



OSLO METROPOLITAN UNIVERSITY
STORBYUNIVERSITETET

GRUPPENR:

7

GRADERING:

Åpen

Institutt for bygg- og energiteknikk (Department of Built Environment)

Postadresse: Postboks 4 St. Olavs plass, 0130 Oslo, Norge

Besøksadresse: Pilestredet 35, Oslo

Webside: www.oslomet.no

BACHELOROPPGAVE

“Energi & miljø i bygg” studieprogram

TITTEL: Inneklima og luftkvalitet i klatrehaller: Evaluering av ventilasjonsløsninger	DATO INNLEVERT: 24.05.2024
	ANTALL SIDER OG VEDLEGG: 54 sider 14 vedlegg
FORFATTERE: Isak Langeland Vladyslav Pankov Silja Tellefsen	VEILEDER(E): Heidi Liavåg Ole Øiene Smedegård

KORT SAMMENDRAG (ABSTRACT):

Denne bacheloroppgaven hadde som mål å forsøke å finne forbedringsmuligheter for ventilasjonssystemer i klatrehaller, der kalkstøv utgjør en betydelig utfordring for luftkvaliteten. Tre klatresentre i Oslo ble undersøkt for å kartlegge inneklimaet og ventilasjonsytelsen. Resultatene ble analysert og sammenlignet, for å kunne komme med anbefalinger.

Studien avdekket at økt luftmengde, bedre plassering av avtrekksventiler, hyppigere filterbyte, skifte til rekuperativ varmeveksler kan bidra til å redusere støvkonsentrasjonen og forbedre luftkvaliteten. Resultatene fra denne studien kan gi verdifull innsikt for prosjektering og drift av klatrehaller med fokus på et sunt og komfortabelt inneklima.

NØKKELOORD (skilt med komma):

Klatrehall, Svevestøv, Ventilasjon, Filter, Klatrekalk, CO₂, Luftmengde, Magnesiumkarbonat, Klatring, Operativ temperatur, PM₁₀, PM_{2,5}, Inneklima.

Oppgavetekst

Nøkkelinformasjon

Tittel: Inneklima og luftkvalitet i klatrehaller: Evaluering av ventilasjonsløsninger.

English title: Indoor climate and air quality in climbing centers: Evaluation of ventilation solutions.

Hovedveileder: Heidi Liavåg.

Samarbeid/biveileder: Ole Øiene Smedegård.

Bakgrunn

I innendørs klatrehaller er det en utfordring med håndtering av luftforurensing i form av kalkstøv, som oppstår på grunn av bruken av klatrekalk. Det er ikke laget noen veiledning til hvordan ventilasjonen skal dimensjoneres for å kunne kontrollere konsentrasjonen av svevestøv i hallen. Det er derfor passende med en studie som forsøker å oppnå innsikt, for å kunne komme med forslag til ventilasjonsløsninger som kan forbedre inneklimaet i klatrehaller.

Mål

Lokalisere områder ved ventilasjonen som ikke fungerer optimalt for klatrehaller. Foreslå alternative løsninger som kan minske inneklimaproblemene ved implementering.

Metode / Arbeidsoppgaver

Gjennomføre litteraturstudie for å tilegne oss informasjon om utfordringene ved klatrehaller, og ventilasjon.

Utføre målinger av inneklima og ventilasjon, for å kartlegge tilstanden i hallen, og kunne finne sammenhenger med målte verdier fra ventilasjon.

Analysere resultater, å komme med områder for utbedring, med alternative løsninger.

Forord

Denne bacheloroppgaven ble presentert som et forslag av NTNU. Den var foreslått å bygge videre på den tidligere bacheloroppgaven, "Filtrering av luft med høyt partikkelinnhold i klatrehaller," som ble skrevet i 2019 av Jørgen Tonning Buch og Simen Jensås. Målet med denne studien er å analysere luftkvalitet og svevestøvnivåer i tre klatrehaller i Oslo: Klatreverket Bryn, Klatreverket Løkka og Klatreverket Torshov, og å foreslå forbedringer for å redusere svevestøvnivåene og dermed forbedre innemiljøet for klatrerne.

Vi vil takke vår interne veileder, Heidi Liavåg, og vår eksterne veileder, Ole Øiene Smedegård, for deres uvurderlige hjelp med å forme oppgaven og for å støtte oss underveis. Vi ønsker også å takke daglige ledere ved Klatreverket sine sentere for deres villighet til å delta i denne oppgaven og for å bistå med nødvendig informasjon. En spesiell takk går til Andreas Skylstad, daglig fikser på de tre sentrene, for hans tekniske bistand og hjelp med utføring av målinger. En ekstra takk går til de ansatte og klatrerne ved de tre klatrehallene, som har vært tålmodige og samarbeidsvillige under måleperiodene. Deres deltakelse har vært avgjørende for å få nøyaktige og representative data. Til slutt vil vi takke Nicolai Valentinsen fra Energima for å dele informasjon og statistikk om ventilasjonen i Klatreverket på Løkka. Hans innsikt har vært uvurderlig for å forstå de tekniske aspektene ved luftkvalitet i innendørs miljøer.

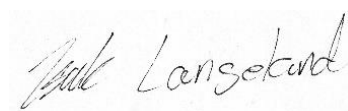
Vi håper at funnene og anbefalingene i denne oppgaven vil bidra til bedre forståelse og håndtering av svevestøv i klatrehaller, og at de vil bli brukt som grunnlag for fremtidige forbedringer som kan gagne både klatrere og ansatte. Vi ønsker også at denne oppgaven kan inspirere til videre bacheloroppgave på området og bidra til utvikling av mer effektive tiltak for å sikre et sunt og trygt innemiljø i klatrehaller.



Vladyslav Pankov



Silja Tellefsen



Isak Langeland

Sammendrag

Målet med prosjektet var å kartlegge hvordan ventilasjonssystemer kan forbedres i klatrehaller, hvor høy støvkonsentrasjon på grunn av kalkstøv er en utfordring. Det var også et mål å komme med forslag til alternativene løsninger som potensielt kan forbedre inneklimate i klatrehaller.

Klatreverket med sine tre sentere på Bryn, Løkka og Torshov, stilte sine sentre til disposisjon. Det ble så satt opp en måleplan som skulle kartlegge inneklimate i hallene, og foretatt målinger av ventilasjonen i senterne. Samtidig ble det forsøkt å samle så mye informasjon om klatrehallen som ikke kunne måles.

Målinger av ventilasjon og inneklimate ble så analysert og sammenlignet, individuelt for hvert senter, og deretter på tvers av senterne. Dette ble gjort for å få et bredere grunnlag for eventuelle anbefalinger. Det ble også gjort dimensjonerende utregninger for å sammenligne med målte verdier.

Deretter er det foretatt drøftinger basert på resultatene og teori. Det er så kommet fram til en rekke potensielle alternativer som kan sikre et bedre inneklimate i klatrehaller. Basert på disse tre hallene er det funnet at luftmengden kan økes, som vil gi et bedre luftskifte, som igjen vil bidra til fjerning av svevestøv, i tillegg til CO₂. Flere avtrekksventiler direkte i klatrehallen kan gi bedre omrøring ved klatresonen. Bedre kontroll på utskiftning av tette avtrekksfiltre, særlig ved behovsstyrt ventilasjon. Rekuperative varmegjenvinnere kan være et bedre alternativ til roterende. Forbedring av filtre. Det er også kommet noen forslag som ikke relateres til ventilasjon, men som kan føre til lavere støvkonsentrasjon som dermed kan begrense hva som kreves av ventilasjonen.

English Summary

The goal of the project was to map out how ventilation systems can be improved in climbing gyms, where high dust concentration due to chalk dust is a challenge. Another objective was to propose alternative solutions that could potentially improve the indoor climate in climbing gyms.

Klatreverket, with its three centers in Bryn, Løkka, and Torshov, made its facilities available for the study. A measurement plan was established to assess the indoor climate in the gyms, and measurements of the ventilation systems at the centers were conducted. At the same time, efforts were made to gather as much information as possible about the climbing gyms that could not be measured.

The measurements of ventilation and indoor climate were then analyzed and compared, individually for each center and then across the centers. This was done to provide a broader basis for any recommendations. Dimensioning calculations were also performed to compare with the measured values.

Then, discussions were conducted based on the results and theory. Several potential alternatives were identified to ensure a better indoor climate in climbing gyms. Based on these three gyms, it was found that increasing the air volume, which would improve air exchange, which in turn would help remove dust concentration in the air and CO₂. More exhaust air and additional exhaust vents directly in the climbing area could improve air circulation in the climbing zone. Better control over the replacement of clogged exhaust filters, especially with demand-controlled ventilation, is also recommended. Recuperative heat exchangers might be a better alternative to rotary ones. Improvements to filters were also suggested. Additionally, there were some proposals not related to ventilation but aimed at reducing dust concentration, which could subsequently lessen the ventilation requirements.

Innhold

Oppgavetekst.....	ii
Nøkkelinformasjon.....	ii
Bakgrunn	ii
Mål	ii
Metode / Arbeidsoppgaver	ii
Forord.....	iii
Sammendrag.....	iv
English Summary	v
Innhold	vi
Figurliste.....	viii
Tabelliste	ix
Formelliste.....	ix
1 Innledning.....	1
Bakgrunn og problemer i klatrehaller	1
2 Teori.....	2
2.1 Generell info om klatrehaller	2
2.2 Termisk Miljø	6
2.2.1 PMV og PPD.....	6
2.2.2 Operativ temperatur	7
2.3 Atmosfærisk miljø.....	8
2.3.1 Svevestøv	8
2.3.2 CO ₂	9
2.3.3 Luftmengde	10
2.3.4 Relativ fuktighet.....	11
2.4 Ventilasjon	12
2.4.1 Varmegjenvinnere.....	12
2.4.2 Ventilasjonsprinsipper	13
2.4.3 Styringsprinsipper	13
2.4.4 Filter	14
2.5 Klatrekalk.....	15
3 Metode.....	16
3.1 Utstyr.....	17
3.2 Målepunkter og luftdistribusjon i klatrehaller	18
3.2.1 Temperatur	21
3.2.2 CO ₂	21
3.2.3 Svevestøv	21
3.2.4 Luftmengde	22
3.2.5 Temperaturvirkningsgrad.....	23
3.3 Spørreundersøkelser.....	24

3.4	Måleusikkerhet.....	24
4	Resultater	26
4.1	Spørreundersøkelser.....	26
4.2	Svevestøv	29
4.2.1	Hall 1 (Bryn).....	29
4.2.2	Hall 2 (Løkka).....	30
4.2.3	Hall 3 (Torshov).....	31
4.3	Temperatur	32
4.4	Relativ fuktighet.....	34
4.5	Luftmengde	35
4.6	Virkningsgrad	36
4.7	CO ₂ nivå.....	36
4.7.1	Hall 1 (Bryn).....	36
4.7.2	Hall 2 (Løkka).....	37
4.7.3	Hall 3 (Torshov).....	38
5	Diskusjon	39
5.1	Luftmengde og ventilasjonsprinsipp.....	39
5.1.1	Hall 1 (Bryn).....	39
5.1.2	Hall 2 (Løkka).....	39
5.1.3	Hall 3 (Torshov).....	40
5.1.4	Alternativer	40
5.2	Filter	41
5.3	Kalk.....	42
5.4	Svevestøv	43
5.4.1	Hall 1 (Bryn).....	43
5.4.2	Hall 2 (Løkka).....	43
5.4.3	Hall 3 (Torshov).....	43
5.4.4	Sammenligning	44
5.5	Relativ fuktighet.....	45
5.6	Temperatur	45
5.7	Plassering av ventiler	45
5.8	Varmegjenvinner.....	46
5.9	Spørreundersøkelse	46
5.10	Overmaterialer på madrass.....	47
5.11	Tiltak	50
6	Konklusjon.....	51
7	Videre arbeid	52
	Referanser	53
	Vedlegg.....	55
	Vedlegg 1: Lufttemperatur	55
	Vedlegg 2: Relativ fuktighet	57
	Vedlegg 3: Luftmengden fra Energima AS.....	59

Vedlegg 4: Svevestøv målinger.....	60
Vedlegg 5: Utregninger av luftmengde	61
Vedlegg 6: Spørreundersøkelsen.....	63
Vedlegg 7: Resultater av spørreundersøkelse	65
Vedlegg 8: Filter Camfil Hi-Flo XLT 7/640 0160	68
Vedlegg 9: Filter Camfil Hi-Flo XLS 5/640 1060	70
Vedlegg 10: Ventilasjonsanlegget på klatreverket Løkka.....	71
Vedlegg 11: Plantegning med ventilasjonskanaler på klatreverket Løkka	72
Vedlegg 12: Dokumentasjon av ventilasjonsanlegget på klatreverket Løkka	73
Vedlegg 13: Dokumentasjon av overmaterialer og madrasser.....	85
Vedlegg 14: Termisk data	88

Figurliste

Figur 1. Plantegning av klatreverket Bryn.....	3
Figur 2. Plantegning av klatreverket Løkka.....	4
Figur 3. Plantegning av klatreverket Torshov	5
Figur 4. Sammenheng mellom ventet gjennomsnittlig vurdering (PMV) og ventet andel misfornøyde (PPD) (Sintef Byggforsk, 2017).....	6
Figur 5. Eksempel på oppsett på et ventilasjonsaggregat for balansert ventilasjon (Ingebrigtsen, Ventilasjonsteknikk Del 1, 2020, s.23).....	12
Figur 6. Plantegning av ventilasjonskanaler og plassering av måleinstrumenter på Bryn	18
Figur 7. Plantegning av ventilasjonskanaler og plassering av måleinstrumenter på Løkka.....	19
Figur 8. Plassering av måleinstrumenter på Torshov	20
Figur 9 Kanalføringer for Klatreverket Torshov	21
Figur 10. Måling av lufthastighet i tilluftskanal. Bilde tatt av Vladyslav Pankov	22
Figur 11. Tverrsnitt av sirkulær kanal. (SINTEF Anvisning 16-7, u. å.)	25
Figur 12. Rose-diagram av symptomer av klatreverket Bryn.....	26
Figur 13. Rosediagram av symptomer av klatreverket Løkka.....	27
Figur 14. Rosediagram av symptomer av klatreverket Torshov.....	28
Figur 15. Svevestøv på Bryn	29
Figur 16. Svevestøv på Løkka	30
Figur 17. Støvpertikler i luften på Løkka.....	30
Figur 18. Svevestøv på Torshov	31
Figur 19. Sammenlikning av temperaturer i hallene.....	32
Figur 20. Sammenlikning av gjennomsnittlig relativ fuktighet (RF) i alle klatreverker	34
Figur 21. Sammenlikning av gjennomsnittlig luftmengde av tilluft og avtrekk på klatrehaller	35
Figur 22. Konsentrasjon av CO ₂ på klatreverket Bryn.....	36
Figur 23. Konsentrasjon av CO ₂ på klatreverket Løkka	37
Figur 24. Konsentrasjon av CO ₂ på klatreverket Torshov	38
Figur 25. Tilstand til avtrekksfilter på Torshov. Isak Langeland.....	42
Figur 26. Sammenlikning av svevestøvkonsentrasjoner	44
Figur 27. Overmateriale på madrasser på Bryn og Torshov.....	47
Figur 28. Overmateriale på madrasser på Løkka, Andreas Skylstad	48
Figur 29. Konsentrasjon av svevestøv på overmaterialet på Løkka [1], Andreas Skylstad	48
Figur 30. Konsentrasjon av svevestøv på overmaterialet på Løkka [2], Andreas Skylstad	48
Figur 31. "Dead zone" på Torshov, Vladyslav Pankov	49

Figur 32. "Dead sone" på Løkka [1], Andreas Skylstad	Figur 33. "Dead sone" på Løkka [2], Andreas Skylstad	49
--	--	----

Tabelliste

Tabell 1. Samlet informasjon om alle klatrehaller	2
Tabell 2. 7-punkts termisk sensasjonsskala iht. NS-EN ISO 7730:2005	6
Tabell 3. Anbefalte områder for PPD-verdien iht. (NS-EN 15251:2007+NA:2014 Inneklimaparametere for dimensjonering og vurdering av bygningers energiytelse inkludert inneluftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustikk, 2014)	7
Tabell 4. Forklaring til termiske inneklimakategorier	7
Tabell 5. Anbefalte verdier for operativ temperatur (Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning, 2017)	8
Tabell 6. Anbefalte faglige normer for svevestøv fra FHI, luftkvalitetskriterier for uteluft fra FHI.	9
Tabell 7. Ulike verdier av CO ₂ og konsekvens. (Ingebrigtsen, Ventilasjonsteknikk Del I, 2020, s. 313)	9
Tabell 8. Recommended ePMx filtration depending on ODA and SUP category (DELBAG AIR FILTRATION, 2022)	14
Tabell 9. Sammenligning mellom NS EN 779 – NS EN ISO 16890. (European industry association, 2020)	15
Tabell 10. Instrumentliste	17
Tabell 11. Utregninger av operativ temperatur for termisk miljø	33
Tabell 12. Utregning av nødvendig luftmengden etter CO ₂ -nivå og etter TEK17	35

Formelliste

Formel 1. Beregning av PPD-indeks (Ingebrigtsen, Ventilasjonsteknikk Del I, 2020, s. 112)	6
Formel 2. Operativ temperatur (Ingebrigtsen, Ventilasjonsteknikk Del I, 2020, s. 100)	7
Formel 3. Beregning av den totale CO ₂ -konsentrasjonen	9
Formel 4. Frisklufttilførsel etter TEK17	10
Formel 5. Total friskluftmengde etter CO ₂ -konsentrasjon	10
Formel 6. Beregning av luftmengde i kanal	11
Formel 7. Beregning av temperaturvirkningsgrad	23

1 Innledning

Bakgrunn og problemer i klatrehaller

Klatring har vunnet hjertene til mange entusiaster over hele verden og trening foregår ofte innendørs i klatrehaller. Derfor har spørsmålet om luftkvalitet i slike rom og dens innvirkning på klatrernes helse blitt stadig viktigere. Denne studien fokuserer på en omfattende undersøkelse av innneklimaet i klatrehaller og en vurdering av effektene på brukernes helse. Hovedproblemet ligger i frigjøringen av støvpartikler fra klatrekalk (magnesium karbonat hydroksid), et stoff som brukes av klatrere for å forbedre grepet. Vitenskapelig forskning bekrefter at partikler med en størrelse 10 μm (PM₁₀) og mindre kan infiltrere luftveiene og potensielt føre til ulike helseproblemer (Célia A. Alves, 2013). Risikoen for negative effekter øker med synkende partikkelstørrelse (Castro, 2015). I tillegg utgjør CO₂-nivåer, som kan overskride akseptable grenser i dårlig ventilerte miljøer, en annen faktor som påvirker klatrernes komfort og atletiske ytelse (Heidi Salonen, 2020). For å undersøke dette problemet ble det utført en studie ved tre klatrehaller i Oslo. Forskningsmetodikken omfattet instrumentale målinger av luftkvalitetsparametere, observasjoner og spørreundersøkelser blant brukerne av sentrene. Målet er å identifisere potensielle helserisikoer forbundet med luftkvalitet og utvikle anbefalinger for å redusere disse. Særlig vekt ble lagt på å analysere ventilasjonseffektivitet, da de spiller en avgjørende rolle for å sikre ren luft og et behagelig innneklima. Studien involverte en sammenlignende vurdering av ventilasjonssystemene i hvert senter, etterfulgt av forslag til anbefalinger for optimalisering. Videre utforsker studien påvirkningen av temperatur, fuktighet og CO₂-nivåer på klatrernes subjektive opplevelser i forhold til senterets belegg gjennom dagen. Funnene fra denne forskningen vil bidra til utviklingen av omfattende tiltak, som tar sikte på å sikre sikkerheten og velværet til personer som driver med klatring.

2 Teori

Dette kapittelet presenterer en omfattende litteraturstudie, som tar opp sentrale temaer nødvendige for å bygge en inngående forståelse, som støtter besvarelsen av problemstillingen og legger grunnlaget for en grundig diskusjon av studiens resultater.

2.1 Generell info om klatrehaller

For å analysere luftkvaliteten og dens innvirkning på klatrernes helse, er det viktig å ta hensyn til de spesifikke egenskapene til hvert klatrehaller. Denne studien fokuserer på tre klatrehaller i Oslo: Hall 1 (Bryn), Hall 2 (Løkka) og Hall 3 (Torshov). Dette delkapittelet vil gi generell informasjon om disse klatrehallene, inkludert deres struktur, egenskaper og potensielle kilder til luftforurensning. Tabell 1 representerer samlet generell informasjon om klatrehallene.

Tabell 1. Samlet informasjon om alle klatrehaller

	Hall 1 (Bryn)	Hall 2(Løkka)	Hall 3(Torshov)
Åpningsår	2016	2022	2006
Klatresone	500 m ²	-	2400 m ²
BRA	ca. 700 m ²	798,9 m ²	ca. 450 m ²
Volum	ca. 3400 m ³	ca. 3835 m ³	ca. 5380 m ³
Kapasitet	50 personer	155 personer	200 personer
Driftstid	07:00 - 23:00	10:00 - 23:00	07:00-23:00
Rengjørings frekvens	Støvsuge hver dag, storrengjøring hver uke.	Støvsuge hver dag, storrengjøring hver uke.	Støvsuge hver dag, storrengjøring hver uke.
Ventilasjon	Mekanisk ventilasjon	DCV	Mekanisk ventilasjon
Tilluftsventiler	7 stk.	29 stk.	11 stk.
Avtreksventiler	1 stk.	13 stk.	2 stk.
Varmegjenvinner	Roterende	Roterende	Roterende
Avtreksfilter	Camfil Hi-Flo XLT 7/640 0160*	Camfil Hi-Flo XLS 5/640 1060**	Camfil Hi-Flo XLT 7/640 0160
Tilluftsfilter	Camfil Hi-Flo XLT 7/640 0160	Camfil Hi-Flo XLS 5/640 1060	Multisack G85-6V/0534/10/05 Multisack K85-3V/0534/05/05 LM 10-83 (592x592x635/10)
Varmeanlegg	-	Vannbåren	Varmeanlegg
Kjøleanlegg	-	-	Finnes Avtreksfilter: Camfil Hi-Flo II F7 0160
Typer klatrekalk	Løskalk	Løskalk	Løskalk
Overmaterial	PVC-stoff	Teppe	PVC-stoff
Madrasmaterial	Polyuretanskum	Polyuretanskum	Polyuretanskum

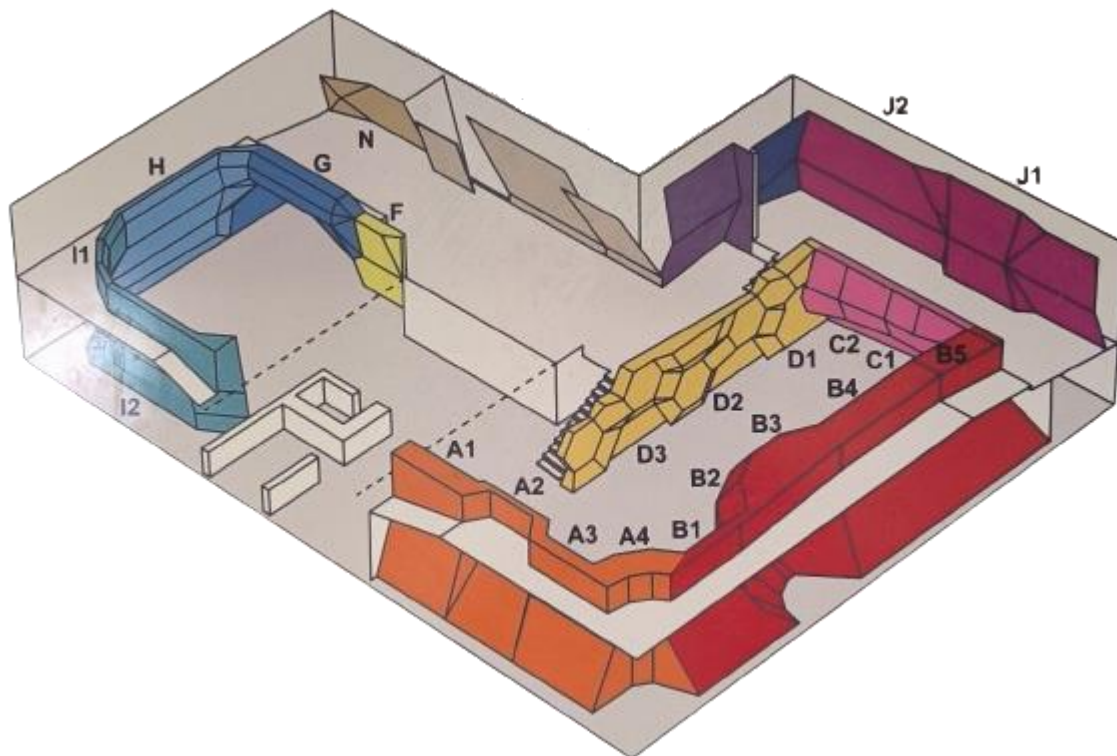
*Detaljert informasjon finnes i Vedlegg 8

**Detaljert informasjon finnes i Vedlegg 9

Hall 1 (Bryn)

Klatreverket Bryn er en stor klatrehall med et klatreområde på 500 m² og et volum på ca. 3400 m³, som kan romme opptil 50 personer samtidig. Hallen har mekanisk ventilasjon med fire tilluftsventiler og én avtrekksventil, og bruker et roterende varmegjenvinningssystem. For avtrekksfilteret og tilluftsfilter brukes Camfil Hi-Flo XLT 7/640 0160. Det utføres daglig støvsuging og ukentlig storrengjøring for å opprettholde renheten i hallen. Klatrehallen bruker løskalk, og overflatene er dekket med PVC-stoff, mens madrassene er laget av polyuretanskum. Det finnes ingen varmeanlegg eller kjøleanlegg i hallen.

Figur 1 viser generell plantegning av Klatreverket Bryn.



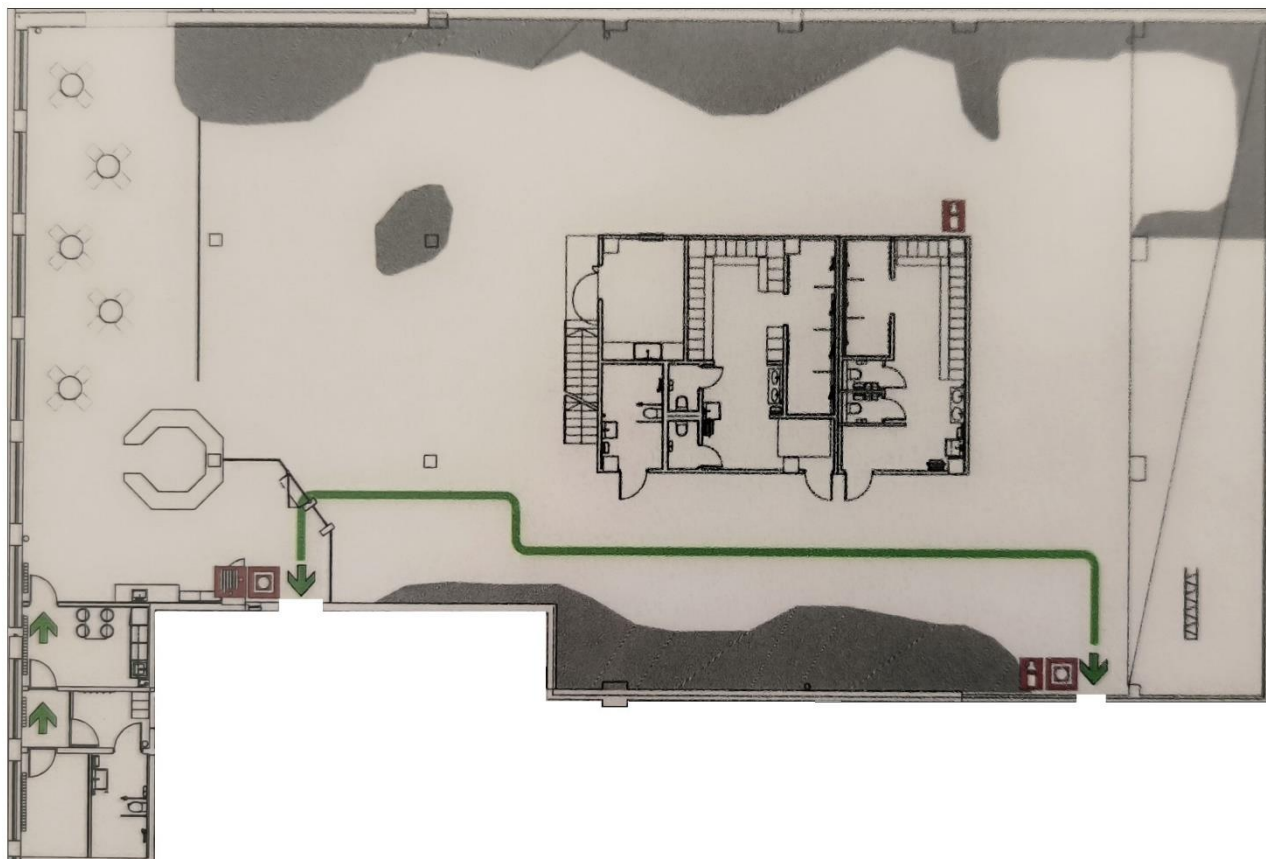
Figur 1. *Plantegning av klatreverket Bryn*

Klatrehallen er delt inn i to etasjer, med inngang i første etasje rett foran resepsjonen. Til høyre for resepsjonen er det et lite hvileområde. Fra A1 til D3 utgjør klatreområdet på høyre side av første etasje, mens I2 til F er klatreområdet på venstre side av første etasje. Andre etasje inkluderer områdene fra N til J, og andre etasje ligner en mesanin, med åpen plass der luften kan sirkulere fritt. Under andre etasje finnes toaletter, garderober, lagringsområder og ventilasjonsaggregat.

Hall 2 (Løkka)

Klatreverket Løkka, åpnet i 2022, er en moderne klatrehall med et bruttoareal på 798,9 m² og et volum på ca. 3835 m³. Den har kapasitet til å romme opptil 155 personer samtidig. Driftstiden er fra 10:00 til 23:00 daglig, med daglig støvsugning og ukentlig storrengjøring for å opprettholde renheten. Ventilasjonssystemet er Demand Controlled Ventilation (DCV), med 29 tilluftsventiler og 13 avtrekksventiler, og bruker et roterende varmegjenvinningssystem. Avtrekksfilteret og tilluftsfilteret er begge Camfil Hi-Flo XLS 5/640 1060. Klatrehallen bruker løskalk, og overflatene er dekket med teppe, mens madrassene er laget av polyuretanskum. Det finnes ingen kjøleanlegg i hallen, men varmeanlegget er vannbårent.

Figur 2 viser generell plantegning av klatreverket Løkka.



Figur 2. *Plantegning av klatreverket Løkka*

Hall 2 har inngang plassert nederst til venstre i bildet. Rett foran inngangen er resepsjonen, og bak resepsjonen finnes et hvileområde med bord og stoler, som er plassert ved vinduet. Under vinduet er det en vannbåren radiator. Den svarte og grå sonen i bildet viser klatreområdet. Klatrehallen 2 har en struktur som ligner på hall 1, med en åpen mesanin midt i hallen. Denne midtdelen er designet for ansattes oppbevaringsrom, garderober, toaletter og andre servicefasiliteter. Toppen av denne midtdelen fungerer som andre etasje, som vist i figur 2. Ventilasjonsaggregatet er plassert bak den svarte sonen øverst i figur 2. Aggregatet er justert med undertrykk for å sørge for at kalkstøv holder seg inne i hallen. Følgende sitat fikk vi fra Energima som styrer ventilasjonen i hallen:

"Merk at aggregatet er justert med undertrykk for å sørge for at kalkstøv holder seg inne i hallen. Når klatrehallen bruker for lang tid til å skifte ut forfilteret sitt når det tettes av støv vil luftmengder gire seg ned for å klare å opprettholde undertrykket. Derav kjøres det lavere luftmengder til tider. Dette filteret er av og til så tett at ventilasjonsaggregatet sliter å oppnå ønsket luftmengde."

-Nicolai Valentinsen, prosjektleder Energima.

Hall 3 (Torshov)

Klatreverket Torshov, åpnet i 2006, er en stor klatrehall med et klatreområde på 2400 m² og et volum på ca. 5380 m³. Den har kapasitet til å romme opptil 200 personer samtidig. Driftstiden er fra 07:00 til 23:00 daglig, med daglig støvsugning og ukentlig storrengjøring for å opprettholde renheten. Ventilasjonssystemet er mekanisk ventilasjon med 11 tilluftsventiler og 2 avtrekksventiler, og bruker et roterende varmegjenvinningssystem. Avtrekksfilterer er Camfil Hi-Flo XLT 7/640 0160, mens for tilluften brukes Multisack G85-6V/0534/10/05, Multisack K85-3V/0534/05/05, LM 10-83 (592x592x635/10). Klatrehallen bruker løskalk, og overflatene er dekket med PVC-stoff, mens madrassene er laget av polyuretanskum.

Figur 3 viser generell plantegning av klatreverket Torshov.



Figur 3. Plantegning av klatreverket Torshov

Klatreverket Torshov har en sammensatt etasjeplan med totalt fire etasjer, hvor første etasje er hovedetasjen. Hoved klatreveggen på første etasje strekker seg opp til fjerde etasjes høyde, og utgjør en del av Klatrehallens plass. Resten av plassen er delt inn i fire etasjer, hver av dem har åpen luftstrøm til hoved klatreområdet i første etasje, og er utformet som halvåpne rom.

2.2 Termisk Miljø

Termisk miljø inkluderer kroppens varmebalanse og termisk komfort. Termisk miljø er et begrepet som brukt til å beskrive forhold som påvirker varmeutvekslingen mellom kroppen og omgivelsene, og denne varmeutvekslingen påvirker kroppens varmeutveksling, som opprettholder indre temperatur. Det er mange faktorer påvirker termisk komfort, slik som operativ temperatur, lufthastighet, luftfuktighet, individets aktivitetsnivå og bekledning. For å vurdere det termiske miljøet benyttes ofte parametere som Predicted Mean Vote (PMV-indeks) og Predicted Percentage Dissatisfied (PPD-indeks) (Ingebrigtsen, Ventilasjonsteknikk Del I, 2020, ss. 88-105).

2.2.1 PMV og PPD

For å kvantifisere termisk miljø, benyttes to indikatorer, PMV og PPD. PMV er en indeks for å anslå den termiske følelsen blant en stor gruppe personer i et rom på 7-punkts termisk sensasjonsskala (se tabell 2). PMV-indeksen beregnes basert på faktorer som metabolisme, bekledning, lufttemperatur, strålingstemperatur, lufthastighet og luftfuktighet for å forutsi den termiske komforten på en skal fra -3 (veldig kaldt) til 3 (veldig varmt). (Ingebrigtsen, Ventilasjonsteknikk Del I, 2020, ss. 106-111)

Tabell 2. 7-punkts termisk sensasjonsskala iht. NS-EN ISO 7730:2005

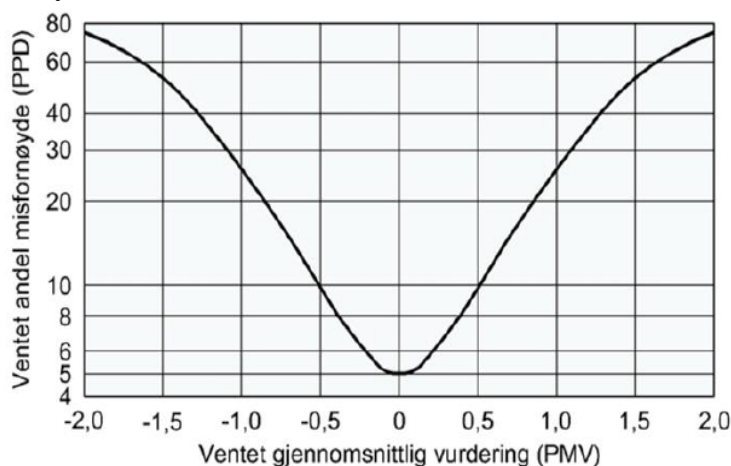
+3	Hot
+2	Warm
+1	Slightly warm
0	Neutral
-1	Slightly cool
-2	Cool
-3	Cold

PPD står for andelen personer man kan forvente å være misfornøyde i en større gruppe (Ingebrigtsen, Ventilasjonsteknikk Del I, 2020, ss. 106-111). Det kan regnes ut ved å bruke formen nedenfor:

Formel 1. **Beregning av PPD-indeks** (Ingebrigtsen, Ventilasjonsteknikk Del I, 2020, s. 112)

$$PPD = 100 - 95 * \exp(-0,03353 * PMV^4 - 0,2179 * PMV^2), \quad [\%]$$

Fra figur 4 kan det leses at når den gjennomsnittlig PMV-verdien er lik 0, vil det fortsatt være noen som ikke er helt fornøyde, det vil se at PPD blir aldri 0, det starter fra 5%.



