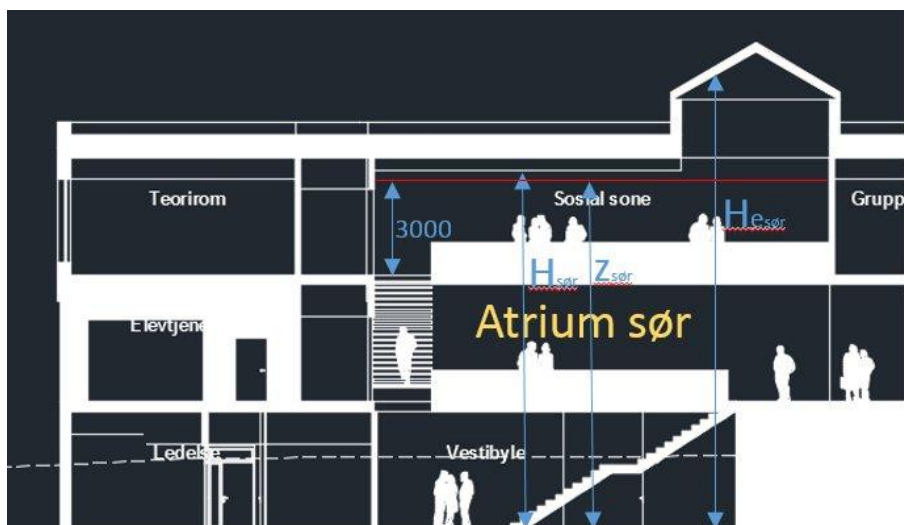
For beregning av varmeovergangskoeffisient for overflater er det gjort en antagelse av at overflatene i tak og øvre deler av vegger mot atriene består 50% av betong, 25% av glass (plater) og 25% av gipsplatekledd konstruksjoner.

## 3. Beregninger

Beregningene er i første rekke gjort for å kartlegge nødvendig lukeareal for inn- og utluft ved termisk røykventilasjon av atrium sør, midt og nord. Deretter er det gjort beregninger for å vise nødvendig takhøyde dersom tilgjengelig tilluftsareal ikke kan økes. Ut fra disse resultatene ble det gjort beregning av nødvendig viftekapasitet, da dette ser ut til å være mest hensiktsmessig ut fra utforming på bygget og tilgjengelige byggehøyder.

Atriene er i beregningene behandlet som brannteknisk separate enheter. Dette er en forenkling som hensyntas ved vurderingen av resultatene.

### 3.1 Atrium sør



Figur 5: Lengdesnitt av nybygget, utsnitt som viser atrium sør.

Følgende takhøyder er lagt til grunn for beregningene:

Røykfri høyde, $Z_{sør}$	Takhøyde (atrium), $H_{sør}$	Høyde til senter røykluke, $H_{He_{sør}}$
min. 11,0 m	11,3 m	14,0 m

#### 3.1.1 Termisk røykventilasjon

Det er ikke mulig å benytte termisk røykventilasjon for ventilering av atrium sør, dersom tilluftsareal og/eller takhøyde  $H_{sør}$  og  $H_{He_{sør}}$  ikke kan økes.

- 1) Uendret takhøyde  $H_{sør}$  og  $H_{He_{sør}}$  betinger en økning på tilluftsarealet til min. 50 m<sup>2</sup> og nødvendig åpningsareal på taklukene på 118 m<sup>2</sup>. På grunn av svært tynt røyksjikt medfører dette lav temperatur og en svak termisk oppdrift. Løsningen vil være svært avhengig av god detaljprosjektering. Dersom tilluft skal hentes fra 1. evt. 2. etasje i tillegg til fra underetasjen, betinger det at ventilasjonsforholdene modelleres.
- 2) Ved å øke høyde til senter av takluke,  $H_{He_{sør}}$ , kan et tilluftsareal på 18-19 m<sup>2</sup> benyttes, men det forutsetter at takoppbygget blir så høyt at det ikke er aktuelt. Vi snakker her om en størrelsesorden på +17 m på takoppbygget. Løsningen vurderes som ikke aktuell.

Utskrift av beregning ligger i vedlegg 1.

