

Dimensjonering av ventilasjonssystemer i idrettshaller

Evaluering av overflateemisjonens innvirkning på luftkvalitet

Camilla Nygård Hansen
Viviann Riiser
Marthe Andrea Sødermann

Helse, miljø og sikkerhet

Innlevert: juni 2016

Hovedveileder: Rikke Bramming Jørgensen, IØT

Medveileder: Bjørn Aas, Senter for Idrettsanlegg og teknologi

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse

Problembeskrivelse

Formålet med denne masteroppgaven er å kartlegge overflateemisjonens innvirkning på luftkvaliteten i en idrettshall, og vurdere emisjonen opp mot eksisterende retningslinjer for dimensjonering av ventilasjonssystemer i idrettshaller.

Hovedinnhold:

- Kartlegge og sammenligne eksisterende nasjonale og internasjonale krav og anbefalinger for ventilasjon i idrettshaller.
- Kartlegge hvilke faktorer som vektlegges ved dimensjonering av ventilasjonssystemer i idrettshaller og sammenligne disse med lovverk og veiledninger.
- Utføre emisjonstester av idrettsgulvene kunstdekke og parkett, analysere og vurdere resultatene opp mot eksisterende krav, anbefalinger og standarder for overflateemisjon og ventilasjon.
- Benytte datasett av luftens temperatur, CO₂-nivå og luftfuktighet i utvalgte idrettshaller for å vurdere luftkvaliteten.
- Diskusjon og vurdering av resultatene

Forord

Med denne masteroppgaven fullføres vår mastergrad i Helse, miljø og sikkerhet ved Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU). Vi ønsker å rette en stor takk til vår hovedveileder Rikke Bramming Jørgensen, førsteamanuensis ved NTNU, og medveileder Bjørn Aas, overingeniør ved Senter for Anlegg og Idrettsteknologi (SIAT), for god veiledning og motivasjon gjennom hele arbeidsprosessen. Det rettes også en takk til Wolfgang Kempel og Snorre Nordbo Olsen ved SIAT for gode råd. For teknisk bistand ønsker vi å takke avdelingsingeniør Erling Hove ved NTNU.

Det har det vært lite fokus på hvilken betydning emisjon fra bygningsmaterialer har for luftkvaliteten, og det eksisterer få krav til hvilke verdier som skal benyttes ved dimensjonering av ventilasjonssystemer i idrettshaller. Gjennom arbeidet med oppgaven har vi kartlagt hvilke kriterier som benyttes ved dimensjonering, og hvilken innvirkning materialemisjon har på luftkvaliteten, samt studert sammenhengen mellom emisjon, luftkvalitet og ventilasjon. Vi håper at oppgaven er interessant å lese og gir nyttig informasjon.

Trondheim, 10. juni 2016

Camilla Nygård Hansen

Marthe Andrea Sødermann

Viviann Riiser

Sammendrag

God innendørs luftkvalitet er viktig for menneskers helse, og emisjon fra bygningsmaterialer er én av faktorene som påvirker luftkvaliteten. Dette er spesielt viktig å ta i betraktning i idrettshaller, da personer med et høyt aktivitetsnivå vil inhalere mer av kjemiske forbindelser fra inneluften som potensielt kan være helseskadelige. Da det ofte er barn som oppholder seg i idrettshaller i forbindelse med skole- og fritidsaktiviteter, er det desto viktigere med et lavt innhold av kjemiske forbindelser i inneluften fordi barn er mer sensitive enn voksne.

Formålet med masteroppgaven var å kartlegge overflateemisjons innvirkning på luftkvaliteten i en idrettshall, og vurdere emisjonen opp mot eksisterende retningslinjer for dimensjonering av ventilasjonssystemer i idrettshaller.

Overflateemisjon fra tre idrettsgulv ble undersøkt hvorav to var parkettgulv og ett var kunstdekke. Disse ble testet for emisjon av totalt flyktige organiske forbindelser (TVOC), formaldehyd og acetaldehyd i et forsøkskammer under standardiserte betingelser. Analyseringen ble utført ved Eurofins (Galten, Danmark) ved bruk av ATD/GC/MS for TVOC og UHPLC for formaldehyd og acetaldehyd. Inneklimaparameterne CO₂, temperatur og relativ fuktighet ble målt i to idrettshaller med måleinstrumentet Netatmo Weather Station for å kartlegge luftkvaliteten.

Analyseresultater fra emisjonstestene viser at ingen av gulvmaterialene kan kategoriseres som svært lav- eller lavemitterende materialer i henhold til NS-EN 15251, hovedsakelig fordi det ble påvist en høy TVOC-emisjon. Målingene av inneklimaparameterne (CO₂, temperatur og relativ fuktighet) viser en god luftkvalitet i idrettshallene, både ved normal og forhøyet personbelastning.

Ingen av de påviste kjemiske forbindelsene fra gulvmaterialene vil individuelt utgjøre en økt risiko for negative helseeffekter for idrettshallens brukere, men den samlede emisjonen fra parkett 2 kan medføre en økt helserisiko. Utførte beregninger viser at eksisterende ventilasjonskrav vil gi en ventilasjonsmengde som er like godt tilpasset brukere i idrettshaller ved maksimal personbelastning, som for personer som jobber på et kontor.

Ved dimensjonering av ventilasjonssystemer i idrettshaller anbefales det å benytte verdier for høyemitterende materialer, dersom det ikke foreligger dokumentasjon på at materialene er lavemitterende. For å kunne kategorisere de testede gulvmaterialene som svært lav- eller lavemitterende materialer i henhold til NS-EN 15251, anbefales det at produsentene identifiserer kilder til de kjemiske forbindelser som emitterer i høyest konsentrasjoner for videre å kunne substituere eller eliminere disse.

Summary

A good indoor air quality (IAQ) is important for human health, and emissions from building materials is one of the factors that affects the air quality. This is especially important to take into consideration in sports halls, where people with a high activity level inhale more chemicals because of a higher respiratory frequency. Since children often stay in sports halls in connection with educational and recreational activities, it is even more important with a low content of chemicals in the indoor air since children are more sensitive than adults.

The purpose of the master thesis was to map the impact of the surface emissions on IAQ in a sports hall, and further assess the emissions in accordance to the existing guidelines for design of ventilation systems in sports halls.

Surface emission from flooring materials were evaluated in three different sports floorings. Two parquet floorings and one artificial floor were tested for emissions of TVOC, formaldehyde and acetaldehyde in an emission chamber under standardized conditions. The analysis was performed by Eurofins (Galten, Denmark) ATD/GC/MS for TVOC and UHPLC for formaldehyde and acetaldehyde. The indoor air quality parameters CO₂, temperature and relative humidity were measured in two sports halls with Netatmo Weather Station.

The emission tests revealed that none of the flooring materials can be categorized as very low or low-emitting materials according to NS-EN 15251, mainly due to a high emission of TVOC. The measurements of indoor climate parameters (CO₂, temperature and relative humidity) show a good air quality in sports halls, both at a normal and at an increased number of people.

None of the identified chemical compounds individually poses a risk of adverse health effects to the users of sports halls. However, from one of the parquet floorings the total emission can pose a risk of adverse health effects. Conducted calculations show that existing ventilation requirements are equally suitable for users of sports halls when calculated with the maximum human occupancy, as people working in offices, and that criteria applied for dimensioning of ventilation systems in sports halls give a satisfactory air flow rate.

If there is no documentation showing that the materials are low emitting, it is recommended to use values for high-emitting materials when dimensioning ventilation systems in sports halls. It is recommended for the producers of the tested floors to identify the sources of the chemical compounds present in the materials in the highest concentrations, to further substitute or eliminate these for the purpose of categorizing flooring materials as very low- or low-emitting according to NS-EN 15251.

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	1
2	Inneklima og luftkvalitet.....	4
2.1	Personbelastning	5
2.2	Emisjon	5
2.2.2	Absorpsjons- og desorpsjonsprosesser.....	8
2.2.3	Kjemiske forbindelser og potensielle helseeffekter	9
3	Ventilasjon	13
3.1	Ventilasjonsprinsipper	13
3.1.1	Ventilasjonstyper	13
3.1.2	Ventilasjonseffektivitet	14
4	Krav og anbefalinger.....	15
4.1	Norske krav og anbefalinger	15
4.1.1	Bakgrunn for ventilasjonsverdier angitt i bestillingsnr. 444	17
4.2	Internasjonale krav og anbefalinger	17
4.3	Sammenstilling av krav og anbefalinger.....	18
4.4	NS-EN 15251	19
4.5	Relevante merkeordninger	21
5	Casehaller.....	23
5.1	Heimdalshallen	23
5.2	KVT-hallen	23
5.3	Byneshallen.....	24
5.4	Åsveien skole og idrettshall	25
5.5	Oversikt over casehaller.....	25
6	Metode	26
6.1	Eksperimentell metode 1 - emisjon fra gulvmaterialer	26
6.1.1	Valg av prøvematerialer.....	26
6.1.2	Instrumentering	28
6.1.3	Prøvetaking og analysering.....	30
6.1.4	Forsøksplan	31
6.1.5	Oppbevaring av prøvematerialet	31
6.1.6	Forsøksoppstilling	32

6.1.7	Prosedyre.....	34
6.1.8	Databehandling	35
6.1.9	Vurdering av resultater.....	38
6.2	Eksperimentell metode 2 – inneklimaparametere i casehaller	39
6.2.1	Valg av casehaller	39
6.2.2	Instrumentering	39
6.2.3	Forsøksplan	39
6.2.4	Forsøksoppstilling.....	40
6.2.5	Prosedyre.....	41
6.2.6	Databehandling	41
6.2.7	Vurdering av resultater.....	41
6.3	Innhenting av informasjon	42
6.3.1	Casehaller.....	42
6.3.2	Bestillingsnr. 444	42
7	Resultat	43
7.1	Klimaparametere i forsøkskammer	43
7.2	Resultater fra emisjonstester	44
7.2.1	Parkett 1	45
7.2.2	Parkett 2	52
7.2.3	Kunstdekke	60
7.2.4	Sammenligning av prøvematerialer	67
7.2.5	Sammenligning med merkeordninger	70
7.3	Målinger i casehaller.....	70
7.3.1	Temperaturmålinger.....	70
7.3.2	CO ₂ -målinger	72
7.3.3	Målinger av relativ fuktighet.....	74
8	Oppskalering av ventilasjonsverdier og emisjonsresultater	76
8.1	Oppskalering av ventilasjonsverdier.....	78
8.2	Oppskalering av emisjonsresultater	79
9	Diskusjon	80
9.1	Vurdering av analyseresultater fra emisjonstester	80
9.1.1	Parkett 1	80
9.1.2	Parkett 2	82

9.1.3	Kunstdekke	83
9.1.4	Sammenligning av parkett 1, parkett 2 og kunstdekke	84
9.2	Casehaller.....	86
9.2.1	Heimdalshallen.....	87
9.2.2	KVT-hallen	88
9.2.3	Sammenligning opp mot klimaparametere i forsøkskammer	89
9.3	Vurdering av krav og anbefalinger	90
9.4	Oppskalering av ventilasjonsverdier og emisjonsresultater	92
9.5	Vurdering av metode.....	93
10	Konklusjon.....	95

VEDLEGG

Vedlegg A – Merkeordninger

Vedlegg B – Beregninger fra kammerkonsentrasjon til konsentrasjon i Det europeiske referanserom

Vedlegg C – Analyseresultater fra emisjonstester

Vedlegg D – Beregninger av total luftmengde og luftmengde per person med verdier angitt i krav og anbefalinger

Vedlegg E – Aktivitetsplan

TABELLISTE

Tabell 4.3.1 Sammenstilling av nasjonale og internasjonale krav og anbefalinger for dimensjonering av ventilasjon for personbelastning og materialbelastning	19
Tabell 4.4.1 Krav til emisjon av TVOC, formaldehyd, acetaldehyd og karsinogene forbindelser (1A og 1B) fra bygningsmaterialer og bygningsprodukter for tre bygningsklasser ved dag 3 og 28 etter forsøksstart (Standard Norge, 2007).	20
Tabell 4.5.1 Grenseverdier for emisjon av VOC, TVOC, formaldehyd, acetaldehyd og karsinogene forbindelser (1A og 1B) fra bygningsmaterialer for merkeordningene <i>Eurofins Indoor Air Comfort</i> , <i>Eurofins Indoor Air Comfort Gold</i> , <i>Nordic Ecolabelling</i> , <i>Emission Classification of building materials</i> (M1-ordningen), <i>AgBB</i> og <i>Emicode</i>	22
Tabell 5.5.1 Gulvtype, ventilasjonstype, volum, personbelastning og dimensjonert luftmengde i Heimdalshallen, KVT-hallen, Byneshallen og Åsveien skole og idrettshall.	25
Tabell 6.1.2.1.1 Innstilte klimabetingelser i forsøkskammeret	28
Tabell 6.1.4.1 Dager for prøvetaking av VOC/TVOC, formaldehyd og acetaldehyd etter forsøksstart for analysering ved Eurofins.	31
Tabell 6.1.4.2 Dager for prøvetaking av VOC/TVOC etter forsøksstart for analysering ved NTNU.....	31
Tabell 6.1.6.1 Prøvematerialenes areal og beregnet belastningsfaktor.	32
Tabell 6.2.3.1 Oversikt over dato, samt start- og sluttidspunkt for målinger av inneklimateparameterne i Heimdalshallen og KVT-hallen.	40
Tabell 7.1.1 Krav til temperatur, relativ fuktighet og volumstrøm angitt i CEN/TS 16516 og innstilte klimaparametere i forsøkskammer ved emisjonstesting av parkett 1, parkett 2 og kunstdekke, samt gjennomsnitt og standardavvik for parameterne under forsøkene.	43
Tabell 7.2.1.1 Identifiserte kjemiske forbindelser ved dag 28 fra parkett 1 med angitt LCI-verdi i AgBB, og hvilke av disse som er kategorisert innen helsekategoriene karsinogenitet, reproduksjonsskadelig, åndedrett- eller hudsensibilisering og arvestoffskadelig i henhold til Regulation (EC) No. 1272/2008, stoffenes Ri-verdi angis også.	50
Tabell 7.2.2.1 Identifiserte kjemiske forbindelser ved dag 28 fra parkett 2 med angitt LCI-verdi i AgBB, og hvilke av disse som er kategorisert innen helsekategoriene karsinogenitet, reproduksjonsskadelig, åndedrett- eller hudsensibilisering og arvestoffskadelig i henhold til Regulation (EC) No. 1272/2008, stoffenes Ri-verdi angis også.	57
Tabell 7.2.3.1 Identifiserte kjemiske forbindelser ved dag 28 fra kunstdekke som har angitt LCI-verdi i AgBB, og hvilke av disse som er kategorisert innen helsekategoriene karsinogenitet, reproduksjonsskadelig, åndedrett- eller hudsensibilisering og arvestoffskadelig i henhold til Regulation (EC) No. 1272/2008, stoffenes Ri-verdi angis også.	65
Tabell 7.2.5.1 Sammenligning av TVOC- og formaldehydemisjon fra kunstdekke med emisjonskrav angitt i <i>Emission Classification of building materials</i> (M1-ordningen).....	70
Tabell 8.1.1 Oversikt over gulvareal, personbelastning og oppskalerte ventilasjonsverdier for person- og materialbelastning angitt i TEK10, veiledningen til TEK 10 (for høyemitterende materialer) og bestillingsnr. 444 for lav- og høyemitterende materialer i et kontor, KVT-hallen og Heimdalshallen ved ulike personbelastninger.	78
Tabell 8.2.1 Luftskifte, belastningsfaktor for gulv og TVOC-konsentrasjon i forsøkskammer (parkett 1), Det europeiske referanserom, et kontor, KVT-hallen, Byneshallen og Åsveien skole og idrettshall.	79