Figur 4. Sammenheng mellom ventet gjennomsnittlig vurdering (PMV) og ventet andel misfornøyde (PPD) (Sintef Byggforsk, 2017)

NS-EN ISO7730:2005 anbefaler at PPD skal holdes under 10%. Anbefalte områder for PPD-verdier er gitt i tabell 3 nedenfor. PMV-PPD-indeksen tar hensyn til påvirkning fra alle de seks termiske parameterne (bekledning, aktivitet, lufttemperatur og middelstråletemperatur, lufthastighet og fuktighet) og kan brukes direkte som kriterier. (NS-EN 15251:2007+NA:2014 Inneklimaparametere for dimensjonering og vurdering av bygningers energiytelse inkludert inneluftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustikk, 2014)

Tabell 3. *Anbefalte områder for PPD-verdien iht. (NS-EN 15251:2007+NA:2014 Inneklimaparametere for dimensjonering og vurdering av bygningers energiytelse inkludert inneluftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustikk, 2014)*

Kategori	Termisk tilstand for hele bygningen	
	PPD, %	PMV
I	< 6	- 0,2 < PMV < + 0,2
II	< 10	- 0,5 < PMV < + 0,5
III	< 15	- 0,7 < PMV < + 0,7
IV	> 15	PMV<-0,7; or +0,7<PMV

De tre kategoriene presentert i Tabell 3 gjelder for rom hvor personer er utsatt for det samme termiske miljøet. Det er en fordel hvis en form for individuell kontroll av det termiske miljøet kan etableres for hver person i et rom. Individuell kontroll av lokal lufttemperatur, middelstrålingstemperatur eller lufthastighet kan bidra til å balansere de ganske store forskjellene mellom individuelle krav og dermed føre til færre utilfredse (NS-EN ISO 7730:2005).

Tabell4 forklarer ulike termiske inneklimakategorier. (Hellum, 2023)

Tabell 4. *Forklaring til termiske inneklimakategorier*

Kategori	Forklaring
I	Høyt forventningsnivå. Anbefalt i rom der svært sensitive og sårbare personer med spesielle behov oppholder seg, f.eks. mennesker som har nedsatt funksjonsevne, er syke, spedbarn eller gamle.
II	Normalt forventningsnivå. Bør brukes i nye og rehabiliterte bygninger.
III	Akseptabelt, moderat forventningsnivå. Kan brukes i eksisterende bygninger.
IV	Verdier utenfor kriteriene for kategoriene overfor. Denne kategorien bør bare godtas i en begrenset tid av året.

2.2.2 Operativ temperatur

Operativ temperatur er en gjennomsnittstemperatur som kombinerer lufttemperaturen og temperaturen på omkringliggende flater, slik at den reflekterer den faktiske varmeutvekslingen mennesker opplever i et rom. Når den relative lufthastigheten er mindre enn 0,2 m/s, eller forskjellen mellom gjennomsnittlig strålingstemperatur og lufttemperatur er mindre enn 4 °C, kan den operative temperaturen beregnes som middelværdien av lufttemperaturen og middelstråletemperaturen (Byggforskserien 421.501 Termisk inneklima. Betingelser, tilrettelegging og målinger, 2017), som vises i formel 2.

Formel 2. **Operativ temperatur** (Ingebrigtsen, Ventilasjonsteknikk Del I, 2020, s. 100)

$$T_o = \frac{T_a + \bar{T}_r}{2}, [C^{\circ}]$$

Operativ temperatur i innendørs termiske miljøer er en viktig indikator siden den direkte påvirker komforten i et rom. TEK 17 og Arbeidstilsynet stiller krav til operativ temperatur. Tabell 5 viser kravene for ulike typer arbeid i henhold til TEK 17 § 13-4 Termisk inneklima og Arbeidstilsynets veiledning 444 om klima og luftkvalitet på arbeidsplassen.

Tabell 5. **Anbefalte verdier for operativ temperatur** (Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning, 2017)

Aktivitetsgruppe	Lett arbeid	Middels arbeid	Tungt arbeid
Temperatur [°C]	19-26	16-26	10-26

2.3 Atmosfærisk miljø

Atmosfærisk miljø i bygninger er et kompleks av faktorer som påvirker kvaliteten på luften man puster inn. Dette inkluderer luftens kjemiske sammensetning, fuktighet, temperatur og forekomst av forurensende stoffer. For å vurdere luftkvaliteten benyttes indikatorer som CO₂-konsentrasjon, innhold av svevestøv, ventilasjonseffektivitet og relativ fuktighet. (Arbeidstilsynet, u. å.) Kontroll og opprettholdelse av et sunt atmosfærisk miljø innendørs er viktig for å bevare helsen og øke komforten for mennesker, spesielt i bygninger med mange personer. Kilder til luftforurensning kan være både eksterne faktorer (uteluft) og interne (menneskelig aktivitet, bruk av ulike materialer og utstyr).

2.3.1 Svevestøv

Svevestøv er en vanlig luftforurensning både innendørs og utendørs, og kan bestå av en kompleks blanding av mikroorganismer, små partikler og gasser. I klatrehaller er den viktigste kilden til svevestøv magnesium (hydrert magnesiumkarbonat), som brukes av klatrere for å forbedre grepet. Studier utført i innendørs klatrehaller har vist at konsentrasjonen av PM₁₀ kan nå 1000-4000 µg/m³, og PM_{2,5} - opptil 500 µg/m³ ved høy belastning og partikkelmassekonsentrasjonene når i mange tilfeller nivåer som er observert for industrielle yrker (Weinbruch, 2008). Slike nivåer overskrider betydelig de anbefalte verdiene for innendørs luftkvalitet og kan utgjøre en helserisiko for klatrere og ansatte.

Størrelsen på partiklene er en avgjørende faktor som bestemmer deres potensielle innvirkning på kroppen. De viktigste størrelsesgruppene er PM₁ (ultrafin fraksjon), PM_{2,5} (finfraksjonen), PM_{2,5-10} (grovfraksjonen) og PM₁₀ (grovfraksjon + finfraksjon).

Partikler med 10 µm i diameter eller mindre kan nå luftveiene og muligens forårsake nedsatt lungefunksjon. Partikler med 2,5 µm eller mindre kan trenge inn i lungene og forårsake nedsatt lungefunksjon, hud- og øyeproblemer. Partikler med 1 µm eller mindre er de farligste. De er små nok til å gå inn i blodomløpet og føre til kreft, hjerte- og karsykdommer samt demens. (European industry association, 2020)

2.3.1.1 Grenseverdier

Folkehelseinstituttet (FHI) har kommet med anbefalte faglige normer for inneklima som kommer med anbefalinger for svevestøv. De anbefalte faglige normer for PM_{2,5} er 15 µg/m³ for 24 timers midlingstid, og er 8 µg/m³ for 1 års midlingstid. Det er foreløpig ikke fastsatt egne luftkvalitetskriterier for PM₄ og PM₁ (Folkehelseinstituttet, 2015). Tabell 6 viser anbefalte normer både for 24 timers midlingstid og 1 års midlingstid. FHI har også en håndbok for uteluft med

luftkvalitetskriterier for uteluft, den er foreløpig under oppdatering, men reviderte luftkvalitetskriterier fra 2023 er publisert. Her er det satt kriterier for PM_{2,5} som er 15 µg/m³ for 24 timers midlingstid, og 5 µg/m³ for 1 års midlingstid i tillegg til at det er satt kriterier for PM₁₀ som er 30 µg/m³ for døgnmidling, og 15 µg/m³ for årsmidling (Folkehelseinstituttet, 2023).

Tabell 6. *Anbefalte faglige normer for svevestøv fra FHI, luftkvalitetskriterier for uteluft fra FHI.*

Partiklerstørrelse:	< 2,5 µg/m ³	< 10 µg/m ³
Faglige normer inneklime FHI	15 µg/m ³ (døgnmiddel) 8 µg/m ³ (årsmiddel)	-
Luftkvalitetskriterier uteluft FHI	15 µg/m ³ (døgnmiddel) 5 µg/m ³ (årsmiddel)	30 µg/m ³ (døgnmiddel) 15 µg/m ³ (årsmiddel)

2.3.2 CO₂

Karbondioksid, eller CO₂, er en naturlig del av luften vi puster inn. CO₂-konsentrasjonen i inneluften fungerer som en indikator på belastningen av innemiljøet med utslipp fra mennesker. Høye konsentrasjoner kan imidlertid påvirke luftkvaliteten og forårsake ubehagelige symptomer. Arbeidstilsynet anbefaler at CO₂-nivået i oppholdsrom ikke overskrider 1000 ppm. Økte konsentrasjoner av CO₂ kan føre til symptomer som tretthet, hodepine og konsentrasjonsproblemer, noe som kan redusere produktivitet og generelt velvære. Vanligvis bør innendørs CO₂-nivåer holdes under 0,1 %, det vil si under 1000 ppm (Ingebrigtsen, Ventilasjonsteknikk Del I, 2020, s. 312). Effektene av ulike konsentrasjoner av karbondioksid på mennesker er illustrert i tabell 7 nedenfor:

Tabell 7. *Ulike verdier av CO₂ og konsekvens. (Ingebrigtsen, Ventilasjonsteknikk Del I, 2020, s. 313)*

CO ₂ [ppm]	Forklaring
350-400	Normalt nivå i uteluft (Varierer noe med årstiden)
800	Andel misfornøyde stiger raskere når denne verdien passeres
1000	Anbefalt maksimum verdi if. Veiledning 444
2000-3000	Luften vil føles tung å jobbe i. Konsentrasjonen synker
5000	Maks verdi if. Forskrift om Tiltaks- og grenseverdier
5000-10000	Man føler seg trøtt
40000-50000	Svimmelhet, hodepine, visuell og hørsel dysfunksjon, og bevisstløshet
70000-100000	Kan forårsake kvelning i løpet av få minutter

Det er viktig å merke seg at produksjonen av CO₂ fra menneskekroppen er direkte proporsjonal med aktivitetsnivået. Høyere metabolsk rate, som er typisk for intens fysisk aktivitet, fører til økt CO₂ - produksjon. For å estimere mengden CO₂ som frigjøres, kan formel 3 brukes:

Formel 3. *Beregning av den totale CO₂ -konsentrasjonen*

$$G_{CO_2} = 15 * M / 3600, \quad [l/s * person]$$

der

G_{CO_2} : den totale konsentrasjonen av CO₂ som frigjøres [l/s * person]

M : nivået av metabolisme [met]

2.3.3 Luftmengde

Luftmengden spiller en sentral rolle i å opprettholde høy kvalitet på innneklimaet. Det er viktig å jevnlig bytte ut luften i et rom for å fjerne forurensninger og tilføre ny, frisk luft. Luftmengden som trengs, avhenger av rommets bruksområde og antallet personer som vanligvis befinner seg der. Frisklufttilførselen må være tilstrekkelig til å gi tilfredsstillende luftkvalitet (Direktoratet for byggkvalitet, u. å.). Frisklufttilførsel vurderes ut fra:

- a) Forurensninger fra personer (personbelastning), ivaretatt i første ledd
- b) Forurensning fra materialer, produkter og installasjoner (materialbelastning), ivaretatt i annet ledd
- c) Forurensning fra aktiviteter og prosesser, ivaretatt i tredje ledd.

Frisklufttilførselen beregnes med utgangspunkt i verdiene (a + b) og c. De to verdiene (a + b) og (c) sammenlignes, og deretter den største verdien legges til grunn for dimensjonering og drift av ventilasjonsinstallasjonene.

I henhold til TEK 17 §13-3, som omhandler ventilasjon i bygninger for publikum og arbeidsbygninger, er minimumskravene til luftmengde basert på følgende beregningsformel:

Formel 4. **Frisklufttilførsel etter TEK17**

$$\frac{26 \text{ m}^3}{h * \text{person}} * n [\text{personer}] + \frac{2,5 \text{ m}^3}{h * \text{m}^2} * \text{areal} [\text{m}^2], \left[\frac{\text{m}^3}{h} \right]$$

der

- 26 [m³/h*pers]: forurensninger fra personer med lett aktivitet
- 2,5 [m³/h*m²]: forurensning fra materialer, produkter og installasjoner, når bygningen er i bruk.

Aktivitetsnivået påvirker også nødvendig luftmengde, spesielt hvor fysisk anstrengelse fører til økt CO₂-produksjon og svette. For aktivitet tilsvarende moderat trening som er beskrivende for idrettshaller gir Byggforskserien, 421.503 Luftmengder i ventilasjonsanlegg. Krav og anbefalinger, overslagsverdien 150 m³/h per person (Byggforskserien 421.501 Termisk innneklima. Betingelser, tilrettelegging og målinger, 2017). NS-EN 16798-1:2019 anbefaler en luftmengde på 10 liter per sekund per person i rom med høyt aktivitetsnivå. Beregningsformelen for luftmengden basert på CO₂-konsentrasjon er som følger:

Formel 5. **Total friskluftmengde etter CO₂-konsentrasjon**

$$\dot{V}_u = \frac{G_{CO_2} * 10^6}{C_i - C_u} * \frac{1}{\varepsilon_v}$$

- $\dot{V}_u$: total friskluftmengde [l/s]
- G_{CO_2} : summert CO₂-forurensning [l/s]
- C_u : CO₂-nivå utendørs [ppm]
- C_i : krav til CO₂-nivå innendørs [ppm]
- ε_v : ventilasjonseffektivitet i systemet [-]

Luftmengden i kanalen beregnes ved hjelp av formel 6:

Formel 6. *Beregning av luftmengde i kanal*

$$Q = v * A, \quad [m^3/h]$$

Q : representerer luftmengden $[m^3/h]$

v : gjennomsnittlig lufthastighet $[m/s]$

A : kanalens tverrsnittareal $[m^2]$

For å sikre pålitelighet i målingene, ble usikkerheten vurdert ved å ta hensyn til metodisk usikkerhet, instrumentets nøyaktighet og oppløsning, som beskrives i Kapittel 3.4 Måleusikkerhet.

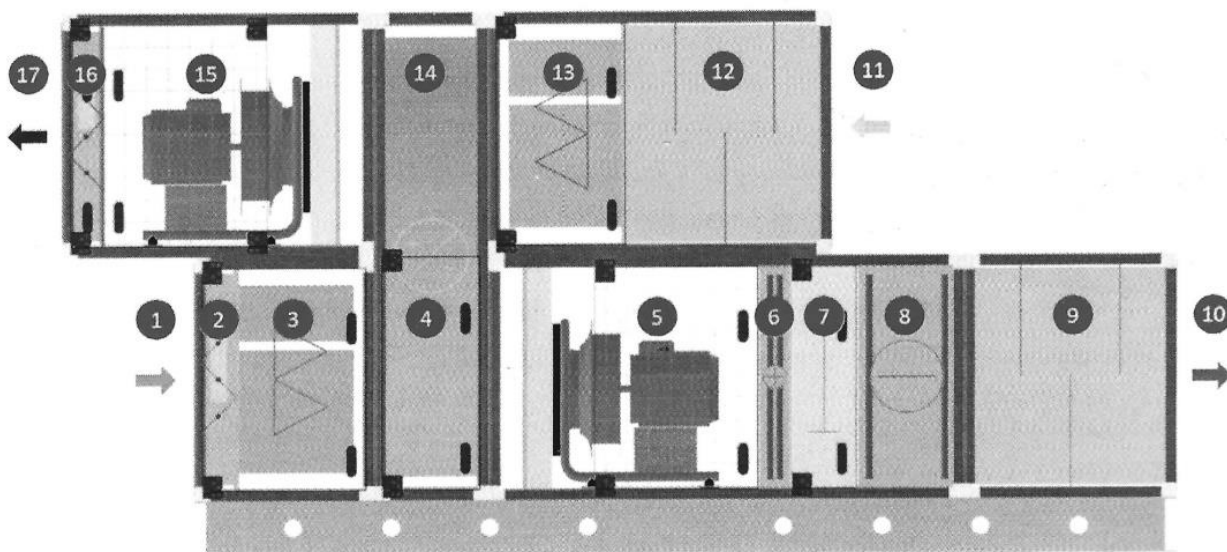
2.3.4 Relativ fuktighet

Relativ luftfuktighet (RF) i klatrehaller spiller en avgjørende rolle for å sikre komfort og sikkerhet for utøverne. Under intensiv fysisk aktivitet avgir kroppen betydelige mengder fuktighet gjennom svette. Effektiviteten av kroppens varmeavgivelse og nedkjøling avhenger direkte av luftens evne til å absorbere denne fuktigheten. Ved høy relativ fuktighet ($> 70\%$) reduseres fordampingen av svette, noe som kan føre til overoppheting, redusert utholdenhet og risiko for hetslag. På den andre siden kan for tørr luft ($< 20\%$) forårsake ubehag, irritasjon av slimhinnene i luftveiene og øynene, bidrar til tørrhet (World Health Organization, 2006, ss. 20, 115), noe som er spesielt relevant for klatrere hvis hender utsettes for betydelig belastning. Under normale forhold har variasjoner i luftens fuktighet innenfor 20-60 % RF liten innflytelse på hvordan innneklimaet oppleves (Arbeidstilsynet, u. å.).

Effektiviteten av bruken av klatrekalk, som brukes av klatrere for å forbedre grepet på overflaten, avhenger også av luftens RF. Ved lav RF absorberer magnesium raskt fuktighet fra hudoverflaten, noe som i utgangspunktet gir godt grep, men deretter tørker det raskt og begynner å skli, noe som krever hyppigere påføring.

2.4 Ventilasjon

Ventilasjonsaggregatet består av ulike komponenter, avhengig av hva behovet er. Figur 5 er et eksempel hvordan oppsett på et ventilasjonsaggregat kan se ut.



Figur 5. Eksempel på oppsett på et ventilasjonsaggregat for balansert ventilasjon (Ingebrigtsen, Ventilasjonsteknikk Del 1, 2020, s.23)

Dette aggregatet består av: 1. Uteluft fra luftinntak. 2. Spjeld inntak. 3. Filtrering av uteluft. 4. Roterende varmegjenvinner, tilluftsside. 5. Tilluftsvifte, kammervifte. 6. Varmebatteri. 7. Inspeksjonsdel mellom batterier. 8. Kjølebatterier. 9. Lyddemper tilluft. 10. Behandlet tilluft til bygget. 11. Avtrekk fra bygget. 12. Lyddemper avtrekk. 13. Filtrering av avtrekk. 14. Roterende varmegjenvinner, avtrekkside. 15. Avtrekksvifte, kammervifte. 16. Spjeld avkast. 17. Avkast til avkastvifte (Ingebrigtsen, Ventilasjonsteknikk Del I, 2020, s. 23) .

2.4.1 Varmegjenvinnere

Rekuperative varmegjenvinnere overfører kun følbare varme, har fysisk adskilte luftstrømmer, og overfører heller ingen fuktighet. Dette medfører høyere sikkerhet for at ikke avtrekksluften forurenses tilluften med lukt eller skadelige gasser. Ved høy fuktighet og lav utetemperatur vil det være fare for påfrysning, og behov for avløp og kondensvann. På vinterhalvåret kan det bli lav relativ fuktighet i bygget forårsaket av at varmegjenvinneren ikke overfører fuktighet (Ingebrigtsen, Ventilasjonsteknikk Del I, 2020, s. 173). Noen typer rekuperative varmegjenvinnere er plate- og rørvarmegjenvinnere som har typisk temperaturvirkningsgrad på 50-70% ved krysstrøm, og 80-90% ved motstrøm, batterigjenvinner med 50-65%, heat-pipe veksler med 55-65%, og varmepumpe med 60-80% (SINTEF Byggforskserien, 2002).

I roterende varmegjenvinnere overføres varme mellom avtrekk og tilluft ved hjelp av et roterende hjul. Dette hjulet har flere små kanaler og er laget av et materiale som effektivt lagrer varme. Virkningsgraden reguleres ved å endre turtallet på rotoren. Denne typen varmegjenvinner kan ha fare for overføring av lukt og forurensninger mellom tilluft og avtrekk, men renblåsningssektor og korrekte trykkforhold rundt rotoren vil redusere faren (Ingebrigtsen, Ventilasjonsteknikk Del I, 2020, s. 174) Typisk virkningsgrad på roterende varmegjenvinnere var tidligere 70-75%, men i senere år har de blitt forbedret til å ha ca. 80-85% (Ingebrigtsen, Ventilasjonsteknikk Del I, 2020, s. 224).

I bacheloroppgaven Filtreering av luft med høyt partikkelinnhold i klatrehaller, av Jørgen Tonning Buch og Simen Jensås, er det skrevet at en rekuperativ varmegjenvinner i form av en plateveksler er mer hensiktsmessig enn en roterende varmegjenvinner (Buch & Jensås, 2019). Dette begrunnes av at den roterende varmegjenvinneren krever renhold da tilluft- og avtrekksluft ikke skilles fra hverandre. Dette kan også påvirke de roterende delene i varmegjenvinneren.

2.4.2 Ventilasjonsprinsipper

2.4.2.1 Fortrengningsventilasjon

Med fortrengningsventilasjon tilføres luften med lav hastighet direkte inn i oppholdssonen. Tilluften tilføres lavt på veggen eller via gulvet. Temperaturen på friskluften må være 1-2 °C kaldere enn romluften slik at den kan spre seg utover gulvet og fylle hele rommet (lavenergiprogrammet, 2021). Luften på gulvet vil føre til at man får oppadgående konveksjonsstrømmer rundt objekter som avgir varme, som vil føre med seg overskuddsvarme og forurensninger opp mot taket, hvor det vil være plassert avtrekk. Dette vil føre til at det vil være et nedre sjikt med ren luft og riktig temperatur, mens det øvre sjiktet vil ha større forurensninger og høyere temperatur (Ingebrigtsen, Ventilasjonsteknikk Del I, 2020, ss. 442-443). På grunn av at tilluften må tilføres med undertemperatur kan ikke fortrengningsventilasjon brukes til oppvarming. Fortrengningsventilasjon egnes seg godt i stor takhøyde da luftstrømmingen blir fortere forstyrret i små rom (lavenergiprogrammet, 2021).

2.4.2.2 Omrøringsventilasjon

Med omrøringsventilasjon tilføres luften til rommet via en tilluftsventil i tak eller høyt på vegg med høy luft hastighet, for å skape full omrøring i hele rommet. For å unngå sjenerende trekk i oppholdssonen tilføres luften utenfor oppholdssonen (Ingebrigtsen, Ventilasjonsteknikk Del I, 2020, ss. 429-430). Primærluft er friskluftmengden som tilføres fra ventilasjonssystemet, som blandes sammen med sekundærluften som er den eksisterende romluften, som senker hastigheten på luften. På grunn av denne blandingen kan også temperaturen på tilluften være lavere da den vil bli varmet opp av romluften på vei til oppholdssonen (lavenergiprogrammet, 2021).

2.4.3 Styringsprinsipper

Konstant volum (CAV) benyttes for hele ventilasjonssystemer med konstant ventilasjonsmengde, eller til å dekke behovet i rom/soner hvor luftmengden skal være konstant (Ingebrigtsen, Ventilasjonsteknikk Del II, 2020, s. 169).

Variabelt volum (VAV) brukes om alle typer ventilasjonssystemer med variabel luftmengde (Ingebrigtsen, Ventilasjonsteknikk Del II, 2020, s. 169).

Behovsstyrt luftmengde (DCV) benyttes for VAV-spjeld som er trykkuavhengige, og for å indikere at luftmengden reguleres etter egentlig behov (Ingebrigtsen, Ventilasjonsteknikk Del II, 2020, s. 169).

Brukerstyrt ventilasjon betyr at styringen på ventilasjonsmengden er basert på indikert behov. Luftmengden er enten minimum eller maksimum (Ingebrigtsen, Ventilasjonsteknikk Del II, 2020, s. 169).

Behovsstyrt ventilasjon betyr at ventilasjonsmengden reguleres etter målt behov. Som for eksempel CO₂-nivå, luftfuktighet, eller støvkonsentrasjon. Luftmengden justeres trinnløst mellom minimum og maksimum avhengig av behov. (Ingebrigtsen, Ventilasjonsteknikk Del II, 2020, s. 169)

2.4.4 Filter

Et effektivt ventilasjonssystem med riktig tilpassede luftfiltre er avgjørende for å opprettholde et godt inn klima i klatrehaller. Filtrene har en dobbel funksjon: de renser tilluften for forurensninger fra uteluften og beskytter komponentene i ventilasjonsanlegget mot partikler fra klatrekalk og andre stoffer som frigjøres under klatring. Standarden ISO 16890 definerer fire filterkategorier (Arbeidstilsynet, u. å.) (ePM Grov, ePM₁₀, ePM_{2,5} og ePM₁) basert på deres effektivitet i å fange opp partikler av ulik størrelse:

- ePM Grov – Filtrerer partikler større enn 10 µm
- ePM₁₀ – Filtrerer minst 50 % av partikler opp til 10 µm
- ePM_{2,5} – Filtrerer minst 50 % av partikler opp til 2,5 µm
- ePM₁ – Filtrerer minst 50 % av partikler mindre enn eller lik 1 µm

ePM står for «efficiency Particulate Matter», med andre ord «utskillingsgrad av svevestøv».

Valg av riktig filterklasse for en klatrehall krever en helhetlig tilnærming som tar hensyn til flere faktorer. For det første må man vurdere kvaliteten på uteluften (ODA), spesielt konsentrasjonen av PM₁₀ og PM_{2,5}, som bestemmer kravene til filtrering av tilluften. For det andre må man ta hensyn til kravene til luftkvalitet innendørs (SUP), som varierer avhengig av rommets formål og aktivitetsnivået til de som bruker det. En klatrehall med høytintensiv trening vil kreve en høyere grad av luftrensing enn for eksempel et kontorlokale. Til slutt er det viktig å vurdere type og intensitet av fysisk aktivitet: antallet klatrere og belastningsnivået deres avgjør mengden forurensende stoffer som frigjøres, noe som også påvirker valg av filter.

Anbefalingen Eurovent 4/23 gir verdifull veiledning for valg av filtre klassifisert i henhold til EN ISO 16890 for generell ventilasjon. Den dekker blant annet:

- Effekten av luftkvalitet på helse
- Sammenligning av standardene EN ISO 16890 og EN 779
- Anbefalinger for valg av filterklasse basert på ODA og SUP, som vises i tabell 8
- Metoder for å beregne effektiviteten av flertrinnsfiltrering
- Filterets innvirkning på ventilasjonssystemets energiforbruk

Tabell 8. *Recommended ePM_x filtration depending on ODA and SUP category (DEL BAG AIR FILTRATION, 2022)*

Recommended minimum ePMx filtration efficiency depending on ODA and SUP category:							
Ranges with:		Areas with high hygienic requirements		Areas with medium hygienic requirements	Areas with basic hygienic requirements	Areas without hygienic requirements.	Production areas of heavy industry
	PM _{2.5}	PM ₁₀	SUP1 (ePM ₁)	SUP2 (ePM ₁)	SUP3 (ePM _{2.5})	SUP4 (ePM ₁₀)	SUP5 (ePM ₁₀)
ODA1	≤ 10	≤ 20	60 %	50 %	60 %	60 %	50 %
ODA2	≤ 15	≤ 30	80 %	70 %	70 %	80 %	60 %
ODA3	> 15	> 30	90 %	80 %	80 %	90 %	80 %

Som det sies i Eurovent 4/23 – 2020: «for å gi en generell oversikt over hvordan begge klassifikasjonene tilsvarer hverandre, har Eurovent utarbeidet en sammenligning av EN 779- og EN ISO 16890-klassifiseringer av de samme filtrene, som vises på tabell 9, basert på reelle prøvingsdata. Sammenligningen gjenspeiler en faktisk overlapping av respektive klasser og ble utviklet ved hjelp av informasjon fra ‘Eurovent Certified Performance’-programmet for luftfilter for allmenn ventilasjon som drives av Eurovent Certita Certification.»

Tabell 9. Sammenligning mellom NS EN 779 – NS EN ISO 16890. (European industry association, 2020)

EN 779: 2012	EN ISO 16890 – område for reelle målte gjennomsnittlige utskillingsgrader		
Filter- klasse	ePM ₁	ePM _{2,5}	ePM ₁₀
M5	5% - 35%	10% - 45%	40% - 70%
M6	10% - 40%	20% - 50%	60% - 80%
F7	40% - 65%	65% - 75%	80% - 90%
F8	65% - 90%	75% - 95%	90% - 100%
F9	80% - 90%	85% - 95%	90% - 100%

I vår studie av luftkvalitet i klatrehaller vil Eurovent 4/23-anbefalinger brukes til å bestemme optimal filterklasse, evaluere effektiviteten til eksisterende filtreringssystemer og utvikle anbefalinger for optimalisering av disse.

2.5 Klatrekalk

Klatring er en krevende sport som stiller høye krav til både fysikk og mental styrke. Evnen til å opprettholde et sikkert grep er avgjørende for å lykkes, og klatrere benytter seg derfor av klatrekalk, også kjent som magnesium karbonat hydroksid ($Mg_5(CO_3)_4(OH)_2$), for å absorbere fuktighet og forbedre friksjonen mellom hender og klatreveggen. Mens klatrekalk bidrar til sikkerhet og ytelse, reiser den også spørsmål om innendørs luftkvalitet og potensielle helseeffekter for både klatrere og ansatte i klatrehaller. Klatrekalk kommer i ulike typer, men den vanligste formen i dag er som løskalk, som er et fint pulver.

Løskalk er effektivt for å absorbere fuktighet og gi godt grep, men ulempen er den betydelige støvproduksjonen, noe som bidrar til svevestøv i luften. Studier har vist at PM₁₀-konsentrasjonen, altså partikler mindre enn 10 µm, kan nå opp til 4000 µg/m³ i klatrehaller med høy aktivitet (Weinbruch, 2008). De andre typene kalk er blokk og flytende. Kalkblokker er den typen kalk som John Gill tok med fra turnverdenen til klatring i 1950-årene (Chalk Rebels, 2021). Kalkblokkene knuser til et pulver som er så fint klatrerer selv ønsker. Kalkblokkene kan reduserer noe støvspreddning i forhold til løskalk. Flytende kalk har blitt utviklet for å redusere støvnivået. Flytende kalk er en alkohol- og vannbasert suspensjon av kalk, minimerer støvproduksjonen ved å etterlate et tynt lag med kalk på hendene etter at væsken har fordampet.

En annen måte å oppbevare løskalk enn bare rett i en kalkpose, er ved hjelp av kalkball. En kalkball er løskalk pakket inn i et porøst materiale i form av en ball. For å fordele kalk på hendene er det da bare nødvendig å klemme på ballen så kommer noe av kalken gjennom det porøse materialet. Dette vil ikke føre til like god dekning av håndflaten som for eksempel løskalk, men kan i gjengjeld begrense hvor mye kalk som føres ut i luften. Basert på informasjon fra flere studier om luftkvalitet i idrettsanlegg, kan innånding av kalkstøv irritere luftveiene, noe som fører til akutte symptomer som hoste, tetthet i brystet og irritasjon i øyne og hud (Alves C. C., 2014; Castro, 2015; Weinbruch, 2008; Salonen, 2020).

3 Metode

Denne bacheloroppgaven undersøkte ventilasjon og innemiljø i tre klatrehaller i Oslo, inkludert temperatur, lufthastighet, luftfuktighet, CO₂-konsentrasjonen, svevestøv og luftmengden fra ventilasjonssystemet. Bachelorteamet observerte oppsamlingen av støv og luftdistribusjon fra ventilasjonssystemet, og samlet tilbakemeldinger fra kunder ved de tre klatrehallene gjennom spørreundersøkelser for å innhente så mye informasjon som mulig. Under bacheloroppgaven fant teamet ut at de travleste tidene var fra tirsdag til torsdag, som starter fra klokken seks om ettermiddagen. På grunn av økt antall klatrere i disse periodene, valgte bachelorteamet å måle svevestøv og CO₂-konsentrasjonen både i perioder med færre mennesker og i travle perioder for å observere og sammenligne endringer i innemiljø når antallet klatrere (og dermed kilder til støv og CO₂) øker. Dette ga også en indirekte vurdering av ventilasjonssystemets effektivitet i å regulere det innendørs miljøet.

3.1 Utstyr

Måleutstyret og tilhørende indikatorer for denne målingen er som følger i tabell 10 under:

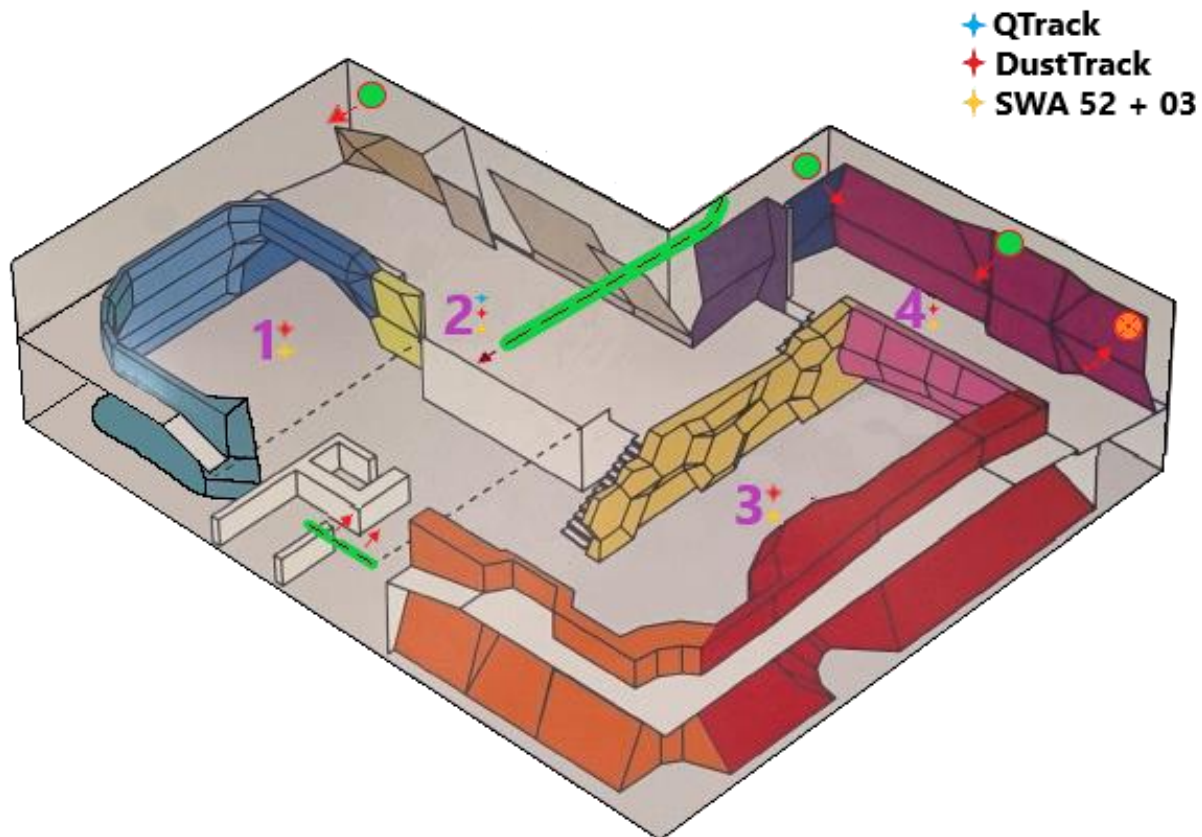
Tabell 10. *Instrumentliste*

Måletype	Bilder	Instrument	Oppløsning	Nøyaktighet
CO ₂ , CO og Temperatur		TSI Q-Trak 7545 + Multiprobe	0,1% RH	±3% RH
Luftstrøm i ventilasjonskanaler		TSI Q-Trak 7545 + Anemometer	0,01 m/s 0,1 °C	±3% eller ±0,015 m/s ved > ±0,3 °C
Støvmålinger		TSI DustTrak II	0,001 mg/m ³	±0,1 % ved måling av 0,001 mg/m ³
Lufttemperatur Lufthastighet Globetemperatur		Swema 3000md + SWA 03 & SWA 52	0,01 m/s 0,1 °C	±0,03 m/s ved 0 - 1 m/s ± 3% ved 1 - 3 m/s ±0,1 °C
Lasermåler		Leica DISTO D2	0,1 mm	± 1,5 mm

3.2 Målepunkter og luftdistribusjon i klatrehaller

Hall 1 (Bryn)

Hall 1 ble satt opp med fire målepunkter, se bildet nedenfor. Det er verdt å merke seg at andre etasje i klatrehallen ligner en mesanin, med åpen plass der luften kan sirkulere fritt. 2 av målepunktene er ved de to klatresonene i første etasje (punkt 1 og 3), og 2 i midten av andre etasje (punkt 2 og 4). Alle punktene ble målt for svevestøv, temperatur og lufthastighet. CO₂-konsentrasjonen ble kun loggført på punkt 2.