#### 3.1.2 Mekanisk røykventilasjon

Utforming av bygget med åpen planløsning og åpen forbindelse mellom rømningsveier og atrium, samt begrensninger mht. byggehøyde medfører at mekanisk røykventilasjon vurderes å være bedre egnet i dette tilfellet. Avtrekksvifter plassert i takoppbygg, vil kunne sikre tilstrekkelig



kontroll for luftstrøm i og rundt atriumet, slik at tilknyttet areal kan benyttes som rømningsvei. Det vil da også være mulig å kunne ta inn tilluft gjennom tilgjengelig fasadeareal med nåværende planløsning i alle tre etasjene.

- Nødvendig viftekapasitet for å opprettholde røykfri høyde,  $z_{sør}$ , på 11,0 m er beregnet til 70 m<sup>3</sup>/s eller 253 000 m<sup>3</sup>/time.
- Forutsatt tilgjengelig tilluftsareal er 36 m<sup>2</sup> fordelt på 16 m<sup>2</sup> i underetasje, 10 m<sup>2</sup> i 1. etasje og 10 m<sup>2</sup> i 2. etasje.

Utskrift av beregning ligger i vedlegg 2.

### 3.2 Atrium midt



Figur 6: Lengdesnitt av nybygget, utsnitt som viser atrium midt.

Følgende takhøyder er lagt til grunn for beregningene:

Røykfri høyde, $z_{midt}$	Takhøyde (atrium), $H_{midt}$	Høyde til senter røykluke, $H_{e_{midt}}$
min. 7,0 m	7,3 m	10,0 m

#### 3.2.1 Termisk røykventilasjon

I atrium midt er det store fasadearealer mot gårdsrommet som kan benyttes som tilluftsareal. På grunn av lav byggehøyde, tillates det oppbygging av et svært tynt røykjikt, noe som fordrer stort ventilasjonsareal både ut og inn. Dette gjenspeiler seg i lav temperatur i røyklaget som igjen gir svake termiske oppdriftskrefter. Løsningen vil være avhengig av god detaljprosjektering.

1. Minimum tilluftareal er 17 m<sup>2</sup>. Nødvendig åpningsareal i tak må da være 85 m<sup>2</sup>.
2. Økes tilluftsarealet til 18 m<sup>2</sup>, reduseres nødvendig åpningsareal til vel 50 m<sup>2</sup>.

Utskrift av beregning ligger i vedlegg 1.

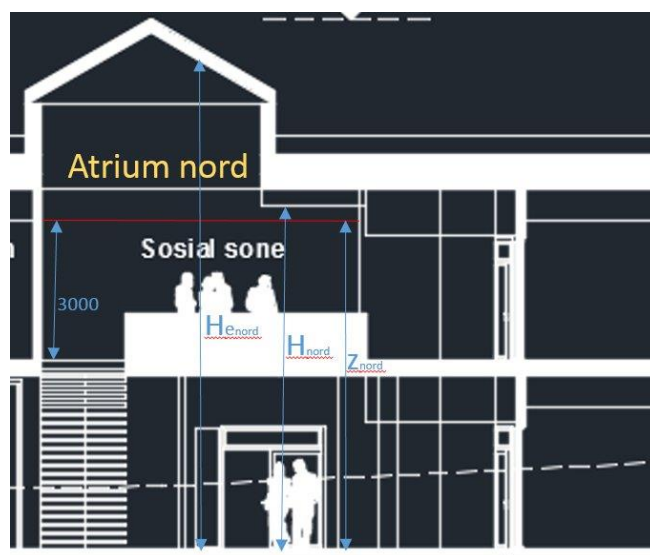
### 3.2.2 Mekanisk røykventilasjon

Mekanisk røykventilasjon vil også være egnet for dette romvolumet.

- Nødvendig viftekapasitet for å opprettholde røykfri høyde,  $z_{midt}$ , på 7,0 m er beregnet til 40 m<sup>3</sup>/s eller 142 000 m<sup>3</sup>/time.
- Forutsatt tilgjengelig tilluftsareal er 12 m<sup>2</sup>. Ut fra de forutsetninger som er satt, er dette minimum tilluftsåpning.

Utskrift av beregning ligger i vedlegg 2.