FIGURLISTE

Figur 2.2.1 Materialeemisjon til inneluften i et rom, hvor pilene angir luftens retning i rommet	6
Figur 2.2.1.2.1 Emisjonsforløpet til formaldehyd for konstruerte tregulv ved temperaturene 20, 26 og 32 °C (An mfl., 2010).....	8
Figur 6.1.1.1 Parkett 1 som består av tre sjikt, der det øvre er av eik, det midtre av furu og det nedre av granfiner, og over det øvre sjiktet er det påført lakk	27
Figur 6.1.1.2 Parkett 2 som består av tre sjikt, der det øvre er av eik, det midtre og nedre av gran, og med Evazote-striper festet på undersiden.....	27
Figur 6.1.1.3 Kunstdekke som består av tre lag, der det øvre er av polyuretan (to lag), det midtre er et porefyllingslag og det nederste består av en granulert gummimatte.....	28
Figur 6.1.6.1 Plassering av parkett 1 i forsøkskammer	33
Figur 6.1.6.2 Plassering av parkett 2 i forsøkskammer	33
Figur 6.1.6.3 Plassering av kunstdekke i forsøkskammer	34
Figur 6.1.8.1.1 Eksempel på beregning av gjennomsnitt i Microsoft Excel fra datasett av klimaparameterne i forsøkskammeret	35
Figur 6.1.8.1.2 Eksempel på beregning av standardavvik i Microsoft Excel fra datasette av klimaparameterne i forsøkskammeret	36
Figur 6.1.8.2.1 Eksempel på beregning av spesifikk emisjonsrate (SER) fra parkett 1 ved dag 3 (n-pentan).....	37
Figur 6.2.4.1 Modul 3 festet til basketballoppheng i 3,0 m høyde i Heimdalshallen.....	40
Figur 6.2.4.2 Modul 2 festet til veggen i 1,2 m høyde i Heimdalshallen	41
Figur 7.2.1.1 Emisjonsforløpet til TVOC angitt som spesifikk emisjonsrate [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$] for parkett 1 fra dag 3 til 28 etter forsøksstart med en måleusikkerhet på $\pm 20\%$, og grenseverdier for emisjon av TVOC ved dag 3 og 28 for svært lav- og lavemitterende materialer angitt i NS-EN 15251.....	45
Figur 7.2.1.2 Emisjonsforløpet til formaldehyd angitt som spesifikk emisjonsrate [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$] for parkett 1 fra dag 3 til 28 etter forsøksstart med en måleusikkerhet på $\pm 20\%$, og grenseverdier for emisjon av formaldehyd ved dag 3 og 28 for svært lav- og lavemitterende materialer angitt i NS-EN 15251.....	46
Figur 7.2.1.3 Emisjonsforløpet til acetaldehyd angitt som spesifikk emisjonsrate [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$] for parkett 1 fra dag 3 til 28 etter forsøksstart med en måleusikkerhet på $\pm 20\%$, og grenseverdi for emisjon av acetaldehyd ved dag 3 for svært lavemitterende materialer angitt i NS-EN 15251.....	47
Figur 7.2.1.4 Emisjonsforløpet til de fire kjemiske forbindelsene med høyest kammerkonsentrasjon [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] fra dag 3 til 28 etter forsøksstart for parkett 1 med en måleusikkerhet på $\pm 20\%$	48
Figur 7.2.1.5 Prosentvis emisjon av LCI-verdi (angitt i AgBB) av 2-etylheksyl akrylat, formaldehyd, acetaldehyd og limonen fra parkett 1 ved dag 28 etter forsøksstart, samt om de er karsinogen, reproduksjonsskadelig, åndedrett- eller hudsensibiliserende og/eller arvestoffskadelig i henhold til Regulation (EC) No. 1272/2008.....	51
Figur 7.2.2.1 Emisjonsforløpet til TVOC angitt som spesifikk emisjonsrate [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$] for parkett 2 fra dag 3 til 28 etter forsøksstart med en måleusikkerhet på $\pm 20\%$, og grenseverdier for emisjon av TVOC ved dag 3 og 28 for svært lav- og lavemitterende materialer og lavemitterende materialer angitt i NS-EN 15251.....	52
Figur 7.2.2.2 Emisjonsforløpet til formaldehyd angitt som spesifikk emisjonsrate [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$] for parkett 2 fra dag 3 til 28 etter forsøksstart med en måleusikkerhet på $\pm 20\%$, og grenseverdier for emisjon av formaldehyd ved dag 3 og 28 for svært lav- og lavemitterende materialer angitt i NS-EN 15251.....	53

Figur 7.2.2.3 Emisjonsforløpet til acetaldehyd angitt som spesifikk emisjonsrate [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$] for parkett 2 fra dag 3 til 28 etter forsøksstart med en måleusikkerhet på $\pm 20\%$, og grenseverdi for emisjon av acetaldehyd ved dag 3 for svært lavemitterende materialer angitt i NS-EN 15251.....	54
Figur 7.2.2.4 Emisjonsforløpet til de fire kjemiske forbindelsene med høyest kammerkonsentrasjon [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] fra dag 3 til 28 etter forsøksstart for parkett 2 med en måleusikkerhet på $\pm 20\%$	55
Figur 7.2.2.5 Prosentvis emisjon av LCI-verdi (gitt i AgBB) av toluen, formaldehyd, acetaldehyd og limonen fra parkett 2 ved dag 28 etter forsøksstart, samt om de er karsinogen, reproduksjonsskadelig, åndedrett- eller hudsensibiliserende og/eller arvestoffskadelig i henhold til Regulation (EC) No. 1272/2008.....	59
Figur 7.2.3.1 Emisjonsforløpet til TVOC angitt som spesifikk emisjonsrate [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$] for kunstdekke fra dag 3 til 28 etter forsøksstart med en måleusikkerhet på $\pm 20\%$, og grenseverdier for emisjon av TVOC ved dag 3 og 28 for svært lav- og lavemitterende materialer angitt i NS-EN 15251.....	60
Figur 7.2.3.2 Emisjonsforløpet til formaldehyd angitt som spesifikk emisjonsrate [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$] for kunstdekke fra dag 3 til 28 etter forsøksstart med en måleusikkerhet på $\pm 20\%$, og grenseverdier for emisjon av formaldehyd ved dag 3 og 28 for svært lav- og lavemitterende materialer angitt i NS-EN 15251.....	61
Figur 7.2.3.3 Emisjonsforløpet til acetaldehyd angitt som spesifikk emisjonsrate [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$] for kunstdekke fra dag 3 til 28 etter forsøksstart med en måleusikkerhet på $\pm 20\%$, og grenseverdi for emisjon av acetaldehyd ved dag 3 for svært lavemitterende materialer angitt i NS-EN 15251.....	62
Figur 7.2.3.4 Emisjon av de fire individuelle VOC med høyest konsentrasjon [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] ved dag 28 etter forsøksstart fra kunstdekke med en måleusikkerhet på $\pm 20\%$	63
Figur 7.2.3.5 Prosentvis emisjon av LCI-verdi (gitt i AgBB) av toluen fra kunstdekke ved dag 28 etter forsøksstart, samt om det er karsinogen, reproduksjonsskadelig, åndedrett- eller hudsensibiliserende og/eller arvestoffskadelig i henhold til Regulation (EC) No. 1272/2008.....	66
Figur 7.2.4.1 Emisjonsforløpet til TVOC angitt som spesifikk emisjonsrate [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$] for parkett 1, parkett 2 og kunstdekke fra dag 3 til 28 etter forsøksstart med en måleusikkerhet på $\pm 20\%$, og grenseverdier for emisjon av TVOC ved dag 3 og 28 for svært lav- og lavemitterende materialer angitt i NS-EN 15251.....	67
Figur 7.2.4.2 Emisjonsforløpet til formaldehyd angitt som spesifikk emisjonsrate [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$] for parkett 1, parkett 2 og kunstdekke fra dag 3 til 28 etter forsøksstart med en måleusikkerhet på $\pm 20\%$, og grenseverdier for emisjon av formaldehyd ved dag 3 og 28 for svært lav- og lavemitterende materialer angitt i NS-EN 15251.....	68
Figur 7.2.4.3 Emisjonsforløpet til acetaldehyd angitt som spesifikk emisjonsrate [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$] for parkett 1, parkett 2 og kunstdekke fra dag 3 til 28 etter forsøksstart med en måleusikkerhet på $\pm 20\%$, og grenseverdier for emisjon av acetaldehyd ved dag 3 for svært lavemitterende materialer angitt i NS-EN 15251.....	69
Figur 7.3.1.1 Temperaturer [$^{\circ}\text{C}$] målt hvert 30.minutt i Heimdalshallen i perioden 10.november 2015 kl.12:14 til 17.november 2015 kl.10:44 med tre ulike moduler i høydene 0, 1,2 og 3,0 m.....	71
Figur 7.3.1.2 Temperaturer [$^{\circ}\text{C}$] målt hvert 30.minutt i KVT-hallen i perioden 19. november 2015 kl.12:45 til 26.november 2015 kl.08:45 med tre ulike moduler i høydene 0, 1,2 og 3,0 m.....	71
Figur 7.3.2.1 CO_2 -nivå [ppm] målt hvert 30.minutt i Heimdalshallen i perioden 10.november 2015 kl.12:14 til 17.november 2015 kl.10:44 med tre ulike moduler i høydene 0, 1,2 og 3,0 m.....	72
Figur 7.3.2.2 CO_2 -nivå [ppm] målt hvert 30.minutt i KVT-hallen i perioden 19. november 2015 kl.12:45 til 26.november 2015 kl.08:45 med tre ulike moduler i høydene 0, 1,2 og 3,0 m.....	73

Liste over forkortelser

AgBB	Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (det tyske byggetekniske institutt)
CEN/TS	Felleseuropeisk standardiseringsorganisasjon/Teknisk spesifisering
HVAC	Heating, Ventilation and Air Conditioning (klimakontroll)
IARC	International Agency for Research of Cancer
LCI	Laveste konsentrasjon av interesse
NS-EN	Norsk-Engelsk
ppm	Parts per million
SER	Spesifikk emisjonsrate
TVOC	Totalt flyktige organiske forbindelser
VOC	Flyktige organiske forbindelser
VVOC	Veldig flyktige organiske forbindelser
WHO	World Health Organization

1 Innledning

Mesteparten av barn og unge tilbringer mye tid i idrettshaller både i skolesammenheng og i forbindelse med fritidsaktiviteter. En undersøkelse utført av Limstrand (2005) viser at de som bruker idrettsanlegg mest er aktive brukere som driver med fysisk aktivitet fire ganger per uke eller mer. Samtidig domineres tre av fire anlegg for fysisk aktivitet av barn som regnes som aktive (Limstrand, 2005). Gode treningsfasiliteter og en tilfredsstillende luftkvalitet kan motivere og øke treningsgledden blant barn og unge, samt bidra til at de kan yte sitt beste under trening. I tillegg har blant annet kroppsøvingslærere og eliteutøvere idrettshallen som arbeidsplass, med en antatt gjennomsnittlig arbeidstid på 8 timer.

Luftkvaliteten i idrettshaller oppleves ofte som dårlig, noe som kan redusere treningslyst og treningseffekten, og påvirke brukernes helse (Lu mfl., 2011). Årsaker til at luftkvaliteten oppleves som dårlig, kan blant annet skyldes emisjon fra bygningsmaterialer og feildimensjonering av ventilasjonssystem.

Emisjon fra gulvmaterialer vil være av stor betydning for hvilke stoffer som inhaleres av brukerne, da gulvet utgjør en stor del av det totale overflatearealet i en idrettshall. I følge McCaVerty (referert i Carlisle og Sharp, 2001) vil mengden inhalerte forurensninger fra inneluften øke proporsjonalt med respirasjonsfrekvensen og utsette brukerne for helsefare. Mesteparten av luften inhaleres via munnen og vil dermed ikke filtreres for store partikler og ulike typer av oppløselig damp. I tillegg vil en økt respirasjonsfrekvens transportere forurensninger lengre ned i luftveiene (Carlisle og Sharp, 2001). VOC/TVOC og formaldehyd forekommer vanligvis i bygningsmaterialer og kan ved inhalering forårsake negative helseeffekter (Barro mfl., 2009; Kaden mfl., 2010). Hvor mye av de nevnte stoffene som emitterer fra gulvmaterialer kan være av betydning for brukernes helse, og hvilket gulv som velges i idrettshaller bør derfor vurderes nøye. Utførte emisjonstester av VOC/TVOC, formaldehyd og acetaldehyd viser om de utvalgte gulvmaterialene er svært lav-, lav- eller ikke lavemitterende i henhold til standarden NS-EN 15251 *Inneklimaparametere for dimensjonering og vurdering av bygningers energiytelse inkludert inneluftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustikk*.

Ventilasjon er et viktig tiltak for å fortynne eller fjerne forurensninger i inneluften, men det finnes få spesifikke krav og anbefalinger for ventilasjon i idrettshaller. Dimensjonering av et ventilasjonssystem utføres hovedsakelig på bakgrunn av krav og anbefalinger som er gjeldende for kontorlokaler, som har en lavere takhøyde og et betraktelig mindre volum enn idrettshaller. Det er hovedsakelig skoler (Pekey og Arslanbaş, 2008; Molnár mfl., 2007; Oeder m.fl., 2012), hjem (Park og Ikeda, 2006; Pekey og Arslanbaş, 2008; Molnár, mfl., 2007) og kontor (Pekey og Arslanbaş, 2008) som har blitt vurdert ved evaluering av inneluften. På det tidspunkt anbefalte verdier i *Veiledning om Klima og luftkvalitet på arbeidsplassen* (bestillingsnr. 444) ble fastsatt, var det ifølge Vatne (2016) og Bakke (2016), som deltok i utarbeidelsen, et manglende kunnskapsunderlag. I følge Vatne og Bakke er det utført få endringer tilknyttet de anbefalte ventilasjonsverdiene siden veiledningen ble utarbeidet, noe som understreker et behov for økt kunnskap innenfor området. Et økt kunnskapsunderlag vil også kunne gagne prosjekterende i beslutningstaking angående dimensjonering av ventilasjonssystemer i idrettshaller.

Formål og problemstilling

Formålet med oppgaven er å kartlegge overflateemisjons innvirkning på luftkvaliteten i en idrettshall, og vurdere emisjonen opp mot eksisterende retningslinjer for dimensjonering av ventilasjonssystemer i idrettshaller.

Forsøksdesignet som beskrevet i prosjektoppgaven høsten 2015 av Hansen mfl. (2015) skal benyttes for å kartlegge emisjonen av VOC/TVOC, formaldehyd og acetaldehyd fra gulvmaterialene parkett og kunstdekke. Resultatene skal benyttes til å vurdere om materialene er svært lav-, lav- eller ikke lavemitterende, som videre benyttes for å vurdere emisjonens påvirkning på luftkvaliteten i en idrettshall.

Følgende delmål vil besvare problemstillingen:

- Kartlegge og sammenligne eksisterende nasjonale og internasjonale krav og anbefalinger for ventilasjon i idrettshaller.
- Kartlegge hvilke faktorer som vektlegges ved dimensjonering av ventilasjonssystemer i idrettshaller og sammenligne disse med lovverk og veiledninger.
- Utføre emisjonstester av idrettsgulvene kunstdekke og parkett, analysere og vurdere resultatene med eksisterende krav, anbefalinger og standarder for overflateemisjon og ventilasjon.
- Benytte datasett av luftens temperatur, CO₂-nivå og luftfuktighet i utvalgte idrettshaller for å vurdere luftkvaliteten.
- Diskusjon og vurdering av resultatene.

Avgrensninger

Oppgaven avgrenses til å fokusere på idrettshaller, der gulvet utgjør det største overflatearealet. De mest benyttede gulvmaterialene er parkett og kunstdekke (Senter for Idrettsskadeforskning, 2003), og det er derfor valgt å utføre emisjonstester av disse materialene. Emisjonsomfanget av VOC/TVOC, formaldehyd og acetaldehyd skal kartlegges på grunn av forbindelsenes potensielle helseeffekter.

2 Inneklima og luftkvalitet

Dette kapitlet inneholder en forklaring av begrepene inneklima og innendørs luftkvalitet, og hva som innvirker på luftkvaliteten. Personbelastning og emisjon fra bygningsmaterialer er to faktorer som vil påvirke luftkvaliteten og vil omtales i kapitlet. Innen emisjon fra bygningsmaterialer fokuseres det på emisjon av VOC, TVOC og formaldehyd fra gulvmaterialer, samt helseeffekter som disse kan medføre. Acetaldehyd vil også omtales kort. Ved omtale av emisjon fokuseres det på primær emisjon, da emisjonstestene i oppgaven utføres på nye materialer.

Inneklima omfatter de målbare fysisk-kjemiske faktorene termisk miljø, atmosfærisk miljø, strålingsmiljø, akustisk miljø og mekanisk miljø (SINTEF Byggforsk og Statens bygningstekniske etat, 2009). Det er viktig at inneklimaet oppleves som tilfredsstillende for brukerne i idrettshaller, og da vil alle parameterne være av betydning, men i oppgaven rettes fokuset på det termiske og atmosfæriske miljøet (Corneliussen mfl., 2005). Termisk miljø omfatter lufttemperatur, strålingstemperatur, luftfuktighet og lufthastighet. I tillegg vil blant annet aktivitetsnivå og bekledning være av betydning for å kunne oppnå tilfredsstillende temperaturforhold. Det atmosfæriske miljøet, som omfatter luften vi inhalerer, er av særlig betydning for menneskers åndedrett og kan medføre negative helseeffekter på lunger og luftveier (SINTEF Byggforsk og Statens bygningstekniske etat, 2009).

Ett av hovedaspektene innenfor inneklima er luftkvalitet, som påvirkes av personbelastning, byggematerialer og inventar, ventilasjon, arbeidsaktiviteter og prosesser, samt renhold og vedlikehold (Arbeidstilsynet, 2013). God luftkvalitet kan defineres som luft uten kjente forurensninger i skadelige konsentrasjoner. Med forurensning menes vanlige kontaminanter og forurensende stoffer og gasser, eksempelvis karbondioksid, flyktige organiske forbindelser, odør og partikler (Clancy, 2011).

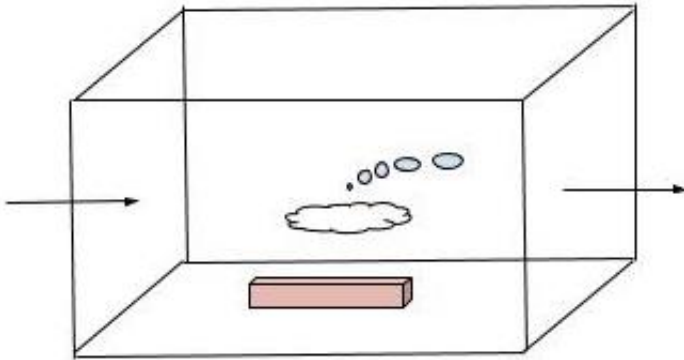
2.1 Personbelastning

Personbelastning påvirker luftkvaliteten ved at mennesker skiller ut karbondioksid (CO₂) ved respirasjon. Ofte er menneske selv den eneste kilden til CO₂, og avgitt mengde vil øke ved fysisk aktivitet (ASHRAE, 2016). CO₂ kan ved veldig høye konsentrasjoner (>5000 ppm) utgjøre en helserisiko, men denne verdien vil i de fleste bygninger nærmest aldri forekomme. CO₂-nivået i bygninger utgjør dermed svært sjeldent en helserisiko, men kan benyttes som en indikator for mengde odør fra brukere og deres akseptkriterier for lukt. Det er derimot ikke en god indikator for konsentrasjonen av andre kontaminanter innendørs, som for eksempel emisjon av VOC fra møbler og bygningsmaterialer (ASHRAE, u.å.).