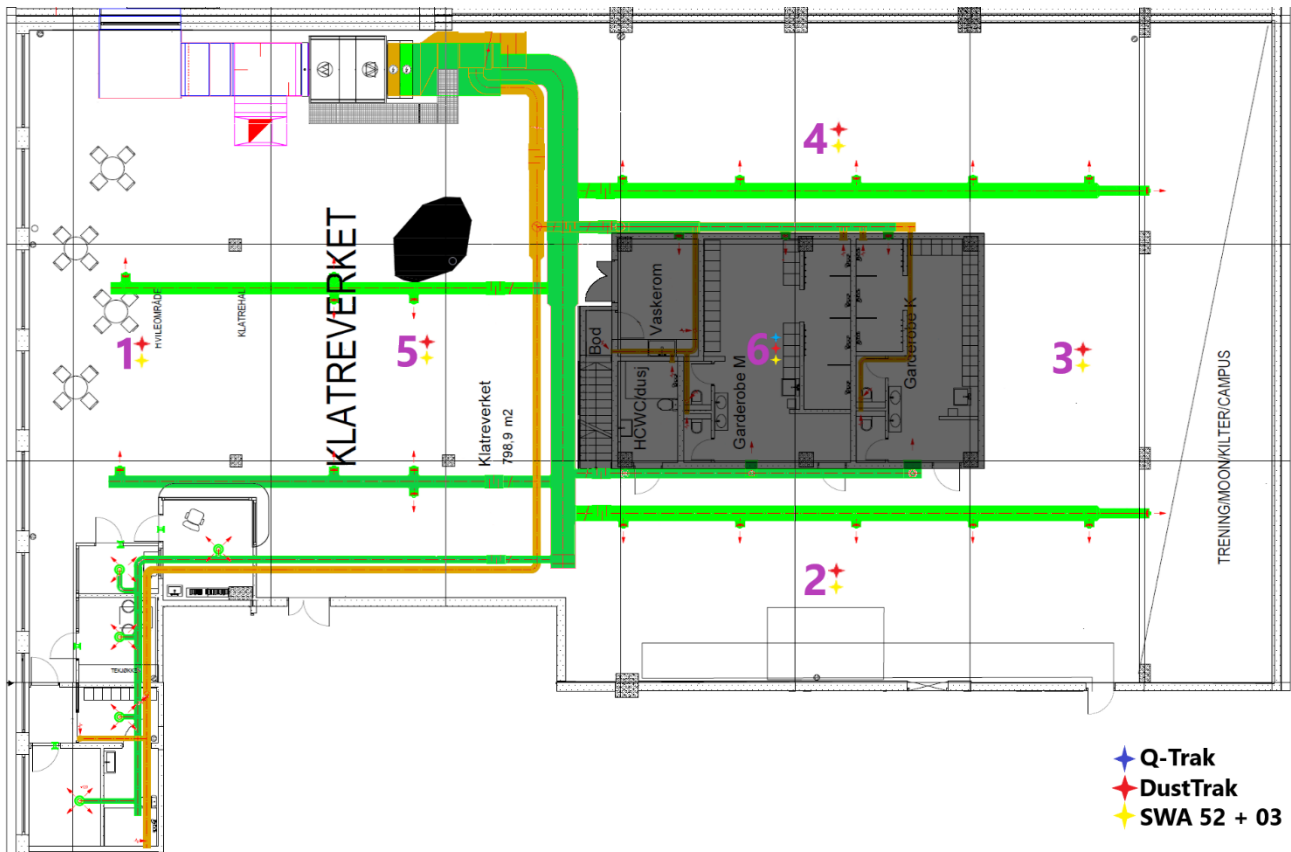


Figur 6. *Plantegning av ventilasjonskanaler og plassering av måleinstrumenter på Bryn*

Klatrehallens luftdistribusjon er vist i figur 6. To tilluftsventiler og én avtrekksventil fra ventilasjonssystemet er plassert på hallens høyre side. Videre er to tilluftsventiler plassert ved inngangen, og én tilluftsventil er plassert midt i hallen. I tillegg er det to mindre tilluftskanaler nede ved gulvet innerst i "hula" i sone 1.

Hall 2 (Løkka)

Totalt ble 5 målepunkter etablert i hall 2. Alle disse punktene ble målt for svevestøv, temperatur og lufthastighet, mens CO₂-konsentrasjonen kun ble målt på målepunkt 5. Luftdistribusjon på Løkka er vist i figur 7. Hall 2 har distribuert seks tilluftsventiler på hver side av de største klatreveggene, noe som gir totalt tolv tilluftsventiler. I tillegg er det tilluftsventiler plassert i hvileområdet og ved resepsjonen. Det eneste avtrekket i det åpne klatreområdet er plassert øverst til venstre, mens andre avtrekk er plassert i mer lukkede områder som garderober og toaletter, vekk fra klatreområdene.



Figur 7. Planlegging av ventilasjonskanaler og plassering av måleinstrumenter på Løkka

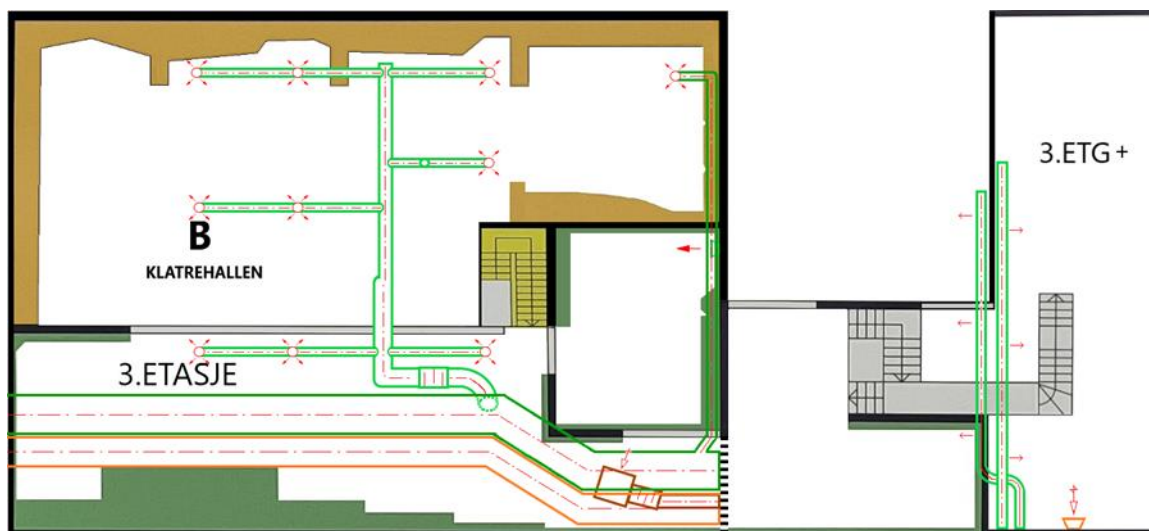
Hall 3 (Torshov)

Klatrehall 3 har ni målepunkter, som vist i figur 8. I første etasje er det tre målepunkter: målepunkt 9 nær resepsjonen, og målepunkt 8 og 7 i klatreområdet. I andre etasje er målepunktene 5 og 6 også plassert i klatreområdet. Tredje etasje er delt inn i to separate rom, hver med to målepunkter: målepunkt 1 og 2 i det ene rommet, og målepunkt 3 og 4 i det andre. Svevestøv er målt ved alle ni målepunktene. Q-Trak er plassert ved målepunkt 8 i første etasje, fordi dette er hoved klatreområdet, og hver etasje har fri luftstrøm med hoved klatreområdet i første etasje. Temperatur og lufthastighet er målt ved målepunkt 9, målepunkt 8, målepunkt 6, målepunkt 1 og målepunkt 4.



Figur 8. Plassering av måleinstrumenter på Torshov

Kanalføringen i hall 3 er vist i figur 9. I tredje etasje er det flere tilluftsventiler (merket med grønne linjer) og avtrekksventiler (merket med røde linjer). Tilluftsventilene er hovedsakelig plassert i hjørnene av klatreområdet for å sikre god luftstrøm. Avtrekksventilene er konsentrert i midten av klatreområdet for å hjelpe til med å fjerne luft fra hallen. Det er en hoved tilførselskanal i tredje etasje, hvorfra luften distribueres til de forskjellige tilluftsventilene. Avtrekkskanalene samler luft fra de ulike avtrekksventilene og fører den ut av bygningen. Mer spesifikt har klatrehallen 5 tilluftsventiler og 2 avtrekksventiler på nordsiden, og 3 tilluftsventiler og 1 avtrekksventil på sørsiden.



Figur 9 Kanalføring for Klatreverket Torshov

3.2.1 Temperatur

For å finne ut den riktige temperaturen folk opplever i klatrehallen (den operative temperaturen), brukte gruppen et Globetermometer for å måle middelstrålingstemperaturen og Q-Trak for å måle lufttemperaturen. Basert på disse to temperaturene ble den operative temperaturen beregnet. For å sikre bruk av riktig formel for ulike lufthastigheter, ble lufthastigheten målt på de samme stedene og tidene med et anemometer. Med tanke på klatrehallens store areal, ble målinger tatt fra flere punkter, deretter ble gjennomsnittsverdien av middelstrålingstemperaturen og lufttemperaturen beregnet, og til slutt ble den operative temperaturen beregnet.

3.2.2 CO₂

For å sammenligne CO₂-nivåene i de tre klatrehallene, gjennomførte gruppen to CO₂-målinger i hver av hallene. Målingene ble utført både under en av de normalt roligere ukedagene og en av dagene det som regel er flest klatrere innom klatrehallene. CO₂-måleinstrumentene ble plassert på områder hvor de ikke skulle komme i direkte kontakt med mennesker og dermed forstyrre målingene. Instrumentet registrerte endringer i CO₂-nivåene i hallene så lenge batterikapasiteten tillot det.

3.2.3 Svevestøv

I forbindelse med støvproblemet i klatrehallen, ble metoder som observasjon, måling og støvutslippstester benyttet. Først ble det gjennom observasjon identifisert områder i klatrehallen hvor støv lett samler seg, og det ble sjekket for tilstedeværelse av svevende partikler i luften. Støvnivåene i hallen ble deretter målt med DustTrak. For å tillate sammenligninger, ble støvet målt på de samme punktene under både travle og roligere perioder, med fokus på partikkelstørrelsene PM₁₀, PM₄, PM_{2,5} og PM₁. Målingene ble utført på steder hvor klatrere ofte beveger seg og klatrer. Under støvutslippstestene slo gruppemedlemmer kraftig på gulvmaterialene i klatrehallen, og tok bilder og videoer mens støvet ble virvlet opp for å observere støvet som var skjult i trekket på gulvmadrassene.

3.2.4 Luftmengde

For å evaluere effektiviteten til ventilasjonssystemene i klatrehallene ble luftmengden nøye undersøkt ved hjelp av en kombinasjon av instrumenter og beregninger. Først ble lufthastigheten i tilluft- og avtrekkskanalene målt med et termoanemometer som vist på figur 10. For å få et representativt gjennomsnitt ble målinger utført i flere punkter i kanalens tverrsnitt. Deretter ble kanalens tverrsnittareal beregnet ut fra dens diameter. De målte luftmengdene ble deretter sammenlignet med anbefalinger i TEK17 og NS-EN 16798-1:2019 for å vurdere om ventilasjonssystemene i klatrehallene oppfylte kravene til tilstrekkelig luftutskiftning.



Figur 10. Måling av lufthastighet i tilluftskanal. Bilde tatt av Vladyslav Pankov

I dette kapittelet utføres beregninger av tre ulike luftmengder for sammenligning. Først beregnes luftmengden i henhold til TEK 17, hvor parameteren $26 \text{ m}^3/\text{h}$ per person for å beregne personbelastningen er basert på lett aktivitet. Dette innebærer at den faktiske ventilasjonsmengden bør være betydelig høyere enn beregningsresultatene for å tilpasse seg ulike aktivitetsnivåer.

I tabell 232 fra Byggforskserien 421.503 er det gitt $150 \text{ m}^3/\text{h}$ per person for personer i moderat trening som i idrettshaller (SINTEF Byggforskserien, 2017). For å finne minstekravet til luftmengden må personbelastningen og materialbelastningen legges sammen, materialbelastningen er på $2,5 \text{ m}^3/\text{h}$ per m^2 (Ingebrigtsen, Ventilasjonsteknikk Del I, 2020, s. 301). For personbelastning er det personkapasiteten i hallene som er brukt i utregning. Deretter beregnes luftmengden i ventilasjonskanalene basert på målte lufthastigheter. Til slutt beregnes luftmengden ut fra målte CO_2 -konsentrasjoner. Beregningene tar hensyn til ventilasjonssystemets effektivitet, som er estimert til 80%, samt dagens målte utendørs CO_2 -konsentrasjon og de høyeste målte innendørs CO_2 -verdiene, som forekommer når klatrehallen er nærmest fullt. Dette sikrer at ventilasjonssystemet fungerer tilfredsstillende selv under de travleste periodene. I tillegg brukes lavemitterende materialer med en verdi på $2,5 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ i beregningene. Disse beregningene gir en omfattende forståelse av ventilasjonsbehovene og effektiviteten av ventilasjonssystemet i bygget.

3.2.5 Temperaturvirkningsgrad

På Torshov ble det utført målinger for å beregne virkningsgraden til den roterende varmegjenvinneren. Dette ble gjort ved å ta temperaturmålinger med Q-Trak ved inntaket for friskluft, og ved avtrekkskanalen inne i hallen. Kanalen til avkastluften var utstyrt med et termometer hvor vi kunne lese av temperaturen. For å finne virkningsgraden ble de målte temperaturene satt inn i formel 7.

Formel 7. **Beregning av temperaturvirkningsgrad**

$$\eta_T = \frac{T_3 - T_4}{T_3 - T_1}$$

T_3 : Avtrekkstemperatur [°C]

T_4 : Avkasttemperatur [°C]

T_1 : Utetemperatur [°C]

Under temperaturmålingene ble det observert at den roterende varmegjenvinneren knapt bevegde seg, men startet opp igjen etter noen minutter. Dette hadde derimot ikke noen stor påvirkning på temperaturen på avkastluften, da den holdt seg stabil de minuttene varmegjenvinneren sto stille, og de 5-10 minuttene den ble observert etter den begynte å rotere.

3.3 Spørreundersøkelser

En spørreundersøkelse ble gjennomført blant både brukere og ansatte ved tre klatrehaller med det formål å få innsikt i deres opplevelse av luftkvaliteten og de termiske forholdene. For å sikre bred deltakelse ble undersøkelsen digitalisert ved bruk av "Google Skjemaer" og QR-koder ble opprettet for enkel tilgang. Et unikt spørreskjema ble utformet for hvert senter, og QR-kodene ble distribuert på trykte ark. Utvalget for undersøkelsen ble valgt tilfeldig, og deltakelse var frivillig. Dette tilnærmingen ble valgt for å få et objektivt bilde av bruker- og ansattopplevelser med luftkvalitet og termiske forhold. For å sikre pålitelige svar, ble det lagt vekt på å unngå ledende spørsmål. Det var imidlertid utfordringer knyttet til innsamlingen av svar, da ikke alle ønsket å delta i undersøkelsen, og QR-kodene ikke alltid var plassert på synlige steder i klatrehallene.

Spørreskjemaene ble sortert basert på ulike personlige aspekter, som aldersgrupper og kjønn, for å skape en mer omfattende forståelse av dataene til senere analyse. Etterpå ble de innsamlede dataene sammenlignet, analysert og fremstilt visuelt gjennom rose- og stolpediagram.

3.4 Måleusikkerhet

Her presenteres en analyse av usikkerheten i målingene utført som en del av studien av inneklimate i klatrehaller. Hovedfokuset er på målinger av lufthastighet utført med TSI Q-Trak 7545 og termooanemometer. For å vurdere usikkerheten i målingene ble anbefalingene fra Sintef Anvisning 16-7 «Fellesnordiske målemetoder for luftmengder i ventilasjon» og «Utgrensning av usikkerheten til resultatene fra Strømningsteknikklab» brukt, samt de tekniske spesifikasjonene til instrumentet.

1. Metodisk usikkerhet:

- I henhold til veiledningen Sintef Anvisning 16-7 "Fellesnordiske målemetoder for luftmengder i ventilasjon" er den metodiske usikkerheten for målinger av lufthastighet i sirkulære tverrsnitt med termooanemometer 4%.
- Denne usikkerheten tar hensyn til mulige systematiske feil knyttet til målemetoden, som påvirkning av turbulens i strømmen, ujevn fordeling av hastighet over kanalens tverrsnitt og påvirkning fra nærliggende hindringer.
- Det ble også tatt hensyn til korrigeringer (korreksjonsfaktorer) fra rørstørrelser med sirkulært tverrsnitt og lufttemperatur.

2. Usikkerhet knyttet til instrumentets nøyaktighet:

- Ifølge de tekniske spesifikasjonene til TSI Q-Trak 7545 termooanemometer er nøyaktigheten $\pm 3\%$ eller $\pm 0,015$ m/s ved strømningshastigheter over 0,3 m/s.
- I denne oppgaven var lufthastigheten i alle målepunkter over 0,3 m/s, derfor var usikkerheten knyttet til instrumentets nøyaktighet $\pm 0,015$ m/s.

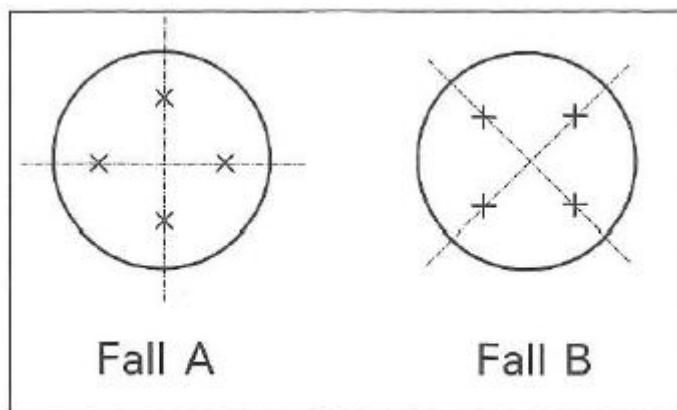
3. Usikkerhet knyttet til instrumentets oppløsning:

- Oppløsningen til TSI Q-Trak 7545 termooanemometer er 0,01 m/s.
- For å estimere usikkerheten knyttet til instrumentets oppløsning, ble regelen om halvparten av minste skaladivisjon brukt, noe som gir en verdi på ca. 0,003 m/s.

4. Kombinert usikkerhet:

- For å oppnå en samlet vurdering av usikkerheten i målingene, ble alle tre usikkerhetskildene kombinert ved hjelp av metoden for kvadratroten av summen av kvadrater. Detaljert beskrives i «Utgrensning av usikkerheten til resultatene fra Strømningsteknikklab», (2024).

Det er viktig å merke seg at videre beregninger ikke tar hensyn til Fall B usikkerhet, som har 2% høyre usikkerheten enn i tilfellet med Fall A ihht. Sintef Anvisning 16-7 «Fellesnordiske målemetoder for luftmengder i ventilasjon».



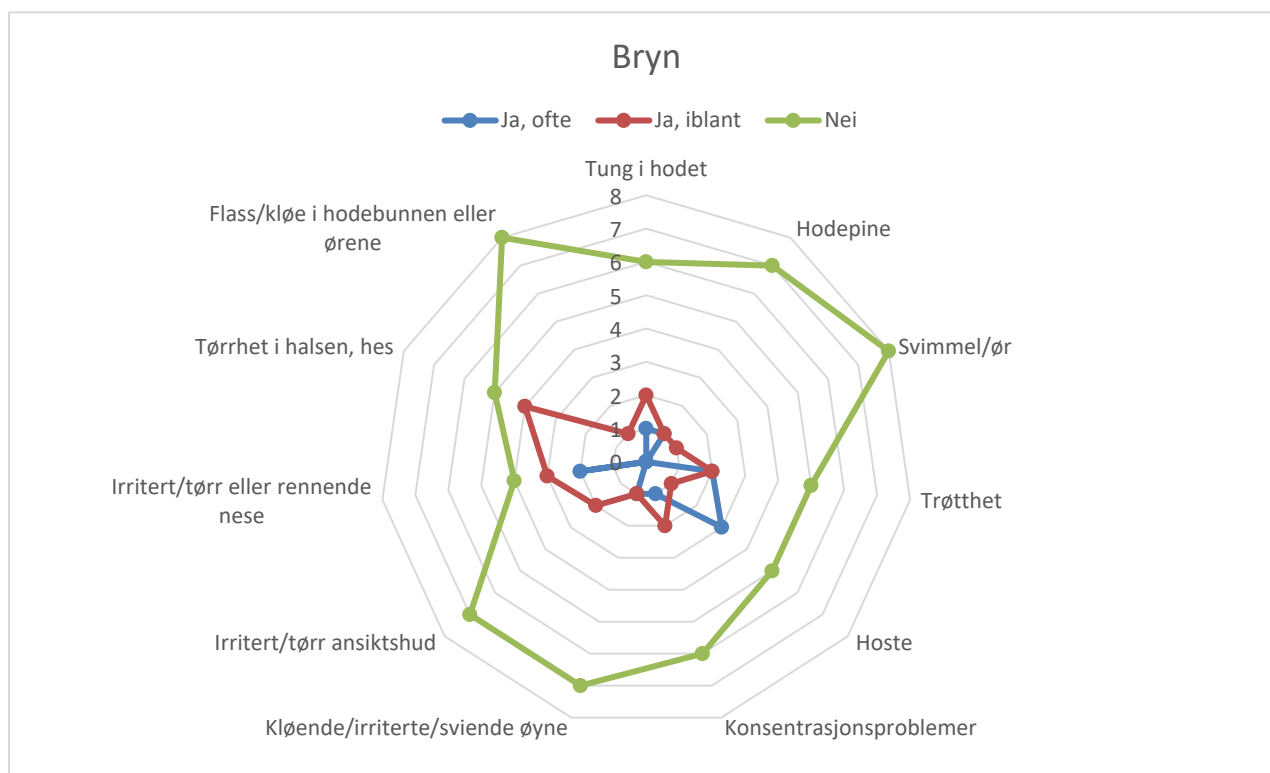
Figur 11. Tverrsnitt av sirkulær kanal. (SINTEF Anvisning 16-7, u. å.)

4 Resultater

4.1 Spørreundersøkelser

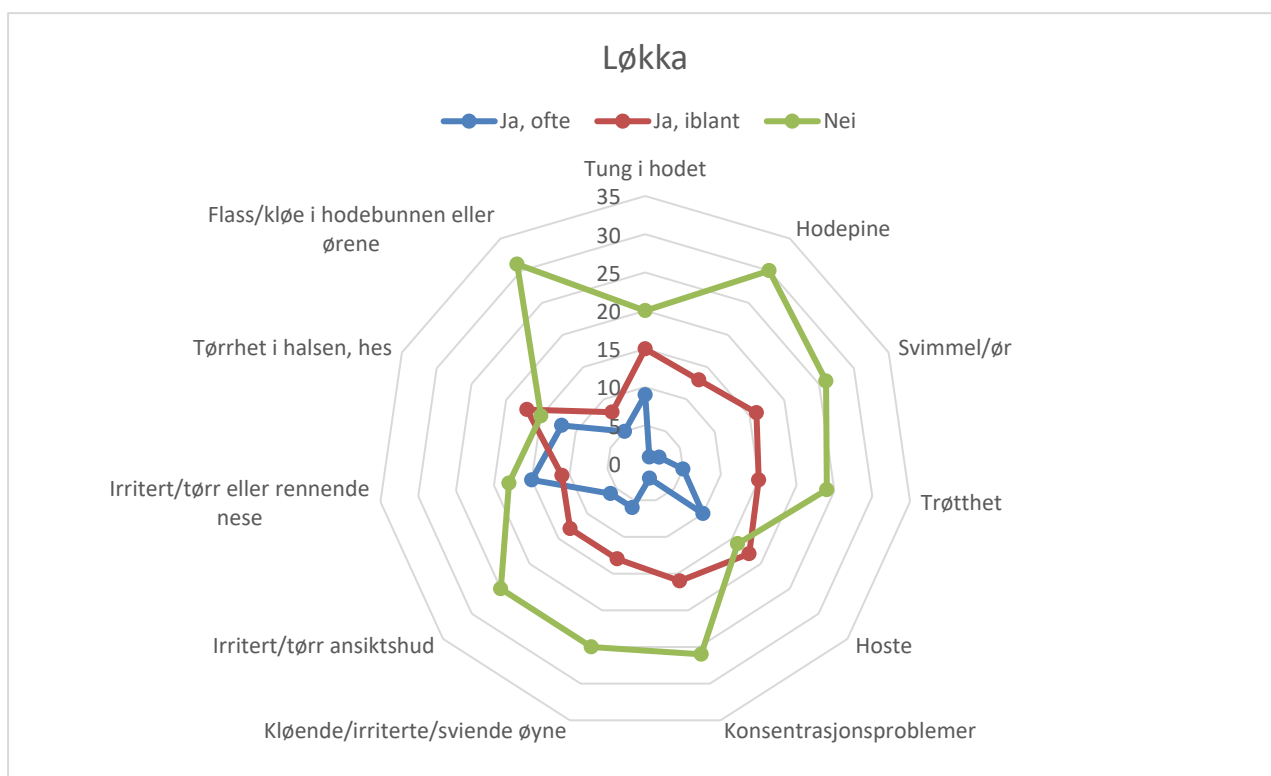
Den gjennomførte undersøkelsen hadde som mål å vurdere luftkvaliteten og dens innvirkning på helsen til besøkende og ansatte ved tre klatrehaller i Oslo: Bryn, Løkka og Torshov. For å samle inn informasjon ble det brukt spørreskjemaer der respondentene vurderte sin subjektive oppfatning av luftkvaliteten, forekomsten av ulike symptomer potensielt knyttet til irritasjon av luftveier og hud, samt uttrykte sin holdning til en mulig begrensning av bruk av flytende kalk.

Figur 12 viser rosediagrammet for Bryn, som til tross for det begrensede datagrunnlaget (kun 9 respondenter), illustrerer en del av klager på symptomer som kan være relatert til luftkvaliteten. Den vanligste klagen fra respondentene på Bryn er tyngde i hodet. Hele 4 av 9 deltakere i undersøkelsen oppga at de opplever tørrhet i halsen/ hes. I mindre grad klager respondentene på Bryn over hoste, tungt i hodet og irritert/tørr eller rennende nese (3 personer hver). Hodepine, irritert ansiktshud, svimmel og konsentrasjonsproblemer er kun rapportert av én respondent hver. Kløende, irriterte eller sviende øyne, og flass eller klør i hodebunnen eller ørene er heller ikke utbredte problemer på Bryn. Det begrensede utvalget gir ikke mulighet til å vurdere representativiteten til resultatene. Likevel indikerer det faktum at alle spurte opplever problemer med luftkvaliteten, at situasjonen er alvorlig. Til tross for begrensningene i dataene, kan vi observere noen positive trender. Halvparten av respondentene på Bryn liker ideen om å kun tillate bruk av flytende kalk, som danner betydelig mindre støv enn løskalk.



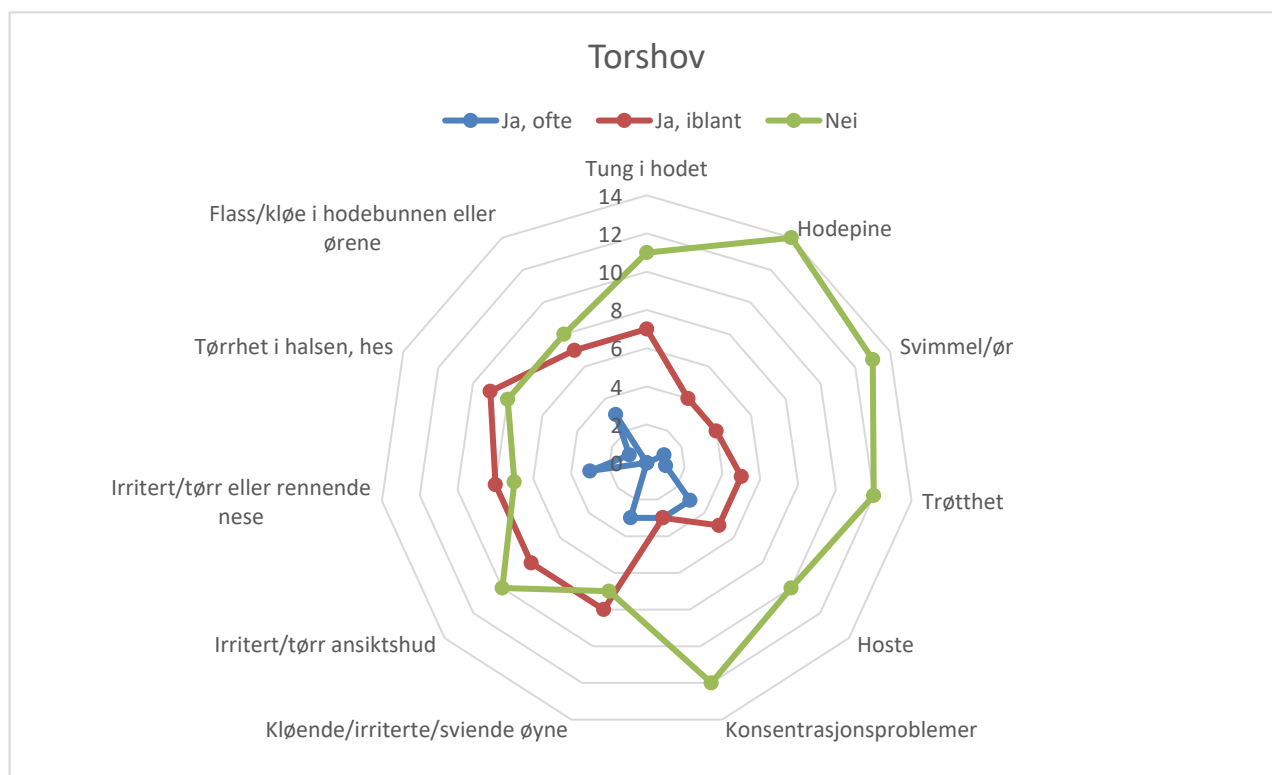
Figur 12. Rose-diagram av symptomer av klatreverket Bryn

Figur 13 viser rosediagrammet for klatreverket Løkka, som illustrerer tydelig de alvorlige problemene med luftkvalitet. Flertallet av respondentene (35 av 44) opplever ubehag knyttet til luftkvaliteten i større eller mindre grad. Av disse oppgir 3 personer at de er sterkt plaget av luftkvaliteten, og 7 personer opplever betydelig ubehag. Klager på støv på overflater er også utbredt: 18 av 44 respondenter opplever ubehag fra støv, og 18 personer oppgir at de er sterkt plaget av dette. Symptomene som Løkka-besøkende rapporterer mest om, er: tørrhet i halsen og heshet (29 personer), hoste (28 personer), tyngde i hodet (24 personer), trøtthet (20 personer). Sannsynlige årsaker til den dårlige luftkvaliteten på Løkka er utbredt bruk av løskalk (32 av 44 respondenter) og høy besøksfrekvens på klatrehallen.



Figur 13. **Rosediagram av symptomer av klatreverket Løkka**

Figur 14 viser rose-diagrammet for Torshov, som illustrerer bilde som ligger et sted mellom Bryn og Løkka. Selv om det er klager på luftkvaliteten, er de ikke like uttalte som på Løkka. 10 av 18 respondenter opplever ubehag knyttet til luftkvaliteten i større eller mindre grad. Av disse oppgir 5 personer at de er sterkt plaget av luftkvaliteten, og 4 personer opplever betydelig ubehag. Problemet med støv på overflater bekymrer også besøkende på Torshov: 14 av 18 respondenter har merket seg dette aspektet, og 5 personer opplever sterkt ubehag fra støv. Symptomene som Torshov -besøkende rapporterer mest om, er klager på øyeirritasjon (11 personer) et mulig problem med finstøv. Det er også verdt å merke seg den betydelige andelen respondenter som opplever tørrhet i halsen og heshet (10 personer), noe som kan tyde på irritasjon i de øvre luftveiene. Andre symptomer, som tyngde i hodet, hodepine, svimmelhet og tretthet, er rapportert av et mindre antall respondenter.



Figur 14. Rosediagram av symptomer av klatreverket Torshov

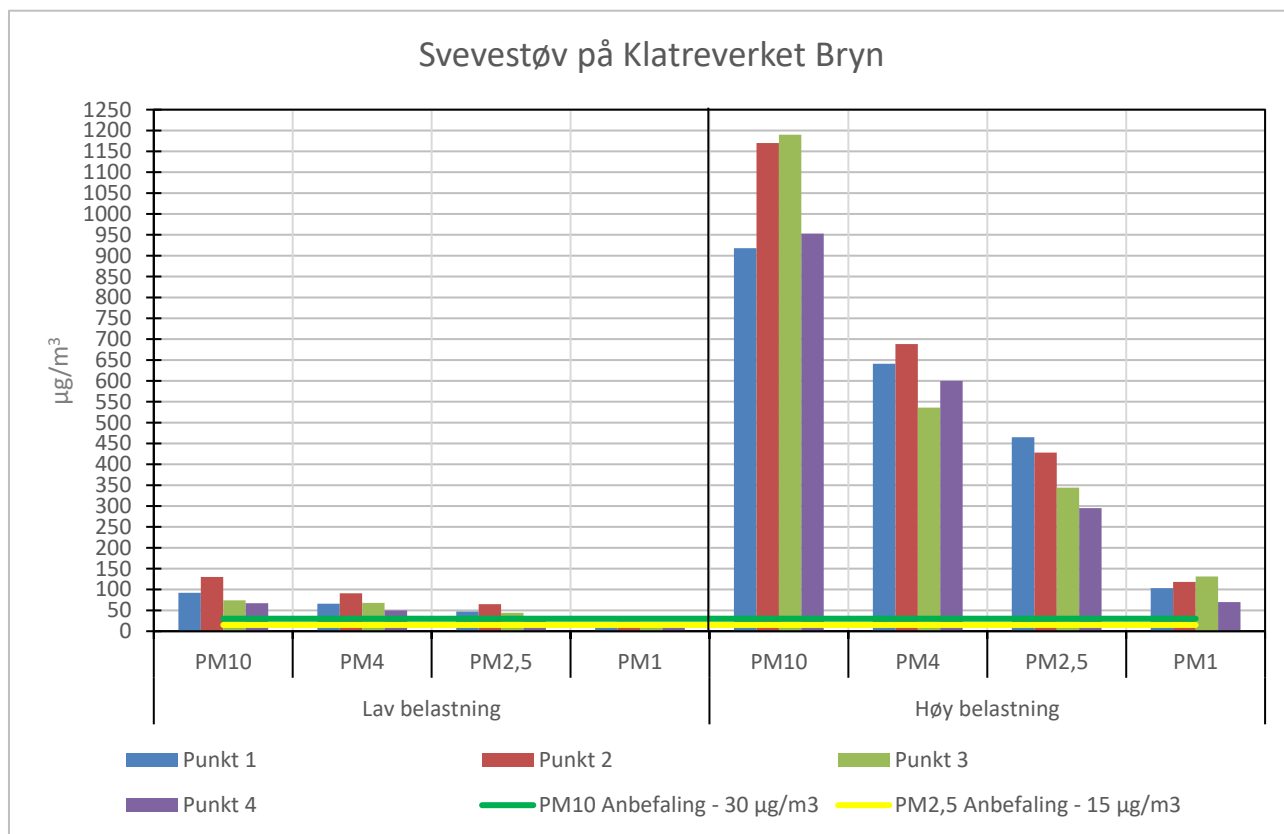
De fleste deltakerne i undersøkelsen er kunder ved klatrehallene (62 personer), resten er ansatte (9 personer). Den største andelen ansatte blant respondentene observeres på Torshov (6 personer). Når det gjelder kjønnsbalanse, er det omtrentlik lik fordeling. Alderen til de fleste respondentene er 25-35 år (39 personer), og det er også en betydelig andel unge mennesker i alderen 18-25 år (19 personer). De fleste respondentene besøker klatrehallene 1-2 ganger i uken (37 personer). På Løkka er det også en betydelig andel av de som besøker klatrehallen 3 eller flere ganger i uken (17 personer). Den største andelen klager på luftkvalitet er registrert på Løkka (35 personer). På Torshov og Bryn er andelen klager lavere: 14 personer og 7 personer henholdsvis. Klager på støv på overflater er også mest utbredt på Løkka (28 personer). Løskalk er den mest populære typen på alle klatrehallene, spesielt på Løkka, hvor det brukes av 72% av respondentene (32 personer). Holdningen til en mulig begrensning av bruk av flytende kalk er blandet: på Løkka og Torshov er det en overvekt av negative holdninger, mens på Bryn er halv parten av respondentene negative eller positive til dette. Detaljerte grafer med tallene finnes i Vedlegg 6.

4.2 Svevestøv

Basert på innsamlede data for svevestøv så overstiger nivåene av PM_{2,5} og PM₁₀ de anbefalte verdiene i alle tre klatrehaller, uavhengig av om det er perioder med høy eller lav aktivitet. Det finnes ingen anbefalinger for PM₁-svevestøv i Norge ennå, så det er ikke mulig å gjøre en sammenligning, men basert på de tilgjengelige dataene, ser PM₁-nivåene relativt høye ut. Det er viktig å merke seg at på grunn av særegenhetene ved klatrehaller (behovet for å bruke klatrekalk), vil støvdataene som blir målt normalt være høyere enn de generelle anbefalte faglige normene for innendørs svevestøv. Men ettersom det for øyeblikket ikke finnes spesifikke støvstandarder for klatrehaller som referanse, baserer denne teksten seg på de anbefalte faglige normene for innendørs svevestøv.