### 3.3 Atrium nord



Figur 7: Lengdesnitt av nybygget, utsnitt som viser atrium nord.

Følgende takhøyder er lagt til grunn for beregningene:

Røykfri høyde, $z_{nord}$	Takhøyde (atrium), $H_{nord}$	Høyde til senter røykluke, $H_{enord}$
min. 7,0 m	7,3 m	10,0 m

#### 3.3.1 Termisk røykventilasjon

Det er ikke mulig å benytte termisk røykventilasjon for ventilering av atrium nord, dersom tilluftsareal og/eller takhøyde  $H_{nord}$  og  $H_{enord}$  ikke kan økes.

- 3) Uendret takhøyde  $H_{nord}$  og  $H_{enord}$  betinger en økning på tilluftsarealet til min. 17 m<sup>2</sup> og nødvendig åpningsareal på taklukene på 59 m<sup>2</sup>.

- 4) Dersom luft til atriene også kan hentes fra kantinearealet slik at tilluftsarealet blir minimum 15 m<sup>2</sup> og høyde til senter av taklukene ( $H_{e,nord}$ ) økes til 11,0 m, er nødvendig åpningsareal 45 m<sup>2</sup>. Tilluftsareal i fasade mellom kantine og gårdsrom må da økes tilsvarende.

Utskrift av beregning ligger i vedlegg 1.

### 3.3.2 Mekanisk røykventilasjon

På grunn av svært begrenset tilluftsareal i dette atriene, kan det være aktuelt med mekanisk tilførsel av tilluft, eller benytte tilgjengelig åpningsareal i begge etasjer. Ellers gjelder samme vurderinger for dette atriene som for atrium sør.

- Nødvendig viftekapasitet for å opprettholde røykfri høyde,  $Z_{nord}$ , på 7,0 m er beregnet til 41 m<sup>3</sup>/s eller 145 000 m<sup>3</sup>/time.
- Forutsatt tilgjengelig tilluftsareal er 11 m<sup>2</sup> fordelt på 6 m<sup>2</sup> 1. etasje og 5 m<sup>2</sup> i 2. etasje.

Utskrift av beregning ligger i vedlegg 2.

## 4. Sammendrag / vurdering av resultat

Beregningene som er gjort er overslagsberegninger for å vurdere mulighetene for røykventilering av atriene slik de er planlagt og danne grunnlag for videre arbeid med utforming av bygget. Alle beregninger er gjort med «standard» effektivitetskoeffisient for tillufts luker og takluker og det er tatt utgangspunkt i en standard brannvekstkurve for skolebygg. Beregningene er derfor kun egnet for å gi et bilde av nødvendig ventilasjonsareal.

Slik bygget er utformet, er det per i dag for lite fasadeareal tilgjengelig for å etablere tilstrekkelig tilluft til atrium sør og nord samtidig som det er åpen forbindelse mellom atrium og korridorsoner/rømningsveier i 2. etasje. Det er ikke gjort beregninger på nødvendig lukeareal dersom atrium sør og nord stenges mot 2. etasje.

Det er svært lav takhøyde i atriene sammenlignet med taknivå på tilgrensende arealer. Dette medfører at røyksjiktet må være mindre enn 0,3 m for at det skal gi tilfredsstillende siktforhold. Kombinasjonen tynt røyksjikt og lav røykgasstemperatur (< 120°C) medfører stor fare for at røyk kan bli virvlet ned i frisiktsonen.

Med dagens utforming av bygget vurderes mekanisk røykventilasjon som mest aktuelt. Avtrekksvifter plassert i takoppbygg, vil kunne sikre tilstrekkelig kontroll for luftstrøm i og rundt hvert atrium, slik at tilknyttet areal kan benyttes som rømningsvei. Det kan vurderes å etablere termisk røykventilasjon i atrium midt, dersom atriene skilles fra atrium sør og nord med branncellebegrensende konstruksjoner.

Valgt løsning med åpen forbindelse mellom rømningsveier og fellesarealer åpne over flere plan, forutsettes at det gjøres en simulering av at rømningsikkerheten er ivaretatt i løpet av detaljprosjekteringsfasen. En slik simulering må også hensynta forventet brannutvikling basert



på faktisk romutforming og brannbelastning. Det anbefales at det gjennomføres en CFD-modellering for dimensjonering og verifikasjon av nødvendig tilluftsareal og viftekapasitet.