Det globale CO₂-nivået er økende, og ble for mars 2016 målt av overvåkingsdivisjonen ved National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA) (u.å.) til å være cirka 404 ppm. I følge studier utført av Pettenkofer (1858) bør innendørs CO₂-nivå holdes under 1000 ppm med ventilasjon, spesielt i skoler. Konklusjonen hans var basert på observasjoner, målinger, eksperimenter og beregninger. Denne verdien er fastsatt av Folkehelseinstituttet som en faglig norm for CO₂, og normen fungerer som en indikator for dårlig luftkvalitet og luftbehov (Nasjonalt folkehelseinstitutt, 2015).

2.2 Emisjon

Emisjon defineres i CEN/TS 16516 *Byggevarer Vurdering av frigjøring av farlige stoffer Bestemmelse av utslipp til inneluft* som frigjøring av kjemiske forbindelser fra et bygningsmateriale til luften (Standard Norge, 2013). Emisjon deles inn i primær og sekundær emisjon, hvor den største forskjellen ifølge Wolkoff (1999) er tidsperioden for forurensning. Primær emisjon fra bygningsmaterialer påvirker den opplevde inneluften under bygningens første levetid, mens sekundær emisjon vil forekomme noe senere. Figur 2.2.1 viser en illustrasjon av materialemisjon til inneluften i et rom, hvor pilene angir luftens retning i rommet.



Figur 2.2.2.1 Materialemisjon til inneluften i et rom, hvor pilene angir luftens retning i rommet.

Det er flere parameter som virker inn på emisjonsforløpet. Et studie utført av Wolkoff og Nielsen (1996) konkluderer med at sammenligning av emisjonskurver krever en grundig kunnskap om materialets kjemiske oppbygning og en forståelse av hvilke faktorer som påvirker emisjonshastigheten. Materialets alder, tilstand (våt eller tørr), fysiske og kjemiske egenskaper og kjemikalieinnhold er noen av faktorene som påvirker emisjonen fra bygningmaterialer. I tillegg vil romtemperatur, lufthastighet og luftfuktighet være faktorer av betydning (Pacheco-Torgal mfl., 2012). I de etterfølgende avsnittene vil et utvalg av disse parameterne omtales.

2.2.1.1 Materialet

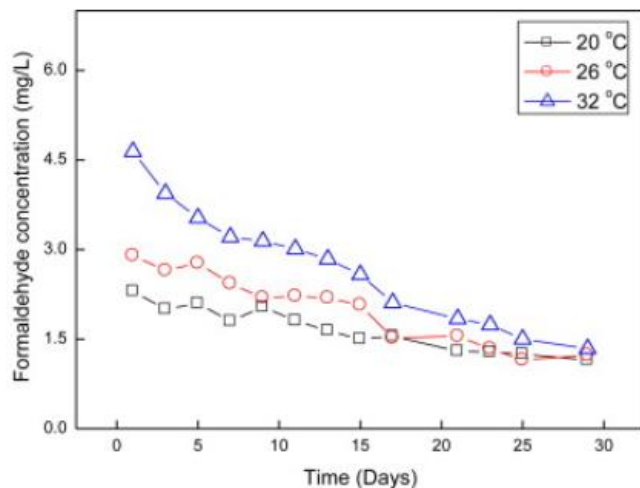
Materialers emisjonsrate blir ifølge Wolkoff (1998) enten kontrollert ved fordampning fra overflaten eller ved indre diffusjon fra materialet, eller ved en kombinasjon av disse. Forskjellen mellom de to mekanismene må iakttas, da de er avhengige av lufthastigheten og den eventuelle kjemikaliekonsentrasjonen i et klimakammer. Individuelle VOC frigis vanligvis i forskjellige mengder, ved forskjellige emisjonsrater og med ulike utslippsmekanismer, hvor sistnevnte kan endres i løpet av den avtagende perioden. Dermed kan emisjonsforløpet endres drastisk, særlig i den tidlige fasen av kammertesten. Ifølge Pickrell mfl. (1984) vil mengde materiale også kunne påvirke grad av emisjon, og ved testing i et emisjonskammer beregnes derfor en

belastningsfaktor for kammeret. Ved testing av kryssfiner og sponplater vil en reduksjon i belastningsfaktor kunne føre til en økt emisjonshastighet av formaldehyd.

2.2.1.2 Omgivelser

Omgivelsene vil også være en påvirkende parameter for emisjon fra bygningsmaterialer. Et studie utført av Haghghat og Bellis (1998), som omhandler emisjon fra maling, viser blant annet temperaturens innvirkning på emisjonen. Det ble i studiet observert at økende temperatur medførte en økt emisjonshastighet av TVOC, og at tidspunktet for toppkonsentrasjoner av TVOC forekommer senere ved en avtagende temperatur. Eksempelvis var emisjonshastigheten ved 35°C betydelig høyere enn ved 25 og 15°C. Et studie utført av Bluysen mfl. (1996) (referert i Fang mfl., 1999) viste også hvilken påvirkning temperaturen har på emisjon fra blant annet kryssfinerplater ved 23 og 30°C. Analysen av TVOC viser at temperatur kan ha en signifikant innvirkning på den kjemiske emisjonen i løpet av første perioden, men vil ha en liten innvirkning etter to uker ved de to temperaturene.

Påvirkning av temperatur og fuktighet for emisjon av formaldehyd fra sponplater innenfor temperaturintervallet 14-35°C, ble observert av Andersen mfl. (1975). Observasjonen viser at den kjemiske emisjonshastigheten av formaldehyd ble doblet for hver 7°C økning, samt at emisjonshastigheten ble doblet når den relative fuktigheten økte fra 30 til 70% ved en temperatur på 22°C. Ifølge et studie utført av Van Netten mfl. (1989) vil formaldehydutslippet fra kryssfiner være betydelig høyere ved en høy luftfuktighet, sammenlignet med utslippet ved en lav luftfuktighet. Temperaturens innvirkning på emisjonsforløpet til formaldehyd fra konstruerte tregulv, ved temperaturene 20, 26 og 32°C, vises i figur 2.2.1.2.1.



Figur 2.2.1.2.1 Emisjonsforløpet til formaldehyd for konstruerte tregulv ved temperatuene 20, 26 og 32 °C (An mfl., 2010).

Et studie utført av Tichenor mfl. (1990) viser at en økt ventilasjonshastighet vil redusere kjemikaliekonsentrasjonen av para-diklorbenzen med 99% i løpet av 13 timer etter at primærkilden ble fjernet. I tillegg ble det observert av Andersen mfl. (1975) at en økt ventilasjonshastighet medfører en reduksjon i likevektskonsentrasjonen av formaldehyd.

2.2.2 Absorpsjons- og desorpsjonsprosesser

Absorpsjons- og desorpsjonsprosesser kan ifølge Haghight og Bellis (1998) forekomme i vanlige rom, da materialer i større eller mindre grad absorberer emitterte forbindelser og senere desorberer disse. Studiet utført av Tichenor mfl. (1990) viser hvordan kjemikalier kan bli absorbert og re-emittert, og hvordan dette påvirker emisjonsforløpet. Eksempelvis viser emisjonsmålinger av para-diklorbenzen-utslipp fra et prefabrikkerte hus, at kjemikaliet fortsatt emitterte ved dag 12-18 selv om primærkilden ble fjernet ved dag 11. De som utførte studiet antyder at materialer og overflater fungerte som absorbenter i løpet av de første 11 dagene og begynte en re-emittering av kjemikaliet når primærkilden ble fjernet.

2.2.3 Kjemiske forbindelser og potensielle helseeffekter

I idrettshaller benyttes vanligvis kunstdekke eller parkett som ett underlagsmateriale (Senter for Idrettsskadeforskning, 2003). Disse materialene inneholder blant annet formaldehyd og VOC, som er påvist til å være de største emisjonskildene til innemiljøet (Xiong mfl., 2012). Studier som omtales i kommende delkapittel viser at en rekke bygningsmaterialer kan være potensielle kilder til innendørs formaldehyd og VOC. I dette kapittelet vil VOC/TVOC og formaldehyd, samt deres negative helseeffekter bli omtalt. Acetaldehyd blir kort omtalt sammen med formaldehyd.

2.2.3.1 VOC og TVOC

Verdens helseorganisasjon (World Health Organization) (1989) definerer VOC som stoffer med kokepunkt med en øvre grense på 240-260°C og en nedre grense på 50-100°C. Dette er en stor kjemikaliegruppe som lett fordamper ved romtemperatur og ofte forekommer i inneluften. VOC kan emitte fra en rekke produkter, som blant annet bygningsmaterialer, gulvlakk og møbler (Barro mfl., 2009), maling, lim, vinylbelegg og fra treprodukter. Disse materialene inneholder vanligvis restmengder av VOC som kan være viktige kilder til luftforurensning (Cox mfl., 2002).

TVOC er summen av konsentrasjoner av et utvalg kjemiske forbindelser som er definert ut fra deres flyktighet, og analyse- og beregningsmetode. TVOC benyttes normalt som en parameter for å vurdere inneluftkvaliteten i bygninger, men kan ikke benyttes for vurdering av helserisiko. En unormalt høy konsentrasjon kan indikere et behov for en nærmere vurdering av spesifikke emisjonskilder (Nasjonalt folkehelseinstitutt og Radiumhospitalet, 2006).

Helseeffekter av VOC

En review utført av Barro mfl. (2009) hvor industrielle forurensninger i inneluften ble undersøkt, viser at enkelte VOC kan gi kort- og langtidseffekter på helsen. Enkelte VOC kan blant annet indukere kreft hos mennesker, selv ved lave konsentrasjoner. Mindre alvorlige helseeffekter som er assosiert med VOC-eksponering er blant annet øyeirritasjon, nese- og luftveisirritasjon, hodepine, allergiske hudreaksjoner og svimmelhet. Gminski mfl. (2010) observerte de akutte helseeffektene på mennesker ved VOC-eksponering fra sponplater i et emisjonskammer. Testen hadde en varighet på to timer og de skadelige helseeffektene som ble studert var blant annet

lungefunksjon, blunkefrekvens, og den subjektive vurderingen angående øye-, nese- og halsirritasjon. Resultatene fra testen viser at emisjonen hovedsakelig bestod av α -pinen, Δ^3 -caren og heksanal, men at ingen irritasjon eller skade på lungene ble observert ved en kortvarig VOC-eksponering på $8942 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nurmatov mfl. (2015) har i en review som omhandler VOC-eksponering i husholdninger, studert om eksponeringen øker risikoen for å utvikle astmatiske og allergiske plager og/eller forverre disse. Aromater og formaldehyd var hovedklassene av VOC som ble studert. Det var omtrent like mange studier som rapporterte at eksponeringen økte risikoen, som det var studier som viste at eksponeringen ikke kan assosieres med skadevirkninger. I henhold til samme review er det svake bevis for hvilken rolle VOC spiller for utviklingen og forverringen av astma og allergisk sykdom hos barn og voksne.

2.2.3.2 Formaldehyd og acetaldehyd

Formaldehyd, også kjent som metanal, tilhører gruppen aldehyder. Kjemikaliet er reaktivt, svært brennbart, og er ved romtemperatur en fargeløs gass med stikkende, irriterende lukt (Liteplo mfl., 2002). Formaldehyd har kokepunkt mellom -21 og -19 °C, og defineres derfor i CEN/TS 16516 som en VVOC, da VVOC er kjemikalier med kokepunkt under 68 °C (Liteplo mfl., 2002; Standard Norge, 2013) Formaldehyd er observert til å emittere fra produkter som blant annet trepanel og lateksmaling (Liteplo mfl., 2002, s.9), men den største kilden til formaldehyd kommer ifølge Bernstein mfl. (2008) fra bygningsmaterialer som sponplater og kryssfinér. Dette styrkes av et studie utført av Jeonghoon mfl. (2013) som viser at trematerialer, som pulter og skap, er emisjonskilder til formaldehyd. En annen potensiell kilde til formaldehyd er lim som benyttes til å lime sammen trevirke (Baumann mfl., 2000). Acetaldehyd tilhører også gruppen aldehyder, og er en fargeløs væske, som primært benyttes til fremstilling av andre kjemikalier og benyttes som en komponent i produkter som blant annet lim (U.S. National Library of Medicine, 1983).

Ifølge Marchand mfl. (2006) er formaldehyd vanligvis det aldehydet som forekommer i høyest konsentrasjon i luften. I studiet ble det påvist at formaldehyd og acetaldehyd var to av de tre hoved-aldehydene som ble påvist i innendørs luft i private hjem. Formaldehyd forekom i en konsentrasjon på 13.3-123.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mens acetaldehyd forekom i en konsentrasjon på 3,1-80.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. I studiet utført av Jeonghoon mfl. (2013) ble det påvist at formaldehyd og acetaldehyd i boligers inneluft forekom i konsentrasjoner på henholdsvis 5.5-87.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ og 4.4-79.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Helseeffekter av formaldehyd og acetaldehyd

Lukterskelen for formaldehyd er ifølge en review av Wolkoff og Nielsen (2010) på 0,1 mg/m^3 , og anses ved denne konsentrasjonen og ikke kunne medføre akutt og kronisk sensorisk irritasjon i luftveiene for den generelle befolkningen.

IARC klassifiserer formaldehyd som et karsinogen stoff klasse 1 (Marchand mfl., 2006), som vil si at det er karsinogen for mennesker (IARC, 2016). Kaden mfl. (2010) har ut fra en litteraturvurdering for WHO beskrevet helseeffektene av formaldehyd. Kjemikaliet kan ved innendørs eksponering føre til symptomer som sensorisk irritasjon i øyne og i de øvre luftveier, men det er ved konsentrasjoner $<1 \text{ mg}/\text{m}^3$ ikke påvist målbare helseeffekter på lungene. Assosiasjonen mellom formaldehydeksponering og ondartet kreft i nese-svelg, samt leukemi hos mennesker har blitt observert ved eksponering for høye formaldehydkonsentrasjoner, men det har ikke blitt observert en økt forekomst av kreft i nese-svelg ved en gjennomsnittlig eksponering $\leq 1,25 \text{ mg}/\text{m}^3$ eller ved en toppeksponeeringer $<5 \text{ mg}/\text{m}^3$.

Ifølge IARC (2006, s.439) finnes det tilstrekkelig med bevis på at formaldehyd er kreftfremkallende hos mennesker. I 2010 anbefalte WHO en grenseverdi for formaldehyd på 0,1 mg/m^3 ved en korttidseksponering over 30 minutter, som vil forebygge sensorisk irritasjon i den generelle befolkningen og langtidseffekter som for eksempel kreft (Kaden mfl., 2010).

Anbefalingen av WHO styrkes av en review utført av Nielsen mfl., hvor studier av formaldehyd i etterkant av WHO's anbefaling ble evaluert (Nielsen mfl., 2013). Folkehelseinstituttets anbefalte norm for eksponering av formaldehyd er også satt til 0,1 mg/m^3 over 30 minutter, med begrunnelse om å beskytte personer mot irritasjoner i slimhinnene og utvikling av kreft (Nasjonalt folkehelseinstitutt, 2015). IARC (1999, s.331) kategoriserer acetaldehyd som

karsinogen klasse 2B, som vi si at det er mistenkt for å være karsinogen for mennesker.

2.2.3.3 LCI, Ri-verdi og R-verdi angitt i AgBB

LCI er en grenseverdi for emisjon fra bygningmaterialer fastsatt av AgBB, for bestemmelse av hvor helseskadelig en forbindelse er. LCI-verdien er basert på en konsentrasjon som er såpass lav at personer, også sensitive, skal kunne oppholde seg i et rom over en lengre periode uten at det medfører en helserisiko. Verdien er fastsatt ut fra testkammermetoder og benyttes kun for vurdering av helseeffekter av emisjon fra bygningsmaterialer.

Ved utarbeidelse av LCI-verdier blir det tatt i betraktning at emisjon fra bygningsmaterialer kan forekomme som en blanding av flere forbindelser i inneluften. Det angis av AgBB (2015) at forbindelser med konsentrasjoner $>5\mu\text{g}/\text{m}^3$ ved dag 28, er de forbindelsene som skal medregnes i vurderingen opp mot LCI-verdier. Ri-verdi representerer forbindelsens andel av LCI-verdi, og beregnes ut fra forbindelsens kammerkonsentrasjon dividert på dens LCI-verdi. En Ri-verdi <1 antas og ikke medføre en økt risiko for negative helseeffekter. Summen av Ri-verdier utgjør R-verdien, som skal oppgis dersom det påvises flere forbindelser i konsentrasjoner $>5\mu\text{g}/\text{m}^3$. R-verdien representerer en risiko for at den samlede konsentrasjonen av forbindelser i et bygningsmateriale kan medføre negative helseeffekter. En R-verdi >1 kan medføre en økt risiko for negative helseeffekter.