4.2.1 Hall 1 (Bryn)

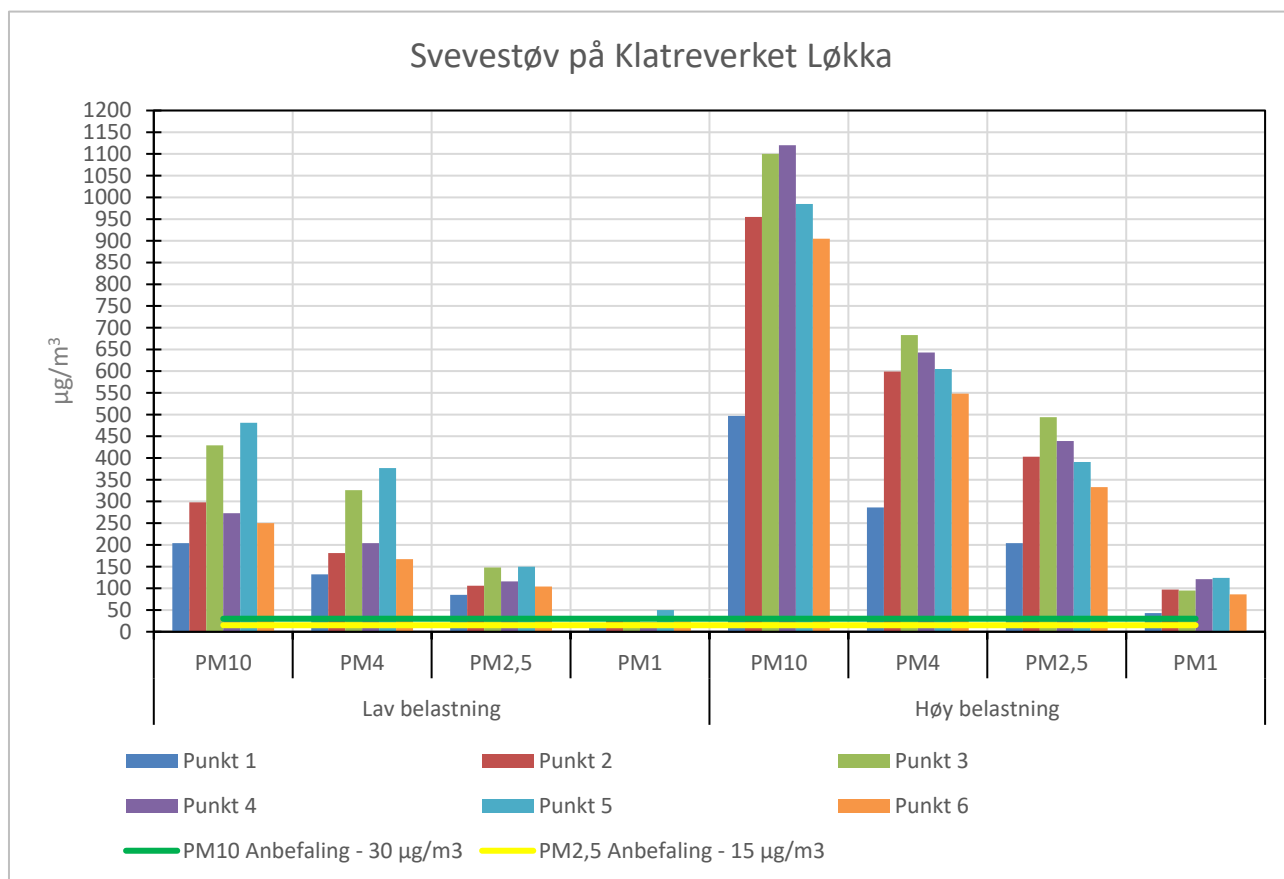
Figur 15 illustrerer svevestøvsituasjonen i hall 1. Venstre side av figuren viser en rolig periode med 7 aktive personer i hallen, mens høyre side av figuren representerer en travel periode med 48 personer i aktivitet. I alle perioder overstiger nivåene for PM₁₀ og PM_{2,5} luftkvalitetskriteriene og de anbefalte normene ved alle fire målepunkter. Under mindre travle perioder er det observert mer støv ved målepunkt 1 og 2 sammenlignet med målepunkt 3 og 4. Dette kan sees i sammenheng med luftdistribusjonen i hallen, hvor flest tilluft- og avtrekksventiler er plassert på høyre side, ved punkt 3 og 4, og færre ved punkt 1 og 2, noe som direkte påvirker støvnivåene.



Figur 15. Svevestøv på Bryn

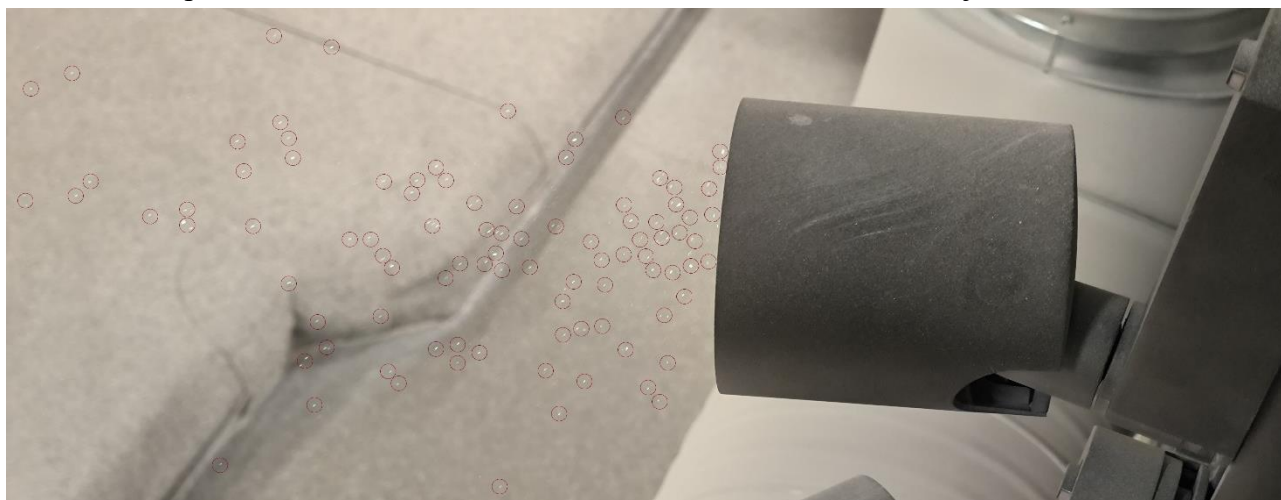
4.2.2 Hall 2 (Løkka)

Hall 2 er ca. 100 m² større enn Hall 1 og har kapasitet til 155 klatrere. Til tross for denne betydelige forskjellen i kapasitet, viser begge hallene liknende støvnivåer. Som vist i figuren 16 overstiger PM₁₀ og PM_{2,5} ved alle målepunkter luftkvalitetskriterier og anbefalte normer, også når antallet personer er lavt i Hall 2. Dette indikerer at støvnivåene er bekymringsfulle uavhengig av hallens kapasitet og aktivitetsnivå. Spesielt i perioder med mange besøkende er støvnivåene betydelig høye, noe som fremgår av de høye verdiene for PM₁₀ og PM_{2,5}.



Figur 16. Svevestøv på Løkka

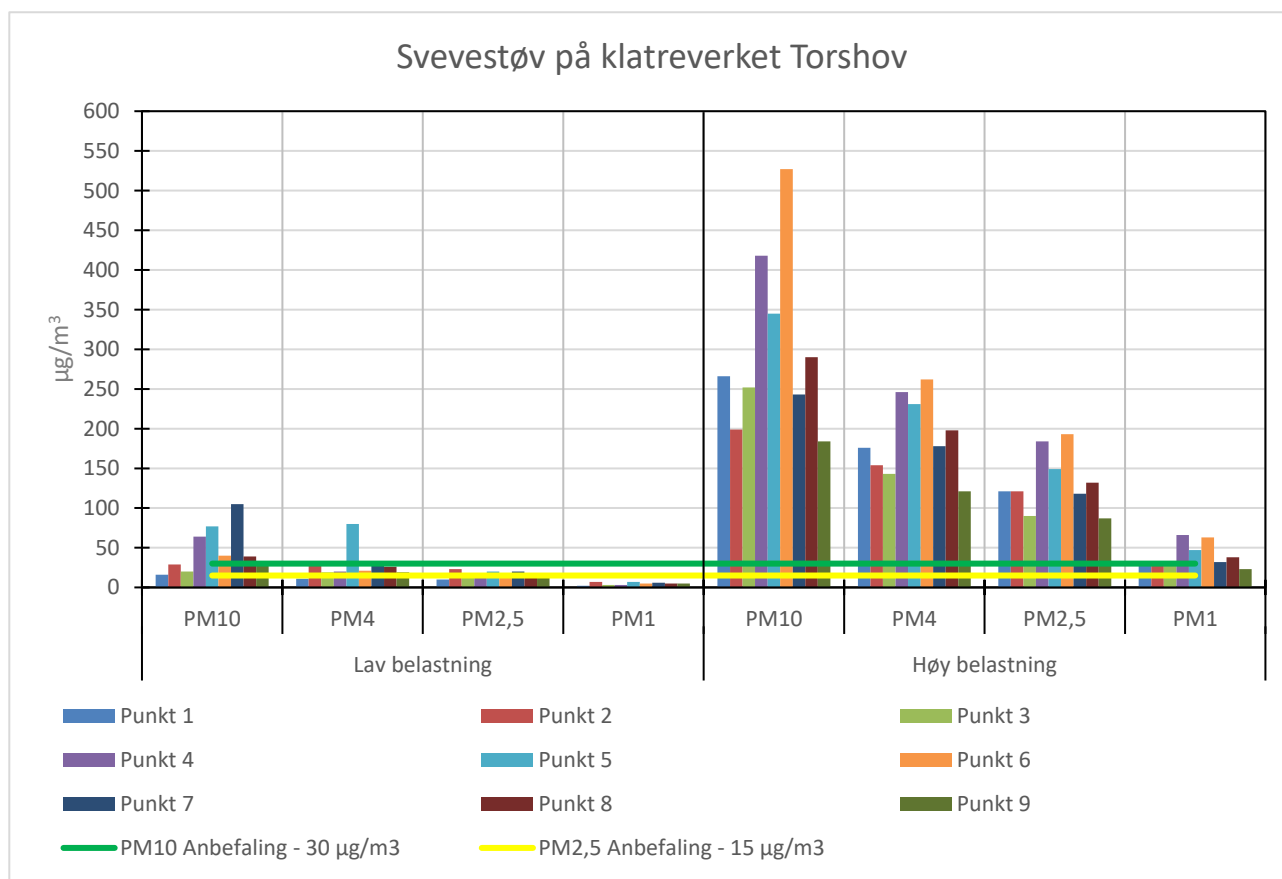
Figur 17 viser konsentrasjon til svevestøv på klatreverket Løkka. Konsentrasjon er så høy at det er mulig å se partiklene i luften under lyset, som vises i figur 17. På grunn av den lille størrelsen på bildet har støvpartiklene blitt skissert i rødt for en bedre forståelse av situasjonen.



Figur 17. Støvpartikler i luften på Løkka

4.2.3 Hall 3 (Torshov)

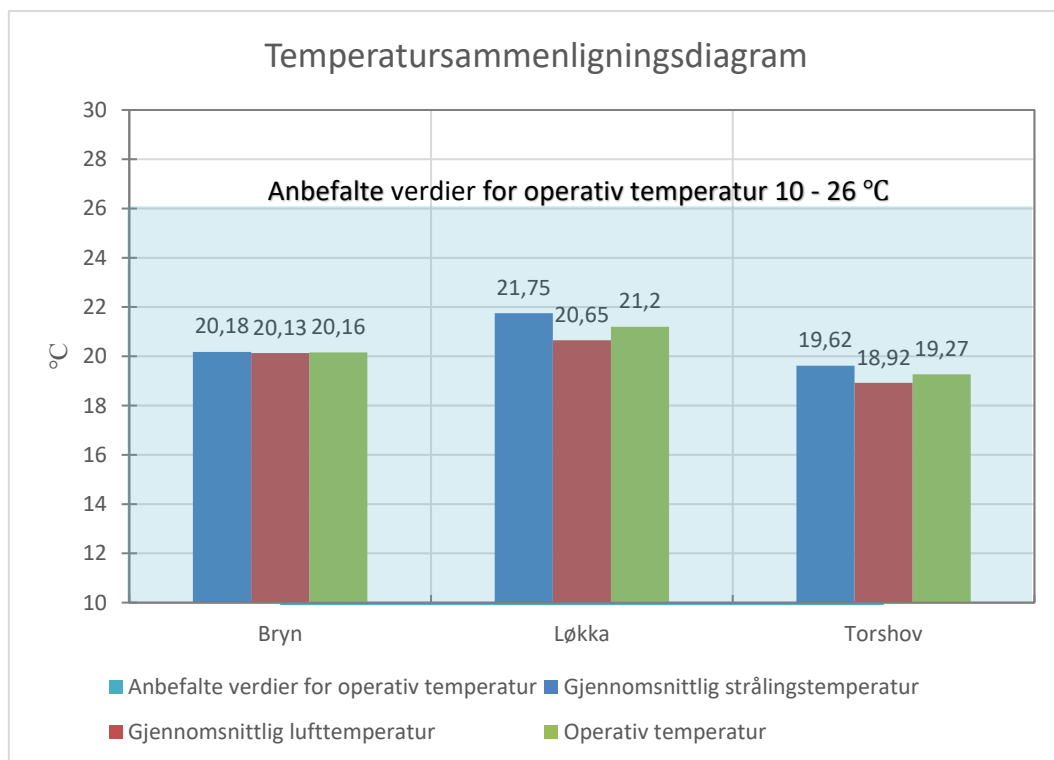
Selv om hall 3 (Torshov) kun har et areal på 450 kvadratmeter, er hallen betydelig høyere enn de andre to klatrehallene, noe som gir klatrehall 3 det største volumet, omtrent 2000 kubikkmeter større enn de to første klatrehallene. Hall 3 har 11 luftinntak og to avtrekk, som er jevnt fordelt i klatrehallen. På venstre side av figur 18 nedenfor vises støvmålingene i klatrehallen under rolige perioder. Det kan sees at når det er få personer i klatrehallen, er støvsituasjonen stort sett under kontroll. Bare noen få målepunkter av PM_{2,5} og PM₁₀ overstiger de faglige normene og luftkvalitetskriteriene. På høyre side av figur 18 nedenfor vises støvmålingene i klatrehallen under travle perioder, og på alle ni målepunkter overskrider støvnivåene de faglige normene og luftkvalitetskriteriene i Norge. Med tanke på bruksområdet og ventilasjonsfordelingen i klatrehallen, er det fordelaktig med et større bruksområde når antall klatrere er bestemt, fordi et større område vil redusere støvkonsentrasjonen innendørs sammenlignet med et mindre område som hall 2.



Figur 18. Svevestøv på Torshov

4.3 Temperatur

Basert på målinger fra forskjellige punkter, ble det beregnet den operative temperaturen for tre klatrehaller. Beregningsresultatene og målinger vises i Figur 19 nedenfor.



Figur 19. *Sammenlikning av temperaturer i hallene*

Temperaturforskjellen mellom strålingstemperatur og lufttemperatur i alle tre klatrehallene mindre enn 2 °C. Den operative temperaturen holder seg stabilt mellom 19 og 21 °C, hvor Løkka har den høyeste temperaturen og Torshov den laveste. Gitt at det for tiden mangler spesifikke forskrifter og krav til operativ temperatur i norske klatrehaller, sammenligner denne artikkelen resultatene med TEK 17 og Arbeidstilsynets generelle krav til operativ temperatur for tungt arbeid, som er mellom 10 og 26 °C. Temperaturene i alle tre klatrehallene oppfyller disse standardene. Det er viktig å merke seg at hvis et klatresenter huser flere klatrere samtidig, vil temperaturen øke ettersom antall personer øker. Dette skjer fordi den interne energien, det vil si varmen fra menneskene, overføres til luften og fører til en temperaturstigning. Siden klatring er en intens aktivitet, kan for høy temperatur redusere komforten og påvirke ytelsen. Dette kan imidlertid variere avhengig av individuelle faktorer som bekledning, personlig følelse og aktivitetsnivå.

Videre ble PMV og PPD beregnet ved hjelp av CBE Thermal Comfor Tool. Resultatet vises i tabell 11 nedenfor, videre detaljer ligger i vedlegg 14.

Tabell 11. *Utrekninger av operativ temperatur for termisk miljø*

Termisk miljø	Bryn	Løkka	Torshov
Bekledning [clo]	0,28	0,28	0,28
Metabolisme [met]	4	4	4
PMV	-1,29	-1,13	-1,62
PPD [%]	40 %	32 %	57 %

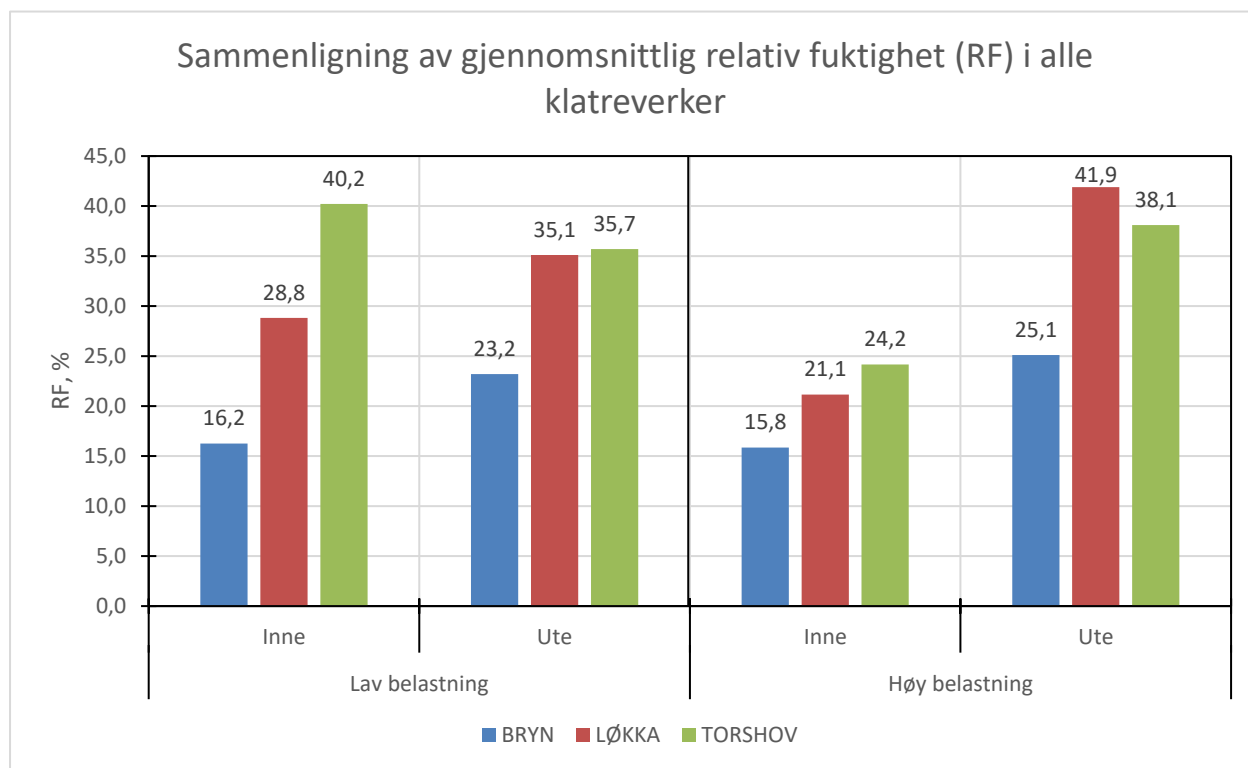
Verdiene for PMV og PPD gjenspeiler nivået av termisk komfort i de undersøkte klatrehallene. PMV-verdier mellom -1,62 og -1,13 indikerer en følelse av kjølighet i hallene, noe som betyr at folk flest i slike forhold vil føle seg litt kalde. PPD-verdier på 32% til 57% indikerer at en betydelig andel av mennesker vil føle seg ukomfortable på grunn av temperaturregimet i klatrehallene. Som en bekreftelse på dette ble en av lufttilførselsventilene ved klatreanlegget Torshov stengt på grunn av en betydelig andel klatrerne som klaget på kulden, spesielt i sone 8, som vist på [figur 8](#). De høye PPD-verdiene indikerer at det er nødvendig å optimalisere temperaturregimet i de undersøkte klatrehallene for å gi mer komfortable forhold for klatring.

Valget av et metabolsk nivå på 4 met er begrunnet i at klatring er en intens fysisk aktivitet som krever betydelig energiforbruk. På skalaen for metabolsk aktivitet tilsvarer 4 met tung fysisk anstrengelse, typisk for sportsaktiviteter som tennis (3,8 met), men i tilfellet med klatring en person bruker flere muskelgrupper over lengre tid. Siden klatrere under trening utfører dynamiske bevegelser, bruker ulike muskelgrupper og opprettholder statisk spenning, representerer 4 met en realistisk vurdering av metabolsk nivå for denne aktiviteten.

I beregningene av PMV og PPD ble også det benyttet en clo-verdi lik 0,28. Denne verdien ble estimert basert på observasjoner av bekledningen til klatrerne. Gjennom analyse av typisk bekledning, som inkluderer undertøy, bukser, t-skjorter/bluser og diverse tilbehør, og ved bruk av tabell C.2 - Thermal insulation for garments and changes of optimum operative temperature fra NS-EN ISO 7730:2005, ble det funnet at den samlede clo-verdien varierer mellom 0,28 og 0,33. Valget av 0,28 representerer den nedre grensen for dette intervallet, som tilsvarer lett bekledning, typisk for innendørs sportsaktiviteter. Dette er begrunnet med at klatring er en intens fysisk aktivitet, og klatrere ønsker maksimal bevegelsesfrihet og minimal varmeisolering fra klærne. Det er viktig å merke seg at individuelle valg av bekledning kan variere, og noen besøkende kan velge å bruke varmere klær. Imidlertid gjenspeiler clo-verdien som brukes i beregningene det typiske nivået av bekledning for de fleste klatrere og tillater en vurdering av det gjennomsnittlige nivået av termisk komfort i klatrehallene.

4.4 Relativ fuktighet

Figur 20 viser gjennomsnittlige verdiene av relativ fuktighet (RF) i de tre klatrehallene i Oslo, som har betydelige variasjoner avhengig av tid på døgnet og belastningsnivå. Detaljerte grafer finnes i Vedlegg 2.



Figur 20. Sammenligning av gjennomsnittlig relativ fuktighet (RF) i alle klatreverker

Klatreverket Bryn presenterer den mest problematiske situasjonen med tanke på RF. Gjennomsnittsverdiene for RF under både lav og høy belastning holder seg på rundt 16%. I store deler av dagen, særlig ved lav belastning (7:00-16:00), forble RF-nivået betydelig under det anbefalte området på 20-60% (FHI, 2017), og sank helt ned til 10-16%. Dette indikerer at ventilasjonssystemet ikke fungerer optimalt for å opprettholde et komfortabelt fuktighetsnivå, og kan føre til ubehag hos besøkende, som tørrhet i slimhinner i luftveier og øyne. Et så lavt RF-nivå er heller ikke gunstig for bruk av klatrekalk, da kalken absorberer fuktighet og gir bedre grep når RF ligger nærmere den øvre grensen av komfortsonen.

I klatreverket Løkka ligger RF-verdiene nærmere anbefalingene, med et nivå på 21-29%. Under perioder av lav belastning (10:00-16:00) befant RF-nivået seg i den nedre delen av komfortsonen (17-26%), mens det under høy belastning økte til 32-36%, noe som er nærmere optimale nivå. Ventilasjonssystemet i Løkka håndterer fjerning av overflødig fuktighet bedre enn Bryn, men klarer likevel ikke å opprettholde et stabilt og komfortabelt RF-nivå.

Klatreverket Torshov viser den mest gunstige situasjonen med hensyn til RF-nivå. Gjennomsnittsverdien gjennom dagen under både lav og høy belastning varierer mellom 22-47%. I løpet av dagen lå RF-nivået stort sett i nedre grense av anbefalte nivået, noe som gir bedre komfort for besøkende og sikrer bedre effektivitet av klatrekalken. Under høy belastning observeres svingninger i RF mellom 20-33%, mens svingningene under lav belastning ligger mellom 35-47%. Her er det viktig å ta hensyn til at RF-nivået utendørs under målingene lå mellom 36-38%.

4.5 Luftmengde

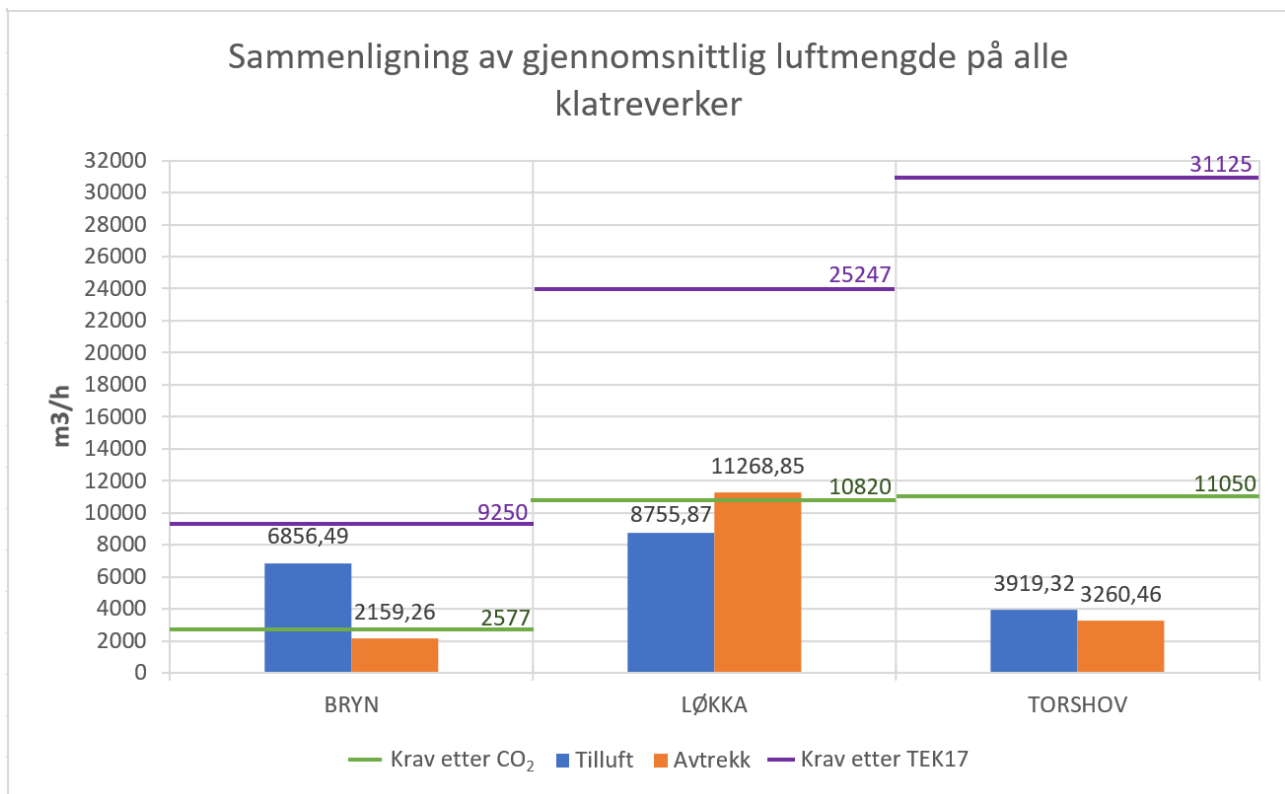
I tabell 12 er det satt opp verdier for beregnede krav for friskluft i henhold til TEK17 ved maksimum personkapasitet. Det er også beregnet nødvendig luftmengde basert på CO₂-nivå, som er målt i hallene. Ved beregning basert på CO₂, er ventilasjonseffektivitet satt til 1.

Tabell 12. *Utrekning av nødvendig luftmengden etter CO₂-nivå og etter TEK17*

Klatrehall	Areal [m ²]	Volum [m ³]	Kapasitet [pers.]	Emisjoner [m ³ /(h*m ²)]	CO ₂ inne [ppm]	CO ₂ ute [ppm]	Luftmengde i tilluftskanal [m ³ /h]	Luftskifte [ACH]	Luftmengde etter TEK17 [m ³ /h]	Luftmengde etter CO ₂ -nivå [l/s*pers]	Luftmengde etter CO ₂ -nivå [m ³ /h]
Bryn	700	3400	50	2,5	1600	436	6856	2,02	9250	14,3	2577
Løkka	798,9	3835	155	2,5	1298	438	5839-11646*	1,5-3,0	25247	19,4	10820
Torshov	450	5380	200	2,5	1492	406	3920	0,73	31125	15,4	11050

*Merk at frisklufttilførselen varierer over tid. Etter kl.16 luftmengde økes i 2 ganger. Her vises gjennomsnittlige verdier ved lav og høy belastning.

På figur 21 er det satt opp en graf som illustrerer gjennomsnittlig luftmengde til både tilluft og avtrekk i de tre hallene. Luftmengden på Bryn og Torshov ble funnet ved hjelp av målinger i kanalene, mens på løkka ble det regnet ut et gjennomsnitt fra dataene vi ble tilsendt fra Energima. På grafen vises det at luftmengdene på løkka er dimensjonert som et undertrykk som nevnt i kapittel 2.1. På Torshov er det et lite overtrykk, mens på Bryn er det et veldig stort overtrykk. Detaljerte utregninger finnes i vedlegg 5.



Figur 21. *Sammenligning av gjennomsnittlig luftmengde av tilluft og avtrekk på klatrehaller*

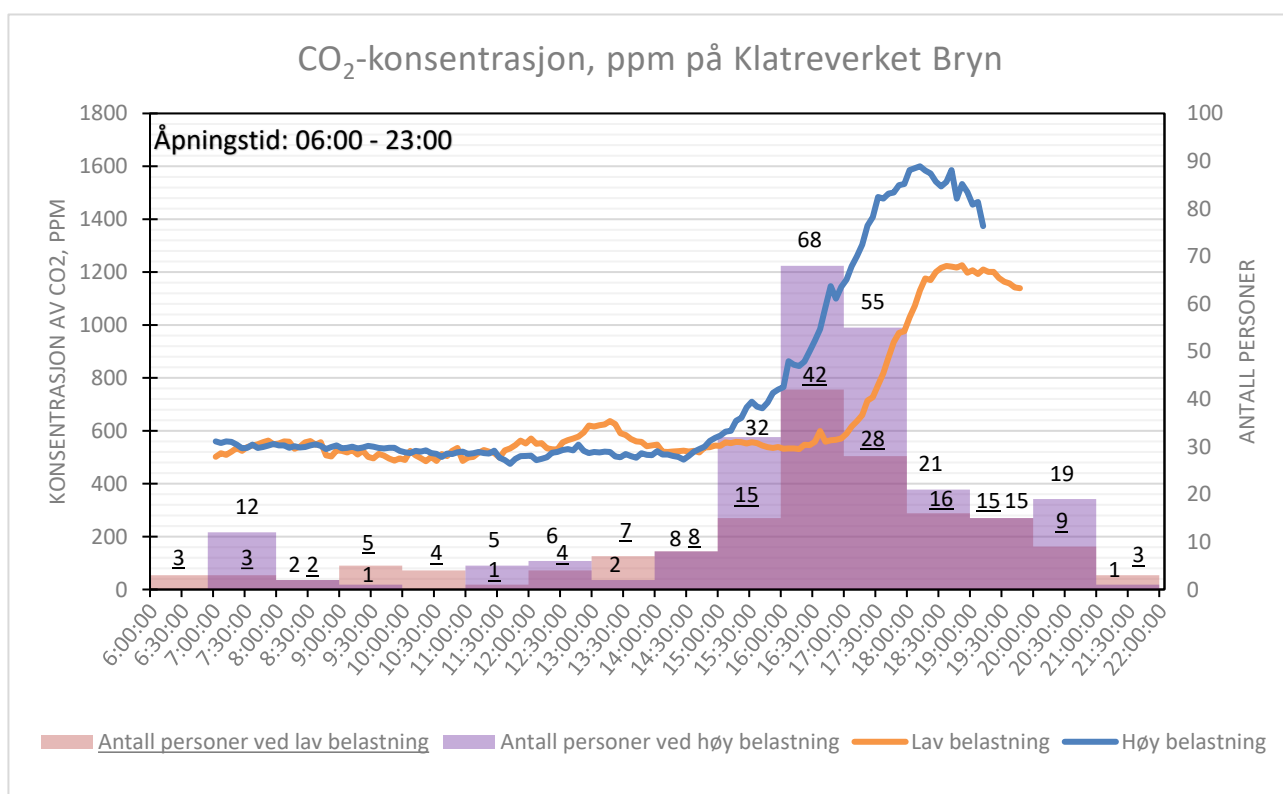
4.6 Virkningsgrad

Den roterende varmegjenvinneren til ventilasjonsaggregatet på Torshov ble målt til å ha en temperaturvirkningsgrad på 85,5%. Dette er litt høyere enn det som i kapittel 2.x ble angitt som typiske virkningsgrader for denne type varmegjenvinner.

4.7 CO₂ nivå

4.7.1 Hall 1 (Bryn)

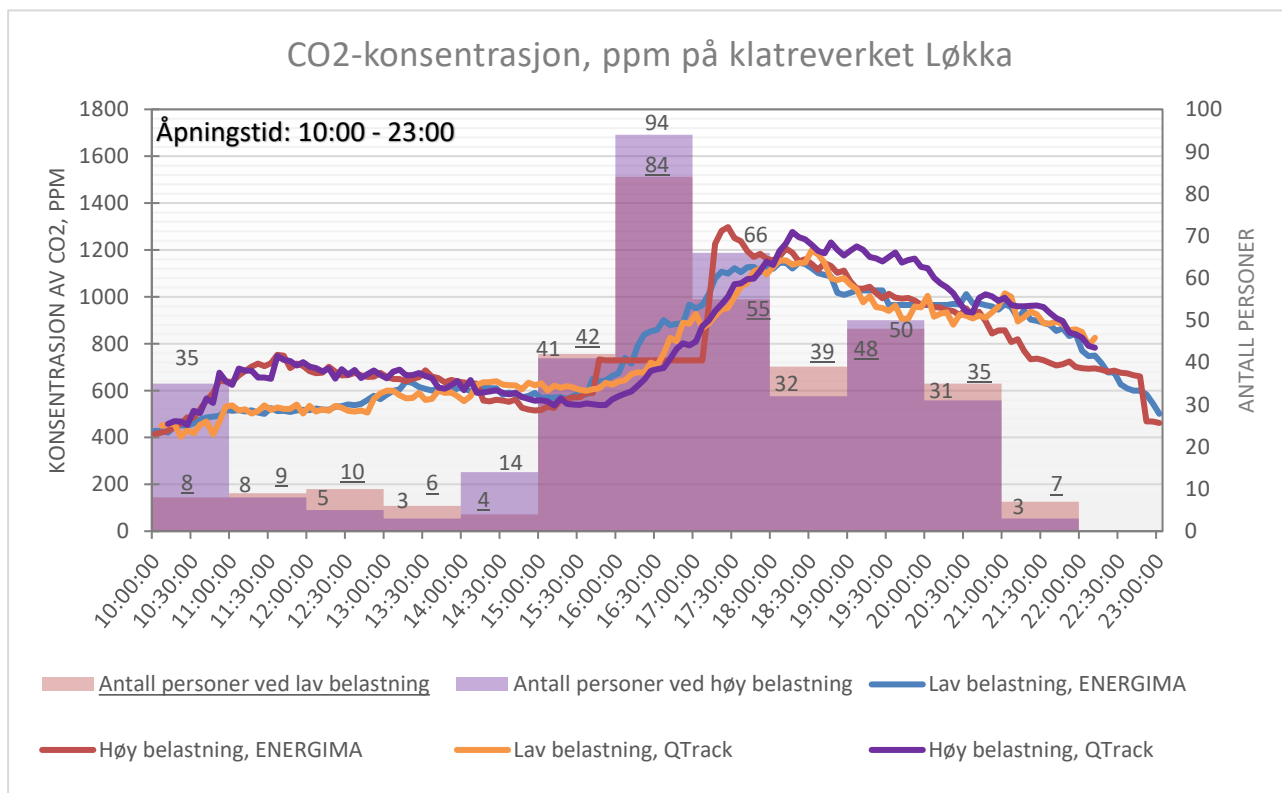
Fra figur 22 ser vi at konsentrasjonene overstiger Folkehelseinstituttets (FHI) anbefalte faglige norm på 1000 ppm under de travleste periodene. Den blå linjen indikerer en dag med lav aktivitet, mens den røde linjen representerer en travel dag. Fra hallens åpning klokken 07 om morgenen til klokken 16 om ettermiddagen, viser begge linjene stabile CO₂-nivåer mellom 400 og 600 ppm. Etter klokken 16 observeres en markant økning i CO₂-nivåene på den røde linjen, som klatrer fra 600 ppm til en topp på 1600 ppm i løpet av tre timer, sammenfallende med det mest belastede tidsintervallet da antallet klatrere når 32. CO₂-konsentrasjonen begynner å øke omtrent en halv time etter at antallet personer øker, og når antallet reduseres til 21 rundt klokken 18, begynner CO₂-konsentrasjonene å falle en time senere.



Figur 22. Konsentrasjon av CO₂ på klatreverket Bryn

4.7.2 Hall 2 (Løkka)

Figur 23 viser endringer i CO₂-konsentrasjonene i hall 2 fra kl. 10:00 til 23:00, og illustrerer samtidig antall personer som har kommet inn i hallen på forskjellige tidspunkter. Figuren viser at CO₂-konsentrasjonen holdes relativt lavt de første timene etter åpning (10:00 til 16:00), med konsentrasjoner rundt 400-800 ppm. Etter kl. 16:00 begynner CO₂-konsentrasjonene å stige, og når en topp mellom kl. 17:00 og 18:00, på målingene fra dager med høyere personbelastning, med rundt 1300 ppm. Etter kl. 21:00 synker CO₂-konsentrasjonene gradvis, og stabiliserer seg på et lavere nivå før stengt.