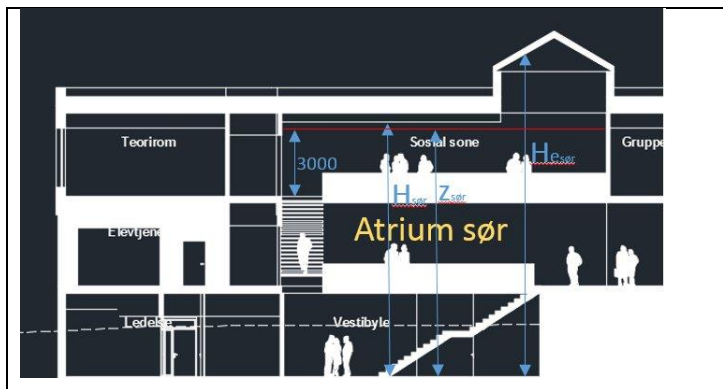
## 5. Referanser

1. Karlsson, B. og Quintiere, J. G. *Enclosure fire dynamics*. CRC Press LCC, 2000.
2. *Branskyddshandboken*, Rapport 3117, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, 2002.
3. Melding HO-3/2000, *Røykventilasjon, Temaveiledning*, Statens bygningstekniske etat, des. 2000.

## 6. Vedlegg

1. Termisk røykventilasjon, beregning av nødvendig røyklukeareal.
2. Mekanisk røykventilasjon, beregning av nødvendig viftekapasitet.

### A.1 Atrium sør – beregning av nødvendig røyklukeareal

	Røykfri høyde, $Z_{sør}$	11,0 m
	Takhøyde (atrium), $H_{sør}$	11,3 m
	Høyde til senter røykluke, $H_{e_{sør}}$	14,0 m

Utsnitt av plan 2. etasje:



Beregnet nødvendig åpningsareal på takluker for termisk røykventilasjon, forutsatt 50 m<sup>2</sup> tilluftsareal:

### Naturlig ventilasjon fra øvre røyklag, steady state

#### Iht Enclosure Fire Dynamics, kap 8.6.3, case 1

#### Beregning av nødvendig røyklukeareal

##### Input data

Ønsket røykfri høyde, z	11m	
Dimensjonerende branneffekt, Q*	4900kW	Konvektiv andel
Tilluftsareal, Ad	50m <sup>2</sup>	
Effektiviteskoef. Cd	0,4-	
T omgivelser, Ta	293K	19,85°C
Rom bredde, B	10,8	
Rom lengde, L	14,3	
Rom høyde, H	11,3m	
Høyde til senter røykluke, He	14m	
Luft densitet, ρ <sub>0</sub>	1,2kg/m <sup>3</sup>	
Tyngdekraft, g	9,81kg/m <sup>2</sup> s	
Spesifik varmekapasitet luft, Cp	1,05KJ/kgK	
Varmeovergangskoeffisient for overflater, h	0,02840478kW/m <sup>2</sup> K	Se egen flik

##### Beregnete input data

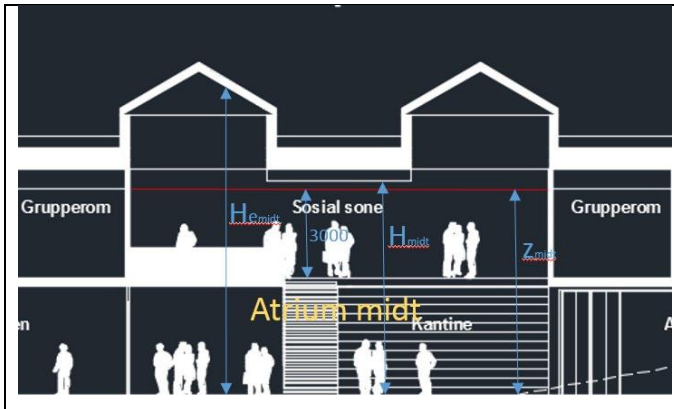
Areal av overflater i kontakt med røyklaget, A <sub>w</sub>	169,5m <sup>2</sup>
---	---------------------