3 Ventilasjon

I dette kapittel omtales ventilasjon, som er et viktig tiltak for å bedre luftkvaliteten i bygninger. I følge *Veiledning om Klima og luftkvalitet på arbeidsplassen* (bestillingsnr. 444) er formålet med ventilasjon å fjerne eller fortynne forurensninger som på en annen måte ikke kan unngås.

Ventilasjonsbehovet bestemmes ut fra parameterne personbelastning, bygningstype, interiør, installasjoner, og arbeid eller prosess (Arbeidstilsynet, 2013). Kapitlet vil hovedsakelig omhandle ventilasjonsprinsipper, et utvalg av ventilasjonstyper og ventilasjonseffektivitet.

3.1 Ventilasjonsprinsipper

Ved ventilering av høye rom er det viktig å ha kjennskap til følgende prinsipper; varm luft har lavere tetthet enn kald luft og stiger dermed oppover i motsetning til kald luft som synker, tilluftens spredning gjennom hull som dyser eller spalter, og ventilasjonseffektivitet. Med høye rom menes rom med en himlingshøyde på mer enn 4,0 m, eksempelvis idrettshaller. Et problem i høye rom er at luft nær nedkjølte overflater, slik som yttervegger og yttertak, vil danne en kald luftstrøm som øker i mengde og hastighet nedover veggen. Dette vil sette romluften i bevegelse og kunne medføre trekk ved gulvet i sonen nær veggen. Avgitt varme fra personer eller utstyr vil gi en varm luftstrøm som stiger opp mot taket. Varm luft vil kunne “lagres” i rommets øvre del og danne en “varm pute”. I høye rom er tilføring av ventilasjonsluft til oppholdssonen, uten å skape trekk i ulike driftssituasjoner, ofte et problem (Skarland Press, 1998).

3.1.1 Ventilasjonstyper

3.1.1.1 Omrøringsventilasjon

Den mest benyttede ventilasjonstypen i høye rom er omrøringsventilasjon (Skarland Press, 1998), også kalt omblandings- eller fortynningsventilasjon. Omrøringsventilasjon vil si at luften i rommet settes i bevegelse fordi den tilføres i en stor hastighet (Novakovic mfl., 2007, s.257). Luftinntaket er vanligvis plassert utenfor oppholdssonen for å få en redusert lufthastighet og en

jevn temperatur, slik at inn klimaet oppleves som trekkfritt og behagelig. I tillegg fordeles forurensningene homogent i rommet og fjernes ved fortykning (Mathisen og Skåret, 1989).

Ved dimensjonering av denne ventilasjonstypen antas det samme temperatur på tilførseluften og romtemperaturen. Ved kombinasjon med varmluftssystemer tilføres derimot luften med en overtemperatur (Mathisen og Skåret, 1989). Et studie utført av Skåret og Mathisen (1984) viser at når luften overskrider en viss temperatur blir det dannet en tosonesirkulasjon i rommet.

Tosonesirkulasjonen bestod av en øvre sone med varm luft som strømmet rett gjennom og ut, og en nedre sone som stort sett forble uventilert. Ut fra resultatene ble det konkludert at lufta måtte tilføres isotermt eller med en undertemperatur for å sikre en tilstrekkelig omblending.

3.1.1.2 Fortrengningsventilasjon

Ved fortrenningsventilasjon tilføres luften med en lav hastighet ved gulvet, gjerne undertemperert, gjennom en ganske stor overflate slik at mønsteret til luftstrømmen i stor grad bestemmes av de konvektive varmekildene, og trekkes ut i avtrekk som er plassert i takhøyde. En effektiv fortrenningsventilasjon krever store luftmengder, og dersom lufttilførselen er for liten vil omblending forekomme. Fortrenningsventilasjon er best egnet i rom med stor takhøyde over oppholdssonen, samt godt egnet for lokaler som er beregnet for mange mennesker. For at ventilasjonstypen skal fungere optimalt er det viktig med store temperaturforskjeller mellom forurensningskildene og omgivelsene. Ved fortrenningsventilasjon vil forurensningskonsentrasjonen øke med høyden, og vil derfor være høyest ved taket (Stensaas, 2001).

3.1.2 Ventilasjonseffektivitet

Ventilasjonseffektivitet er en av flere ytelsesindikatorer for et ventilasjonssystem, og er et uttrykk for ventilasjonsanleggets evne til å skifte ut romluften på en effektiv måte (Skarland Press, 1998). Ventilasjonseffektivitet kan beskrives som et mål på hvor raskt forurensninger blir transportert ut fra et rom, og er avhengig av luftmengde og rommets volum (Mathisen og Skåret, 1989, s.7), og om de forurensende forbindelsene er tunge, lette eller lignende (Stensaas, 2001). Dersom luften i oppholdssonen og avtrekket er like mye forurenset vil ventilasjonseffektiviteten være 1,0 eller 100%. Avhengig av hvordan luften tilføres og fjernes, vil luften i oppholdssonen bli renere (effektivitet >1) eller mer forurenset (effektivitet <1) enn avtrekksluften (Skarland Press, 1998).

4 Krav og anbefalinger

I dette kapitlet omtales krav og anbefalinger tilknyttet ventilasjon og ventilasjonsbehov i bygningers brukstid, hvorav emisjon fra bygningsmaterialer inngår som en viktig parameter. Det stilles en rekke krav til nybygg og renovering av bygg i norsk lovverk, der plan- og bygningsloven er den overordnede loven. Loven fastsetter blant annet at bygninger som skal benyttes som oppholdsrom for mennesker skal prosjekteres på en måte som bidrar til å oppfylle krav til innemiljø og ventilasjon (Plan- og bygningsloven, §29-5, 2008). Byggteknisk forskrift (TEK 10) har hjemmel i blant annet Plan- og bygningsloven, og vil bli omtalt sammen med anbefalinger gitt i veiledningen til TEK 10, Arbeidstilsynets *Veiledning om Klima og luftkvalitet på arbeidsplassen* (bestillingsnr. 444) og Kultur- og kirkedepartementets *Veileder. Flerbrukshaller. Planlegging, bygging, drift og vedlikehold* (veileder for flerbrukshaller).

Det er også valgt å kartlegge internasjonale krav og anbefalinger tilknyttet ventilasjon og emisjon for sammenligning med de nasjonale, og for å finne ut om det eksisterer mer spesifikke krav for idrettshaller. Svenske, danske og finske krav og anbefalinger vil bli omtalt. I tillegg er det valgt å se på amerikanske anbefalinger av ASHRAE for å få en pekepinn på hvilke anbefalinger som angis utenfor Norden. I tillegg omtales NS-EN 15251 *Inneklimaparametere for dimensjonering og vurdering av bygningers energiytelse inkludert inneluftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustikk*, samt utvalgte merkeordninger.

4.1 Norske krav og anbefalinger

TEK 10 omhandler lovpålagte byggtekniske krav, og stiller generelle krav til ventilasjon og luftkvalitet i bygninger. I henhold til forskriften skal det tas hensyn til romtype, innredning, utstyr og forurensningsbelastning fra materialer, prosesser, personer og husdyr ved dimensjonering av et ventilasjonssystem. I henhold til forskriften skal bygg for publikum og arbeidsbygninger ha en gjennomsnittlig frisklufttilførsel på minimum 7,22 l/s per person ved lett aktivitet, og ved høyere aktivitet skal luftmengden økes for å oppnå en tilfredsstillende

luftkvalitet. I tillegg angis det en verdi på 0,69 l/s pr m² for materialbelastning (TEK 10, 2010, §§13-1,3).

Til tross for få krav i lovverket, angis det veiledende verdier for dimensjonering av ventilasjonssystemer både i veiledningen til TEK10 og i bestillingsnr. 444. Veiledningen til TEK 10 angir samme verdier som forskriften angående person- og materialbelastning for dokumentert lavemitterende materialer, men angir i tillegg at dersom materialer ikke kan dokumenteres til å være lavemitterende skal friskluftstilførselen økes til minimum 1 l/s per m² gulvareal, som er en preakseptert ytelse. Veiledningen angir også at frisklufttilførselen skal vurderes etter følgende forhold: (a) personbelastning, (b) materialbelastning og (c) forurensning fra aktiviteter og prosesser. Ved dimensjonering av ventilasjonssystemer beregnes ventilasjonsmengden ut fra verdiene (a+b) og c. De to verdiene (a+b) og c sammenlignes, og den største verdien blir lagt til grunn ved dimensjonering (Direktoratet for byggkvalitet, 2011).

I bestillingsnr. 444 angis en ventilasjonsmengde på 7-10 l/s per person og et økt behov ved fysisk hardt arbeid. Anbefalt ventilasjonsmengde for dokumenterte lavemitterende materialer er 0,7 l/s per m² gulvareal, mens for udokumentert eller høyemitterende materialer angis det i bestillingsnr. 444 en verdi på 2 l/s per m² gulvareal. Materialer som inngår i kategorien “normale udokumenterte byggematerialer” og som ikke har sterk lukt, skal dimensjoneres for 1,4-2 l/s per m² gulvareal. Ventilasjonsbehovet kan vurderes ut fra a) personbelastning, b) bygning, interiør og installasjoner, og c) arbeid eller prosess, hvor den samlede summen av a, b og c utgjør ventilasjonsbehovet (Arbeidstilsynet, 2013). Ved dimensjonering av ventilasjonssystemer i idrettshaller vil person- og materialbelastning være mest relevant, og det ses derfor bort fra kategori c).

Veilederen for flerbrukshaller er utarbeidet for eiere, planleggere og driftere av idrettsanlegg. Det angis i veilederen en luftmengde på minimum 16,67 l/s per aktive person og 5,56 l/s per tilskuer. I tillegg angis det at idrettshaller bør dimensjoneres med en innetemperatur opp til 22°C og en normal driftstemperatur på 16-18°C, samt at det skal være mulig å regulere temperaturen fra 15 til 22°C med en nøyaktighet på ± 2°C (Corneliussen mfl., 2005).

4.1.1 Bakgrunn for ventilasjonsverdier angitt i bestillingsnr. 444

Bestillingsnr. 444 ble første gang utgitt i 1991, og ble utarbeidet av blant annet Bakke og Vatne. Gjennom mailkorrespondanse med Bakke (2016) og Vatne (2016) kom det frem at kunnskapsunderlaget var for upresist på det tidspunktet anbefalte verdier for fastsettelse av ventilasjonsmengder ble utarbeidet. Ifølge Vatne og Bakke ble ikke rommets volum og takhøyde tatt særlig hensyn til ved fastsettelse av verdier. Vatne angir at persontetthet ble medregnet. Bakke presiserer at verdiene ikke er tilpasset en spesiell type lokale eller romutforming.

Ifølge Vatne ble det ikke utført tester av ventilasjonssystemers funksjon og utforming før fastsettelse av verdier, og det fremgår tildels av bestillingsnr. 444 at ulike ventilasjonstyper kan redusere luftmengdebehovet på grunn av en bedre ventilasjonseffektivitet. Han angir også at 7-10 l/s per person ble vurdert til å gi en akseptabel opplevd luftkvalitet, på bakgrunn av datidens tilgjengelige forskning utført i en lang tradisjon fra Pettenkofer (1858) til Fanger. Verdiene vil være relevante for de fleste arbeidsplasser som veiledningen sikter seg til, da den ble fastsatt på bakgrunn av kontoraktivitet. Det ble derfor ikke sett på som hensiktsmessig å spesifisere luftmengden ved økt aktivitet, annet enn å antyde et behov for økt luftmengde.

4.2 Internasjonale krav og anbefalinger

I henhold til svensk arbeidsmiljølov inngår idrettshaller under offentlige bygg, og skal dimensjoneres etter en ventilasjonsmengde på minimum 7 l/s per person, og med en verdi for materialeemisjon på minimum 0,35 l/s per m² gulvareal (Severinson, 2015). Svenske anbefalinger angir mer spesifikke verdier for idrettshaller, hvor det tas hensyn til dimensjonering av luftmengde både for aktive personer og tilskuere. Anbefalingen er på 15 l/s per person, og i tillegg antas det 150 personer per 100 m² gulvareal (Folkhälsomyndigheten, 2015). Angående emisjon fremkommer det av *Forskrift om kjemiske produkter og biotekniske organismer* at råplater til produksjon av trebaserte plater ikke skal avgi > 130 µg/m³ formaldehyd til inneluften, ved tester som er utført i henhold til svensk standard SA 270236 (1988) eller tilsvarende standard (KIFS, 2008:2, §20-1).

Dansk lovverk angir ingen spesifikke krav til dimensjonering av ventilasjonssystemer i idrettshaller, men angir verdier for ventilasjonsmengde i klasserom på minimum 5 l/s per person og minimum 0,35 l/s per m² gulvareal. Verdiene er ifølge veiledningen til lovverket gjeldende dersom det benyttes lavemitterende bygningsmaterialer i henhold til Dansk Indeklima Mærkning, og materialer som oppfyller disse betingelsene (Bygningsreglementet.dk, 2016). I andre rom enn klasserom, oppholdsrom i daginstitusjoner eller lignende innen kategorien “andre bygninger enn beboelsesbygninger” skal den dimensjonerte ventilasjonsmengden godkjennes av kommunalbestyrelsen i henhold til rom, størrelse og bruksområde. Ifølge BEK nr.289 (1983) §1 skal sponplater, kryssfinérplater og andre lignende plater med lim som avspalter formaldehyd, kun brukes i inventar og lignende dersom det ved emisjonstest avgis formaldehyd til luften med en likevektskonsentrasjon på maksimalt 150 µg/m³.

Finske anbefalinger angir en ventilasjonsmengde på minimum 6 l/s per person, 4 l/s per m² gulvareal for små gymsaler og 2 l/s per m² gulvareal for store gymsaler. Idrettshaller kan med stor sikkerhet sies å være en stor gymsal, og sistnevnte verdi vil derfor være gjeldende for denne bygningstypen. Ifølge den finske byggeforskriften skal bygningers inneluft ikke inneholde en konsentrasjon av formaldehyd >50 µg/m³ (Ministry of the Environment House and Building Department, 2003).

ASHRAE angir en ventilasjonsmengde i gymsaler og idrettsanlegg på minimum 10 l/s per person, gitt en personbelastning på syv personer per 100 m² dersom personbelastningen er ukjent, og minimum 0,9 l/s per m² gulvareal (ASHRAE, 2016).

4.3 Sammenstilling av krav og anbefalinger

En sammenstilling av omtalte nasjonale og internasjonale krav og anbefalinger angående ventilasjonsmengder som benyttes ved dimensjonering av ventilasjonssystemer vises i tabell 4.3.1. Verdier angitt i bestillingsnr. 444 og dansk lovverk er gjeldende for henholdsvis arbeidsplasser og klasserom.

Tabell 4.3.1 Sammenstilling av nasjonale og internasjonale krav og anbefalinger for dimensjonering av ventilasjon for personbelastning og materialbelastning.

Krav og anbefalinger		Personbelastning [l/s pr. pers]	Materialbelastning [l/s pr. m ²]	
			Lavemitterende	Høyemitterende eller udokumentert
Nasjonalt				
Lovverk	TEK 10	7,22	0,69	
Anbefalinger	Veiledning til TEK10	7,22	0,69	1,0
	Bestillingsnr. 444	7-10	0,7	2,0
	Veileder for flerbrukshaller	16,67 (aktiv) 5,56 (tilskuer)	Ikke oppgitt, TEK 10 vil være gjeldende	
Internasjonalt				
Lovverk	Svensk	7	0,35	
	Dansk	5,0	0,35	
Anbefalinger	Svensk	15	-	
	Finsk	6	2,0	
	Amerikansk	10	0,9	

4.4 NS-EN 15251

NS-EN 15251 er en europeisk standard som omhandler inneklimateparametere som påvirker bygningers energiytelse, og er blant annet gjeldende for idrettsanlegg, men er hovedsakelig utarbeidet til bruk i boliger og yrkesbygg. I det nasjonale tillegget i standarden angis det hvilke forurensninger fra bygningsmaterialer og bygningsprodukter til miljøet som skal vurderes og dokumenteres etter egne klasser. Alle overflatedekkende produkter som benyttes i bygningen skal være godkjent etter samme klasse (Standard Norge, 2007).

For at et materiale skal kunne klassifiseres som svært lav- eller lavemitterende materialer i henhold til standarden angir det nasjonale tillegget krav til emisjon av TVOC, formaldehyd, ammoniakk, karsinogene forbindelser (1A og 1B), TSVOC og acetaldehyd fra bygningsmaterialer og bygningsprodukter. Dersom et materiale ikke oppfyller kravene til svært lav- eller lavemitterende

materialer, klassifiseres det som ikke lavemitterende materialer. I oppgaven undersøkes ikke emisjon av ammoniakk og TSVOC, og gulvmaterialene klassifiseres derfor ut fra en samlet vurdering av emisjon av TVOC, formaldehyd, acetaldehyd og karsinogene forbindelser (1A og 1B) (tabell 4.4.1).

Grenseverdien for karsinogene forbindelser (1A og 1B) for svært lavemitterende materialer ved dag 28 er angitt i NS-EN 15251 til å være $\leq 5 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$, mens grenseverdien for lavemitterende materialer er $<5 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$. Det er rimelig å anta at verdien for svært lavemitterende materialer ikke er korrekt, men det har ikke lyktes å få bekreftelse fra Standard Norge angående dette. Med utgangspunkt i en emisjonstest utført av Entwicklungs- und Prueflabor Holztechnologie GmbH (EPH) (Boen Parkett Deutschland GmbH & Co, 2014) som også vurderte resultater i henhold til standarden, angis en verdi på $<2 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ for karsinogene forbindelser for svært lavemitterende materialer. Det er derfor valgt å benytte denne verdien.