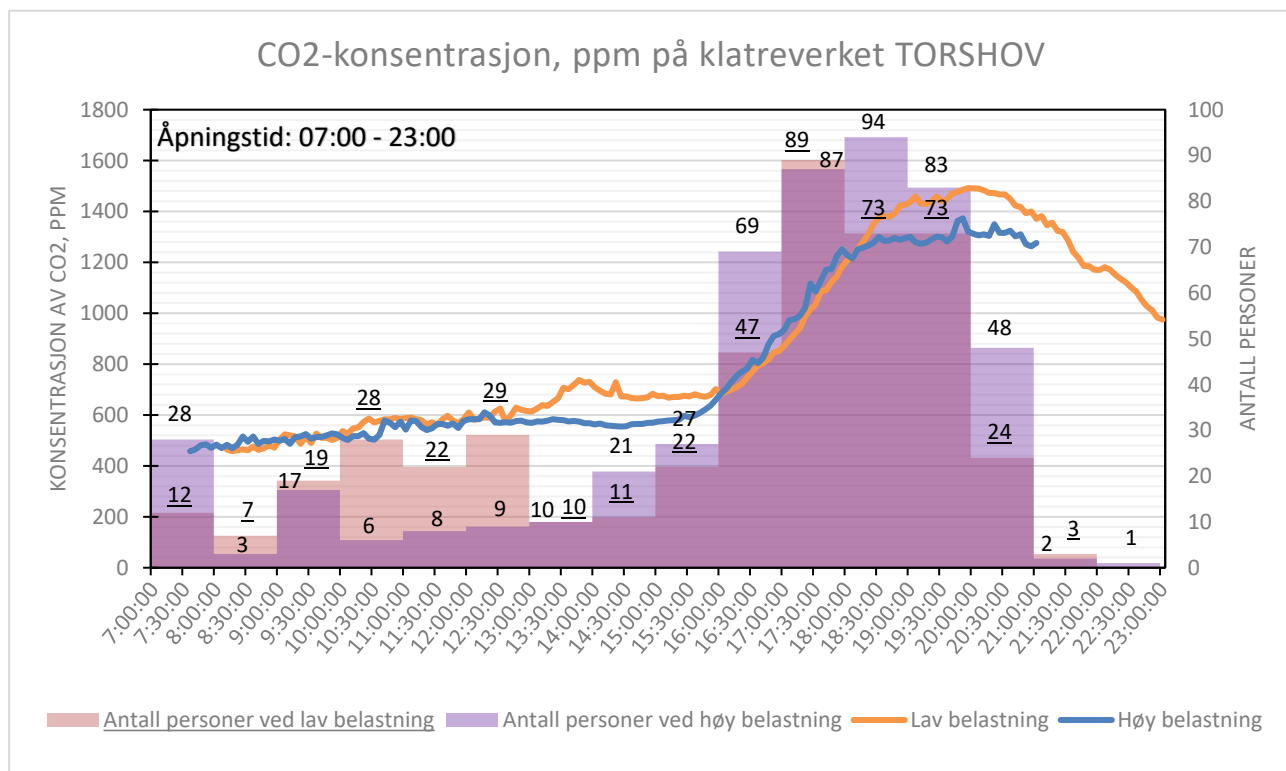


Figur 23. Konsentrasjon av CO₂ på klatreverket Løkka

4.7.3 Hall 3 (Torshov)

Figur 24 viser endringer i CO₂-konsentrasjonene i hall 3 fra kl. 07:00 til 23:00, og illustrerer samtidig antall personer i hallen på forskjellige tidspunkter. Tidlig på dagen (07:00 til 16:00) holder CO₂-nivåene seg lave, mellom 400-800 ppm. Etter kl. 16:00 øker CO₂-konsentrasjonene betydelig og når sitt høyeste punkt mellom kl. 19:00 og 20:00 med omtrent 1500 ppm på høy belastning dagen. Etter kl. 21:00 faller CO₂-nivåene gradvis og stabiliserer seg på et lavere nivå før stengetid.

Det er verdt å merke seg at CO₂-konsentrasjoner på 1500 ppm er betydelig høyere enn anbefalte grenseverdier for inneluft, som bør være under 1000 ppm. Nivåer over 1000 ppm indikerer utilstrekkelig ventilasjon, noe som kan føre til helseproblemer som tretthet og hodepine.



Figur 24. Konsentrasjon av CO₂ på klatreverket Torshov

5 Diskusjon

5.1 Luftmengde og ventilasjonsprinsipp

5.1.1 Hall 1 (Bryn)

På Klatreverket Bryn vises det i figur 21 i kapittel 4.5 at basert på målinger foretatt under denne oppgaven, at det er et stort overtrykk i hallen. Dette overtrykket vil hjelpe med å holde forurensinger ute, men kan også spre forurensningene fra klatrehallen til rom ved siden av. Til tross for dette er dette hallen med høyest konsentrasjon av svevestøv. Dette kan også skilles at hallen har det minste volumet av de som ble undersøkt.

Ventilasjonsprinsippet i hallen er variabel luftmengde, ved at ventilasjonsaggregatet har et maksimum og et minimumsnivå. Anlegget går hovedsakelig kun på maksimumsnivå i brukstiden, som basert på målingene som er blitt gjennomført, ser ut til å være nødvendig.

CO₂-nivået i hallen ligger ifølge målingene stabilt på 400-600 ppm i fra åpning til klokken 16, noe som reflekterer et rimelig CO₂-nivå i perioder med færre klatrere. CO₂-konsentrasjonen begynner så å øke omtrent en halv time etter at antallet personer øker, noe som indikerer en tidsforsinkelse i spredningen av CO₂ i hele hallen. Når antall personer reduseres til 21 rundt klokken 18, begynner CO₂-konsentrasjonene å falle først en time senere, hvilket kan tyde på ineffektivitet i ventilasjonssystemet. På det tidspunktet med høyest antall personer som har entret hallen, 55 personer, nådde CO₂-konsentrasjonene 1600 ppm. Dette overskrider den kapasitetsgrensen på 50 personer som er angitt i tabell 12. Dermed viser det seg at uten endringer i ventilasjonssystemet, er det urimelig å sette en grense på 50 personer hvis man ønsker å holde CO₂-nivåene under 1000 ppm, men hvis man ser på arealet i bruk, er 50 personer en relativt rimelig kapasitet. Vi kan konkludere med at klatrehallens nåværende ventilasjonssystem ikke er tilstrekkelig til å kontrollere CO₂-nivåene til under 1000 ppm. Undersøkelser viser at ventilasjonssystemet var kjørt på maksimal kapasitet for å forbedre innemiljøet, men CO₂-målingene under travle perioder var fortsatt ikke tilfredsstillende. Ventilasjonssystemet i klatrehallen er i behov for forbedringer om det skal holdes under anbefalt maksimumkonsentrasjon. Etter beregnet luftmengde fra TEK17 er det også for liten friskluftmengde som føres inn i bygget, utbedring av dette kan føre til bedre CO₂ – konsentrasjon.

5.1.2 Hall 2 (Løkka)

I hallen på Løkka er det mer luft som trekkes ut en det føres inn og det blir derfor et undertrykk. Dette er for å holde kalkstøvet inne i hallen, og slipper dermed ikke ut forurensningene til rom ved siden av klatrehallen. Konsentrasjonen av svevestøv er ganske lik som hall 1, selv om det tilføres en god del mer luft ved maks kapasitet. Dette kan være en konsekvens av undertrykket.

Hallen har behovsstyrt ventilasjon, og dette kan være en av grunnene til at CO₂ -konsentrasjonen er bedre enn den i hall 1. Konsentrasjonen overgår 1000 ppm omtrent fra klokken 17-21 de dagene som er blitt målt, og oppnår på det høyeste rundt 1300 ppm. Endringer i antall personer korrelerer sterkt med CO₂-konsentrasjonene. Midt på dagen, når det er få personer, er CO₂-konsentrasjonene lav. Mellom klokken 17:00 og 18:00, når antallet personer når toppunktet, er CO₂-konsentrasjonene også på sitt høyeste. Om kvelden, etter klokken 21:00, reduseres antall personer, og CO₂-konsentrasjonene synker tilsvarende.

I tillegg til behovsstyrt ventilasjon har hallen også mye høyere maksimal luftmengde enn de andre hallene som gir et bedre luftskifte i hallen, dette burde hjelpe på både CO₂ – konsentrasjon og

støvkonsentrasjon. Men om CO₂ – konsentrasjonen skal holdes under 1000 ppm, er det fortsatt ikke tilstrekkelig med ventilasjon.

Filterproblemer med ventilasjonssystemet kan også være med å bidra til høye CO₂-konsentrasjoner. Energima har forklart at det hender det brukes for lang tid på å skifte ut forfilteret når det tettes av støv, og som en konsekvens reduseres luftmengdene for å opprettholde undertrykket. Dette resulterer i at det kjøres med lavere luftmengder til tider. Filteret kan av og til bli så tett at ventilasjonsaggregatet sliter med å oppnå ønsket luftmengde. Dette kan føre til at det kan være perioder, hvor luftmengden er for lav til å oppnå ønsket kontroll på CO₂ – konsentrasjonen.

5.1.3 Hall 3 (Torshov)

Denne hallen har det største volumet, men får også minst tilført luftmengde, som gir det dårligste luftskiftet. Det er ikke behovsstyrt ventilasjon. Så til tross for det store volumet er det en høyere makskonsentrasjon av CO₂ på Torshov enn det var på Løkka. Dette kan skyldes at luftskifte er mye bedre på Løkka, hvor det også er bedre styring ved at ventilasjonsmengden er CO₂ – regulert. Det er også få avtrekksventiler, til ett så stort volum. Hallen er også plassert i et bygg sammen med et treningssenter. Treningssenteret har sitt eget ventilasjonssystem, men det er åpent imellom områdene. Dette må tas i betraktning ved sammenligning med de andre hallene.

Et behovsstyrt ventilasjonssystem som justerer ventilasjonsstyrken basert på sanntids CO₂-konsentrasjoner og antall personer, kan sammen med økt luftmengde bidra til bedre luftkvalitet i hallen under større personbelastning.

5.1.4 Alternativer

Utrekning av luftmengde i henhold til TEK17 som ble regnet ut tidligere, med utgangspunkt i 150 m³/h kan være et alternativ til hva maksimal luftmengde på et klatreanlegg burde være. Basert på forholdene mellom beregnet luftmengde etter TEK17 og de målte luftmengdene, kan det virke som at på Klatreverket Bryn vil være en passende verdi, mens på Løkka og Torshov er de beregnede verdiene så mye høyere, at det trolig vil være unødvendig, men en så stor økning.

5.2 Filter

Observasjonen av svevestøv konsentrasjonen i klatrehallene gir grunnlag for å vurdere effektiviteten til filtrene som benyttes. Som vist i kapittel 4.2 Svevestøv, overskrider nivåene av PM_{10} og $PM_{2,5}$ de anbefalte verdiene i alle tre klatrehallene, til tross for tilstedeværelsen av filtre i ventilasjonssystemene. Dette indikerer at de installerte filtrene ikke er tilstrekkelig effektive til å rense luften for finfordelt støv fra kalk. Spesielt i klatreverket Løkka, der den høyeste konsentrasjonen av svevestøv observeres, forverres problemene med filtrene av at utskifting av forurensede filtre ikke skjer regelmessig. Dette fører til redusert ventilasjonseffektivitet og ytterligere økning i PM -konsentrasjonen i luften. For å forbedre situasjonen anbefales det å benytte filtre med høyere renhetsgrad som effektivt kan fange opp finfordelt kalkstøv. For eksempel, filtre i klasse F7 eller F9 i henhold til den europeiske klassifiseringen gir en høyere renhetsgrad for $PM_{2,5}$ og PM_{10} . Videre bør regelmessig utskifting av filtre i samsvar med produsentens anbefalinger iverksettes. Det er viktig å utarbeide en plan for filterskift som tar hensyn til bruksfrekvensen til klatrehallene og graden av luftforurensning. Overvåking av filtertilstanden ved hjelp av trykkfallsensorer på filtrene vil muliggjøre en kontinuerlig vurdering av filterets tilstand og sikre rettidig utskifting. Implementering av disse tiltakene vil bidra til en betydelig reduksjon av konsentrasjonen av svevestøv i luften i klatrehallene og skape et sunnere og mer komfortabelt innemiljø for de besøkende.

Observasjoner av dataene for støvkonsentrasjon og hvilke typer filtre som brukes i klatrehallene Bryn, Løkka og Torshov, avdekker et misforhold mellom eksisterende filtreringssystemer og det faktiske nivået av luftforurensning. Den mest kritiske situasjonen er observert på Bryn, der den høyeste støvkonsentrasjonen kombineres med ineffektiv filtrering og fravær av første trinn av tilluftsfiltrering. På Løkka er de brukte filtrene (Camfil Hi-Flo XLS 5/640 1060) praktisk talt ubrukelige på grunn av lav effektivitet (ePM_{10} - 60%, ePM_1 - 15%). På Torshov benyttes filtre av typen Multisack og LM-10-83 for tilluft, og Camfil Hi-Flo XLT 7/640 0160 for avtrekk. Til tross for at disse filtrene har en høyere klassifisering enn de på Løkka, er effektiviteten fortsatt utilstrekkelig gitt den høye konsentrasjonen av PM_{10} og $PM_{2,5}$ i hallen ved høy belastning.

Resultatene fra spørreundersøkelsene blant besøkende bekrefter at de eksisterende filtreringssystemene ikke gir tilstrekkelig beskyttelse mot luftforurensning. For å forbedre situasjonen anbefales det å iverksette et mer pålitelig filtreringssystem. Hvis det ikke tas hensyn til økonomiske og energikostnader, for Bryn og Løkka foreslås et dobbelt filtreringssystem, tilsvarende ODA 3 – SUP 1, med bruk av filteret Camfil Hi-Flo XLT 9/640 0185 (F9). Dette filteret tilbyr høy effektivitet for både PM_{10} (98%) og PM_1 (87%). Tilsvarende bør Torshov også vurdere å installere mer effektive filtre i klasse F9.

Det er viktig å understreke at de eksisterende filtrene på alle klatreverker ikke oppfyller de identifiserte kravene og bør erstattes. Figur 25, som viser et forurensset filter på Torshov, illustrerer behovet for hyppigere filterbytte og en mer pålitelig filtreringsløsning.



Figur 25. Tilstand til avtrekksfilter på Torshov. Isak Langeland

5.3 Kalk

Hva slags kalk som brukes har stor påvirkning på støvnivået i hallen. Hvis klatrehallen kun hadde tillatt flytende kalk, hadde det sannsynligvis blitt en god del mindre kalkstøv i luften. Dette har ikke blitt undersøkt i denne oppgaven. Basert på spørreundersøkelsene i kapittel 4.1 kan vi derimot se at dette er et svært upopulært forslag for klatrerne. Et alternativ som kan være mer aktuelt, og ikke medføre like stor misnøye for klatrerne er å kreve at det brukes kalkball eller flytende kalk. Dette vil redusere spredning av kalkstøv, og minske risiko for søling. Dette forslaget ble ikke inkludert i spørreundersøkelsen, og er derfor bare antatt til å være et mer populært alternativ enn kun flytende kalk.

5.4 Svevestøv

5.4.1 Hall 1 (Bryn)

Refererer til vedlegg 4 og resultat fra kapittel 4.2.1, svevestøv situasjonen blir mye verre under travle perioder. Hvis det var flere inne i hallen da vi målte, så var det mindre svevestøv i luften. Begge målinger ble gjennomført da ventilasjonen hadde lik effektivitet. Det vil si at effekten av ventilasjon i hall 1 angående svevestøv, reduseres med økning i antall personer. Ved et høyere antall klatrere blir støvsituasjonen gjennomgående verre, med gjennomsnittlige PM₁₀-nivåer som overstiger de anbefalte standardene med 35 ganger, og PM_{2,5}-nivåer som også ligger over det anbefalte med 26 ganger. Det viser seg at støvnivåene i hallen er direkte korrelert med antall personer, altså støvkilden. Ventilasjonssystemet i hall 1 (Bryn) tilbyr begrenset regulering av støvsituasjonen, spesielt under travle perioder.

5.4.2 Hall 2 (Løkka)

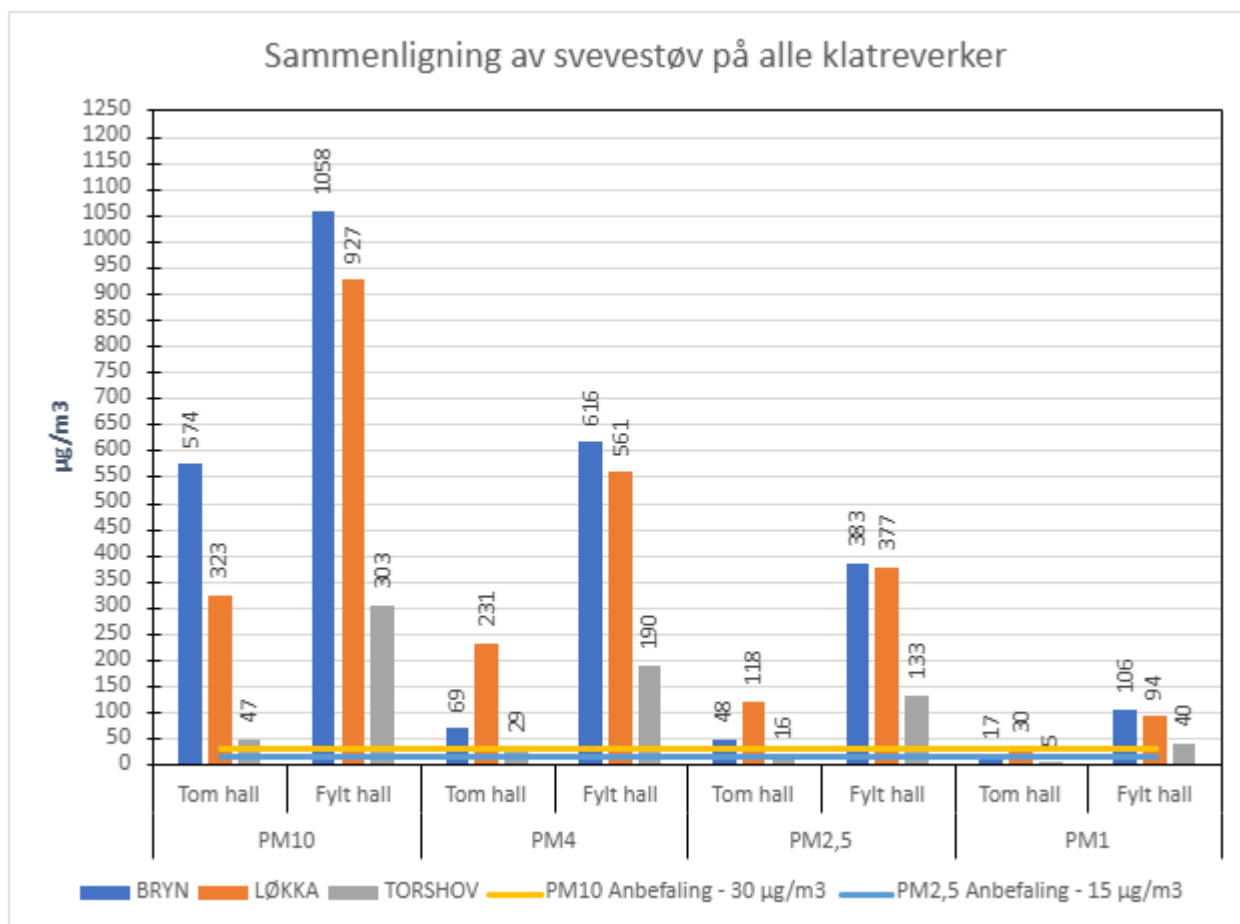
Referer til kapittel 3.2 for observasjoner av luftdistribusjonen i hall 2 (Løkka). Det viser at det er flere tilluftsventiler i klatreområdene, men kun én avtrekksventil. Dette gjør det utfordrende for ventilasjonssystemets filtre å effektivt filtrere ut støvet eller umiddelbart fjerne det fra stedet, noe som resulterer i at støvet blir hengende i luften inne. Aggregatet er justert med undertrykk for å sørge for at kalkstøv holder seg inne i hallen. Når klatrehallen bruker for lang tid på å skifte ut forfilteret når det tettes av støv, vil luftmengdene reduseres for å opprettholde undertrykket. Dette fører til lavere luftmengder til tider, og filteret kan bli så tett at ventilasjonsaggregatet sliter med å oppnå ønsket luftmengde. Problemene forsterkes når antallet klatrere og bruken av kalk øker. Derfor bør hall 2 prioritere justering av luftdistribusjonen i sitt ventilasjonssystem som sin hovedstrategi, inkludert å legge til flere avtrekksventiler.

5.4.3 Hall 3 (Torshov)

Referer kapittel 4.2.3 for målinger vi har gjort og resultater. I travle perioder, når antall klatrere øker, er støvsituasjonen ugunstig. Dette indikerer at det å kontrollere antall personer i klatrehallen på samme tid, altså å kontrollere støvet ved kilden, kan være en bedre måte å redusere støvkonsentrasjonen innendørs på. I tillegg har denne klatrehallen kun to avtrekk i bruk. Å øke antallet avtrekk kan øke luftstrømmen i hallen, noe som kan føre til at mer støv i luften blir fanget av ventilasjonssystemets filtre, og dermed forbedre luftkvaliteten innendørs.

5.4.4 Sammenligning

Figur 26 viser støvkonsentrasjonen for klatrehallene og gir en visuell sammenligning av støvsituasjonen i hver hall. PM₁, PM_{2,5}, PM₄ og PM₁₀-verdiene i figuren er gjennomsnittet av målingene fra alle målestedene i hver klatrehall for samme støvdiameter.



Figur 26. Sammenligning av svevestøvkonsentrasjoner

Det kan observeres at hall 3 (Torshov) har relativt bedre støvforhold, mens hall 1 (Bryn) har de mest alvorlige støvforholdene. Spesielt i travle perioder overskrider støvnivåene i alle tre klatrehallene innendørsstøvstandardene mange ganger, noe som indikerer en ugunstig støvsituasjon. Spesifikt er PM₁₀-standarden 30 µg/m³. I travle perioder i hall 1 er PM₁₀-nivået 1058 µg/m³, noe som er 35 ganger høyere enn luftkvalitetskriteriene for uteluft. I hall 2 er PM₁₀-nivået 31 ganger høyere, og i klatrehall 3 er det 10 ganger høyere. Når det gjelder PM_{2,5}, er de anbefalte faglige normene for innendørs svevestøv i Norge 15 µg/m³. I travle perioder er PM_{2,5}-nivået i hall 1 26 ganger høyere enn standarden, i hall 2 er det 25 ganger høyere, og i hall 3 er det 9 ganger høyere. Det er verdt å merke seg at PM₁-støv er det mest skadelige for menneskekroppen (R. Vecchi, 2004). Selv om det ikke finnes en spesifikk standard for sammenligning, kan det sees at nivåene av PM₁-støv i travle perioder er betydelig høyere enn PM_{2,5}-normen. Fordi PM₁-støv er mer skadelig enn PM_{2,5}, bør standarden være enda lavere enn 15 µg/m³. Sammenfattende viser resultatene at støvsituasjonen i alle tre klatrehallene ikke er godt kontrollert i travle perioder. For å tilby klatrerne et sunnere innemiljø, bør klatrehallene vurdere å implementere passende støvkontrolltiltak.

5.5 Relativ fuktighet

Sammenligning av resultatene, som vises på figur 20, med norske standarder viser at alle tre klatrehallene har RF-nivå under anbefalte 20-60% (Arbeidstilsynet, u. å.). Dette understreker behovet for å forbedre ventilasjonssystemene og iverksette bedre kontroll over antall besøkende for å sikre et sunt og komfortabelt innneklima i klatrehallene. Det kan også legges merke til at i alle tre klatrehallene en tendens til lavere RF innendørs sammenlignet med utendørs. Klatreverket Bryn presenterer den mest problematiske situasjonen med tanke på RF. Gjennomsnittsverdiene for RF ved både lav og høy belastning holder seg på rundt 16%, noe som er betydelig lavere enn det anbefalte området på 20-60%. I klatreverket Løkka ligger RF-verdiene nærmere anbefalingene, med et nivå på 21-29%. Ved lav belastning befinner RF-nivået seg i den nedre delen av komfortsonen (17-26%), mens det ved høy belastning øker til 32-36%, noe som er nærmere optimale verdier. Klatreverket Torshov viser den mest gunstige situasjonen med hensyn til RF-nivå. Gjennomsnittsverdien gjennom dagen ved både lav og høy belastning varierer mellom 22-47%.

5.6 Temperatur

Observasjon av de termiske forholdene i klatresentrene Bryn, Løkka og Torshov viser at den operative temperaturen i alle hallene ligger innenfor kravene til tungt arbeid, men et betydelig antall besøkende opplever likevel ubehag. PPD-verdiene, som indikerer andelen misfornøyde personer, varierer fra 32% på Løkka til 57% på Torshov, til tross for en tilsynelatende akseptabel operativ temperatur på 19-21 °C. De negative PMV-verdiene, som indikerer en følelse av kjølighet, understreker dette misforholdet. Dette kan forklares ved at de generelle kravene til tungt arbeid ikke fanger opp de spesifikke behovene til klatrere, som veksler mellom intens aktivitet og hvile. Under hvileperioder kan den operative temperaturen føles for lav, spesielt med lett bekledning. Individuelle faktorer, som bekledning og personlige preferanser, spiller også en viktig rolle. Dette avviket mellom den operative temperaturen og den subjektive opplevelsen av ubehag viser at det er behov for en mer nyansert tilnærming til termisk komfort i klatrehallene.

5.7 Plassering av ventiler

På klatreverket Løkka er det plassert tilluftsventiler i nærheten av klatreområdene, mens avtrekksventilene er plassert inne i garderober, toaletter, og rengjøringsrom, foruten en ventil som er plassert bak en av klatreveggene. Ventilasjonsanlegget på Løkka har kapasitet til det største luftskiftet blant hallene som er undersøkt, med dette i betraktning, var det forventet at dette skulle gjøre svevestøvkonsentrasjon i denne hallen merkbart bedre enn de andre hallene som har vist seg å ikke være tilfelle. Dette kan skyldes at det er ineffektiv ventilering hvor klatrerne oppbevarer seg (gulvet foran klatrevegg) siden det er en lengre og indirekte vei til avtrekksventilene, i hvert fall når det er en så hyppig forurensning med klatrere som hele tiden kalker hendene sine. Dette kunne kanskje vært forbedret med flere avtrekksventiler plassert i selve klatrehallen. Alternativt kunne også fortrengningsventilasjon vært en mulighet i klatrehaller med høy takhøyde, da vil forurensningene løftes opp i det øvre sjiktet i hallen. Selv om at det i en klatrehall vil være folk i dette øvre sjiktet, er det færre personer av gangen og over en kortere periode.

5.8 Varmegjenvinner

I kapittel 4.6 ser vi at varmegjenvinneren i den ene hallen har en temperaturvirkningsgrad på 85,5%. Dette tilsvarer en god roterende varmegjenvinner, men er basert på kun en måling, ideelt sett burde det vært foretatt flere målinger ved ulike utetemperaturer. Det ble ikke sjekket om varmegjenvinneren er støvete som kan skje med roterende varmegjenvinnere. Dersom det er støv i den kan dette potensielt føres inn i tilluften, derfor kan det være at en rekuperativ varmegjenvinner er bedre egnet, da disse skiller luftstrømmene mellom tilluft- og avtrekksluft. Klatreverkets tre sentere hadde alle roterende varmegjenvinnere, det er derfor ikke gjort undersøkelser som sammenligner de to alternativene.

5.9 Spørreundersøkelse

Resultatene fra spørreundersøkelsen bekrefter at problemet med luftkvalitet er mest merkbart på klatreverket Løkka, sannsynligvis på grunn av bruken av løskalk og det høye antallet besøkende. La oss undersøke nærmere hvorvidt symptomene rapportert av respondentene er relatert til de målte luftkvalitetsparametrene.

Målingene viser at konsentrasjonen av støv i alle størrelser (PM_1 , $PM_{2,5}$, PM_4 og PM_{10}) overskrider anbefalte verdier i alle tre klatrehaller, spesielt ved høy belastning. Jo mer støv det er, desto oftere klager folk på hoste, tørrhet og sår hals, og tett nese. Denne sammenhengen er tydeligst på klatreverket Løkka, der støvkonsentrasjonen er høyest, og bruken av løskalk er mest utbredt. Det er interessant å merke seg at klager på øyeirritasjon er hyppigst på klatreverket Torshov. Dette kan skyldes den høye konsentrasjonen av fine partikler PM_1 og $PM_{2,5}$, som kan trenge dypt inn i luftveiene og forårsake irritasjon av slimhinnene. Det er også verdt å vurdere at høy konsentrasjon av svevestøv kan bidra til følelsen av "tung i hodet" og tretthet, som respondenter fra alle tre klatrehallene rapporterte. Dette kan skyldes forverret oksygenutveksling i kroppen på grunn av luftforurensning. Samlet sett ser vi en tydelig sammenheng mellom symptomer og luftkvalitet. Jo mer støv det er, og jo finere partiklene er, desto oftere oppstår helseplager. Dette antyder symptomer på plager forårsaket av inneklimate i hallene.

5.10 Overmaterialer på madrass

Observasjon av dataene for konsentrasjonen av svevestøv i luften på klatrehallene Bryn, Løkka og Torshov, samt undersøkelse av materialene brukt for gulvbelegg og matter, viser en betydelig innvirkning av disse materialene på luftkvaliteten. Både Bryn og Torshov benytter et PVC-trekk på madrassene, som vises på figur 27, (POLYMAR® Side Curtain, art. 8556 5240) som i henhold til teknisk dokumentasjon er slitesterkt, lett å rengjøre og har en glatt overflate som bidrar til mindre støvansamling.



Figur 27. Overmateriale på madrasser på Bryn og Torshov

Løkka skiller seg ut med teppegulv av polypropylen, som vises på figur 28, (Commercial, kode EN 14041), hvis spesifikasjoner indikerer en ru overflate som aktivt fremmer støvansamling. Figur 29 og 310 bekrefter en betydelig opphopning av kalkstøv i teppet.



Figur 28. *Overmaterial på madrasser på Løkka, Andreas Skylstad*



Figur 29. *Konsentrasjon av svevestøv på overmaterialet på Løkka [1], Andreas Skylstad*



Figur 30. *Konsentrasjon av svevestøv på overmaterialet på Løkka [2], Andreas Skylstad*

Alle tre klatrehallene bruker skum av polyuretan (N2542) for matter, som i henhold til teknisk dokumentasjon møter sikkerhets- og miljøstandarder (CertiPUR, OEKO-TEX). Slitasje og skader på materialet kan imidlertid føre til frigjøring av støv og mikropartikler i luften. For å sikre optimal luftkvalitet i alle tre klatrehallene bør rengjøringsfrekvensen for gulvene økes. Løkka bør dessuten vurdere å erstatte teppegulvene med et glattere og mer rengjøringsvennlig materiale, som PVC. All dokumentasjon finnes i vedlegg 13.

Figur 31, 32 og 33 viser imidlertid en betydelig mengde kalkstøv på overflaten, noe som indikerer at rengjøringsfrekvensen bør økes for å minimere støvmengden i luften og de bekrefter en betydelig opphopning av kalkstøv, spesielt i "døde soner" med begrenset luftsirkulasjon.



Figur 31. "Dead sone" på Torshov, Vladyslav Pankov



Figur 32. "Dead sone" på Løkka [1], Andreas Skylstad



Figur 33. "Dead sone" på Løkka [2], Andreas Skylstad

5.11 Tiltak

Basert på studien av de tre klatrehallene i Oslo (Bryn, Løkka og Torshov), foreslås følgende tiltak for å forbedre luftkvaliteten og redusere konsentrasjonen av svevestøv: Øke antall avtrekksventiler å plassere de direkte i klatrehallen for å forbedre luftstrømmen, og effektivt fjerne svevestøv. I tillegg bør det installeres høyeffektive partikkelfiltre (HEPA), som Camfil Hi-Flo XLT 9/640 0185, for å redusere mengden svevestøv i luften. Det er også avgjørende å øke hyppigheten av filterbytter, da dagens frekvens på én gang i måneden ikke er tilstrekkelig for å håndtere høye forurensningsnivåer. Ved tette avtrekksfiltre vil ventilasjonsaggregatet slite med å få ut den forurensede luften.

Det er anbefalt å øke luftmengden i samtlige klatrehaller, siden et høyere luftskifte vil kunne hjelpe med å fjerne forurensninger som kalkstøv og CO₂, og bidra til å opprettholde god luftkvalitet i perioder med høy aktivitet. For å optimalisere luftmengde anbefales det å innføre behovsstyrt ventilasjonssystem (DCV), spesielt for klatrehallene Bryn og Torshov som for tiden bruker et brukerstyrt system som kun tillater et minimum og et maksimum nivå for luftmengde. DCV-systemet kan justere ventilasjonsstyrken trinnløst basert på sanntids CO₂-konsentrasjoner og antall personer, noe som bidrar til å effektivisere den foreslått økte luftmengde, slik at det ikke brukes mer enn nødvendig.

Det er også viktig å regelmessig kontrollere, og vedlikeholde varmevekslere ved bruk av roterende varmeveksler, for å sikre at de fungerer effektivt. Eventuelt kan en rekuperativ varmeveksler være et bedre alternativ, siden det ikke krever samme vedlikehold. Klatreverket Løkka bruker allerede et DCV-system, men på grunn av manglende rengjøring av filtrene reduseres ventilasjonseffektiviteten. Økt rengjøringsfrekvens, spesielt støvsuging av gulv og madrasser ved klatreområder, vil også bidra til å redusere mengden svevestøv i luften.

Bruk av flytende magnesium i stedet for løskalk bør fremmes for ytterligere å redusere støvmengden, eventuelt innføre krav om kalkballer. Til slutt bør det vurderes å bruke materialer som reduserer støvspreddning, som PVC, på madrasser for å unngå at trekket samler opp støv, for å dermed forbedre den generelle luftkvaliteten.

6 Konklusjon

Resultatene fra målingene av inneklimate i hallene viser en betydelig konsentrasjon av svevestøv i alle hallene. Klatreverket Torshov har noe lavere enn de to andre hallene, som trolig skyldes at volumet på hallen er større. Alle hallene er over de anbefalte faglige normene for inneklimate for svevestøv i konsentrasjonen PM_{2,5}, foruten noen av målepunktene på Torshov når det var lite folk i hallen. Det er også høye CO₂ – konsentrasjoner i hallene i travle perioder, hvor alle overskrider 1000 ppm. Det er ingen krav satt for klatrehaller på disse punktene, så det sammenlignet med anbefalinger som først og fremst ikke er satt med tanke på klatrehaller som har så høyt nivå av forurensning.

Når det gjelder relativ fuktighet (RF), viste målingene at alle tre klatrehallene hadde RF-nivå under det anbefalte området på 25-60%, spesielt under perioder med høy belastning. Bryn hadde de laveste RF-verdiene, noe som kan ha negativ innvirkning på både komforten for besøkende og effektiviteten av klatrekalken. Løkka hadde RF-verdier noe nærmere anbefalingene, men fortsatt i den nedre delen av komfortsonen. Kun i klatreverket Torshov varierte det gjennomsnittlige RF-nivået mellom 24-40%, noe som indikerer et mer gunstig fuktighetsnivå for både komfort og klatring. Dette understreker behovet for å forbedre ventilasjonssystemene og iverksette bedre kontroll over antall besøkende for å sikre et sunt og komfortabelt inneklimate i klatrehallene.

Selv om den operative temperaturen i alle tre hallene lå innenfor kravene til tungt arbeid, viste PMV og PPD-verdiene at en betydelig andel besøkende opplevde ubehag på grunn av for lav temperatur. Dette kan forklares med at klatring er en aktivitet som veksler mellom intens anstrengelse og hvile, og at de generelle kravene til tungt arbeid ikke fanger opp de spesifikke behovene til klatrere.

På Klatreverket Bryn og Torshov, er det betydelig lavere luftmengde, og luftskifte i forhold til Løkka. Å øke luftmengden i disse hallene vil trolig hjelpe på både svevestøv og CO₂ -konsentrasjon. Basert på beregninger og målinger kan det også hjelpe å øke luftmengden på Løkka også. Så en generell anbefaling er å sikre en høy nok luftmengde. Det er også store forskjeller på støvkonsentrasjon avhengig av antallet som klatrer, så derfor er et behovsstyrt ventilasjonssystem å anbefale når det kreves en høy maksimal luftmengde.

Flere forslag til utbedring av ventilasjonen i klatrehallene innebærer å ha bedre kontroll på filtre. Det burde utbedres rutiner eller finne et system som minsker sannsynligheten for at filtrene tettes uten å skiftes med en gang. En rekuperativ varmeveksler er potensielt et bedre alternativ enn roterende. Plasseringen av avtrekksventilene kan også ha en effekt på fjerning av svevestøv. Ved å plassere flere avtrekksventiler direkte i klatrehallen, og ikke så langt unna klatreområdene vil bidra til å fjerne kalkstøv mer effektivt.

Det er også funnet andre faktorer uavhengig av ventilasjonen som kan bidra med å senke konsentrasjonen av svevestøv. Dette innebærer å fremme bruk av flytende kalk, eller kalkballer. Det er trolig også lurt å velge overmaterialer på gulv og madrasser som ikke trekker til seg støv, men glattere materialer som er lettere å rengjøre.

Implementering av disse foreslåtte tiltakene vil trolig føre til et bedre inneklimate i klatrehaller, som vil forebygge ubehag, og eventuelle andre helseproblemer som potensielt kan oppstå ved innånding av svevestøv, og dermed gjøre innendørs klatring til en enda bedre opplevelse for klatrere.

7 Videre arbeid

Observasjonen av luftkvalitet i klatrehallene har avdekket en rekke problemstillinger, som krever videre undersøkelse for å utvikle effektive løsninger og skape tryggere og mer komfortable forhold for klatrere. Et lovende område for videre forskning er modellering av luftstrømmer og spredning av forurensninger. Ved å bruke Revit-modeller av de undersøkte klatrehallene kan man lage CFD-modeller (Computational Fluid Dynamics) for å simulere luftstrømmer og spredning av PM₁₀, PM_{2,5} og CO₂. Ved å variere parametere i ventilasjonssystemene, som luftmengde og plassering av tillufts- og avtrekksåpninger, kan man identifisere optimale konfigurasjoner som minimerer konsentrasjonen av forurensninger i områder der klatrere befinner seg. CFD-modellering kan også brukes til å vurdere effektiviteten av ulike ventilasjonstyper, som fortrengningsventilasjon og blandingsventilasjon.