##### Beregnete data

Forbrenningshastinghet m* = m* <sub>p</sub>	69,49kg/s	
Trykkdifferanse over innluftsåpningen, DPI	5,03Pa	
Temperatur i røyklaget, T <sub>g</sub>	356,00K	82,85C
Densitet i røyklaget, ρ <sub>g</sub>	0,99kg/m <sup>3</sup>	

**Nødvendig åpningsareal 117,43m<sup>2</sup>**

## A.2 Atrium midt - beregning av nødvendig røyklukeareal

	Røykfri høyde, $Z_{midt}$	7,0 m
	Takhøyde (atrium), $H_{midt}$	7,3 m
	Høyde til senter røykluke, $H_{\theta_{midt}}$	10,0 m

Utsnitt av plan 2. etasje:



Beregnet nødvendig åpningsareal på takluker for termisk røykventilasjon, forutsatt 17 m<sup>2</sup> tilluftsareal:

<b>Naturlig ventilasjon fra øvre røyklag, steady state</b>			
<b>Iht Enclosure Fire Dynamics, kap 8.6.3, case 1</b>			
<b>Beregning av nødvendig røyklukeareal</b>			
<b>Input data</b>			
Ønsket røykfri høyde, z	7 m		
Dimensjonerende branneffekt, Q*	4900 kW	Konvektiv andel	
Tilluftsareal, Ad	17 m <sup>2</sup>		
Effektiviteskoef. Cd	0,4 -		
T omgivelser, Ta	293 K	19,85°C	
Rom bredde, B	14,3		
Rom lengde, L	14,3		
Rom høyde, H	7,3 m		
Høyde til senter røykluke, He	10 m		
Luft densitet, ρ <sub>0a</sub>	1,2 kg/m <sup>3</sup>		
Tyngdekraft, g	9,81 kg/m <sup>2</sup> s		
Spesifik varmekapasitet luft, Cp	1,05 KJ/kgK		
Varmeovergangskoeffisient for overflater, h	0,02840478 kW/m <sup>2</sup> K	Se egen flik	
<b>Beregnede input data</b>			
Areal av overflater i kontakt med røyklaget, A <sub>w</sub>	221,65 m <sup>2</sup>		
<b>Beregnede data</b>			
Forbrenningshastighet m* = m* <sub>p</sub>	32,72 kg/s		
Trykkdifferanse over innluftsåpningen, DPI	9,65 Pa		
Temperatur i røyklaget, T <sub>g</sub>	413,54 K	140,39 C	
Densitet i røyklaget, ρ <sub>og</sub>	0,85 kg/m <sup>3</sup>		
<b>Nødvendig åpningsareal</b>		<b>84,46 m<sup>2</sup></b>	

### A.3 Atrium nord - beregning av nødvendig røyklukeareal

	Røykfri høyde, $Z_{\text{nord}}$	7,0 m
	Takhøyde (atrium), $H_{\text{nord}}$	7,3 m
	Høyde til senter røykluke, $H_{e_{\text{nord}}}$	10,0 m

Utsnitt av plan 2. etasje:





Beregnet nødvendig åpningsareal på takluker for termisk røykventilasjon, forutsatt 17 m<sup>2</sup> tilluftsareal:

<b>Naturlig ventilasjon fra øvre røyklag, steady state</b>			
<b>Iht Enclosure Fire Dynamics, kap 8.6.3, case 1</b>			
<b>Beregning av nødvendig røyklukeareal</b>			
<b>Input data</b>			
Ønsket røykfri høyde, z	7 m		
Dimensjonerende branneffekt, Q*	4900 kW		Konvektiv andel
Tilluftsareal, Ad	17 m <sup>2</sup>		
Effektiviteskoef. Cd	0,4	-	
T omgivelser, Ta	293 K		19,85°C
Rom bredde, B	16,2		
Rom lengde, L	6		
Rom høyde, H	7,3 m		
Høyde til senter røykluke, He	10 m		
Luft densitet, roa	1,2 kg/m <sup>3</sup>		
Tyngdekraft, g	9,81 kg/m <sup>2</sup> s		
Spesifik varmekapasitet luft, Cp	1,05 KJ/kgK		
Varmeovergangskoeffisient for overflater, h	0,02840478 kW/m <sup>2</sup> K		Se egen flik
<b>Beregnede input data</b>			
Areal av overflater i kontakt med røyklaget, Aw	110,52 m <sup>2</sup>		
<b>Beregnede data</b>			
Forbrenningshastighet m* = m*p	32,72 kg/s		
Trykkdifferanse over innluftsåpningen, DPI	9,65 Pa		
Temperatur i røyklaget, Tg	423,69 K		150,54 C
Densitet i røyklaget, rog	0,83 kg/m <sup>3</sup>		
<b>Nødvendig åpningsareal</b>		<b>59,06 m<sup>2</sup></b>	