Tabell 4.4.1 Krav til emisjon av TVOC, formaldehyd, acetaldehyd og karsinogene forbindelser (1A og 1B) fra bygningsmaterialer og bygningsprodukter for tre bygningsklasser ved dag 3 og 28 etter forsøksstart (Standard Norge, 2007).

Kjemisk forbindelse	Emisjon ved dag 3			Emisjon ved dag 28		
	Klasse I: Svært lavemitterende materialer [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$]	Klasse II: Lavemitterende materialer [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$]	Klasse III: Ikke lavemitterende materialer [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$]	Klasse I: Svært lavemitterende materialer [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$]	Klasse II: Lavemitterende materialer [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$]	Klasse III: Ikke lavemitterende materialer [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$]
TVOC ¹	≤ 950	Ingen krav	Ingen krav	≤ 75	≤ 200	≥ 200
Formaldehyd	≤ 65	Ingen krav	Ingen krav	≤ 20	≤ 50	≥ 50
Karsinogene forbindelser (1A og 1B)	≤ 5	Ingen krav	Ingen krav	< 2	<5	≥ 5
Acetaldehyd	≤ 65	Ingen krav	Ingen krav	Ingen krav	Ingen krav	Ingen krav

¹ Udokumenterte materialer antas å være ikke lavemitterende materialer.

4.5 Relevante merkeordninger

I dette delkapittelet omtales et utvalg av merkeordninger og angitt grenseverdier for emisjon av kjemiske forbindelser fra bygningsmaterialer som benyttes for å styrke vurderingsgrunnlaget for analyseresultene fra emisjonstestene. Merkeordningene *Eurofins Indoor Air Comfort*, *Eurofins Indoor Air Comfort Gold*, *Nordic Ecolabelling*, *Emission Classification of building materials* (M1-ordningen), *AgBB* og *EMICODE* ble studert av Hansen mfl. (2015), og grenseverdier for emisjon angitt i de utvalgte merkeordningene vises i tabell 4.5.1. Det henvises til tabell A.1 (vedlegg A) for en kort beskrivelse av merkeordningene.

Tabell 4.5.1 Grenseverdier for emisjon av VOC, TVOC, formaldehyd, acetaldehyd og karsinogene forbindelser (1A og 1B) fra bygningsmaterialer for merkeordningene *Eurofins Indoor Air Comfort*, *Eurofins Indoor Air Comfort Gold*, *Nordic Ecolabelling*, *Emission Classification of building materials* (M1-ordningen), *AgBB* og *Emicode*.

Merkeordning	<i>Eurofins Indoor Air Comfort</i>		<i>Eurofins Indoor Air Comfort Gold</i> ¹		<i>Nordic Ecolabelling</i>	M1-ordningen ²	<i>AgBB</i>		<i>EMICODE</i> ³	
	Dag 3	Dag 28	Dag 3	Dag 28	Dag 28	Dag 28	Dag 3	Dag 28	Dag 3	Dag 28
Benevning	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ² h]	[µg/m ² h]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]
VOC	-	100	-/50/-	100/50/50	-	-	-	100	40	-
TVOC	10.000	1.000	1/250/1	100/160/100	<200	<200/<400/>400	≤10.000	≤1.000	≤750/≤1.000/≤3.000	≤60/≤100/≤300
Formaldehyd	-	60	-/50	10	<50	<50/<125/>125	-	100	50	-
Acetaldehyd	-	20	-/50	200/200/50	-	-	-	1.200	50	-
Sum karsinogene forbindelser (1A og 1B)	-	1	10	-	-	-	-	-	-	-

¹Verdier gjelder generelt/trebaserte gulv/innendørs lakk og gulvcoating.

² Verdier gjelder for klassifiseringene M1/M2/M3.

³ Verdierne gjelder for EC1^{PLUS}/EC1/EC2.

5 Casehaller

For å få en oversikt over hvilke kriterier som vektlegges ved dimensjonering av ventilasjonssystemer i idrettshaller ble det valgt å studere fire casehaller i Trondheimsregionen, som omtales i dette kapitlet. De utvalgte hallene er Heimdalshallen, KVT-hallen, Byneshallen og Åsveien skole og idrettshall, som alle er oppført i tidsintervallet 2008-2015. Kartlagt informasjon angir dimensjoneringskriterier for ventilasjonssystemene, hallenes dimensjoner, ventilasjonstype, personbelastning, gulvtype og innendørs lufttemperatur.

5.1 Heimdalshallen

Heimdalshallen ble ferdigstilt høsten 2014 og består av flere haller. Den største benyttes som casehall, og har et gulvareal på 1249,8 m² og en takhøyde på 9,5 m, som gir et volum på 11873,1 m³ (Beslag og sikkerhetsrådgivere AS, 2012). Hallen har et kombielastisk sportsgulv, som er et kunstdekke av typen Boflex PULASTIC 2000 TP HPC (high performance combi).

Hallen har omrøringsventilasjon (Aas, 2016) og ventilasjonsmengden er fastsatt til 7,0 l/s per person og 0,7 l/s per m² for materialbelastning (Trondheim eiendom, 2010). Ventilasjonssystemet er ifølge Sund (2016) dimensjonert for en personbelastning på 400. Det har ikke vært mulig å få tak i informasjon om den totale ventilasjonsmengden som ventilasjonssystemet er dimensjonert for. Den operative temperaturen på sommeren skal være minimum 16°C og maksimum 26°C. På vinteren skal temperaturen være maksimum 22°C, og minimum 18°C og 20°C for henholdsvis dag og natt (Norconsult, 2012).

5.2 KVT-hallen

KVT-hallen ble ferdigstilt i 2008, og har et gulvareal på 1249 m² (Alstad, 2016b) og en takhøyde på 10,4 meter (Gården, 2016), som gir et volum på 12989,6 m³. Hallen har et flateelastisk parkettgulv av typen Eik Activity Floor (Skanska, u.å.a; Alstad, 2016a).

Idrettshallen har omrøringsventilasjon (Skanska, u.å.b). Ventilasjonsmengden er fastsatt til 7,0 l/s per person, samt 2,0 l/s per m² gulvareal da benyttede materialer ikke kunne dokumenteres til å være lavt emitterende i henhold til veiledningen til daværende teknisk forskrift, TEK97 (Alstad, 2016b). Ventilasjonssystemet i hallen er ifølge Alstad (2016a) dimensjonert for en ventilasjonsmengde på 13600 m³/h (3777,78 l/s) med en personbelastning på 200 personer. Hallen er dimensjonert etter TEK07 og skal ved middels hardt arbeid ha en operativ temperatur mellom 16-26°C, som er fastsatt ut fra bestemte temperaturverdier for Trondheim (Alstad, 2016b). Hallens driftstemperatur er ifølge Gården (2016) innstilt på 20°C.

5.3 Byneshallen

Byneshallen ble ferdigstilt i 2014 og har et gulvareal på 902,3 m² og en takhøyde på 7,6 m (Grunnan, 2016), som gir et volum på 6857 m³. Hallen har et kombielastisk sportsgulv, som er et kunstdekke av typen TX Sport M Evolution (Unisport, 2014).

Hallen har omrøringsventilasjon (Klefsås, 2016). Ventilasjonsmengden er fastsatt til 7,2 l/s per person og 21,0 l/s per aktive person, samt 1,0 l/s per m² gulvareal for materialbelastning. Verdiene er fastsatt i henhold til TEK10 og Trondheim kommunes prosjekteringsplan (Trondheim kommune, 2011). Idrettshallens ventilasjonssystem er ifølge GK Norge AS (2012) dimensjonert for en ventilasjonsmengde på maksimalt 28000 m³/h (7777,78 l/s) med en maksimal personbelastning på 693 personer. Ved normalsituasjon er den angitte personbelastningen 225 personer. Ved dimensjoneringen ble det tatt utgangspunkt i idrettsarrangementer og gymtimer som aktuelle scenarier, og luftmengden per person ble bestemt på bakgrunn av disse. Eksempelvis en håndballkamp med cirka 20 personer i høy aktivitet og 200 tilskuere og en lav emisjon fra materialer, eller tre skoleklasser med totalt 75 aktive personer og en lav emisjon fra materialer. En optimal temperatur i hallen om sommeren er 24°C og på vinteren 22°C, og en minimums- og maksimumstemperatur på henholdsvis 21°C og 26°C (Trondheim kommune, 2011).

5.4 Åsveien skole og idrettshall

Åsveien skole og idrettshall ble ferdigstilt i 2015 og har et gulvareal på 1155,2 m² og takhøyde på 9,6 m (Solem, 2016), og i tillegg et galleri med et gulvareal på 110,4 m² og en takhøyde på 2,9 m (Eggen Arkitekter AS, 2014). Dette gir tilsammen et volum på 11409,5 m³. Hallen har et kombielastisk sportsgulv, som er et kunstdekke av typen Boflex PULASTIC 2000 TP HPC (Lile, 2016).

Hallen har omrøringsventilasjon (Lile, 2016). Ventilasjonsmengden er fastsatt til 7,2 l/s per person og 1,0 l/s per m² gulvareal for materialbelastning. Hallens ventilasjonssystem er dimensjonert for en ventilasjonsmengde på 19300 m³/h (5361,11 l/s) (Trondheim kommune, 2012b) med en personbelastning på 100 aktive personer og 100 tilskuere (Trondheim kommune, 2012a). Verdiene er fastsatt i henhold til TEK10 og Trondheim kommunes prosjekteringsplan. Optimal temperatur i hallen er 24°C om sommeren og 22°C om vinteren, med en minimums- og maksimumstemperatur på henholdsvis 20°C og 26°C (Trondheim Kommune, 2012b).

5.5 Oversikt over casehaller

I det følgende delkapittelet vises en oversikt over casehallenes gulvtype, ventilasjonstype, volum, og dimensjonerte luftmengde (tabell 5.5.1).

Tabell 5.5.1 Gulvtype, ventilasjonstype, volum, personbelastning og dimensjonert luftmengde i Heimdalshallen, KVT-hallen, Byneshallen og Åsveien skole og idrettshall.

Idrettshall	Gulvtype	Ventilasjons- type	Volum [m³]	Person- belastning [personer]	Dimensjonert luftmengde
Heimdalshallen	Kunstdekke - Boflex Pulastic 2000 TP HPC	Omrøring	1.1873,1	400	Ikke fått oppgitt
KVT-hallen	Parkett - Eik Activity Floor	Omrøring	12.989,6	200	13.600 m ³ /h (3.777,78 l/s)
Byneshallen	Kunstdekke - TX Sport M Evolution	Omrøring	6857	Maksimum: 693 Normal: 225	28.000 m ³ /h (7.777,78 l/s)
Åsveien skole og idrettshall	Kunstdekke - Boflex PULASTIC 2000 TP HPC	Omrøring	11.410,1	100 aktive + 100 tilskuere	19.300 m ³ /h (5.361,11 l/s)

6 Metode

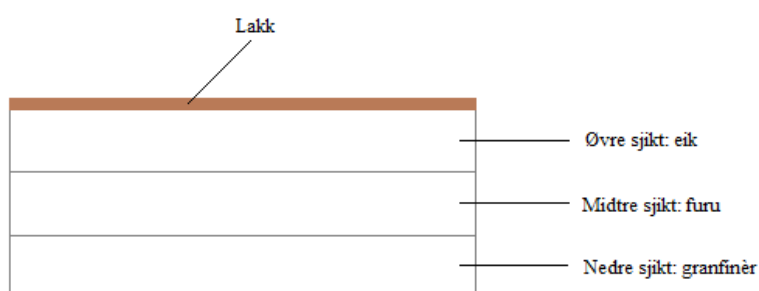
6.1 Eksperimentell metode 1 - emisjon fra gulvmaterialer

Det ble utført emisjonstester av VOC/TVOC, formaldehyd og acetaldehyd fra tre gulvmaterialer i henhold til standard CEN/TS 16516 og ISO 16000-serien. VOC defineres i CEN/TS 16516 som alle flyktige organiske forbindelser som eluerer mellom og inkluderer n-heksan (C_6H_{14}) og n-heksadekan ($C_{16}H_{34}$) på en gasskromatografisk kolonne. TVOC defineres i samme standard som summen av konsentrasjonen av de identifiserte og uidentifiserte VOC som eluerer mellom og inkluderer n-heksan (C_6H_{14}) og n-heksadekan ($C_{16}H_{34}$) på en gasskromatografisk kolonne (Standard Norge, 2013). Analyseresultatene er fremstilt på bakgrunn av disse definisjonene.

6.1.1 Valg av prøvematerialer

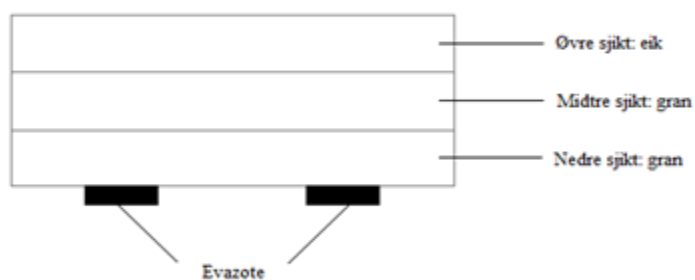
Et utvalg av de mest benyttede gulvmaterialene i idrettshaller ble anskaffet for undersøkelse av emisjon av VOC/TVOC, formaldehyd og acetaldehyd i et forsøkskammer. Materialene som ble anskaffet var to parkettgulv (parkett 1 og parkett 2), og ett kunstdekke uten underkonstruksjon. Materialene ble levert til NTNU i midten av desember 2015.

Som det fremgår av figur 6.1.1.1 består parkett 1 av tre sjikt, der det øvre sjiktet er av eik, det midtre av furu og det nedre av granfinér (Kährs, 2008). Hvert bord har dimensjonene 2423mm x 200mm x 30mm og er 3-stavs bord (Kährs, u.å.). Materialet er ferdiglakkert med en silkematt (Kährs, 2008) polyuretan/akrylbasert lakk (artikkelnummer 303N19EK50KW 0) (Kährs, u.å.).



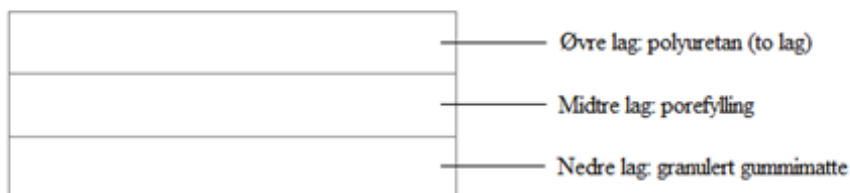
Figur 6.1.1.1 Parkett 1 som består av tre sjikt, der det øvre er av eik, det midtre av furu og det nedre av granfinér, og over det øvre sjiktet er det påført lakk.

Parkett 2 består av tre sjikt, der det øvre sjiktet er av eik, og det midtre og nedre av gran (figur 6.1.1.2). Hvert bord har dimensjonene 2200mm x 137 mm x 28mm, og består av parkettbord med to striper med Evazote 50 (10mm x 10mm og 3,5mm x 20mm) som er festet med lim på undersiden av bordet (Boen Sport, u.å.).



Figur 6.1.1.2 Parkett 2 som består av tre sjikt, der det øvre er av eik, det midtre og nedre av gran, og med Evazote-striper festet på undersiden.

Som det fremgår av figur 6.1.1.3 består kunstdekke av tre lag, der det øvre er et sømløst polyuretanlag (to lag) med en tykkelse på cirka 2 mm, det midtre er et porefyllingslag og det nedre består av en 10 mm tykk granulert gummimatte. Materialet har en total tykkelse på 12 mm (Descol, 2011). Ifølge leverandøren er gulvet merket etter M1-ordningen, klasse 1 (LGA QualiTest GmbH, 2007).



Figur 6.1.1.3 Kunstdekke som består av tre lag, der det øvre er av polyuretan (to lag), det midtre er et porefyllingslag og det nederste består av en granulert gummimatte.

6.1.2 Instrumentering

6.1.2.1 Forsøkskammer

Forsøkskammeret som ble benyttet i forsøkene er av typen VCE 8000/S og er produsert av Vötsch Industrietechnik GmbH. Kammeret er laget av et korrosjonsbestandig materiale (Vötsch Industrietechnik GmbH, 2009) og har følgende indre mål; bredde 1,70 m, dybde 2,14 m og høyde 1,75 m, som gir et indre volum på 6,3665 m³. Klimabetingelser i forsøkskammeret ble innstilt som vist i tabell 6.1.2.1.1. Det var ikke mulig å innstille luftskifte i forsøkskammeret, men det ble likevel tatt hensyn til ved å beregne kammerets volumstrøm. En volumstrøm på 53,05 l/min gir et luftskifte på 0,5 h⁻¹ (vedlegg B.1).

Tabell 6.1.2.1.1 Innstilte klimabetingelser i forsøkskammeret.

Klimaparameter	Innstilt verdi
Temperatur	23°C
Relativ fuktighet (RH)	50 %
Volumstrøm	53,05 l/min
Viftehastighet	30 %

6.1.2.2 Instrumenter og utstyr

I det følgende delkapittelet beskrives instrumenter og utstyr som ble benyttet til prøvetaking og analysering av VOC/TVOC, formaldehyd og acetaldehyd.