En grundigere sammenligning av effektiviteten til roterende og platevarmevekslere i klatrehaller er nødvendig. Gitt den spesielle forurensningssituasjonen med kalkstøv i klatrehaller, er det viktig å sammenligne deres innvirkning på temperatur, fuktighet, støvnivå og energieffektivitet. CFD-modellering kan brukes til å vurdere risikoen for spredning av støv fra varmeveksleren til tilluften.

For å vurdere de langsiktige helseeffektene av forurenset luft på klatrere, bør det gjennomføres medisinske undersøkelser med fokus på lungefunksjon. Disse dataene bør sammenlignes med luftkvalitetsmålinger i klatrehallene de besøker. Det er også viktig å undersøke hvordan ulike nivåer av luftforurensning påvirker klatreres fysiske utholdenhet, styrke, reaksjonstid og kognitive funksjoner.

For å få et enda mer detaljert bilde av luftkvaliteten i klatrehaller, ville det vært nyttig å gjennomføre mer omfattende målinger over lengre perioder. Med tilgang til flere måleinstrumenter kunne man logge RF, CO₂ og støvkonsentrasjon kontinuerlig over flere dager, noe som ville gitt en mer nøyaktig forståelse av variasjonene i luftkvalitet og deres sammenheng med ulike faktorer som antall klatrere, tidspunkt på døgnet og ventilasjonssystem. I tillegg bør man undersøke i detalj hvor raskt filtrene i ventilasjonssystemene blir forurenset. Ved å installere sensorer for å måle støvkonsentrasjonen i ulike deler av ventilasjonsanlegget, kan man logge data hver time, hver dag, og dermed få et mer nøyaktig bilde av filterets ytelse og levetid.

Videre bør man undersøke hvor raskt ulike overflater i klatrehallen dekkes av støv. Ved å rengjøre utvalgte overflater og deretter måle støvoppsamlingen over tid, kan man identifisere "dead zones" der støv akkumuleres raskest. Denne informasjonen kan brukes til å optimalisere rengjøringsrutiner og plassering av ventilasjonsåpninger for å minimere støvproblemer.

Referanser

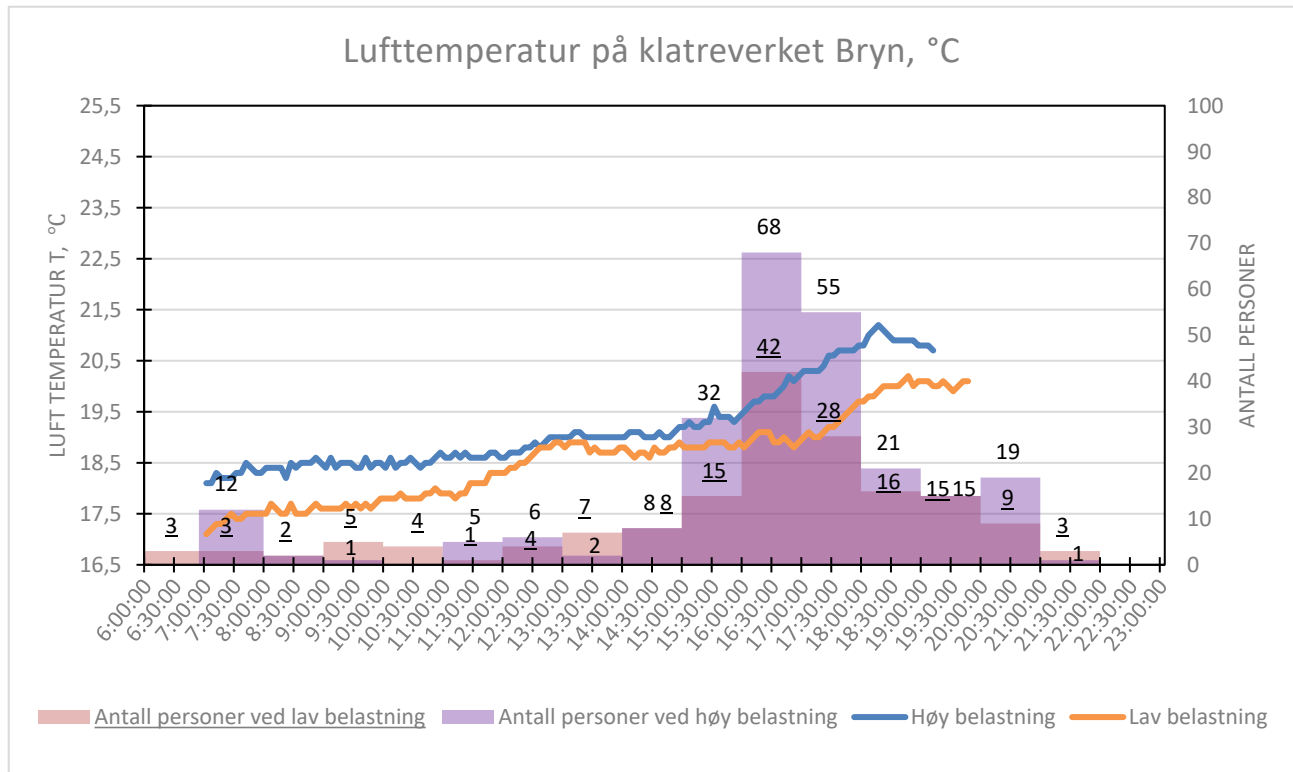
- Alves, C. C. (2014). *researchgate.net*. Hentet fra Particulate matter in the indoor and outdoor air of a gymnasium and a fronton.:
https://www.researchgate.net/publication/263164951_Part particulate_matter_in_the_indoor_and_outdoor_air_of_a_gymnasium_and_a_fronton
- Arbeidstilsynet. (u. å.). *arbeidstilsynet.no*. Hentet fra Ventilasjon på arbeidsplassen:
<https://www.arbeidstilsynet.no/tema/inneklima/ventilasjon/>
- Arbeidstilsynet. (u. å.). *Inneklima og luftkvalitet på arbeidsplassen*. Hentet fra
<https://www.arbeidstilsynet.no/tema/inneklima/>.
- Buch, J. T., & Jensås, S. (2019). *Filtrering av luft med høyt partikkelinnhold i klatrehaller*. Trondheim: NTNU.
- Byggforskserien 421.501 Termisk inneklima. Betingelser, tilrettelegging og målinger. (2017, 10). Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning. (2017, 9). Direktoratet for byggkvalitet.
- Castro, A. A.-B.-G. (2015). *researchgate.net*. Hentet fra Indoor aerosol size distributions in a gymnasium:
https://www.researchgate.net/publication/275058136_Indoor_aerosol_size_distributions_in_a_gymnasium
- Célia A. Alves, A. I.-E. (2013, January). *researchgate.net*. Hentet fra Indoor Air Quality in Two University Sports Facilities:
https://www.researchgate.net/publication/274427382_Indoor_Air_Quality_in_Two_University_Sports_Facilities
- Chalk Rebels. (2021, Februar 5). *Chalkrebels.com*. Hentet fra How to use climbing chalk blocks:
<https://chalkrebels.com/en-no/blogs/all-about-climbing/how-to-use-climbing-chalk-blocks>
- Direktoratet for byggkvalitet. (u. å.). *dibk.no*. Hentet fra Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning: <https://www.dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/13/i/13-3>
- European industry association. (2020, november 1). Valg av luftfiltre klassifisert etter EN ISO 16890 for allmenn ventilasjon. *Eurovent 4/23 - 2020*. Brussel, Belgia: European industry association.
- FHI. (2017, 12 04). *fhi.no*. Hentet fra Svevestøv:
<https://www.fhi.no/kl/luftforurensninger/luftkvalitet/temakapitler/svevestov/>
- Folkehelseinstituttet. (2015). *fhi.no*. Hentet fra Anbefalte faglige normer. Revisjon av kunnskapsgrunnlag:
<https://www.fhi.no/globalassets/dokumenterfiler/rapporter/2015/anbefalte-faglige-normer-for-inneklima-pdf.pdf>
- Folkehelseinstituttet. (2023, November 17). *fhi.no*. Hentet fra Reviderte luftkvalitetskriterier:
<https://www.fhi.no/meldinger/nye-luftkvalitetskriterier-for-svevestov-og-nitrogendioksid/>
- Heidi Salonen, T. S. (2020). *Human exposure to air contaminants in sports environments*.
- Hellum, B. (2023). EMTS2600 Inneklima og måleteknikk. Inneklima: Med vekt på det termiske. *Inneklima: Med vekt på det termiske*, Lysbilde 63.
- Ingebrigtsen, S. (2020). Ventilasjonsteknikk Del II. I S. Ingebrigtsen, *Ventilasjonsteknikk Del II* (s. 169). Oslo: Nemitek.
- Ingebrigtsen, S. (2020). Ventilasjonsteknikk Del I. I S. Ingebrigtsen, *Ventilasjonsteknikk Del I*. Oslo: Nemitek.
- INSTITUTT FOR BYGG- OG ENERGITEKNIKK. (2024). *Utrekning av utsikkerheten til resultatene fra Strømningsteknikklab «Måling av luftstrømmer i ventilasjonskanaler»*. OsloMet. ENERGI- OG MILJØLABORATORIENE.

- lavenergiprogrammet. (2021, April 6). *Tekna.no*. Hentet fra Typiske ventilasjonsløsninger i næringsbygg: <https://www.tekna.no/fag-og-nettverk/bygg-og-anlegg/byggbloggen/typiske-ventilasjonslosninger-i-naeringsbygg/>
- NS-EN 15251:2007+NA:2014 Inneklimaparametere for dimensjonering og vurdering av bygningers energiytelse inkludert inneluftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustikk. (2014, 7 1). Standard Norge.
- NS-EN ISO 7730:2005. (2006, 03 01). Ergonomi i termisk miljø. Analytisk bestemmelse og tolkning av termisk velbefinnende ved kalkulering av PMV- og PPD-indeks og lokal termisk komfort. (ISO 7730:2005). Norsk Standard.
- R. Vecchi, G. M. (2004). *sciencedirect.com*. Hentet fra The role of atmospheric dispersion in the seasonal variation of PM1and PM2.5 concentration and composition in the urban area of Milan (Italy): <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231004005102>
- Salonen, H. S. (2020). *onlinelibrary.wiley.com*. Hentet fra Human exposure to air contaminants in sports environments. *Indoor Air*, 30(6), 1109-1129: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/ina.12718>
- SINTEF Anvisning 16-7. (u. å.). *Metoder for måling av luftmengder i ventilasjonsanlegg*. Jahansson, P., Svensson, A.
- SINTEF Byggforskserien. (2002). 552.340 *Varmegjenvinnere i ventilasjonsanlegg*. SINTEF Byggforsk.
- SINTEF Byggforskserien. (2017). 421.503 *Luftmengder i ventilasjonsanlegg. Krav og anbefalinger, tabell 232*. SINTEF.
- Standard Norge. (2017). *dibk.no*. Hentet fra Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning: <https://www.dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17>
- Standard Norge. (2019). NS-EN 16798-1:2019. *Ventilasjon for bygninger - Del 1: Ytelseskrav til ventilasjons- og romkjølingssystemer*.
- Weinbruch, S. D. (2008). *Dust exposure in indoor climbing halls*. Institute of Applied Geosciences, Technical University Darmstadt, Schnittspahnstr. 9, Darmstadt, Germany. Hentet fra <https://doi.org/10.1039/B719344K>.
- World Health Organization. (2006). *who.int*. Hentet fra Environmental Health Criteria 235: <https://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc235.pdf>

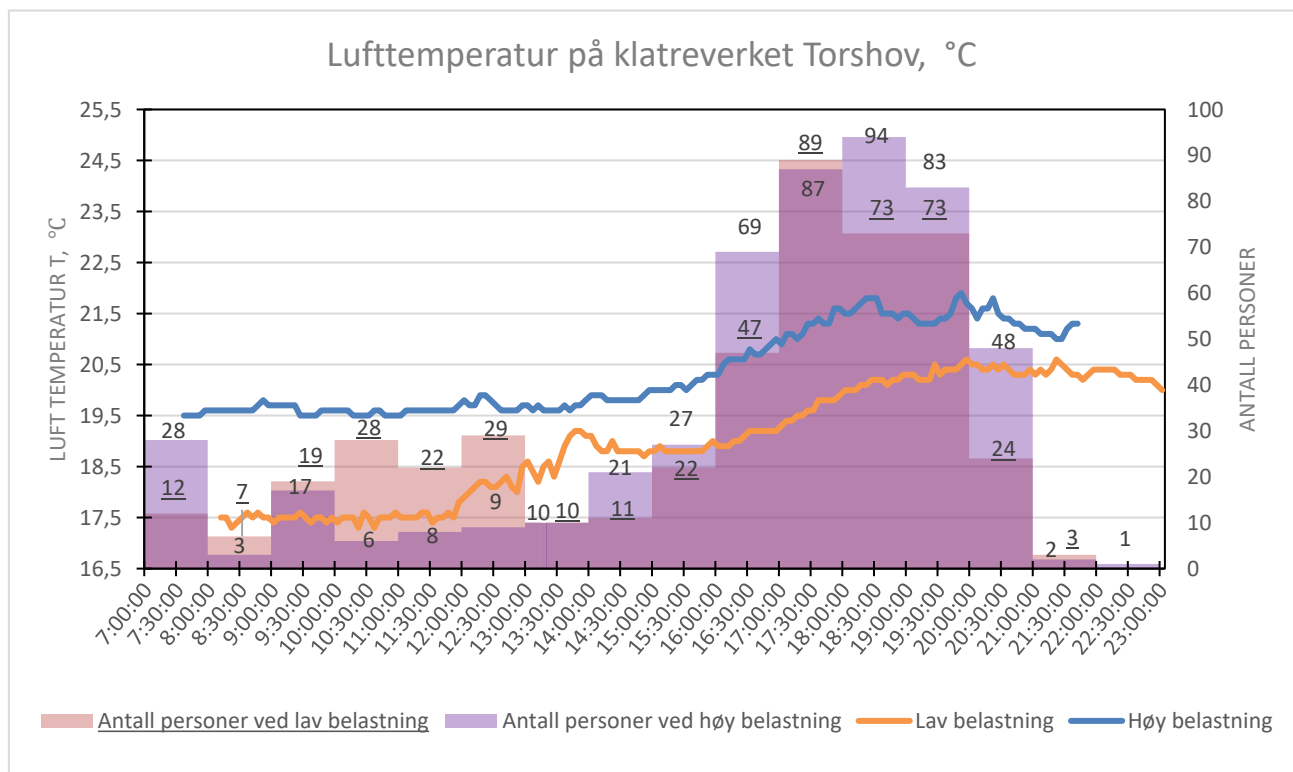
Vedlegg

Vedlegg 1: Lufttemperatur

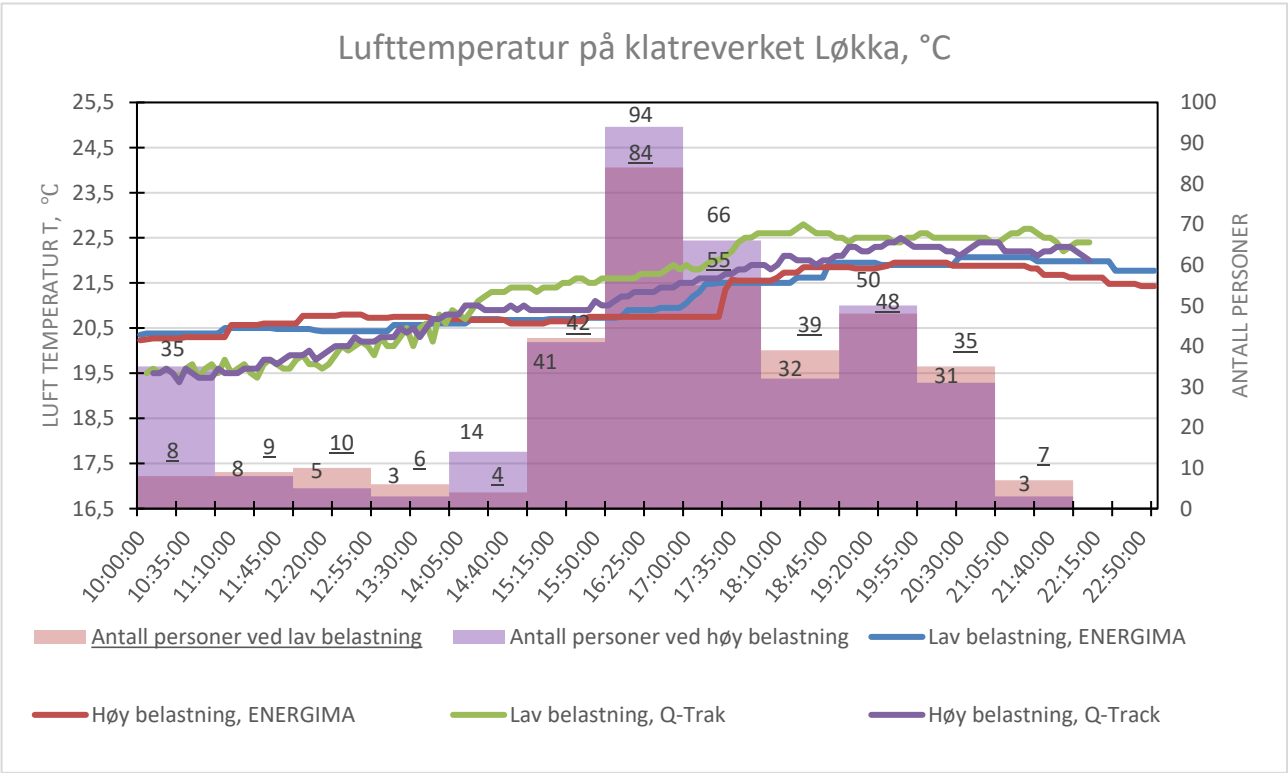
Lufttemperatur på Bryn:



Lufttemperatur på Torshov:

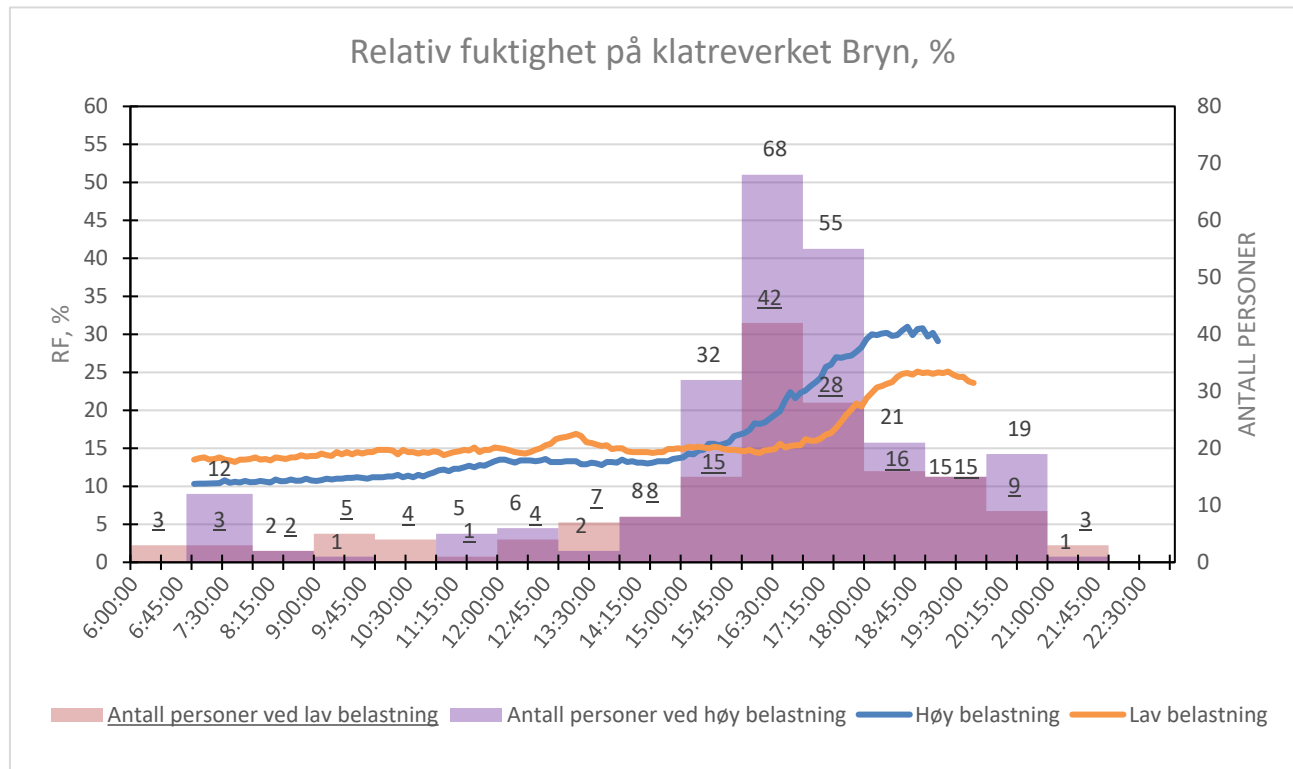


Lufttemperatur på Løkka:

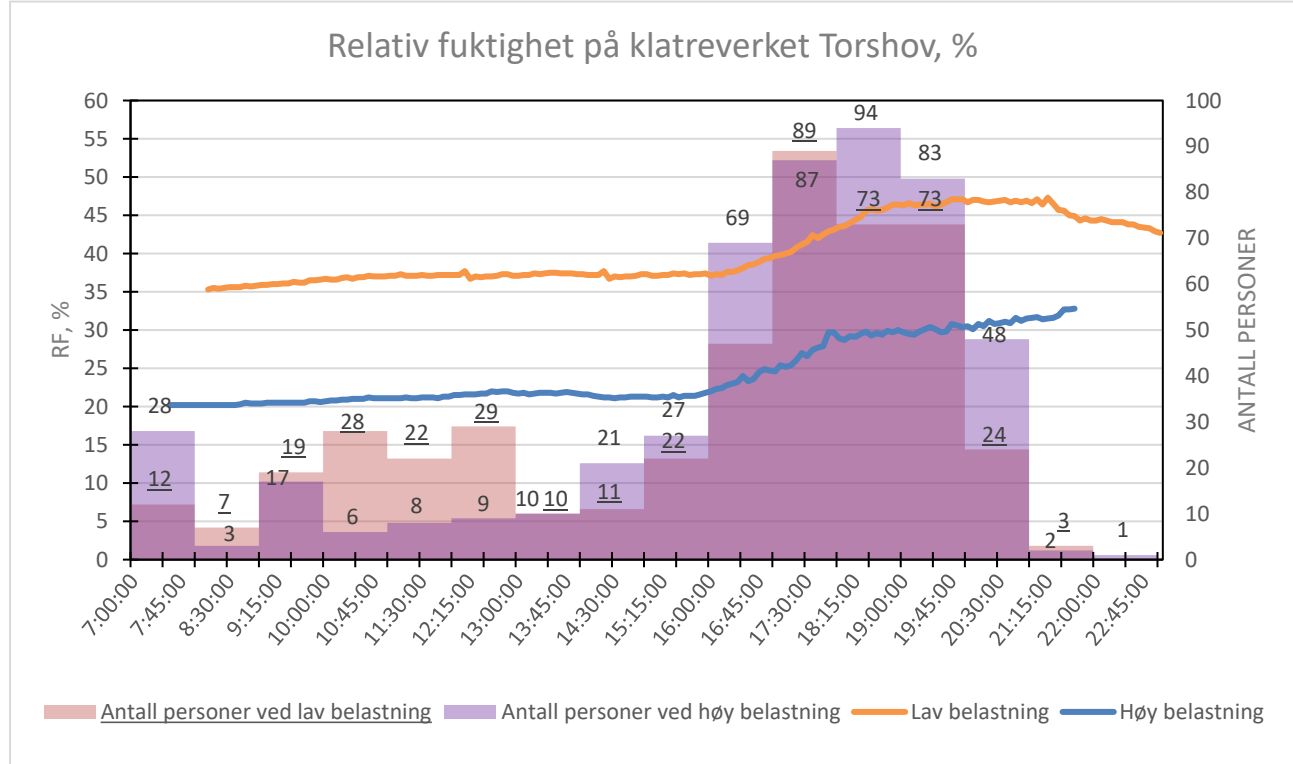


Vedlegg 2: Relativ fuktighet

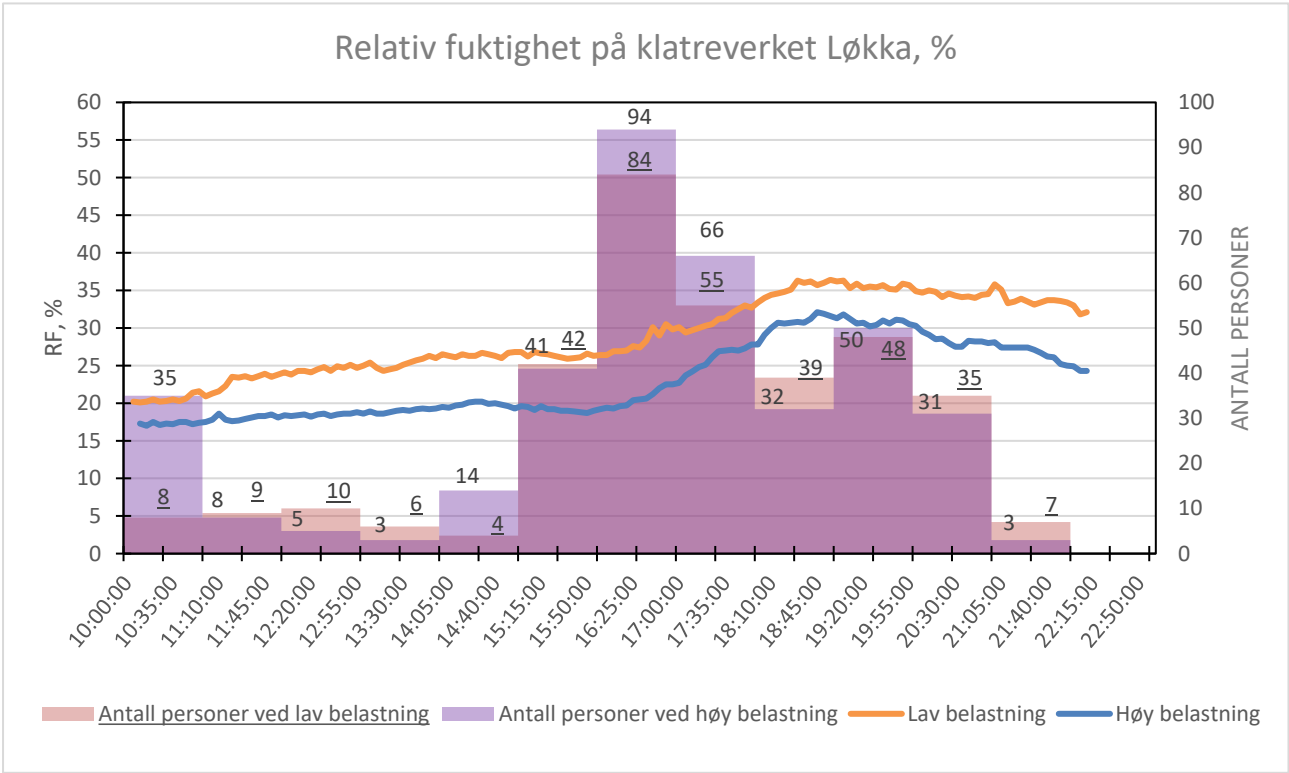
Relativ fuktighet på Bryn:



Relativ fuktighet på Torshov:

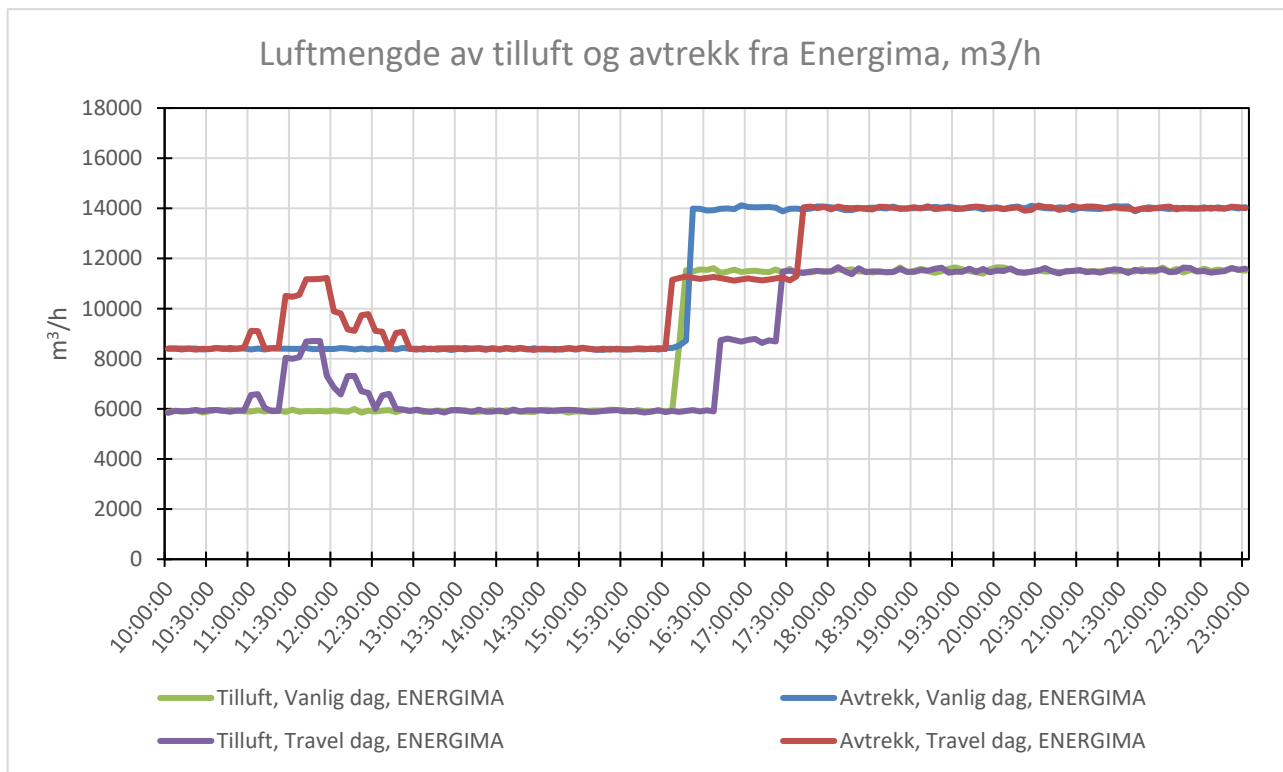


Relativ fuktighet på Løkka:



Vedlegg 3: Luftmengden fra Energima AS

Luftmengden av tilluft og avtrekk på Løkka, som ble fått fra Energima AS:



Vedlegg 4: Svevestøv målinger

BRYN	Lav belastning (7/50 personer)				Høy belastning (48/50 personer)				Enhet
	PM10	PM4	PM2,5	PM1	PM10	PM4	PM2,5	PM1	µg/m ³
Punkt 1	92	66	47	20	918	641	465	103	
Punkt 2	130	91	65	23	1170	688	428	118	
Punkt 3	74	68	44	13	1190	536	344	131	
Punkt 4	67	50	36	11	953	600	295	70	

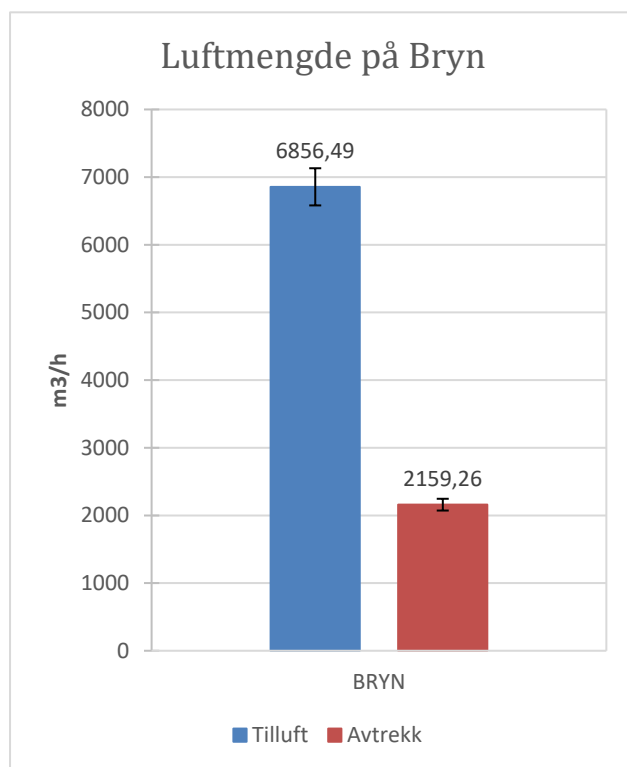
LØKKA	Lav belastning (36/150 personer)				Høy belastning (124/150 personer)				Enhet
	PM10	PM4	PM2,5	PM1	PM10	PM4	PM2,5	PM1	µg/m ³
Punkt 1	204	132	85	20	497	286	204	43	
Punkt 2	298	181	106	31	955	599	403	97	
Punkt 3	429	326	148	32	1100	683	494	95	
Punkt 4	273	204	116	22	1120	643	439	121	
Punkt 5	481	377	150	50	985	605	391	124	
Punkt 6	250	167	104	24	905	548	333	86	

TORSHOV	Lav belastning				Høy belastning				Enhet
	PM10	PM4	PM2,5	PM1	PM10	PM4	PM2,5	PM1	µg/m ³
Punkt 1	16	11	10	2	266	176	121	30	
Punkt 2	29	32	23	7	199	154	121	31	
Punkt 3	20	19	12	3	252	143	90	27	
Punkt 4	64	20	13	3	418	246	184	66	
Punkt 5	77	80	20	7	345	231	149	47	
Punkt 6	40	21	17	5	527	262	193	63	
Punkt 7	105	30	20	6	243	178	118	32	
Punkt 8	39	26	17	5	290	198	132	38	
Punkt 9	30	19	13	5	184	121	87	23	

Vedlegg 5: Utregninger av luftmengde

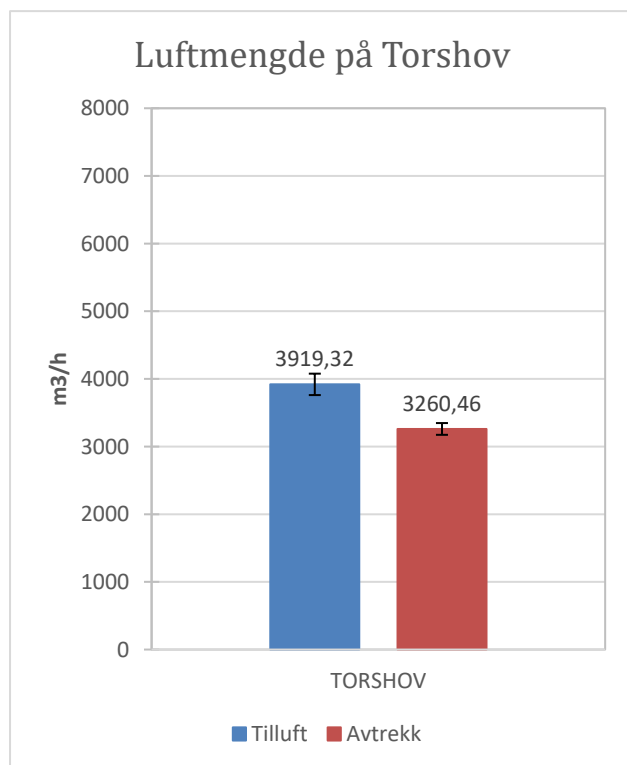
Usikkerhet for luftmengde i hall 1 (Bryn):

Fall A - 4%		
Punkt	Avtrekk	Tilluft
a_22mm, [m/s]	3,17	8,26
b_145mm, [m/s]	2,79	9,31
c_355mm, [m/s]	2,36	10,36
d_478mm, [m/s]	2,83	9,17
a_22mm, [m/s]	3,66	8,99
b_145mm, [m/s]	3,06	11,11
c_355mm, [m/s]	3,36	11,99
d_478mm, [m/s]	3,23	8,48
Avg., [m/s]	3,06	9,71
Målemetode, [m/s]	0,1223	0,38835
Nøyaktighet, [m/s]	0,015	0,015
Oppløsning, [m/s]	± 0,00288675	± 0,00288675
Usikkerhet, [m³/h]	± 87,04	± 274,47
Luftmengde, [m³/h]	2159,26	6856,49



Usikkerhet for luftmengde i hall 3 (Torshov):

Fall A - 4%		
Punkt	Avtrekk	Tilluft
a_22mm, [m/s]	5,14	4,42
b_145mm, [m/s]	4,39	7,22
c_355mm, [m/s]	4,75	5,73
d_478mm, [m/s]	5,37	5,76
a_22mm, [m/s]	3,51	4,73
b_145mm, [m/s]	3,2	5,72
c_355mm, [m/s]	5,36	5,52
d_478mm, [m/s]	5,58	5,74
Avg., [m/s]	4,6625	5,60
Målemetode, [m/s]	0,1865	0,224187143
Nøyaktighet, [m/s]	0,03	0,03
Oppløsning, [m/s]	$\pm 0,00288675$	$\pm 0,002886751$
Usikkerhet, [m ³ /h]	$\pm 132,11$	$\pm 158,18$
Luftmengde, [m ³ /h]	3260,46	3919,32



Vedlegg 6: Spørreundersøkelsen

Inneklima på klatreverket Bryn/Løkka/Torshov

Velkommen til vår spørreundersøkelse om inneklima og luftkvalitet på klatresentere i Oslo. Vi setter pris på din deltakelse i denne viktige undersøkelsen, som tar sikte på å forstå og forbedre forholdene på klatresentere.