Tilgjengelig tilluftsareal dersom tilluft også kan hentes fra kantine:

Tilgjengelig tilluftsareal	Bredde [m]	Høyde [m]	Areal [m <sup>2</sup> ]
Dør til gangbro	2,3	2,6	5,98
Dør til terreng	1,2	2,6	3,12
Forbindelse til kantine	2,4	2,7	6,48
<b>Tilluftsareal, Ad</b>			<b>15,58</b>

Beregnet nødvendig åpningsareal på takluker dersom tilgjengelig tilluftsareal er 15 m<sup>2</sup> og høyde til senter takluke heves til 11,0 m:

### Naturlig ventilasjon fra øvre røyklag, steady state

#### Iht Enclosure Fire Dynamics, kap 8.6.3, case 1

#### Beregning av nødvendig røyklukeareal

##### Input data

Ønsket røykfri høyde, z	7 m	
Dimensjonerende branneffekt, Q*	4900 kW	Konvektiv andel
Tilluftsareal, Ad	15 m <sup>2</sup>	
Effektiviteskoef. Cd	0,4 -	
T omgivelser, Ta	293 K	19,85°C
Rom bredde, B	16,2	
Rom lengde, L	6	
Rom høyde, H	7,3 m	
Høyde til senter røykluke, He	11 m	
Luft densitet, ρ <sub>0a</sub>	1,2 kg/m <sup>3</sup>	
Tyngdekraft, g	9,81 kg/m <sup>2</sup> s	
Spesifik varmekapasitet luft, Cp	1,05 KJ/kgK	
Varmeovergangskoeffisient for overflater, h	0,02840478 kW/m <sup>2</sup> K	Se egen flik

##### Beregnete input data

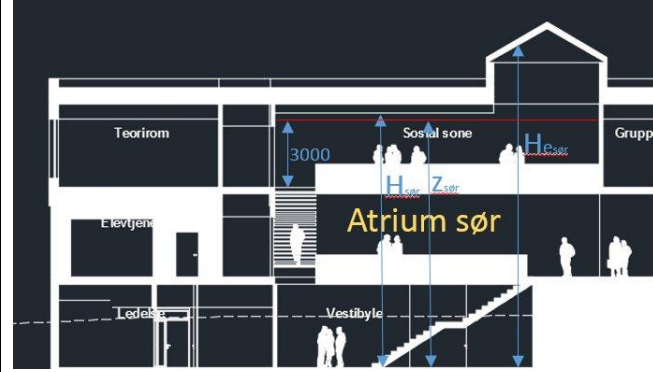
Areal av overflater i kontakt med røyklaget, A <sub>w</sub>	110,52 m <sup>2</sup>
---	-----------------------

##### Beregnete data

Forbrenningshastighet m* = m*p	32,72 kg/s	
Trykkdifferanse over innluftsåpningen, DPI	12,39 Pa	
Temperatur i røyklaget, T <sub>g</sub>	423,69 K	150,54 C
Densitet i røyklaget, ρ <sub>og</sub>	0,83 kg/m <sup>3</sup>	

**Nødvendig åpningsareal 44,73 m<sup>2</sup>**

### B.1 Atrium sør - beregning av nødvendig viftekapasitet

	Røykfri høyde, $Z_{sør}$	11,0 m
	Takhøyde (atrium), $H_{sør}$	11,3 m
	Høyde til senter røykluke, $H_{e,sør}$	14,0 m