Prøvetakingspumper:

2 stk. SKC 224-PCTX8.

1 stk. SKC 44XR Universal Sample Pump.

Alle pumpene er designet for low flow single-tube.

Kalibrering av pumper:

Defender 530-Standardized and Volumetric Primary Flow Standard.

Prøvetakingsmedium:

VOC/TVOC:

Tenax[®] TA sorbent (250 mg) i rør (Tenax[®] TA-sorbentrør). Plomberingstopper av metall.

Formaldehyd og acetaldehyd:

Glassør med innhold av DNPH-dekket silika-gel med ultralav bakgrunn (2,4-dinitrofenylhydrazin) (300+150 mg). Plomberingstopper av plast.

Kobling:

2 stk. fastmonterte teflonkoblinger i forsøkskammerets uttakspunkter.

Analyseinstrument:

VOC/TVOC:

NTNU: Agilent Technologies 5975T LTM-GC/MSD-system i kombinasjon med Markes International Series 2 Ultra TD Autosampler og Markes International Series 2 Unity Thermal desorber.

Eurofins: ATD/GC/MS: Agilent GC 7890A, MS 5975C triple-axis detector, Perkin Elmer Turbomatrix 350 ATD.

Formaldehyd og acetaldehyd:

Eurofins: UHPLC: Agilent 1290 med DAD detektor

Kolonne:

VOC/TVOC:

NTNU: Agilent J&W DB-1. Upolar kolonne, 100% dimetylpolysiloksan. Lengde: 30 m. Indre diameter: 0,25 mm. Filmtykkelse: 0,25 µm.

Eurofins: Agilent J&W HP-5MS, ikke-polar kapillær kolonne, 5% fenylmetylpolysiloksan. Lengde: 12-60 m. Indre diameter: 0,18-0,82 mm. Filmtykkelse: 0,10-1 µm.

Formaldehyd og acetaldehyd:

Eurofins: Phenomenex Kinetex C18.

6.1.3 Prøvetaking og analysering

6.1.3.1 VOC/TVOC

Ved prøvetakingen av VOC/TVOC ble pumpene kalibrert til en flow på 100 ml/min. Det ble tatt to prøveparalleller med henholdsvis 2,5 og 5,0 L med Tenax[®] TA sorbentør som ble koblet til forsøkskammerets to uttakspunkt med teflonkoblinger. Etter endt prøvetaking ble flow kontrollert. Sorbentørene ble oppbevart i en emisjonsfri beholder ved -18°C før prøvetaking, og ved 4°C etter prøvetaking og frem til analysering. Det ble tatt prøver av VOC/TVOC både til analysering ved laboratoriet ved NTNU og ved Eurofins.

6.1.3.2 Formaldehyd og acetaldehyd

Ved prøvetaking av formaldehyd og acetaldehyd ble pumpene kalibrert til en flow på 330 ml/min, som angitt av Eurofins. Det ble tatt to prøveparalleller med 35,0 L med DNPH-rør som ble koblet til forsøkskammerets to uttakspunkt med teflonkoblinger. Etter endt prøvetaking ble flow kontrollert. DNPH-rørene ble oppbevart i en emisjonsfri beholder ved -18°C før prøvetaking, og ved 4°C etter prøvetaking og frem til analysering ved Eurofins.

6.1.4 Forsøksplan

Det ble utført tre forsøk, hvorav to med parkettgulv og ett med kunstdekke. Nullpunkt for emisjonstesting (dag 0) av prøvematerialene defineres som tidspunktet når et prøvemateriale plasseres i forsøkskammeret.

Alle forsøkene hadde en varighet på 28 dager, og materialene forble i kammeret under hele forsøksperioden. Prøvetakingstidspunkt for VOC/TVOC, formaldehyd og acetaldehyd som ble analysert ved Eurofins vises i tabell 6.1.4.1, og for VOC/TVOC som ble analysert ved NTNU i tabell 6.1.4.2.

Tabell 6.1.4.1 Dager for prøvetaking av VOC/TVOC, formaldehyd og acetaldehyd etter forsøksstart for analysering ved Eurofins.

Forbindelse	Prøvetakingsdag etter forsøksstart		
	VOC/TVOC	3	7
Formaldehyd og acetaldehyd	3	7	28

Tabell 6.1.4.2 Dager for prøvetaking av VOC/TVOC etter forsøksstart for analysering ved NTNU.

Forbindelse	Prøvetakingsdag etter forsøksstart						
	VOC/TVOC	1	2	3	4	5/10 ¹	7

¹ Prøvetakingen ble utført ved dag 5 eller dag 10.

6.1.5 Oppbevaring av prøvematerialet

Ved ankomst NTNU var parkett 1 innpakket i en lufttett emballasje og delvis tildekket med papp. Parkett 2 var innpakket i en brutt emballasje, og de åpne områdene ble derfor tildekket med aluminiumsfolie. Kunstdekke var rullet sammen med overflaten vendt innover og den midtre delen av rullen var dekket med plastfolie. Rullen ble derfor tildekket med svarte plastsekker. Prøvematerialene ble lagret ved normale innendørsforhold, samt beskyttet mot intensivt lys, kjemikalieeksponering og mekaniske skader.

6.1.6 Forsøksoppstilling

I henhold til Det europeiske referanserom, angitt i CEN/TS 16516, skal det benyttes en belastningsfaktor på $0,4 \text{ m}^2/\text{m}^3$ for gulv, som beregnes ut fra angitt kammervolum. Belastningsfaktoren skal ikke være $<50 \%$ eller $>200 \%$ av den spesifiserte belastningsfaktoren, og heller ikke overstige $2,0 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Tabell 6.1.6.1 angir prøvematerialenes areal og belastningsfaktor.

Tabell 6.1.6.1 Prøvematerialenes areal og beregnet belastningsfaktor.

Prøvemateriale	Areal [m^2]	Belastningsfaktor [m^2/m^3]
Parkett 1	2,59 (1,85m x 1,4m)	0,4068
Parkett 2	2,55 (1,86 m x 1,37m)	0,4005
Kunstdekke	2,59 (1,85m x 1,4 m)	0,4068

Ved prøvetaking ble prøvematerialet plassert i sentrum av forsøkskammeret for å sikre at luftstrømmen ble jevnt fordelt over materialets emitterende overflate. Plassering av parkett 1, parkett 2 og kunstdekket vises i henholdsvis figur 6.1.6.1, 6.1.6.2 og 6.1.6.3.



Figur 6.1.6.1 Plassering av parkett 1 i forsøkskammer.



Figur 6.1.6.2 Plassering av parkett 2 i forsøkskammer.



Figur 6.1.6.3 Plassering av kunstdekke i forsøkskammer.

6.1.7 Prosedyre

Dag 0: Vask av forsøkskammer og forsøksstart

Kammeret ble vasket innvendig i forkant av forsøksstart. Overflatene ble først påført 2 % Ekstran (Ekstran MA 02 neutral) blandet med destillert vann, deretter vasket med destillert vann og til slutt desinfisert med 99,9 % Etanol (Absolutt alkohol prima).

Materialet ble tatt ut av innpakningen og tilpasset riktig areal før det ble montert og plassert i kammeret, som spesifisert under forsøksoppstilling (kapittel 6.1.6). Kantene ble dekket med aluminiumsfolie før kammeret ble lukket. Personen som monterte og plasserte gulvet benyttet en heldekkende drakt og skotrek for å hindre kontaminasjon av kammeret.

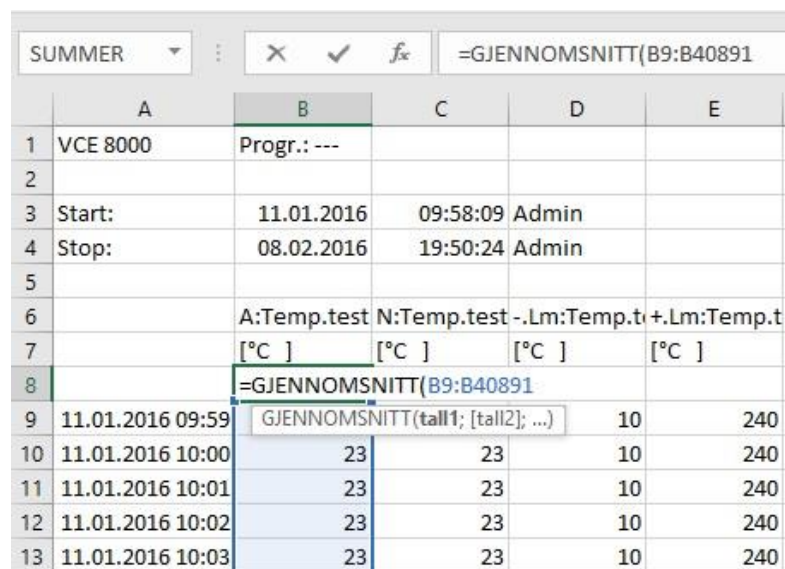
Dag 1 - 28: Prøvetaking

Det ble tatt prøver av VOC/TVOC, formaldehyd og acetaldehyd fra luften i forsøkskammeret som spesifisert under prøvetaking (kapittel 6.1.3) og forsøksplan (kapittel 6.1.4).

6.1.8 Databehandling

6.1.8.1 Klimaparametere i forsøkskammer

Klimaparameterne temperatur, relativ fuktighet og volumstrøm i forsøkskammeret ble logget hvert minutt og lagret i programmet *S!mpati versjon 4.4.4.1*. Dette ble utført for alle tre prøvematerialene, som dermed gav tre datasett. Datasettene ble overført til Microsoft Excel. Det eksisterer ikke data fra de første 30 minuttene etter kammerstart for hvert forsøk, og det ble derfor valgt å benytte data fra dette tidspunktet og til fem minutter etter siste prøvetaking. Det ble beregnet gjennomsnitt (figur 6.1.8.1.1) og standardavvik (figur 6.1.8.1.2) av klimaparameterne for hvert datasett.



The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

	A	B	C	D	E	
1	VCE 8000	Progr.: ---				
2						
3	Start:	11.01.2016	09:58:09	Admin		
4	Stop:	08.02.2016	19:50:24	Admin		
5						
6		A:Temp.test	N:Temp.test	-.Lm:Temp.t	+Lm:Temp.t	
7		[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	
8		=GJENNOMSNIITT(B9:B40891				
9	11.01.2016 09:59	GJENNOMSNIITT(tall1; [tall2]; ...)			10	240
10	11.01.2016 10:00	23	23	10	240	
11	11.01.2016 10:01	23	23	10	240	
12	11.01.2016 10:02	23	23	10	240	
13	11.01.2016 10:03	23	23	10	240	

Figur 6.1.8.1.1 Eksempel på beregning av gjennomsnitt i Microsoft Excel fra datasett av klimaparameterne i forsøkskammeret.

	A	B	C	D	E
1	VCE 8000	Progr.: ---			
2					
3	Start:	11.01.2016	09:58:09	Admin	
4	Stop:	08.02.2016	19:50:24	Admin	
5					
6		A:Temp.test	N:Temp.test	-Lm:Temp.t	+Lm:Temp.t
7		[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
8		23,00	=STDAV.P(B9:B40891		
9	11.01.2016 09:59	23	STDAV.P(tall1; [tall2]; ...)	0	240
10	11.01.2016 10:00	23	23	10	240
11	11.01.2016 10:01	23	23	10	240
12	11.01.2016 10:02	23	23	10	240
13	11.01.2016 10:03	23	23	10	240

Figur 6.1.8.1.2 Eksempel på beregning av standardavvik i Microsoft Excel fra datasett av klimaparameterne i forsøkskammeret.

6.1.8.2 Analyseresultater

I det følgende omtales databehandling av analyseresultater av VOC/TVOC, formaldehyd og acetaldehyd av prøver tatt ved dag 3, 7 og 28 som ble tilsendt av Eurofins. Databehandling av analyseresultater av VOC/TVOC fra NTNU skulle også blitt omtalt, men på grunn av tekniske problemer med analyseringen ble de dessverre forsinket og resultater foreligger derfor ikke i oppgaven. Konsentrasjon av VOC i forsøkskammeret oppgis både som kammerkonsentrasjon og toluen-ekvivalenter. Ved omtale av toluen-ekvivalenter presiseres det at det ikke er det samme som kammerkonsentrasjon.

Det ble manuelt beregnet avvik av kammerkonsentrasjonen av VOC som ble påvist i begge parallellene, 2,5 og 5 L. Ved avvik <15% mellom parallellene ble konsentrasjon for 5,0 L benyttet, og ved avvik >15% ble den høyeste konsentrasjonen benyttet. Kammerkonsentrasjonen av VOC som kun ble påvist i en av parallellene ble inkludert. Ikke identifiserte stoffer med retensjonstider som skiller <0,02 minutt mellom de to parallellene, 2,5 og 5 L, antas å være samme stoff. For formaldehyd og acetaldehyd ble gjennomsnittsverdien av kammerkonsentrasjonene for de to parallellene, begge 35,0 L, beregnet manuelt.

I henhold til CEN-TS 16516 skal påvirkningen emisjonen har på luftkonsentrasjonen i referanserommet kalkuleres. Teoretisk sett skal konsentrasjonene være like, men datalogging av volumstrøm i forsøkskammeret viser en noe lavere volumstrøm enn hva kammeret var innstilt på, som medfører et lavere luftskifte. Dette gav en liten reduksjon i konsentrasjonen av de kjemiske forbindelsene i referanserommet, sammenlignet med kammerkonsentrasjonen. Eksempel på en beregning vises i vedlegg B.3 (vedlegg B). Det er valgt og ikke fremstille referanserom-konsentrasjonen for flere forbindelser, da konsentrasjonen er tilnærmet lik konsentrasjonen i forsøkskammeret.

Analyseresultatene ble overført til Google Sheets. Det ble oppgitt CAS-nummer for de identifiserte forbindelsene, og TVOC ble beregnet ved å summere toluen-ekvivalenter for VOC som forekom i konsentrasjoner $>5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Videre ble det beregnet spesifikk emisjonsrate (SER) for VOC, formaldehyd og acetaldehyd som forekom i en konsentrasjon $>5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. SER for TVOC ble beregnet ved bruk av toluen-ekvivalenter (figur 6.1.8.2.1). Sum av ikke identifiserte forbindelser og forbindelser uten LCI-verdi ble summert. Det ble også angitt hvilke kjemiske forbindelser som er karsinogene klasse 1A og 1B i henhold til Regulation (EC) No. 1272/2008.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Gulvareal	2.59 m ²						
2	Kammervolum	6.3665 m ³						
3	Luftskifte	0.4884 h ⁻¹						
4	Tabell 1a							
5	Prøvemateriale: Parkett 1				Emisjon, dag 3			
6	VOC [mg/m ³]	CAS-nr.	ID-kat.	Retensjonstid [min]	Kammerkons. [μg/m ³]	Toluenekvivalent [μg/m ³]	SERa* [μg/m ² h]	Kammerkons. [μg/m ³]
7	TVOC mg/m ³	-	-	-	2,817	2,519	3,025	4,225
8	n-Pentan	109-66-0	2	1.92/1.93/1.88	1,100	1,100	=(E8*B2*B3)/B1	2,500
9	Ikke identifisert	-	4	-/-/2.13	-	-	-	-
10	Syklopentan	287-92-3	2	-/2.20/-	-	-	-	150
11	Ikke identifisert	-	4	2.21/-/-	42	42	50	-
12	Eddiksyre	64-19-7	1	2.25/2.27/2.15	250	23	300.1	320

Figur 6.1.8.2.1 Eksempel på beregning av spesifikk emisjonsrate (SER) fra parkett 1 ved dag 3 (n-pentan).

Emisjonskurver for TVOC, formaldehyd og acetaldehyd ble grafisk fremstilt ved bruk av SER sammen med grenseverdier for svært lav- og lavemitterende materialer i henhold til NS-EN 15251. I henhold til Eurofins er usikkerheten av de rapporterte resultatene $\pm 20\%$, som ble inkludert i den grafiske fremstillingen. Emisjonskurver for de fire kjemiske forbindelsene som forekom i høyest konsentrasjon ved dag 28 ble også fremstilt grafisk ved bruk av kammerkonsentrasjon.

De kjemiske forbindelsene med angitt LCI-verdi i henhold til AGBB, og som forekom i kammerkonsentrasjoner $>5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ved dag 28 ble angitt i egne tabeller. Det ble beregnet Ri-verdi for disse forbindelsene, som videre ble summert til en R-verdi. I tillegg ble det angitt om de er kategorisert innenfor de fire utvalgte helsekategoriene *karsinogenitet*, *reproduksjonsskadelig*, *åndedrett- eller hudsensibilisering* og *arvestoffskadelig* i henhold til Regulation (EC) No. 1272/2008.

6.1.9 Vurdering av resultater

Ved vurdering av resultatene ble kammerkonsentrasjonen benyttet for alle kjemiske forbindelser, mens toluen-ekvivalenter ble benyttet for TVOC. Resultatene ble vurdert i henhold til angitte grenseverdier for emisjon av TVOC, formaldehyd, acetaldehyd og karsinogene forbindelser (1A og 1B) i henhold til NS-EN 15251, for å kunne klassifisere gulvene som svært lav-, lav- eller ikke lavemitterende materialer.

Emisjonen av TVOC, formaldehyd, acetaldehyd, karsinogene forbindelser klasse 1A og 1B ble også vurdert i henhold til verdier angitt i utvalgte merkeordninger. Videre ble forbindelsene med angitt LCI-verdi vurdert i henhold til de fire utvalgte helsekategoriene.