Formålet med denne undersøkelsen er å samle inn data og innsikt om inneklimaet og luftkvaliteten på klatresenteret. Inneklimaet spiller en avgjørende rolle for helsen og trivselen til klatrere og ansatte. God luftkvalitet kan bidra til å redusere risikoen for luftveissykdommer og allergier, samtidig som det skaper et mer behagelig og produktivt miljø for alle som besøker eller jobber på klatresenteret.

Ved å delta i denne undersøkelsen, gir du oss verdifulle data som vi vil bruke til å identifisere eventuelle utfordringer og behov knyttet til inneklima og luftkvalitet på klatresentere. Resultatene vil bli analysert nøye for å utvikle og implementere tiltak som kan forbedre forholdene og sikre et trygt og helsefremmende miljø for alle brukere og ansatte.

Din deltakelse er avgjørende for suksessen til denne undersøkelsen, og vi setter stor pris på din tid og innsats. Vi forsikrer deg om at all informasjon du gir oss, vil behandles konfidensielt og bare brukes til formål knyttet til denne undersøkelsen.

Takk for at du bidrar til å gjøre norske klatresentere til et bedre sted for alle.

Kjønn		
☐ Kvinne	☐ Mann	☐ Annet

Alder				
☐ 10-18	☐ 18-25	☐ 25-35	☐ 35-45	☐ 45+

Du er ...	
☐ Ansatt	☐ Kunde

Når er det du klatrer på klatresentret? (Du kan angi flere tidsblokker)		
☐ kl.07:00-15:00	☐ kl. 14:00-19:00	☐ kl.18:00-23:00

Hvor ofte klatrer du på klatresentret?		
☐ Noen få ganger i måneden	☐ 3+ ganger i uka	☐ 1-2 ganger i uka

Del 2

Er du plaget av luftkvalitet?						
	1	2	3	4	5	
Nei, ikke i det hele tatt	☐	☐	☐	☐	☐	Ja, meget

Hvor plaget er du av støv på overflater?						
	1	2	3	4	5	
Nei, ikke i det hele tatt	☐	☐	☐	☐	☐	Ja, meget

Har du i løpet av dine siste besøk i klatrehallen opplevd noen av følgende problemer/plager?			
	Ja, ofte	Ja, iblant	Nei
Tung i hodet	☐	☐	☐
Hodepine	☐	☐	☐
Svimmel/ør	☐	☐	☐
Trøtthet	☐	☐	☐
Hoste	☐	☐	☐
Konsentrasjonsproblemer	☐	☐	☐
Kløende/irriterte/sviende øyne	☐	☐	☐
Irritert/tørr ansiktshud	☐	☐	☐
Irritert/tørr/rennende nese	☐	☐	☐
Tørrhet i halsen, hes	☐	☐	☐
Flass/kløe i hodebunnen eller ørene	☐	☐	☐

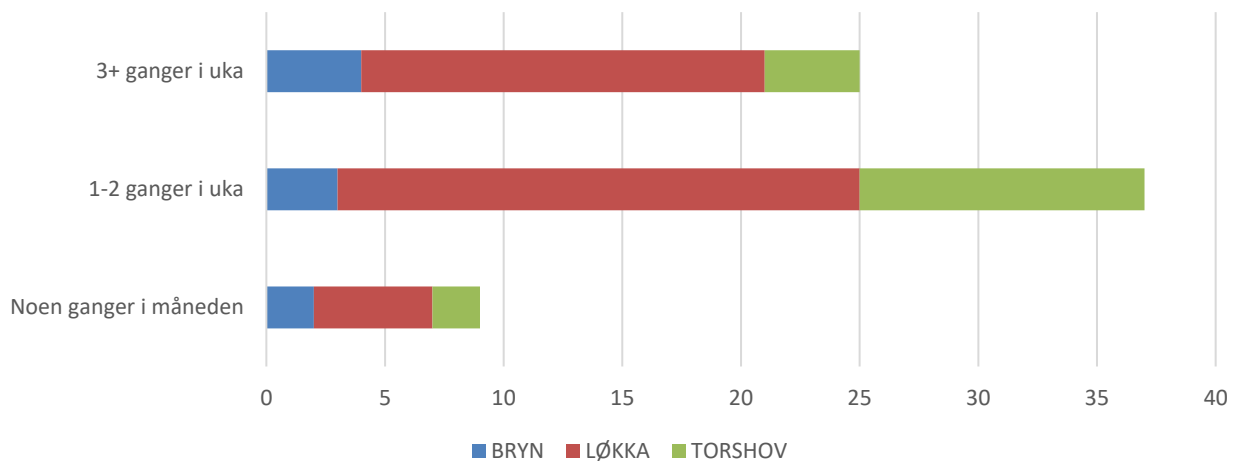
Hva slags kalk bruker du?		
☐ Løskalk	☐ Flytende klak	☐ Annet

Hva tenker du om kun å tillate flytende kalk på klatresentret?						
	1	2	3	4	5	
Meget negativ	☐	☐	☐	☐	☐	Meget positiv

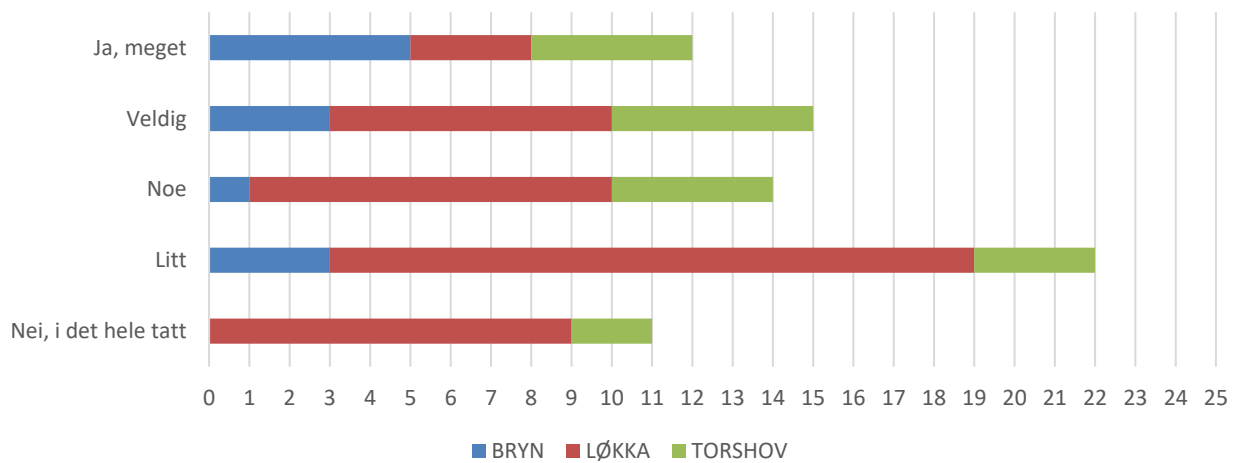
Vedlegg 7: Resultater av spørreundersøkelse



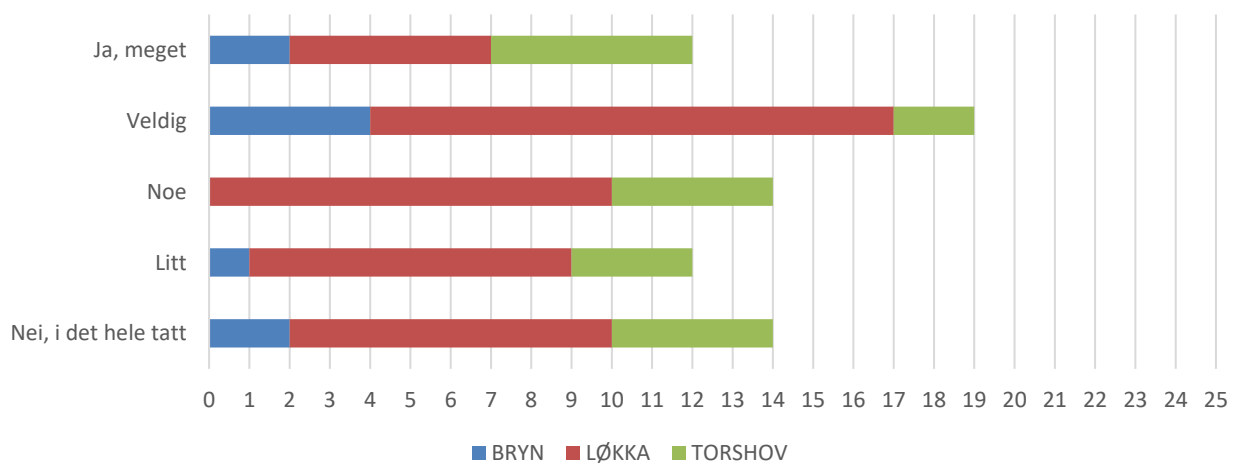
Hvor ofte klatrer du på klatresenteret?

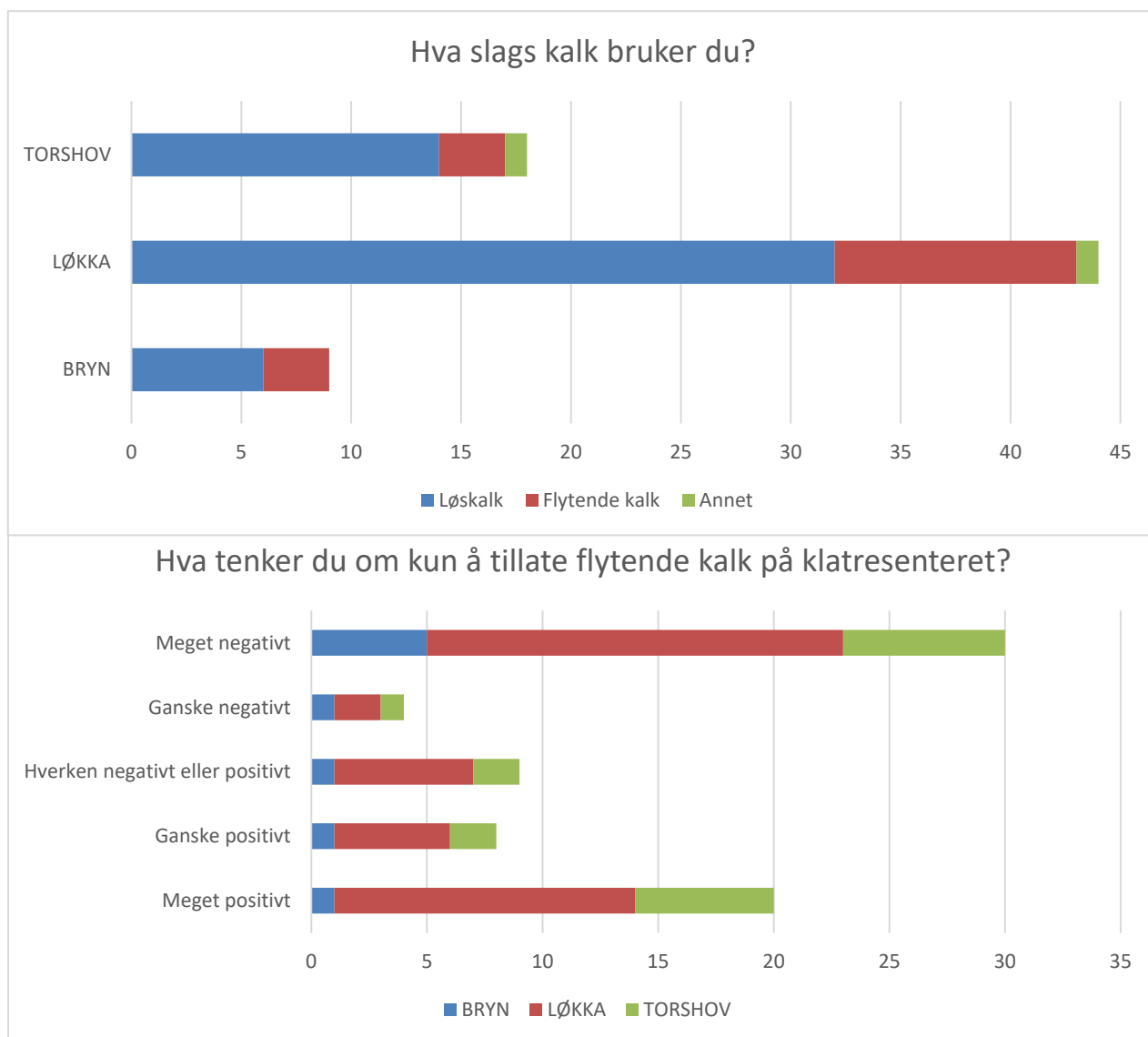


Er du plaget av luftkvaliteten?



Hvor plaget er du av støv på overflater?





Vedlegg 8: Filter Camfil Hi-Flo XLT 7/640 0160

HI-FLO XLT



EPD®

FORDELER

- Helstøpt ramme i resirkulert plast
- Stort utvalg av standardstørrelser
- Design med koniske poser for best mulig luftfordeling
- Optimaliserte driftskostnader (LCC)
- Laveste initielle trykkfall for maksimal energibesparelse
- Flat trykkfallsutvikling

Søknad	Luftbehandling i klimakontrollerte rom og som forfiltrering i renrom.
Frame	Helgjuten plast
Media	Glasfiber
Dimensions	Filter front dimensions according EN 15805
Maksimal luftstrøm	1,25 x nominal flow
Max. temp. (°C)	70°C
Relative Humidity max	100%
holder Frame	I installasjonsramme FastFrame og i filterskap CamCube HF
Kommentar	Emballasje: Miljøvennlige pappkasser som er lette å bære. For informasjon om p-merkede filter, se det respektive produkt på camfil.no

Art. No.	Type	EN779	ISO 16890	Dimensjoner BxHxD (mm)	Airflow/trykkfall (m³/t/Pa)	Vesker område (m²)	Vekt (kg)	Energiforbruk	Energiklasse	ePM1	ePM1min	ePM2,5	ePM2,5min	ePM10
1013944	XLT 5/640 1060	M5	ePM10 60%	592x592x640	3400/35	10	7,5	2,3		A+	15	15	27	64
1013950	XLT 5/640 1060	M5	ePM10 60%	490x592x640	2800/35	8	6	1,6		A+				
1013957	XLT 5/640 1060	M5	ePM10 60%	287x592x640	1700/35	5	3,7	1,4		A+				
1013974	XLT 5/640 1060	M5	ePM10 60%	592x490x640	2800/35	10	6,2	1,6		A+				
1013980	XLT 5/640 1060	M5	ePM10 60%	490x490x640	2330/35	8	5	1,3		A+				
1013969	XLT 5/640 1060	M5	ePM10 60%	592x287x640	1700/35	10	3,7	1,4		A+				
1013962	XLT 5/640 1060	M5	ePM10 60%	287x287x640	800/35	5	1,9	0,8		A+				
1013946	XLT 5/520 1060	M5	ePM10 60%	592x592x520	3400/40	10	6,1	2,2	568	A	15	15	27	64
1013952	XLT 5/520 1060	M5	ePM10 60%	490x592x520	2800/40	8	4,9	1,4		A				
1013958	XLT 5/520 1060	M5	ePM10 60%	287x592x520	1700/40	5	3	1,3		A				
1013976	XLT 5/520 1060	M5	ePM10 60%	592x490x520	2800/40	10	5	1,4		A				
1013715	XLT 5/520 1060	M5	ePM10 60%	490x490x520	2330/40	8	4	1,2		A				
1013970	XLT 5/520 1060	M5	ePM10 60%	592x287x520	1700/40	10	3	1,3		A				
1013964	XLT 5/520 1060	M5	ePM10 60%	287x287x520	800/40	5	1,5	0,7		A				
1013948	XLT 5/370 1060	M5	ePM10 60%	592x592x370	3400/45	10	4,3	2	797	C	15	15	27	64
1013955	XLT 5/370 1060	M5	ePM10 60%	490x592x370	2800/45	8	3,5	1,3		C				
1013960	XLT 5/370 1060	M5	ePM10 60%	287x592x370	1700/45	5	2,2	1,2		C				
1013978	XLT 5/370 1060	M5	ePM10 60%	592x490x370	2800/45	10	3,6	1,2		C				
1013730	XLT 5/370 1060	M5	ePM10 60%	490x490x370	2330/45	8	2,9	1		C				
1013972	XLT 5/370 1060	M5	ePM10 60%	592x287x370	1700/45	10	2,1	1,2		C				
1013967	XLT 5/370 1060	M5	ePM10 60%	287x287x370	800/45	5	1,1	0,7		C				
1013086	XLT 6/640 2550	M6	ePM2,5 50%	592x592x640	3400/55	10	7,5	2,3	748	A	40	40	54	80
1013270	XLT 6/640 2550	M6	ePM2,5 50%	490x592x640	2800/55	8	6	1,6		A				
1013092	XLT 6/640 2550	M6	ePM2,5 50%	287x592x640	1700/55	5	3,7	1,4		A				
1013318	XLT 6/640 2550	M6	ePM2,5 50%	592x490x640	2800/55	10	6,2	1,6		A				
1013365	XLT 6/640 2550	M6	ePM2,5 50%	490x490x640	2330/55	8	5	1,3		A				
1013202	XLT 6/640 2550	M6	ePM2,5 50%	592x287x640	1700/55	10	3,7	1,4		A				
1013096	XLT 6/640 2550	M6	ePM2,5 50%	287x287x640	800/55	5	1,9	0,8		A				
1013070	XLT 6/520 2550	M6	ePM2,5 50%	592x592x520	3400/65	10	6,1	2,2	929	B	40	40	54	80
1013276	XLT 6/520 2550	M6	ePM2,5 50%	490x592x520	2800/65	8	4,9	1,4		B				

www.camfil.com

As part of our program for continuous improvement, Camfil reserves the right to change specifications without notice.
2024-02-21

Art. No.	Type	EN779	ISO 16890	Dimensjoner BxHxD (mm)	Airflow/trykfall (m³/t/Pa)	Vesker område (m²)	Vekt (kg)	Energiforbruk	Energiklasse	ePM1	ePM1min	ePM2,5	ePM2,5min	ePM10
1013075	XLT 6/520 2550	M6	ePM2,5 50%	287x592x520	1700/65	5	3	1,3	B					
1013324	XLT 6/520 2550	M6	ePM2,5 50%	592x490x520	2800/65	10	5	1,4	B					
1013370	XLT 6/520 2550	M6	ePM2,5 50%	490x490x520	2330/65	8	4	1,2	B					
1013197	XLT 6/520 2550	M6	ePM2,5 50%	592x287x520	1700/65	10	3	1,3	B					
1013080	XLT 6/520 2550	M6	ePM2,5 50%	287x287x520	800/65	5	1,5	0,7	B					
1013062	XLT 6/370 2550	M6	ePM2,5 50%	592x592x370	3400/80	10	4,3	2	1405	D	40	40	54	54 80
1013281	XLT 6/370 2550	M6	ePM2,5 50%	490x592x370	2800/80	8	3,5	1,3	D					
1013063	XLT 6/370 2550	M6	ePM2,5 50%	287x592x370	1700/80	5	2,2	1,2	D					
1013329	XLT 6/370 2550	M6	ePM2,5 50%	592x490x370	2800/80	10	3,6	1,2	D					
1013374	XLT 6/370 2550	M6	ePM2,5 50%	490x490x370	2330/80	8	2,9	1	D					
1013192	XLT 6/370 2550	M6	ePM2,5 50%	592x287x370	1700/80	10	2,1	1,2	D					
1013065	XLT 6/370 2550	M6	ePM2,5 50%	287x287x370	800/80	5	1,1	0,7	D					
1013139	XLT 7/640 0160	F7	ePM1 60%	592x592x640	3400/65	10	7,5	2,3	811	A+	62	62	71	71 90
1013287	XLT 7/640 0160	F7	ePM1 60%	490x592x640	2800/65	8	6	1,6	A+					
1013146	XLT 7/640 0160	F7	ePM1 60%	287x592x640	1700/65	5	3,7	1,4	A+					
1013335	XLT 7/640 0160	F7	ePM1 60%	592x490x640	2800/65	10	6,2	1,6	A+					
1013379	XLT 7/640 0160	F7	ePM1 60%	490x490x640	2330/65	8	5	1,3	A+					
1013218	XLT 7/640 0160	F7	ePM1 60%	592x287x640	1700/65	10	3,7	1,4	A+					
1013151	XLT 7/640 0160	F7	ePM1 60%	287x287x640	800/65	5	1,9	0,8	A+					
1013121	XLT 7/520 0160	F7	ePM1 60%	592x592x520	3400/75	10	6,1	2,2	943	A	62	62	71	71 90
1013294	XLT 7/520 0160	F7	ePM1 60%	490x592x520	2800/75	8	4,9	1,4	A					
1013128	XLT 7/520 0160	F7	ePM1 60%	287x592x520	1700/75	5	3	1,3	A					
1013341	XLT 7/520 0160	F7	ePM1 60%	592x490x520	2800/75	10	5	1,4	A					
1013384	XLT 7/520 0160	F7	ePM1 60%	490x490x520	2330/75	8	4	1,2	A					
1013212	XLT 7/520 0160	F7	ePM1 60%	592x287x520	1700/75	10	3	1,3	A					
1013133	XLT 7/520 0160	F7	ePM1 60%	287x287x520	800/75	5	1,5	0,7	A					
1013104	XLT 7/370 0160	F7	ePM1 60%	592x592x370	3400/100	10	4,3	2	1389	C	62	62	71	71 90
1013300	XLT 7/370 0160	F7	ePM1 60%	490x592x370	2800/100	8	3,5	1,3	C					
1013110	XLT 7/370 0160	F7	ePM1 60%	287x592x370	1700/100	5	2,2	1,2	C					
1013347	XLT 7/370 0160	F7	ePM1 60%	592x490x370	2800/100	10	3,6	1,2	C					
1013387	XLT 7/370 0160	F7	ePM1 60%	490x490x370	2330/100	8	2,9	1	C					
1013208	XLT 7/370 0160	F7	ePM1 60%	592x287x370	1700/100	10	2,1	1,2	C					
1013115	XLT 7/370 0160	F7	ePM1 60%	287x287x370	800/100	5	1,1	0,7	C					
1014158	XLT 0170/640		ePM1 70%	592x592x640	3400/95	10	7,5	2,3	1213	B	70	70	78	78 93
1014161	XLT 0170/640		ePM1 70%	490x592x640	2800/95	8	6	1,6	B					
1014162	XLT 0170/640		ePM1 70%	287x592x640	1700/95	5	3,7	1,4	B					
1029959	XLT 0170/640		ePM1 70%	592x490x640	2800/95	10	6,2	1,6	B					
1014213	XLT 0170/640		ePM1 70%	490x490x640	2330/95	8	5	1,3	B					
1029960	XLT 0170/640		ePM1 70%	287x490x640	1300/95	5	3,1	2,3	B					
1014164	XLT 0170/640		ePM1 70%	592x287x640	1700/95	10	3,7	1,4	B					
1014163	XLT 0170/640		ePM1 70%	287x287x640	800/95	5	1,9	0,8	B					
1014157	XLT 0170/520		ePM1 70%	592x592x520	3400/115	10	6,1	2,2	1462	C	70	70	78	78 93
1014165	XLT 0170/520		ePM1 70%	490x592x520	2800/115	8	4,9	1,4	C					
1014166	XLT 0170/520		ePM1 70%	287x592x520	1700/115	5	3	1,3	C					
1014169	XLT 0170/520		ePM1 70%	592x490x520	2800/115	10	5	1,4	C					
1014170	XLT 0170/520		ePM1 70%	490x490x520	2330/115	8	4	1,2	C					
1014171	XLT 0170/520		ePM1 70%	287x490x520	1300/115	5	2,5	2,2	C					
1014168	XLT 0170/520		ePM1 70%	592x287x520	1700/115	10	3	1,3	C					
1014167	XLT 0170/520		ePM1 70%	287x287x520	800/115	5	1,5	0,7	C					
1013174	XLT 9/640 0185	F9	ePM1 85%	592x592x640	3400/120	10	7,5	2,1	1474	C	87	87	91	91 98
1013306	XLT 9/640 0185	F9	ePM1 85%	490x592x640	2800/120	8	6,3	1,6	C					
1013181	XLT 9/640 0185	F9	ePM1 85%	287x592x640	1700/120	5	3,7	1,4	C					
1013353	XLT 9/640 0185	F9	ePM1 85%	592x490x640	2800/120	10	6,2	1,6	C					
1013392	XLT 9/640 0185	F9	ePM1 85%	490x490x640	2330/120	8	5	1,3	C					
1013228	XLT 9/640 0185	F9	ePM1 85%	592x287x640	1700/120	10	3,7	1,4	C					
1013186	XLT 9/640 0185	F9	ePM1 85%	287x287x640	800/120	5	1,9	0,8	C					
1013157	XLT 9/520 0185	F9	ePM1 85%	592x592x520	3400/165	10	6,1	2	2091	D	87	87	91	91 98
1013311	XLT 9/520 0185	F9	ePM1 85%	490x592x520	2800/165	8	4,9	1,4	D					
1013163	XLT 9/520 0185	F9	ePM1 85%	287x592x520	1700/165	5	3	1,3	D					
1013358	XLT 9/520 0185	F9	ePM1 85%	592x490x520	2800/165	10	5	1,4	D					
1013397	XLT 9/520 0185	F9	ePM1 85%	490x490x520	2330/165	8	4	1,2	D					
1013223	XLT 9/520 0185	F9	ePM1 85%	592x287x520	1700/165	10	3	1,3	D					

Vedlegg 9: Filter Camfil Hi-Flo XLS 5/640 1060

HI-FLO XLS



FÖRDELAR

- Brett sortiment av standardstorlekar
- Filter med färre påsar
- Lågt begynnelsestryckfall
- Helgjuten ram i återvunnen plast

Tillämpning	Luftbehandling i klimatreglerade utrymmen och som förfiltrering i renrum.
Ram	Helgjuten plast
Media	Glasfiber
Dimensioner	Frontdimension enligt EN 15805
Sluttryckfall enl. EN 13053	Initialt tryckfall + 100 Pa eller initialt tryckfall x 3 (beroende på vilket som är lägst)
Maximalt luftflöde	1,25 x nominellt flöde
Max. temp. (°C)	70°C
Luftfuktighet (Max RH)	100%
Installationsalternativ	I installationsram FastFrame och filterskåp CamCube HF
Kommentar	För information om p-märkta filter se respektive produkt, camfil.se/dokument eller ri.se



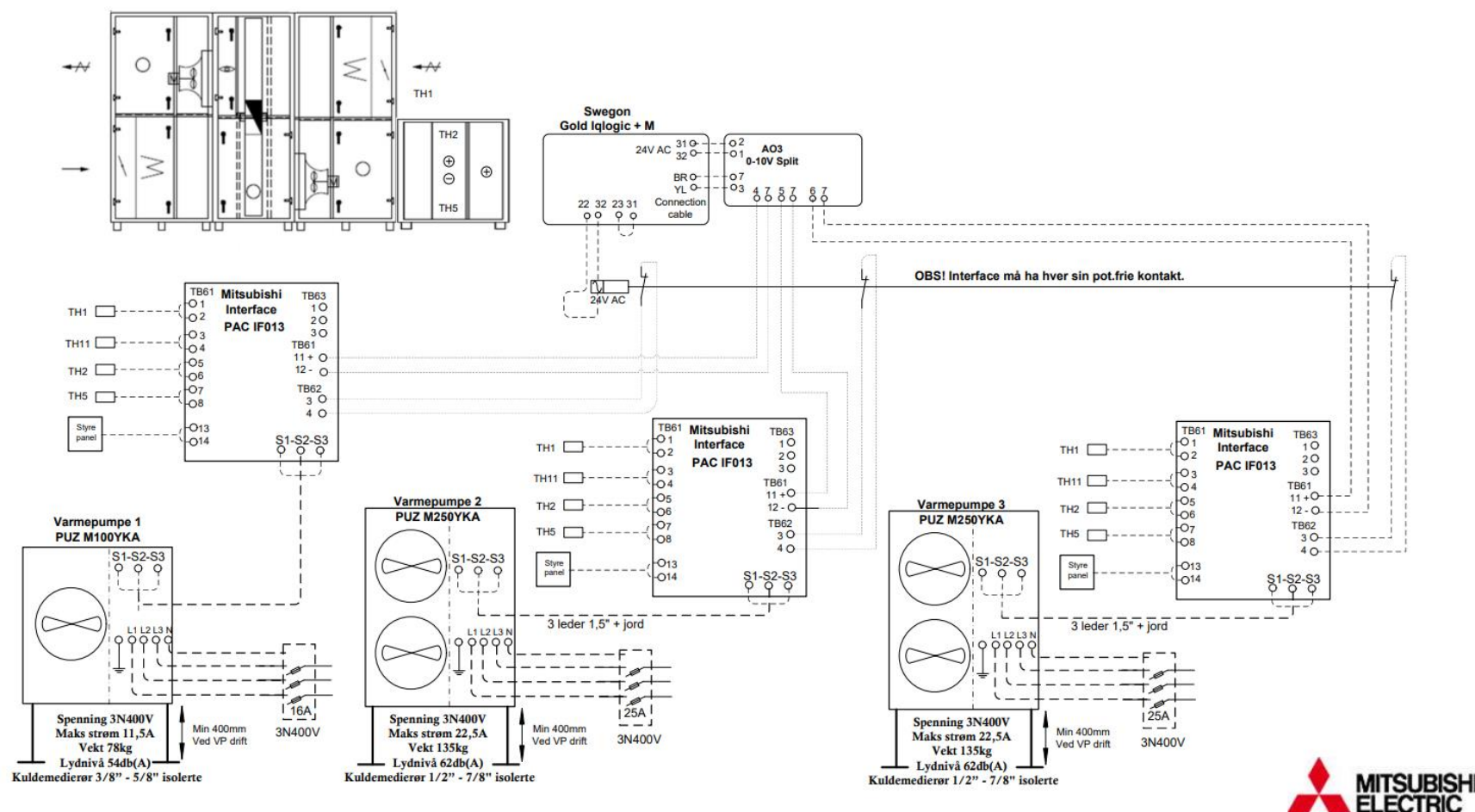
Art. Nr.	Typ	EN779	ISO16890	Mått BxHxD (mm)	Luftflöde/tryckfall (m³/h/Pa)	Påsar	Area (m²)	Vikt (kg)	Energi-förbrukning	Energi-klass	ePM1	ePM1min	ePM2,5	ePM2,5min	ePM10
1013413	XLS 5/640 1060	M5	ePM10 60%	592x592x640	3400/40	6	4,5	1	631	B	15	15	27	27	64
1013463	XLS 5/640 1060	M5	ePM10 60%	490x592x640	2800/40	5	3,7	0,9		B					
1013530	XLS 5/640 1060	M5	ePM10 60%	287x592x640	1700/40	3	2,2	0,6		B					
1013667	XLS 5/640 1060	M5	ePM10 60%	592x490x640	2800/40	6	3,7	0,9		B					
1013593	XLS 5/640 1060	M5	ePM10 60%	592x287x640	1700/40	6	2,2	0,6		B					
1013247	XLS 5/520 1060	M5	ePM10 60%	592x592x520	3400/45	6	3,7	0,9	836	C	15	15	27	27	64
1013468	XLS 5/520 1060	M5	ePM10 60%	490x592x520	2800/45	5	3	0,8		C					
1013534	XLS 5/520 1060	M5	ePM10 60%	287x592x520	1700/45	3	1,8	0,6		C					
1013670	XLS 5/520 1060	M5	ePM10 60%	592x490x520	2800/45	6	3	0,9		C					
1013599	XLS 5/520 1060	M5	ePM10 60%	592x287x520	1700/45	6	1,8	0,6		C					
1013419	XLS 5/370 1060	M5	ePM10 60%	592x592x370	3400/55	6	2,6	0,8	>1200	E	15	15	27	27	64
1013473	XLS 5/370 1060	M5	ePM10 60%	490x592x370	2800/55	5	2,2	0,7		E					
1013538	XLS 5/370 1060	M5	ePM10 60%	287x592x370	1700/55	3	1,3	0,5		E					
1013672	XLS 5/370 1060	M5	ePM10 60%	592x490x370	2800/55	6	2,2	0,8		E					
1013605	XLS 5/370 1060	M5	ePM10 60%	592x287x370	1700/55	6	1,3	0,5		E					
1013425	XLS 6/640 2550	M6	ePM2,5 50%	592x592x640	3400/70	6	4,5	1,2	1212	C	40	40	54	54	80
1013478	XLS 6/640 2550	M6	ePM2,5 50%	490x592x640	2800/70	5	3,7	1		C					
1013543	XLS 6/640 2550	M6	ePM2,5 50%	287x592x640	1700/70	3	2,2	0,7		C					
1013674	XLS 6/640 2550	M6	ePM2,5 50%	592x490x640	2800/70	6	3,7	1,1		C					
1013611	XLS 6/640 2550	M6	ePM2,5 50%	592x287x640	1700/70	6	2,2	0,7		C					
1013253	XLS 6/520 2550	M6	ePM2,5 50%	592x592x520	3400/80	6	3,7	1,1	1552	D	40	40	54	54	80
1013483	XLS 6/520 2550	M6	ePM2,5 50%	490x592x520	2800/80	5	3	0,9		D					
1013548	XLS 6/520 2550	M6	ePM2,5 50%	287x592x520	1700/80	3	1,8	0,6		D					
1013677	XLS 6/520 2550	M6	ePM2,5 50%	592x490x520	2800/80	6	3	1		D					
1013617	XLS 6/520 2550	M6	ePM2,5 50%	592x287x520	1700/80	6	1,8	0,7		D					
1013431	XLS 6/370 2550	M6	ePM2,5 50%	592x592x370	3400/120	6	2,6	0,9	>1900	E	40	40	54	54	80
1013488	XLS 6/370 2550	M6	ePM2,5 50%	490x592x370	2800/120	5	2,2	0,8		E					
1013553	XLS 6/370 2550	M6	ePM2,5 50%	287x592x370	1700/120	3	1,3	0,6		E					
1013679	XLS 6/370 2550	M6	ePM2,5 50%	592x490x370	2800/120	6	2,2	0,9		E					
1013622	XLS 6/370 2550	M6	ePM2,5 50%	592x287x370	1700/120	6	1,3	0,6		E					
1013436	XLS 7/640 0160	F7	ePM1 60%	592x592x640	3400/85	6	4,5	0,9	1165	C	62	62	71	71	90
1013493	XLS 7/640 0160	F7	ePM1 60%	490x592x640	2800/85	5	3,7	0,8		C					
1013558	XLS 7/640 0160	F7	ePM1 60%	287x592x640	1700/85	3	2,2	0,6		C					

www.camfil.se

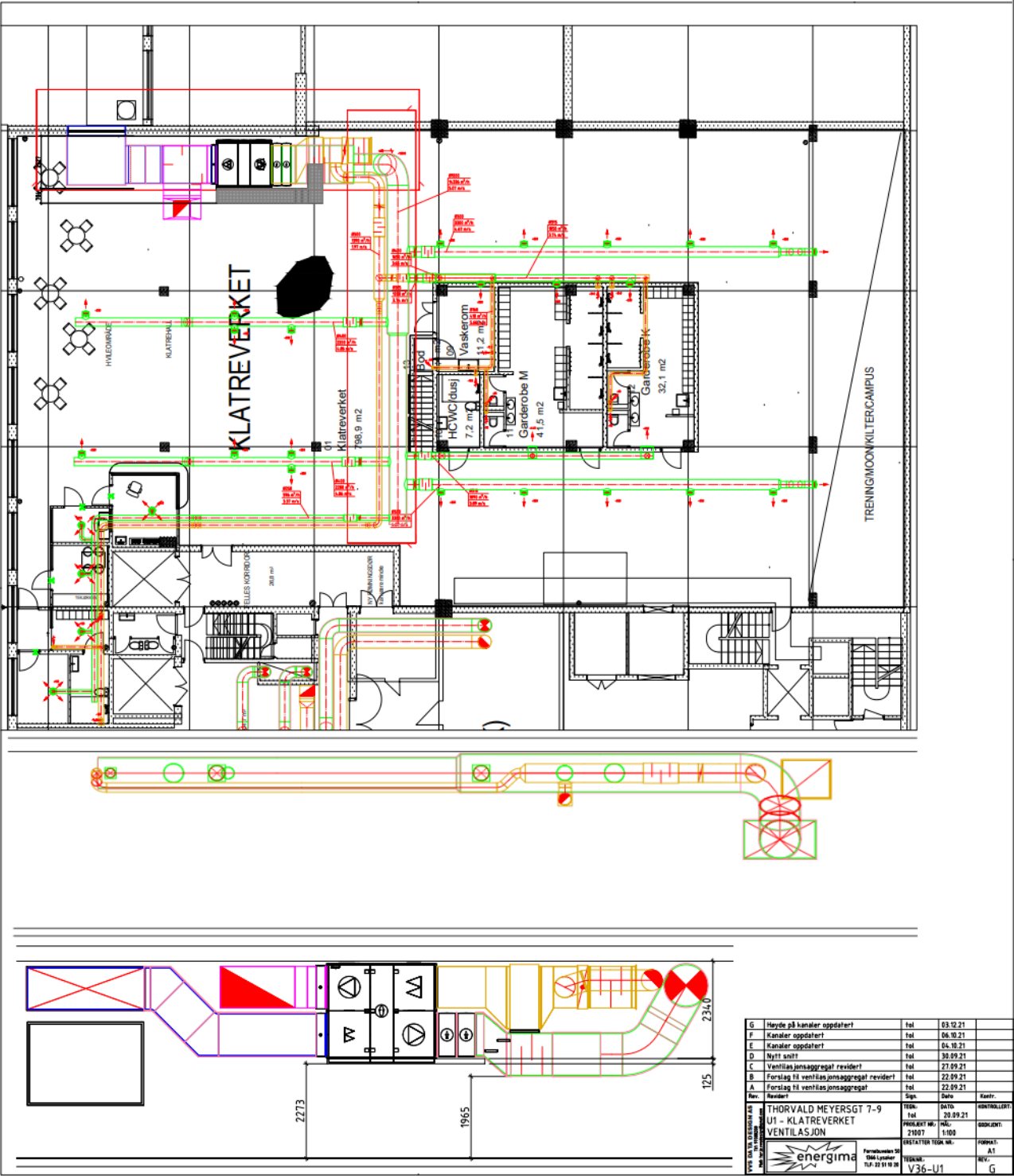
Som ett led i ständiga förbättringar, förbehåller sig Camfil rätten att ändra utan föregående information.
2024-02-19