Utsnitt av plan 2. etasje:



Tilgjengelig tilluftsareal lagt til grunn for beregning:

Tilgjengelig tilluftsareal	Bredde [m]	Høyde [m]	Areal [m <sup>2</sup> ]
Vindusfelt ved vindfang	2,6	2,4	6,24
Vindfang	3,5	2,1	7,35
Rømningsdør	1,2	2,1	2,52
<b>Tilluftsareal, Ad</b>			<b>16,11</b>
<b>Mulig tilluftsareal fra 1. etasje</b>			<b>10,2</b>
I fasade	3,2	2,4	7,68
Dør til trapp	1,2	2,1	2,52

<b>Mulig tilluftsareal fra 2. etasje</b>			10,2
I fasade	3,2	2,4	7,68
Dør til trapp	1,2	2,1	2,52

Beregnet nødvendig viftekapasitet ved mekanisk røykventilasjon:

### Beregning av røyksjiktets høyde ved et bestemt røyklukeareal

#### Input data

Dimensjonerende branneffekt, $Q^*$	4900 kW	Konvektiv andel
Tilluftsareal, $A_I$	36 m <sup>2</sup>	
Effektiviteskoef. Tilluft, $C_I$	0,6 -	
Effektiviteskoef. Takluke, $C_t$	0,4 -	
Taklukeareal	92 m <sup>2</sup>	
T omgivelser, $T_a$	293 K	
Rom bredde	10,8	
Rom lengde	14,3	
Rom høyde, $H$	11,3 m	
Høyde til senter røykluke, $H_e$	14 m	
Luft densitet, $\rho_0$	1,2 kg/m <sup>3</sup>	
Tyngdekraft, $g$	9,81 kg/m <sup>2</sup> s	
Spesifik varmekapasitet luft, $C_p$	1,05 KJ/kgK	
Varmeovergangskoeffisient for overflater, $h$	0,02840478 kW/m <sup>2</sup> K	Se egen flik

#### Antagelser, endres til $m^*p = m^*e$

Røykfri høyde,  $z$  **11 m**

#### Bergnet input data

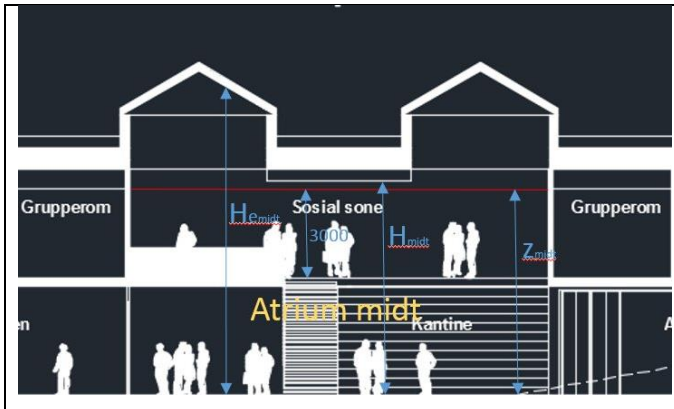
Areal av overflater i kontakt med røyklaget 169,5 m<sup>2</sup>

#### Bergende data

Forbrenningshastighet $m^* = m^*p$	<b>69,49</b> kg/s	
Trykkdifferanse over innluftsåpningen, DPI	4,31 Pa	
Temperatur i røyklaget	356,00 K	82,85 C
Densitet i røyklaget	0,99 kg/m <sup>3</sup>	
Lufthastighet gjennom ventilasjonsåpning, $m_e^*$	<b>69,94</b> kg/s	

<b>Nødvendig viftekapasitet</b>	<b>70,08</b> m <sup>3</sup> /s		
	<b>252293,32</b> m <sup>3</sup> /time		

**B.2 Atrium midt - beregning av nødvendig viftekapasitet**

	Røykfri høyde, $Z_{mid}$	7,0 m
	Takhøyde (atrium), $H_{mid}$	7,3 m
	Høyde til senter røykluke, $H_{e_{mid}}$	10,0 m

Utsnitt av plan 2. etasje:



Beregnet nødvendig viftekapasitet ved mekanisk røykventilasjon:

### Beregning av røyksjiktets høyde ved et bestemt røyklukeareal

#### Input data

Dimensjonerende branneffekt, $Q^*$	4900 kW	Konvektiv andel
Tilluftsareal, $A_l$	12 m <sup>2</sup>	
Effektiviteskoef. Tilluft, $C_l$	0,6 -	
Effektiviteskoef. Takluke, $C_t$	0,4 -	
Taklukeareal	53 m <sup>2</sup>	
T omgivelser, $T_a$	293 K	
Rom bredde	14,3	
Rom lengde	14,3	
Rom høyde, $H$	7,3 m	
Høyde til senter røykluke, $H_e$	10 m	
Luft densitet, $\rho_0$	1,2 kg/m <sup>3</sup>	
Tyngdekraft, $g$	9,81 kg/m <sup>2</sup> s	
Spesifik varmekapasitet luft, $C_p$	1 KJ/kgK	
Varmeovergangskoeffisient for overflater, $h$	0,02840478 kW/m <sup>2</sup> K	Se egen flik

#### Antagelser, endres til $m^*p = m^*e$

Røykfri høyde,  $z$  **7 m**

Beregnet input data

Areal av overflater i kontakt med røyklaget 221,65 m<sup>2</sup>

#### Bergende data

Forbrenningshastighet $m^* = m^*p$	<b>33,25</b> kg/s	
Trykkdifferanse over innluftsåpningen, $DPI$	8,89 Pa	
Temperatur i røyklaget	416,90 K	143,75 C
Densitet i røyklaget	0,85	
Lufthastighet gjennom ventilasjonsåpning, $me^*$	<b>33,89</b> kg/s	

<b>Nødvendig viftekapasitet</b>	<b>39,27</b> m <sup>3</sup> /s		
	<b>141381,14</b> m <sup>3</sup> /time		



### B.3 Atrium nord

	<p>Røykfri høyde, <math>Z_{\text{nord}}</math></p>	<p>7,0 m</p>
	<p>Takhøyde (atrium), <math>H_{\text{nord}}</math></p>	<p>7,3 m</p>
	<p>Høyde til senter røykluke, <math>H_{\text{nord}}</math></p>	<p>10,0 m</p>

Utsnitt av plan 2. etasje:



Beregnet nødvendig viftekapasitet ved mekanisk røykventilasjon:

### Beregning av røyksjiktets høyde ved et bestemt røyklukeareal

#### Input data

Dimensjonerende branneffekt, $Q^*$	4900 kW	Konvektiv andel
Tilluftsareal, $A_l$	11 m <sup>2</sup>	
Effektiviteskoef. Tilluft, $C_l$	0,6 -	
Effektiviteskoef. Takluke, $C_t$	0,4 -	
Taklukeareal	97 m <sup>2</sup>	
T omgivelser, $T_a$	293 K	
Rom bredde	16,2	
Rom lengde	6	
Rom høyde, $H$	7,3 m	
Høyde til senter røykluke, $H_e$	10 m	
Luft densitet, $\rho_0$	1,2 kg/m <sup>3</sup>	
Tyngdekraft, $g$	9,81 kg/m <sup>2</sup> s	
Spesifik varmekapasitet luft, $C_p$	1 KJ/kgK	
Varmeovergangskoeffisient for overflater, $h$	0,02840478 kW/m <sup>2</sup> K	Se egen flik

#### Antagelser, endres til $m^*p = m^*e$

Røykfri høyde,  $z$  **7 m**

Beregnet input data

Areal av overflater i kontakt med røyklaget 110,52 m<sup>2</sup>

#### Bergende data

Forbrenningshastighet $m^* = m^*p$	<b>33,25</b> kg/s	
Trykkdifferanse over innluftsåpningen, $DPI$	10,58 Pa	
Temperatur i røyklaget	427,64 K	154,49 C
Densitet i røyklaget	0,83	
Lufthastighet gjennom ventilasjonsåpning, $m_e^*$	<b>33,28</b> kg/s	

<b>Nødvendig viftekapasitet</b>	<b>40,28</b> m <sup>3</sup> /s		
	<b>145025,57</b> m <sup>3</sup> /time		