6.2 Eksperimentell metode 2 – inneklimatesting i casehaller

6.2.1 Valg av casehaller

Heimdalshallen og KVT-hallen ble valgt som casehaller for undersøkelse av inneklimatesting i idrettshaller. Parametrene som ble undersøkt var CO₂, temperatur og relativ fuktighet. Målingene ble utført i november 2015.

6.2.2 Instrumentering

I det følgende beskrives instrumenter og utstyr som ble benyttet til å måle CO₂, temperatur og relativ fuktighet.

Målestasjoner:

Netatmo Weather Station for Smartphone, som består av tre moduler som måler inneklimatesting. Kun to av de tre modulene hadde innebygd CO₂-måler, og det ble derfor kun målt CO₂ i 0 og 1,2 m høyde. Temperaturen måles i området 0-50°C ($\pm 0,3^\circ\text{C}$), relativ fuktighet i området 0-100% ($\pm 3\%$) og CO₂ i området 0-5000 ppm ($\pm 5\%$) (Netatmo, u.å.).

Måleapplikasjon:

Netatmo, som er en tilhørende applikasjon som viser oversikten over de ulike klimatestingene CO₂, temperatur og relativ fuktighet.

6.2.3 Forsøksplan

Det ble utført to forsøk, ett i Heimdalshallen og ett i KVT-hallen. Nullpunkt for undersøkelse av inneklimatesting (dag 0) defineres som tidspunktet når Netatmo Weather Station tilkoples internett.

Alle forsøkene hadde en varighet på 7 dager, hvor måleutstyret var plassert på samme sted under hele forsøksperioden. Det ble utført målinger hvert 30. minutt. Dato, samt start- og sluttidspunkt for målingene i hallene vises i tabell 6.2.3.1.

Tabell 6.2.3.1 Oversikt over dato, samt start- og sluttidspunkt for målinger av inneklimateparameterne i Heimdalshallen og KVT-hallen.

Hall	Startdato og -tidspunkt		Sluttdato og -tidspunkt	
Heimdalshallen	10.november 2015	kl.12.14	17.november 2015	Kl.10:44
KVT-hallen	19.november 2015	kl.12.45	26.november 2015	kl.08:45

6.2.4 Forsøksoppstilling

Måleutstyrets tre moduler ble plassert i hallens midterste del i høydene 0 m (modul 1), 1,2 m (modul 2) og 3,0 m (modul 3), som tilsvarer henholdsvis gulvnivå, barns pustesone og område ovenfor oppholdssonen. Modulene var beskyttet mot fysiske påkjenninger og festet med teip uten at modulenes sensorer ble tildekket (figur 6.2.4.1 og 6.2.4.2).



Figur 6.2.4.1 Modul 3 festet til basketballoppheng i 3,0 m høyde i Heimdalshallen.



Figur 6.2.4.2 Modul 2 festet til veggen i 1,2 m høyde i Heimdalshallen.

6.2.5 Prosedyre

Dag 0: Modulene ble kalibrert utendørs i 15 minutter, deretter plassert og festet som beskrevet under forsøksoppstilling (kapittel 6.2.4).

Dag 0-7: Målinger ble utført i henhold til forsøksplan (kapittel 6.2.3), og måleutstyret ble tatt ned ved dag 7.

6.2.6 Databehandling

Måledata av CO₂, temperatur og relativ fuktighet for hvert 30.minutt ble overført fra Netatmo Weather Stations tilhørende applikasjon, til Microsoft Excel. Det ble videre beregnet gjennomsnittsverdier, samt maksimum- og minimumsverdier av måledata. Deretter ble resultater av de målte klimaparameterne i de tre høydene for begge casehallene fremstilt grafisk.

6.2.7 Vurdering av resultater

Resultater av CO₂- og temperaturmålingene i casehallene ble vurdert opp mot nasjonale anbefalte verdier. Resultatene av temperaturmålingene ble i tillegg vurdert i henhold til forsøkskammerets temperatur. Det ble valgt og ikke vurdere målingene av relativ fuktighet, da grad av relevans tilknyttet emisjon er usikker og at relativ fuktighet i innemiljøet styres av værforhold.

6.3 Innhenting av informasjon

6.3.1 Casehaller

For å kartlegge hvilke faktorer som vektlegges ved dimensjonering av ventilasjonssystemer i idrettshaller, ble det anskaffet informasjon om de fire casehallenes ventilasjonssystem, dimensjoner, personbelastning og gulvtype. Informasjonen ble anskaffet fra interne dokumenter i de ulike hallene og gjennom mailkorrespondanse med informanter som har kjennskap til hallene.

Ved bygging av KVT-hallen var Skanska totalentreprenør. Informasjon om hallen ble derfor innhentet fra prosjektsjef ved Skanska Tekniske Entrepriser AS, og fra hallens driftsleder. Informasjon om Heimdalshallen ble hovedsakelig anskaffet fra hallens bestyrer, og fra en dokumentert totalentreprise utarbeidet av HENT som var totalentreprenør ved bygging av hallen.

Trondheim kommune er eier av både Byneshallen og Åsveien skole og idrettshall. Informasjon om Byneshallen ble anskaffet fra avdelingsleder for entreprise/prosjektutvikler ved GK Inneklima AS og fra anleggsleder for NCC Construction AS samt fra prosjektutvikler/prosjektleder ved utbyggingsenheten i Trondheim kommune. Informasjon om hallen ved Åsveien skole og idrettshall ble anskaffet fra prosjektutvikler/miljøkoordinator ved utbyggingsenheten i Trondheim kommune og fra Eggen Arkitekter som var utførende arkitektfirma for hallen.

6.3.2 Bestillingsnr. 444

For innhenting av informasjon angående bakgrunnen for fastsatte verdier i bestillingsnr. 444, ble personer som var med i utarbeidelsen av denne veiledningen kontaktet. Informasjonen ble innhentet via mailkorrespondanse med tidligere senioringeniør Frode Vatne i Arbeidstilsynet og overlege Jan Vilhelm Bakke i Arbeidstilsynet.

7 Resultat

I dette kapittelet vil resultater fra utførte emisjonstester presenteres, og sammenlignes opp mot grenseverdier angitt i NS-EN 15251 og utvalgte merkeordninger. Videre vil resultater fra målinger av CO₂, temperatur og relativ fuktighet i to av casehallene fremstilles.

7.1 Klimaparametere i forsøkskammer

Klimaparameterne temperatur, relativ luftfuktighet og volumstrøm i forsøkskammeret ble under alle forsøkene innstilt som angitt i tabell 7.1.1. Tabellen viser i tillegg gjennomsnittsverdier og standardavvik for klimaparameterne for hvert av forsøkene.

Tabell 7.1.1 Krav til temperatur, relativ fuktighet og volumstrøm angitt i CEN/TS 16516 og innstilte klimaparametere i forsøkskammer ved emisjonstesting av parkett 1, parkett 2 og kunstdekke, samt gjennomsnitt og standardavvik for parameterne under forsøkene.

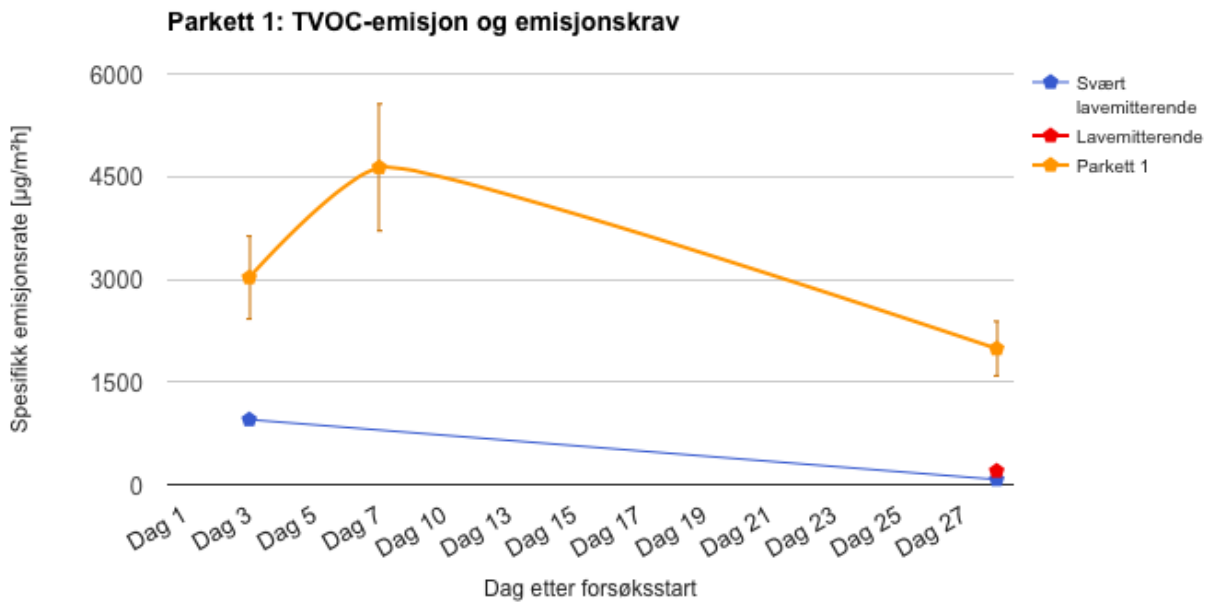
Klimaparametere	Parkett 1	Parkett 2	Kunstdekke
Temperatur [°C]			
Krav	23 ±1	23 ± 1	23 ± 1
Kammerinnstilling	23	23	23
Gj.snitt og st.avvik	23,00 ± 0,033	23,00 ± 0,036	23,00 ± 0,078
Relativ fuktighet [%]			
Krav	50 ± 5	50 ± 5	50 ± 5
Kammerinnstilling	50	50	50
Gj.snitt og st.avvik	50,00 ± 0,108	50,003 ± 0,122	50,01 ± 0,390
Volumstrøm [l/min]			
Kammerinnstilling	53,05	53,05	53,05
Gj.snitt og st.avvik	51,82 ± 0,326	51,85 ± 0,235	51,85 ± 0,240

7.2 Resultater fra emisjonstester

Analyseresultater av emisjonstestene for de tre prøvematerialene fremstilles med grenseverdier for TVOC, formaldehyd, acetaldehyd og karsinogene forbindelser (1A og 1B) angitt i NS-EN 15251. Kjemiske forbindelser, som er oppført med LCI-verdi i AgBB, vurderes i henhold til risiko for negative helseeffekter ved å se på de ulike forbindelsenes Ri og summen av disse. I tillegg fremstilles de identifiserte kjemiske forbindelsenes potensielle helseeffekter i henhold til de fire utvalgte helsekategoriene *karsinogenitet*, *reproduksjonsskadelig*, *åndedrett- eller hudsensibilisering* og *arvestoffskadelig*, for å kunne vurdere om gulvmaterialene kan medføre en økt helserisiko for brukere av idrettshaller. Fremstillingene baserer seg på verdier angitt i vedlegg C.1-C.9, og for tydelig grafiske fremstillinger benyttes det ulike verdier på x- og y-aksen.

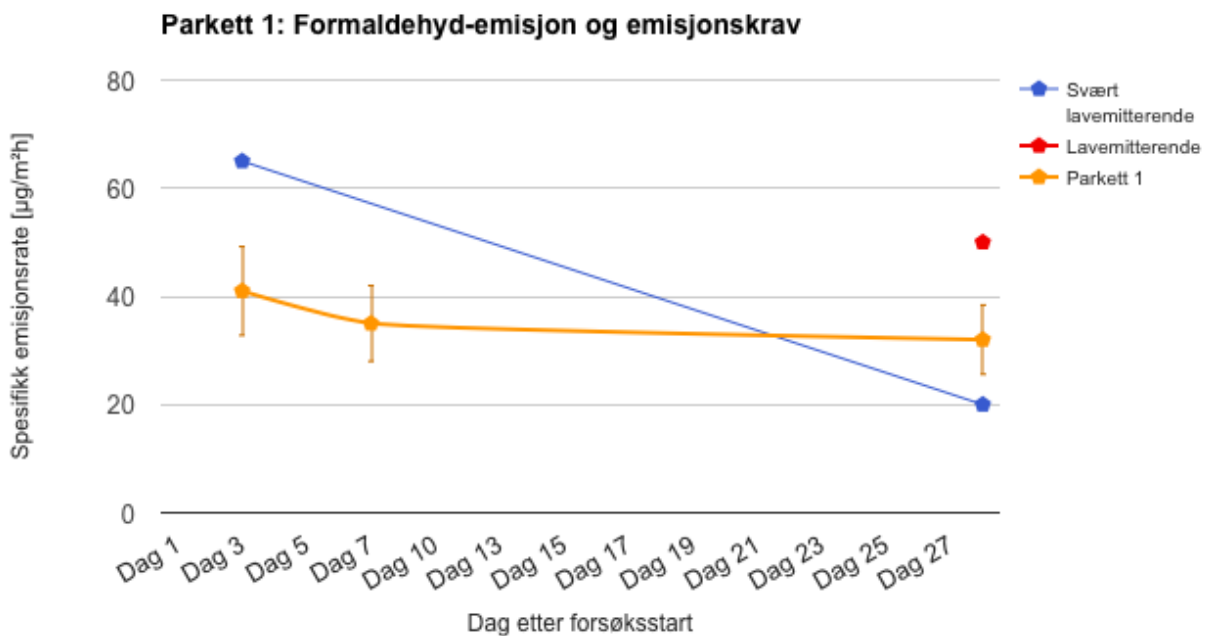
7.2.1 Parkett 1

Emisjonsforløpet til TVOC for parkett 1 fra dag 3 til 28 etter forsøksstart vises i figur 7.2.1.1, med verdier angitt i $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$. Som det fremkommer av figuren øker emisjonen fra dag 3 til 7 og synker deretter frem til dag 28. Det fremkommer også at TVOC-emisjonen overstiger grenseverdiene i henhold til NS-15251 for svært lavemitterende materialer ved dag 3 med $2.075 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ og ved dag 28 med cirka $1.920 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$. Grenseverdien for lavemitterende materialer ved dag 28 overskrides med cirka $1.790 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$. Emisjonen av TVOC overskrider grenseverdiene for disse kategoriene også når en måleusikkerhet på $\pm 20\%$ inkluderes.



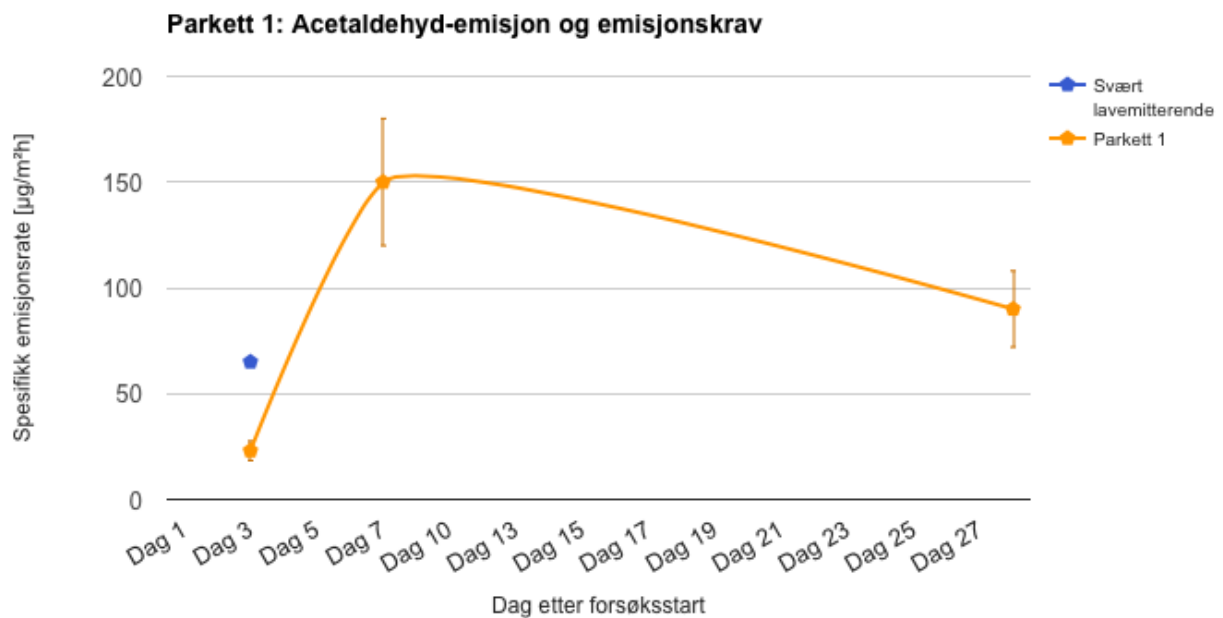
Figur 7.2.1.1 Emisjonsforløpet til TVOC angitt som spesifikk emisjonsrate [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$] for parkett 1 fra dag 3 til 28 etter forsøksstart med en måleusikkerhet på $\pm 20\%$, og grenseverdier for emisjon av TVOC ved dag 3 og 28 for svært lav- og lavemitterende materialer angitt i NS-EN 15251.