Vedlegg 10: Ventilasjonsanlegget på klatreverket Løkka

« ... Merk at det er satt inn kombibatteri som betjenes av reversibel varmepumpe for varme/kjøling til aggregatet. ... » Nikolai Valentinsen, Prosjektleder i ENERGIMA AS



Vedlegg 11: Plantegning med ventilasjonskanaler på klatreverket Løkka



Vedlegg 12: Dokumentasjon av ventilasjonsanlegget på klatreverket Løkka

AHU Design
Teknisk spesifikasjon

Swegon

Objekt: TMG 9 klatrehallen (1060350)
Aggregatnamn: 2 - GOLD RXF 50. +/- 15.500m³/h - Design data

Datum: 2021-09-17
22 / 1.0.20210902.1180831
Aggregat ID: AD-10000972893

GOLD F RX
Tillverkad av Swegon, Kvänum, Sverige

Dimensionerande data		2 - GOLD RXF 50. +/- 15.500m ³ /h
Aggregatstorlek		050
Luftdensitet		1,200 kg/m ³
Tilluftsflöde		15 500 m ³ /h
Statiskt tryckfall	Uteluftskanal	50 Pa
	Tilluftskanal	200 Pa
Frånluftsflöde		15 500 m ³ /h
Statiskt tryckfall	Frånluftskanal	200 Pa
	Avluftskanal	50 Pa
Klimatdata		Oslo, Norway
Dimensionerande utetemperatur, sommar		26,0 °C
Dimensionerande luftfuktighet, sommar		50 %
Lägsta dimensionerande uteluftstemperatur		-20,0 °C
Dimensionerande luftfuktighet, vinter		90 %
Tilluftstemperatur, sommar		26,7 °C
Tilluftstemperatur, vinter		20,0 °C



Nyckeldata		
Specifika fläkteeffekten, SFPv (rena filter)	Renblåsningsflöde inkl. läckage, rena filter	1,76 kW/(m ³ /s)
Tilluftens torra temperaturverkningsgrad		82,5 %
Eurovent energieffektivitetsklass		A 2016
Kontroll mot kommissionens förordning (EU) nr 1253/2014		Kompatibel 2018

Hölje	
Konstruktion	Paneler med mellanliggande isolering av mineralull
Paneler	56mm med 1mm stålplåt på insidan och utsidan. Utsida med lackad grå metallic.
Isoleringsklass	T2
Kondensisolering	TB2
Läckageklass	L1(M) / L2(R) enligt EN 1886:2007 vid -400 Pa och +700 Pa
Höljesstyrka	D1(M)
Hygien	Kompatibel med kraven enligt VDI 6022

Objekt: TMG 9 klatrehallen (1060350)
Aggregatnamn: 2 - GOLD RXF 50. +/- 15.500m³/h - Design data

Datum: 2021-09-17
22 / 1.0.20210902.1180831
Aggregat ID: AD-
10000972893

Elanslutning	
GOLD F	3-fas, 5-ledare, 400 V-10/+15%, 50Hz, 25A
GOLD F	Transformator 3-fas, 4-ledare, 230 V±10%, 50Hz, 63A
GOLD F	17,5 kVA
Luftvärmare, el	3*230V+PE, 125A

Funktionsdelar i luftriktningen	Hastighet m/s	Temp. vinter °C	Temp. sommar °C	Effekt kW	Tryck Pa	Ljudnivå dB(A)
Uteluftskanal					-50	72
Spjäll					-1	
Anslutningsram					-1	
Filter	1,71				-115	
Roterande värmeväxlare	2,69	-20,0/13,0	26,0/26,0		-189	
Fläkt				3,85	559	
Anslutningsram					-1	
Luftvärmare, el		13,8/20,0		32,46	-4	
Tilluftskanal					-200	84
Frånluftskanal					-200	74
Anslutningsram					-1	
Filter	1,63				-61	
Roterande värmeväxlare	2,69	20,0/-13,0	25,0/25,0		-200	
Extra tryckfall					-74	
Fläkt				4,28	586	
Anslutningsram					-1	
Spjäll					-1	
Avluftskanal					-50	88

Ljudeffekt till kanal uppmätt enligt ISO 5136
Insättningsdämpningar medräknade till kanal.
Ljudeffekt till omgivning uppmätt enligt ISO 3741

Frekvensband	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	All		
Till tilluftskanal	83	78	79	81	78	76	74	74	dB	84	dB(A)
Till uteluftskanal	79	78	78	67	59	56	52	55	dB	72	dB(A)
Till frånluftskanal	80	79	80	68	60	58	57	60	dB	74	dB(A)
Till avluftskanal	85	80	82	84	81	80	78	78	dB	88	dB(A)
Till omgivning	77	69	62	66	51	50	47	50	dB	64	dB(A)

GOLD-Aggregat med styrsystem

Komponenter ordnade efter luftriktningen

Antal	Tilluft
1	Spjäll, TB5A-4-180-100-1-1 Spjällmotor: Med fjäderåtergång

Objekt: TMG 9 klatrehallen (1060350)
Aggregatnamn: 2 - GOLD RXF 50. +/- 15.500m³/h - Design data

Datum: 2021-09-17
22 / 1.0.20210902.1180831
Aggregat ID: AD-
10000972893

	Spjällblad: Oisolerade	
	Statiskt tryckfall	1 Pa
1	Anslutningsram , uteluftsida	
	Statiskt tryckfall	1 Pa
1	Filter	
	Filterklass ePM1 50% (F7)	
	6x(592x592x520-10)	
	Hastighet i filtersektionen	1,71 m/s
	Rek. dim.tryckfall	115 Pa
	Begynnelsestryckfall	64 Pa
	Sluttryckfall	165 Pa
1	Roterande värmeväxlare, GOLD050FRXP01	
	Roterande värmeväxlare av typen RECOeconomic	
	Standard aluminium	
	Varvtalsreglerad	
	Tryckfall, tilluft	189 Pa
	Tryckfall, frånluft	200 Pa
	Extra tryckfall på frånluftssidan (spjäll) för att säkerställa rätt läckageriktning	74 Pa
	Renblåsningsflöde inkl. läckage	785 m ³ /h
	Outdoor Air Correction Factor, OACF	1,05
	Exhaust Air Transfer Ratio, EATR	< 1,0 %
	Tilluftens torra temperaturverkningsgrad(82,5% vid lika luftflöden)	82,5 %
	Tilluftens fuktverkningsgrad, vinter	36,2 %
	Tilluftens fuktverkningsgrad, sommar	0,0 %
	Årlig energiverkningsgrad, torra förhållande	86,3 %
	Årsverkningsgrad enligt NS3031:2016 beräknad för kontor eller annan	
	Årsgenomsnittlig temperaturverkningsgrad, NS3031 (min. avluftstemp. -10,0 °C)	82,3 %

Objekt: TMG 9 klatrehallen (1060350)
Aggregatnamn: 2 - GOLD RXF 50. +/- 15.500m³/h - Design data

Datum: 2021-09-17
22 / 1.0.20210902.1180831
Aggregat ID: AD-
10000972893

Luftflöde			Extern tryck						
	Tilluft	Frånluft	Uteluft	Tilluft	Frånluft	Avluft	SFP _e	SFP _v	Eta _T
Andel	m ³ /h	m ³ /h	Pa	Pa	Pa	Pa	kW/(m ³ /s)	kW/(m ³ /s)	%
100	15 500	15 500	50	200	200	50	1,89	1,76	82,5
80	12 400	12 400	32	146	146	32	1,33	1,23	84,6
60	9 299	9 299	18	104	104	18	0,92	0,84	86,0
40	6 199	6 199	8	74	74	8	0,62	0,56	86,4
20	3 100	3 100	2	56	56	2	0,46	0,43	84,1

Tilluftssida, vinter			In	Ut
Lufttemperatur			-20,0	13,0 °C
Relativ fuktighet			90	19 %
Värmeeffekt				171,59 kW

Frånluftssida, vinter			In	Ut
Lufttemperatur			20,0	-13,0 °C
Relativ fuktighet			25	100 %

Tilluftssida, sommar			In	Ut
Lufttemperatur			26,0	26,0 °C
Relativ fuktighet			50	50 %
Kyleffekt				

Frånluftssida, sommar			In	Ut
Lufttemperatur			25,0	25,0 °C
Relativ fuktighet			50	50 %

1

Fläkt

Fläkt av typen GOLD Wing+

Fläkt storlek: 50

Utdragsbar fläkt med integrerad luftflödesmätning

Direktdrift med varvtalsstyrd EC/PM motor. Verkningsgradsklass motsvarande IES

Vibrationsisolerad med flexibla anslutningar och gummiupphängningar

Standardstos inv.

Tilluftsföde 15 500 m³/h

Inbyggnadens påverkan på fläkten (systemeffekten) är inkluderad i fläktens prestanda

Dimensionerande statiskt tryck (våta förhållande) 559 Pa

Statiskt tryck vid SFP_v beräkning 509 Pa

Temperaturhöjning p.g.a. fläkt 0,7 °C

Min varvtal 200 varv/min

Varvtal vid SFP_v beräkning 1124 varv/min

Dimensionerat varvtal 1152 varv/min

Max varvtal 1380 varv/min

Objekt: TMG 9 klatrehallen (1060350)
Aggregatnamn: 2 - GOLD RXF 50. +/- 15.500m³/h - Design data

Datum: 2021-09-17
22 / 1.0.20210902.1180831
Aggregat ID: AD-10000972893

Dimensionerad eleffekt till motor/-er	3,85 kW
Eleffekt till motor/-er vid SFPv beräkning	3,52 kW
Märkuteffekt/motor	6,50 kW
Motoralternativ	1
Motorbeteckning	DOMEL 749.3.694
Antal fläktar/motorer i luftström	1
Allomfattande statisk verkningsgrad inklusive drivenhet	62,5 %
Max motorverkningsgrad (inkl. motorstyr 92,5%)	95,5 %
FMEG, kammarfläkt inkl. motorstyr	70,00
Förordning(EU)Nr 327/2011 allomf. verkningsgrad	69,2 %
Specifik fläkteffekt	0,82 kW/(m³/s)

1 Anslutningsram , tilluftsida

Statiskt tryckfall	1 Pa
--------------------	------

1 Luftvärmare, el, TBRE-1-180-100-042-2

3*230+PE, 125A	
Effektvariant	42
Statiskt tryckfall	4 Pa
Lufthastighet	2,42 m/s

	In	Ut	
Lufttemperatur	13,8	20,0	°C
Relativ fuktighet	18	12	%

Önskad batterieffekt	32,46 kW
Märkeffekt	42,00 kW
Elanslutning	230

Antal

Frånluft

1 Anslutningsram , frånluftsida

Statiskt tryckfall	1 Pa
--------------------	------

1 Filter

Filterklass ePM10 60% (M5)	
6x(592x592x520-10)	
Hastighet i filtersektionen	1,63 m/s
Rek. dim.tryckfall	61 Pa
Begynnelsestryckfall	31 Pa
Sluttryckfall	92 Pa

Objekt: TMG 9 klatrehallen (1060350)
Aggregatnamn: 2 - GOLD RXF 50. +/- 15.500m³/h - Design data

Datum: 2021-09-17
22 / 1.0.20210902.1180831
Aggregat ID: AD-
10000972893

1 Roterande värmeväxlare, GOLD050FRXP01

Tillbehör och teknisk data, se tilluft

1 Fläkt

Fläkt av typen GOLD Wing+

Fläkt storlek: 50

Utdragsbar fläkt med integrerad luftflödesmätning

Direktdrift med varvtalsstyrd EC/PM motor. Verkningsgradsklass motsvarande IE5

Vibrationsisolerad med flexibla anslutningar och gummiupphängningar

Standardstos inv.

Frånluftsflöde

15 500 m³/h

Inbyggnadens påverkan på fläkten (systemeffekten) är inkluderad i fläktens prestanda

Dimensionerande statiskt tryck (våta förhållande)

586 Pa

Statiskt tryck vid SFPv beräkning

556 Pa

Temperaturhöjning p.g.a. fläkt

0,8 °C

Min varvtal

200 varv/min

Varvtal vid SFPv beräkning

1179 varv/min

Dimensionerat varvtal

1195 varv/min

Max varvtal

1380 varv/min

Dimensionerad eleffekt till motor/-er

4,28 kW

Eleffekt till motor/-er vid SFPv beräkning

4,07 kW

Märkuteffekt/motor

6,50 kW

Motoralternativ

1

Motorbeteckning

DOMEL 749.3.694

Antal fläktar/motorer i luftström

1

Allomfattande statisk verkningsgrad inklusive drivenhet

61,9 %

Max motorverkningsgrad (inkl. motorstyr 92,5%)

95,5 %

FMEG, kammarfläkt inkl. motorstyr

70,00

Förordning(EU)Nr 327/2011 allomf. verkningsgrad

69,2 %

Specifik fläkteffekt

0,90 kW/(m³/s)

1 Anslutningsram , avluftsida

Statiskt tryckfall

1 Pa

1 Spjäll, TBSA-4-180-100-1-1

Spjällmotor: Med fjäderåtergång

Spjällblad: Oisolerade

Statiskt tryckfall

1 Pa

Antal

Tillbehör

1

Transformator 230/400V

Objekt: TMG 9 klatrehallen (1060350)
Aggregatnamn: 2 - GOLD RXF 50. +/- 15.500m³/h - Design data

Datum: 2021-09-17
22 / 1.0.20210902.1180831
Aggregat ID: AD-
10000972893

TBLZ-3-18-11

Objekt: TMG 9 klatrehallen (1060350)
Aggregatnamn: 2 - GOLD RXF 50. +/- 15.500m³/h - Design data

Datum: 2021-09-17
22 / 1.0.20210902.1180831
Aggregat ID: AD-10000972893

GOLD F RX

Aggregatstorlek	050
Tilluftsflöde	15 500 m³/h
Tryckfall, tilluft	250 Pa
Dimensionerad eleffekt till motor/-er, Tilluftsfläkt	0,00 kW
Frånluftsflöde	15 500 m³/h
Tryckfall, frånluft	250 Pa
Dimensionerad eleffekt till motor/-er, Frånluftsfläkt	0,00 kW

Ventilationsaggregat avsedd för annat än bostäder (undantag: flerbostadshus)
Aggregattyp: dubbelriktad ventilationsenhet
Annan värmeåtervinning (roterande värmeväxlare)
Tilluftens torra temperaturverkningsgrad (2018: 73 %): 82.5 %
Maximal internt läckage (spårgas) 1 %

Kontroll mot kommissionens förordning (EU) nr 1253/2014
Luftbehandlingsaggregatet uppfyller krav 2018

Tilluft	
Anströmningshastighet	1,71 m/s
Änergiprest, 6000 tim (filterklass ePM1 50% (F7) eller bättre)	4 730 kWh/år
Filterklass (ePM1 50% (F7) eller bättre)	F7
Referens filter (rent); ePM1 50% (F7)	64 Pa
Värmeåtervinnare	189 Pa
Hölje; inlopp	1 Pa
Hölje; utlopp	1 Pa
Hölje; fläktens systemförluster	0 Pa
(Inbyggnadens påverkan på fläkten (systemeffekten) är inkluderad i fläktens prestanda)	
Allomfattande statisk fläktverkningsgrad i aktuell arbetspunkt	62,5 %

Frånluft	
Anströmningshastighet	1,63 m/s
Änergiprest, 6000 tim (filterklass ePM10 60% (M5) eller bättre)	2 550 kWh/år
Filter klass (ePM10 60% (M5) eller bättre)	M5
Referens filter (rent); ePM10 60% (M5)	31 Pa
Värmeåtervinnare	200 Pa
Hölje; inlopp	1 Pa
Hölje; utlopp	1 Pa
Hölje; fläktens systemförluster	0 Pa
(Inbyggnadens påverkan på fläkten (systemeffekten) är inkluderad i fläktens prestanda)	
Allomfattande statisk fläktverkningsgrad i aktuell arbetspunkt	61,9 %

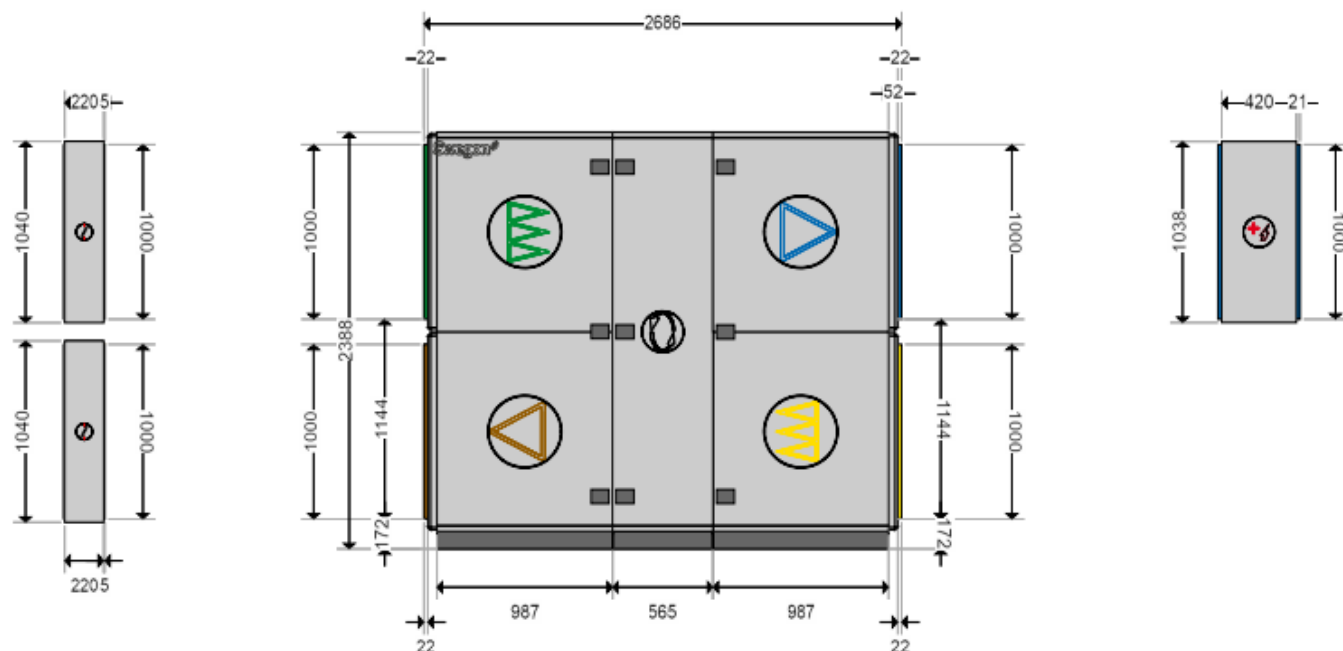
Objekt: TMG 9 klatrehallen (1060350)
Aggregatnamn: 2 - GOLD RXF 50. +/- 15.500m³/h - Design data

Datum: 2021-09-17
22 / 1.0.20210902.1180831
Aggregat ID: AD-
10000972893

Effektivitetsbonus E 2018	286 W/(m³/s)
Filterkorrigering F 2018	0 W/(m³/s)
Intern specifik fläkteffekt, SFPint	782 W/(m³/s)
Intern specifik fläkteffekt, krav 2018, SFPint_limit	1 086 W/(m³/s)

Typ av disk: Direkt drift med varvtalsstyrd EC/PM motor. Verkningsgradsklass motsvarande IE5	
Visuell filtervarning är tillgänglig i den medföljande handterminalen	
Ljudeffekt till omgivning uppmätt enligt ISO 3741	64 dB(A)
Demonteringsinstruktioner: https://www.swegon.com/globalassets/_product-documents/air-handling-units/gold-version-f/general/_multi/recycling_instruction-air-handling-units.pdf	

AHU Design
Skiss: Inspektionssida



GOLD F RX

Aggregatstorlek	050
Aggregatvikt	1 401 kg
Vikt kanalkomponent	190 kg
Längd, max	2 686 mm
Höjd, max	2 388 mm
Bredd, max	2 318 mm

Anslutningsmått

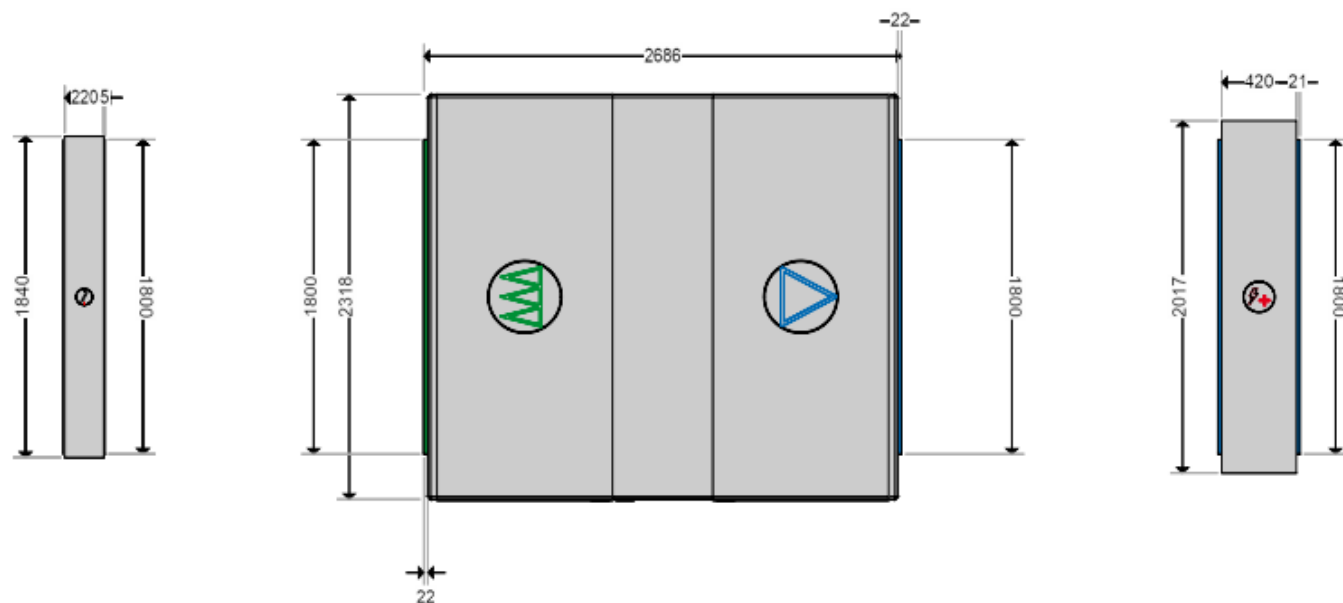
uteluftsida	1 800 x 1 000 mm
avluftsida	1 800 x 1 000 mm
tilluftsida	1 800 x 1 000 mm
frånluftsida	1 800 x 1 000 mm

Objekt: TMG 9 klatrehallen (1060350)
 Aggregatnamn: 2 - GOLD RXF 50. +/-
 15.500m³/h
 Aggregat ID: AD-10000972893
 22 / 1.0.20210902.1180831
 Datum: 2021-09-17

- Uteluft
- Tilluft
- Frånluft
- Avluft

Swegon

AHU Design
Skiss: Ovan



GOLD F RX

Aggregatstorlek	050
Aggregatvikt	1 401 kg
Vikt kanalkomponent	190 kg
Längd, max	2 686 mm
Höjd, max	2 388 mm
Bredd, max	2 318 mm

Anslutningsmått

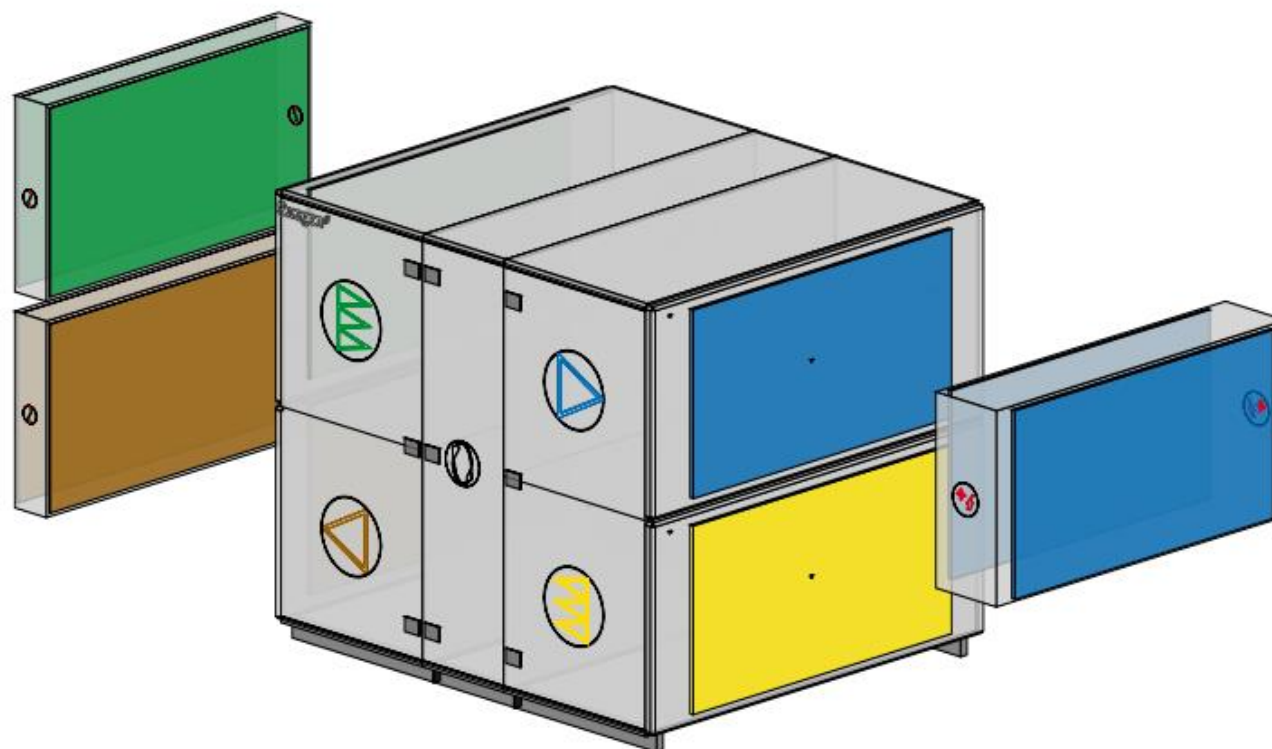
uteluftsida	1 800 x 1 000 mm
avluftsida	1 800 x 1 000 mm
tilluftsida	1 800 x 1 000 mm
frånluftsida	1 800 x 1 000 mm

Objekt: TMG 9 klatrehallen (1060350)
 Aggregatnamn: 2 - GOLD RXF 50. +/- 15.500m³/h
 Aggregat ID: AD-10000972893
 22 / 1.0.20210902.1180831
 Datum: 2021-09-17

- Uteluft
- Tilluft
- Frånluft
- Avluft

Swegon 

AHU Design
Skiss: Höger ovan



GOLD F RX	
Aggregatstorlek	050
Aggregatvikt	1 401 kg
Vikt kanalkomponent	190 kg
Längd, max	2 686 mm
Höjd, max	2 388 mm
Bredd, max	2 318 mm

Anslutningsmått	
utluftsida	1 800 x 1 000 mm
avluftsida	1 800 x 1 000 mm
tilluftsida	1 800 x 1 000 mm
frånluftsida	1 800 x 1 000 mm

Objekt: TMG 9 klatrehallen (1060350)
 Aggregatnamn: 2 - GOLD RXF 50. +/-
 15.500m³/h
 Aggregat ID: AD-10000972893
 22 / 1.0.20210902.1180831
 Datum: 2021-09-17



Swegon

Vedlegg 13: Dokumentasjon av overmaterialer og madrasser



Technical datasheet No.: **1040.6**

Product: POLYMAR® Side Curtain

Article No.: 8556 5240

Type of coating and finish			
Type of coating	PVC		
Finish	both sides lacquered, high gloss		
Burning behaviour	ISO 3795 <100 mm/min.		
Total weight	900 g/m²	EN ISO 2286-2	
Tensile strength warp/weft	4300 / 4000 N/50 mm	EN ISO 1421/V1	
Tear strength warp/weft	500 / 500 N	DIN 53363	
Adhesion	20 N/cm	PA 09.03 (intern)	
Cold resistance.	-40 °C	EN 1876-1	
High Temperature	+70 °C	PA 07.04 (intern)	
Light fastness	>6 Note, Value	EN ISO 105 B02	
Crack resistance	no cracks	100000 x	DIN 53359 A / DIN EN ISO 7854 B
Base fabric			
Material	PES	DIN EN ISO 2076	
Yarn count	1100 dtex	DIN EN ISO 2060	
Weave	P 2/2		
Remarks	complies with EN 12641-2, materials		

These indicated technical data are based on average results. Due to production procedures deviations up to -5% can occur. All technical data are in accordance with the present standard of knowledge and give product information without legal binding. All data apply to new products. Applications suggested do not release the customer to test material for its intended application.

POLYURETHAN FOAM TECHNICAL DATA SHEET

Foam grade:	N2542				N; D; L; E	
Colours:	White, Pink, Purple, Light Blue				N	
Standard tests						
Testing frequency			Standard	Min	Max	
Net density	Each batch / 3 measurements per batch	EN ISO 845:2008	22.5	26.25	[Kg/m³]	
Hardness 40%	Each batch	SR EN ISO 3386-1:2002/A1:2010	3.78	4.62	[KPa]	
Hardness 40%		SR EN ISO 2439:2009	-	-	[N]	
Support factor		SR EN ISO 2439:2009	-	-	-	
Elasticity		SR EN ISO 8307:2008	30	-	[%]	
Tensile Strength	Each 6 months	EN ISO 1798:2008	90	-	[KPa]	
Elongation at break	Each 6 months	EN ISO 1798:2008	120	-	[%]	
Compression Set 50%	Each 6 months	SR EN ISO 1856:2003/A1:2008	-	7	[%]	
Fire Resistance tests						
		ISO 13501	-	-		
		FMVSS 302	-	-		
		D451333	-	-		
		BS 5852 (Crib5)	-	-		
		FAR 25853 (aeronautic)	-	-		
		TB 117-2013	-	-		
Others tests						
CertiPUR		CertiPur Standard	OK	-		
OEKO-TEX		OEKO-TEX Standard 100	OK	-		
TDA-MDA		IKEA IOS-MAT-0010	-	-		
	Thickness loss by fatigue	IKEA IOS-MAT-0076	-	-	[%]	
	Hardness loss by fatigue	IKEA IOS-MAT-0076	-	-	[%]	
	Ash content	IKEA IOS-MAT-0076	-	-	[%]	
	ESD Antistatic	ANSI/ESD S20.20; ANSI / ESD S541	-	-	[Ω]	
	Odor	NVX15012	-	-		
	Fogging	DIN 75201	-	-		
	Aging 2	NVC00001	-	-	[%]	
		DIN CEN ISO TS16186	-	0.1	[mg/Kg]	
Recommended application						
and armrests	Private vehicle backs	Class A (Average)	BS EN ISO 3385:2014	OK		
armrests	Domestic furniture backs and					
cores)	Component layers for domestic mattresses(excluding					
	Padding	Scatter cushions	Class L (Light)	BS EN ISO 3385:2014	OK	
	Pillows					
Recommendations for rolling - unrolling						
Warm Season				min.Ø 800-850		
Cold Season				min.Ø 850-900		
Recommended dimensions for blocks rolled: + 2.5% above requested dimensions. (For eg.: For final dimensions of 2000 mm, the order will be emitted at 2050 mm). Note: Unrolling must be done within 24 hours after reception (max. 5 days after production) taking into account the following aspects: *the foil has to be completely removed; *blocks must be layed individually with distance between them, not stacked, up to full recovery (~ 48 hours);						

PRODUCT SPECIFICATION					
PRODUCTNAME: COMMERCIAL : PRODUCTION : CODE :					
COLOURS/FARBEN 1142;1153;2236;2283;2531;3353;3399;4490;5507; COLORIS/KLEUREN: 5593;6677;7729					
WIDTH/BREITE/LARGEUR/BREEDTE: 4 m LENGTH/LÄNGE/LONGUEUR/LENGTE: 30 m					
REMARKS/BEMERKUNGEN/REMARQUES/OPMERKINGEN: minimum order quantity = 1 standard unit					
TECHN. INFORM.	TECHN. DATEN	CAR. TECHN.	TECHN. GEGEV.	NORM	
MANUFACTURING PROCESS	HERSTELLUNGS-ART	TECHN. DE FABRICATION	FABRICAGE-METHODE	DIN61151	needle-felt
SURFACE ASPECT	OBERFLÄCHEN-STRUKT.	ASPECT DU SURFACE	POOL-STRUCTUUR		velours
PILE COMPOSITION	POL MATERIAL	COMP. DU POIL	POOL-MATERIAAL		100% Polyprop.
PILE WEIGHT	POLGEWICHT	POIDS DU POIL	POOLGEWICHT	IS08543	900gr/m2 ± 10%
PILE HEIGHT	POLHÖHE	HAUT. DU POIL	POOLHOOGTE		5mm ± 10%
PRIM. BACKING	PRIM. RÜCKEN-AUSSTATTUNG	DOSSIER PRIM.	PRIM. BACKING	IS02424	Styr. But. Latex
SEC. BACKING	SEC. RÜCKEN-AUSSTATTUNG	DOSSIER SEC.	SEC. BACKING	IS02424	
BACKING WEIGHT	RÜCKEN-GEWICHT	POIDS DU SUPPORT	BACKING-GEWICHT		140gr/m2 ± 10%
TOTAL WEIGHT	GESAMTGEWICHT	POIDS TOTAL	TOTAALGEWICHT	IS08543	1040gr/m2 ± 10%
TOTAL HEIGHT	GESAMTHÖHE	HAUTEUR TOT.	TOT. HOOGTE	IS01765	8,5mm ± 10%
TECHN. INFORM.	TECHN. DATEN	CAR. TECHN.	TECHN. GEGEV.	NORM	
PERMANENT ANTISTATIC	PERMANENT ANTISTATISCH	ANTISTATIQUE PERMANENT	PERMANENT ANTISTATISCH	IS06356	
TO/RUBBING	REIBECHTHEIT	AU FROTTEM.	WRIJFECHTH.	ISO105X12	4 (except for 3353: 3)
CLASSIFICATION	KLASSIFIKATION	CLASSIFICATION	CLASSIFICATIE	EN 13297	22+/31 LC2
FLAMMABILITY	BRAND-VERHALTEN	COMPORTEMENT AU FEU	BRANDGEDRAG	EN 13501-1	Bfl -s1
USAGE	ANWENDUNG	EMPLOI	GEBRUIK		
Due to limitations of the manufacturing process, colour may slightly vary from batch to batch. We reserve the right to alter technical specifications.		Durch dem Produktions Prozess bedingt, können geringe Farbabweichungen von Partie zu Partie auftreten. Wir behalten uns das Recht um die Technischen Daten zu ändern.		Du à des limitations de production, le coloris peut varier legerement d'une production à l'autre. Le fabrication se réserve le droit de modifier les caracteristiques techniques.	
				Door beperkingen in het productieproces, zijn geringe kleurafwijkingen van partij tot partij mogelijk. Wij behouden het recht de technische gegevens aan te passen.	

a

EN 14041



EN 13297

Compare comfort conditions

Inputs #1

Inputs #2

Inputs #3

Operative temperature

20.13 °C

20.65 °C

18.92 °C

Air speed

0.085 m/s

0.12 m/s

0.15 m/s

Relative humidity

17.6 %

30.9 %

21.2 %

Relative humid ▼

Metabolic rate

4 met

4 met

4 met

Clothing level

0.28 clo

0.28 clo

0.28 clo

Reset

Set pressure

SI/IP

Documentation

Input 3 - Metabolic rates below 1.0 or above 2.0 are not covered by the ASHRAE 55 Standard

	#1	#2	#3
Compliance	X	X	X
PMV with elevated air speed	-1.29	-1.17	-1.62
PPD with elevated air speed	40 %	34 %	57 %
Sensation	Slightly Cool	Slightly Cool	Cool
SET	20.9 °C	21.7 °C	20.1 °C
Dry-bulb temp at still air	6.4 °C	6.8 °C	4.9 °C
Cooling effect	13.8 °C	13.8 °C	14.1 °C

Psychrometric (operative temperature) ▾