Som det fremkommer av figur 7.2.1.2 er emisjonsforløpet til formaldehyd for parkett 1 annerledes enn emisjonsforløpet til TVOC. Formaldehydemisjonen reduseres fra dag 3 til dag 7 etter forsøksstart, mens emisjonskurven deretter flater ut og viser en tilnærmet lik emisjon mellom dag 7 og 28. Som det fremkommer av figuren er formaldehydemisjonen ved dag 3 under grenseverdien for svært lavemitterende materialer angitt i NS-EN 15251, men overskrider grenseverdien ved dag 28. Emisjonen av denne forbindelsen ligger derimot under grenseverdien for lavemitterende materialer ved dag 28 med cirka $20 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$. Samme kategorisering i henhold til standarden er gjeldende når måleusikkerheten på $\pm 20\%$ inkluderes.



Figur 7.2.1.2 Emisjonsforløpet til formaldehyd angitt som spesifikk emisjonsrate [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$] for parkett 1 fra dag 3 til 28 etter forsøksstart med en måleusikkerhet på $\pm 20\%$, og grenseverdier for emisjon av formaldehyd ved dag 3 og 28 for svært lav- og lavemitterende materialer angitt i NS-EN 15251.

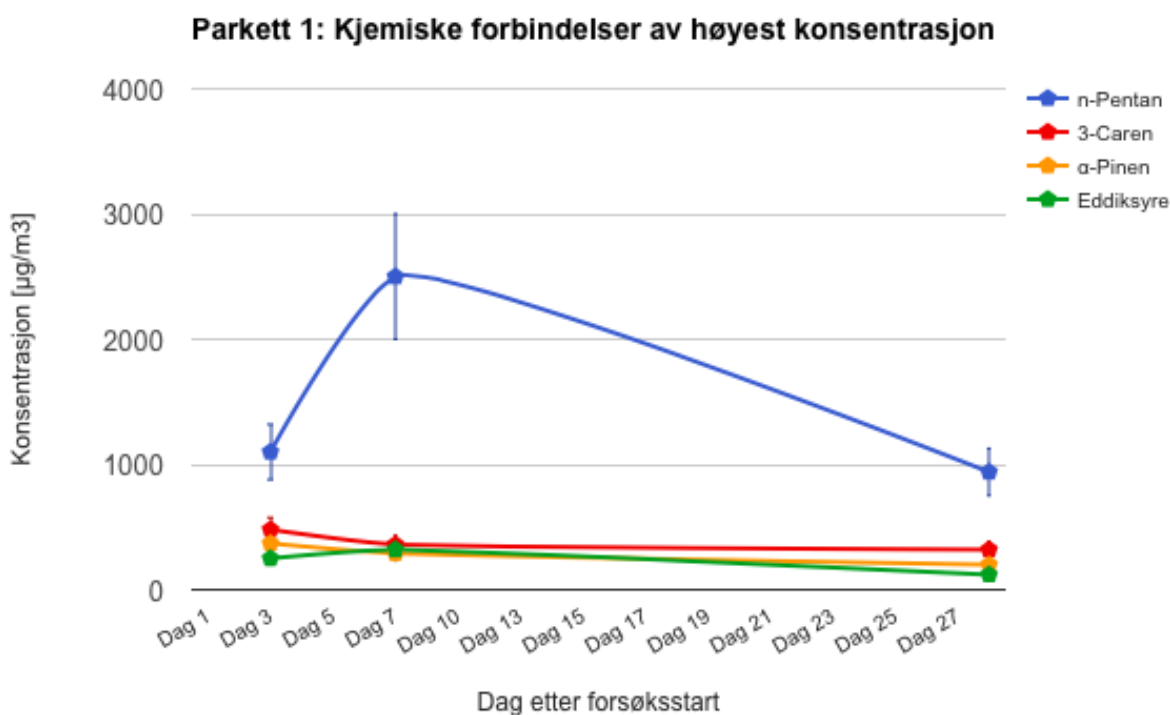
Når det gjelder emisjonen av acetaldehyd fra parkett 1, kommer det frem av figur 7.2.1.3 at emisjonskurven har en bratt stigning mellom dag 3 og 7 etter forsøksstart, men synker deretter frem til dag 28. NS-EN 15251 angir grenseverdi for emisjon av denne kjemiske forbindelsen kun ved dag 3, og som det kommer frem av figuren er emisjonen ved dette tidspunktet cirka 40 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ under grenseverdien for svært lavemitterende materialer. Måleusikkerheten på $\pm 20\%$ endrer ikke denne kategoriseringen.



Figur 7.2.1.3 Emisjonsforløpet til acetaldehyd angitt som spesifikk emisjonsrate [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$] for parkett 1 fra dag 3 til 28 etter forsøksstart med en måleusikkerhet på $\pm 20\%$, og grenseverdi for emisjon av acetaldehyd ved dag 3 for svært lavemitterende materialer angitt i NS-EN 15251.

Emisjonsforløpet til de fire forbindelsene med høyest kammerkonsentrasjon ved dag 28 for parkett 1 vises i figur 7.2.1.4. Måleusikkerheten på $\pm 20\%$ fremgår også av figuren.

Forbindelsene utgjør cirka 86 % av TVOC-konsentrasjonen. Som det fremkommer av figuren har 3-carene, α -pinen og eddiksyre svært like emisjonskurver som endres lite i løpet av forsøket. Emisjonen av n-pentan øker mellom dag 3 og 7, men reduseres deretter frem til dag 28. Med unntak av n-pentan, har alle forbindelsene angitt LCI-verdi i AgBB, men ingen av de er kategorisert innen de fire utvalgte helsekategoriene.



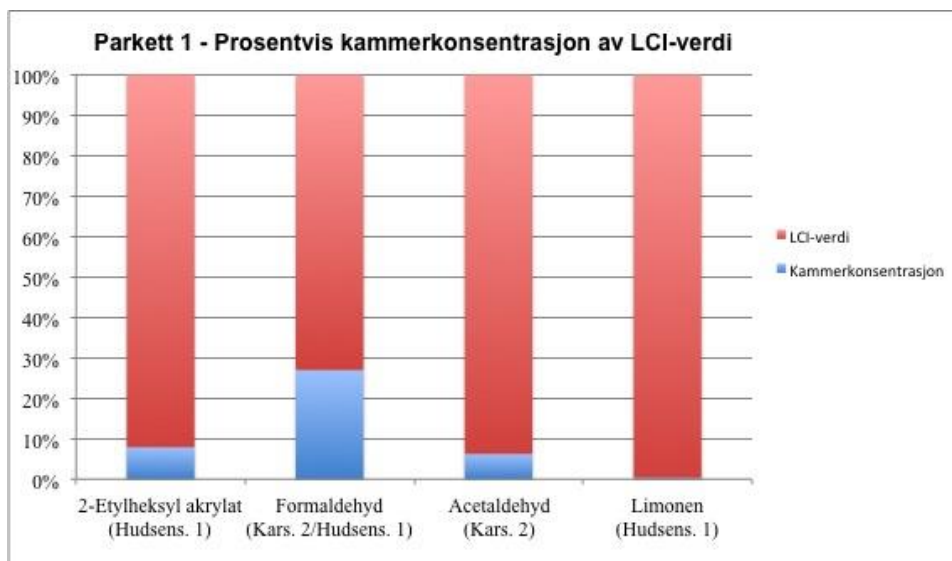
Figur 7.2.1.4 Emisjonsforløpet til de fire kjemiske forbindelsene med høyest kammerkonsentrasjon [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] fra dag 3 til 28 etter forsøksstart for parkett 1 med en måleusikkerhet på $\pm 20\%$.

De identifiserte forbindelsene fra parkett 1 ved dag 28 som har angitt LCI-verdi i AgBB, og hvilke av forbindelsene som er kategorisert innen en eller flere av de utvalgte helsekategoriene i henhold til Regulation (EC) No. 1272/2008, vises i tabell 7.2.1.1. 2-etylheksyl akrylat, limonen og formaldehyd kategoriseres som hudsensibiliserende stoffer klasse 1, som vil si at de kan være sensibiliserende ved hudkontakt. Formaldehyd og acetaldehyd kategoriseres som karsinogene stoffer klasse 2, som vil si at de er mistenkt for å være kreftfremkallende (The European Parliament and the Council of the European Union, 2008). Som det fremkommer av figur 7.2.1.5 forekommer 2-etylheksyl akrylat og acetaldehyd i konsentrasjoner som utgjør henholdsvis 7,9 og 6,3 % av LCI-verdien, mens limonen kan anses som neglisjerbar da forekomsten kun utgjør 0,3 % av LCI-verdien. Formaldehyd utgjør den største andelen av LCI-verdien, med 27 %.

Tabell 7.2.1.1 Identifiserte kjemiske forbindelser ved dag 28 fra parkett 1 med angitt LCI-verdi i AgBB, og hvilke av disse som er kategorisert innen helsekategoriene karsinogenitet, reproduksjonsskadelig, åndedrett- eller hudsensibilisering og arvestoffskadelig i henhold til Regulation (EC) No. 1272/2008, stoffenes Ri-verdi angis også.

Prøvemateriale: Parkett 1		Helsekategorier iht. Regulation (EC) no. 1272/2008				Emisjon ved dag 28		
Kjemiske forbindelser	CAS-nr.	Karsinogenitet	Reproduksjons-skadelig	Åndedrett- eller hudsensibiliserende	Arvestoff-skadelig	Kammerkons. [µg/m ³]	LCI [µg/m ³]	Ri-verdi [µg/m ³]
Eddiksyre	64-19-7	-	-	-	-	120	1.250	0,096
Sykloheksan	110-82-7	-	-	-	-	10	6.000	0,002
1-Pentanol	71-41-0	-	-	-	-	6,1	730	0,008
Heksanal	66-25-1	-	-	-	-	35	900	0,039
Sykloheksanon	108-94-1	-	-	-	-	6,2	410	0,015
α-Pinen	80-56-8	-	-	-	-	200	2.500	0,080
β-Pinen	127-91-3	-	-	-	-	6,9	1.400	0,005
3-Caren	13466-78-9	-	-	-	-	320	1.500	0,213
Limonen	138-86-3	-	-	Hudsens. 1	-	16	5.000	0,003
2-Etylheksyl akrylat	103 -11-7	-	-	Hudsens. 1	-	30	380	0,079
Formaldehyd	50-00-0	Kars. 2	-	Hudsens. 1	-	27	100 ¹	0,265
Acetaldehyd	75-07-0	Kars. 2	-	-	-	75	1.200 ¹	0,063
R-verdi								0,868

¹LCI-verdi gjelder for VVOC



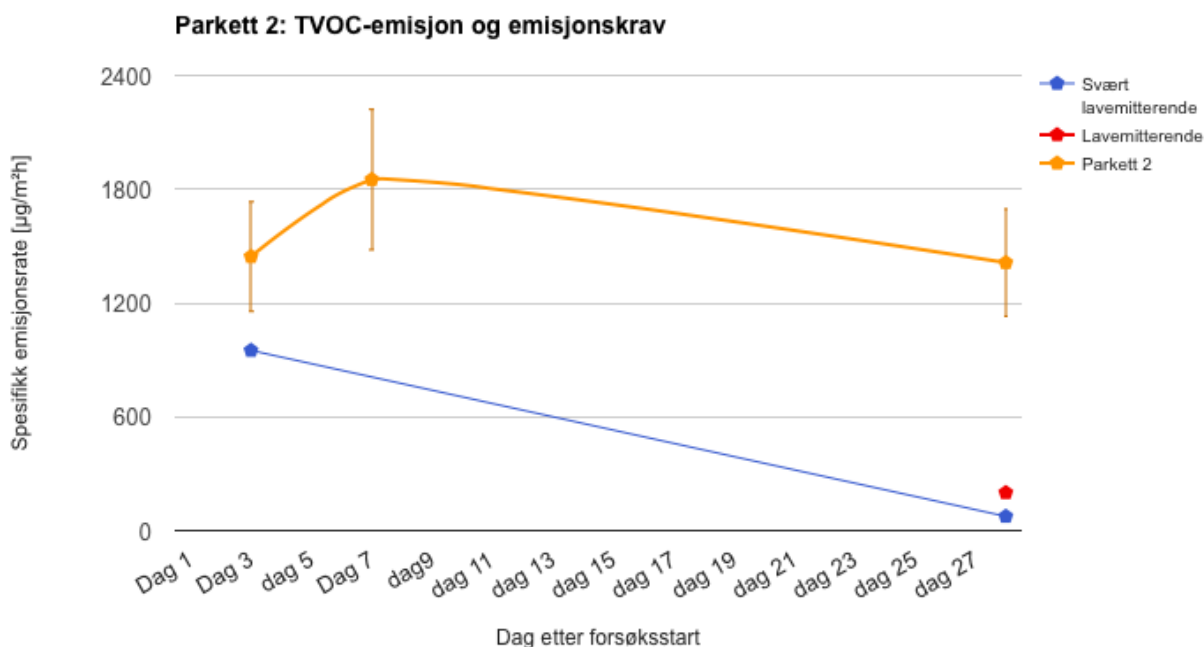
Figur 7.2.1.5 Prosentvis emisjon av LCI-verdi (angitt i AgBB) av 2-etylheksyl akrylat, formaldehyd, acetaldehyd og limonen fra parkett 1 ved dag 28 etter forsøksstart, samt om de er karsinogen, reproduksjonsskadelig, åndedrett- eller hudsensibiliserende og/eller arvestoffskadelig i henhold til Regulation (EC) No. 1272/2008.

Når det gjelder emisjon av karsinogene forbindelser innen klasse 1A og 1B fra parkett 1, er det kun benzen (klasse 1A) som er identifisert. Karsinogen klasse 1A betyr at forbindelsen er karsinogen for mennesker (The European Parliament and the Council of the European Union, 2008). Benzen har en spesifikk emisjonsrate på $2,3 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ ved dag 3 etter forsøksstart, som er over grenseverdien angitt i NS-EN 15251 for svært lavemitterende materialer og under grenseverdien for lavemitterende materialer.

Parkett 1 kan på grunnlag av emisjonsresultatene kategoriseres som *ikke lavemitterende materialer* i henhold til NS-EN 15251. Det er TVOC-emisjonen som er avgjørende for at gulvet havner i denne kategorien, siden materialet er lavemitterende i henhold til formaldehydemisjonen, mens emisjonen av acetaldehyd og kreftfremkallende forbindelser tilsier at materialet er svært lavemitterende.

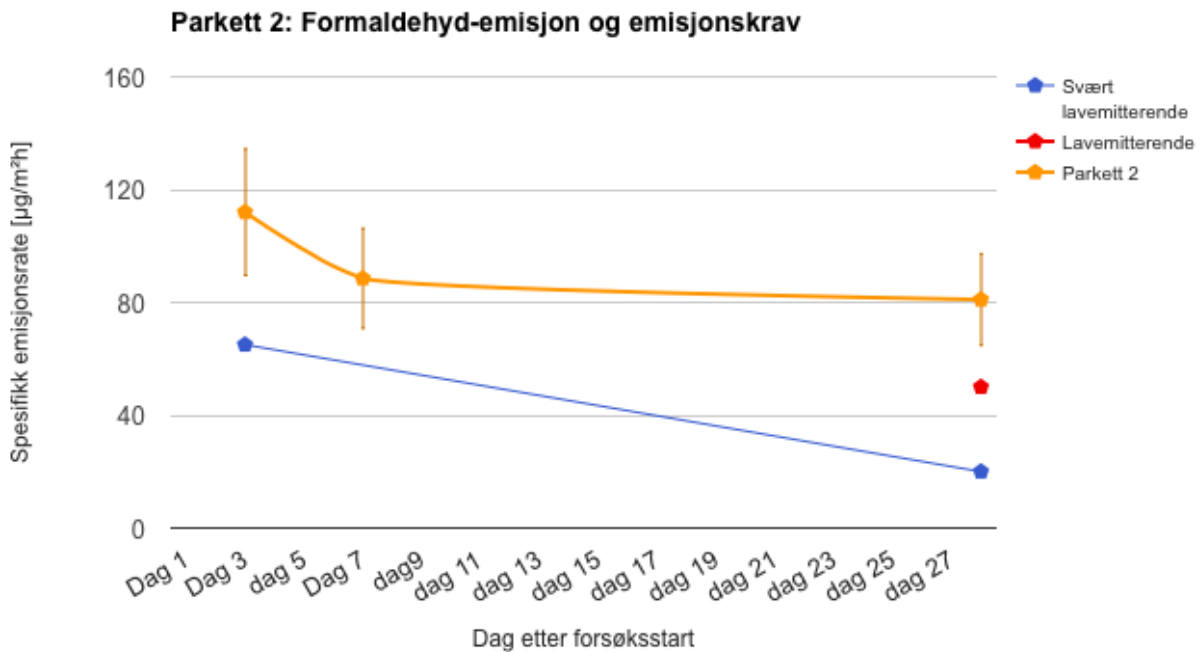
7.2.2 Parkett 2

Emisjonsforløpet til TVOC for parkett 2 fra dag 3 til 28 etter forsøksstart vises i figur 7.2.2.1, med verdier oppgitt i $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$. Som det fremkommer av figuren øker emisjonen fra dag 3 til 7, og synker deretter synker frem til dag 28. Figuren angir også grenseverdier for TVOC-emisjon i henhold til NS-EN 15251. Ved dag 3 overskrider grenseverdien for svært lavemitterende materialer med cirka $500 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$, og ved dag 28 med cirka $1.340 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$. Grenseverdien for lavemitterende materialer ved dag 28 overskrider også, med cirka $1.210 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$. Kategorisering av parkett 2 i henhold til NS-EN 15251 gjelder også når måleusikkerheten på $\pm 20\%$ inkluderes.



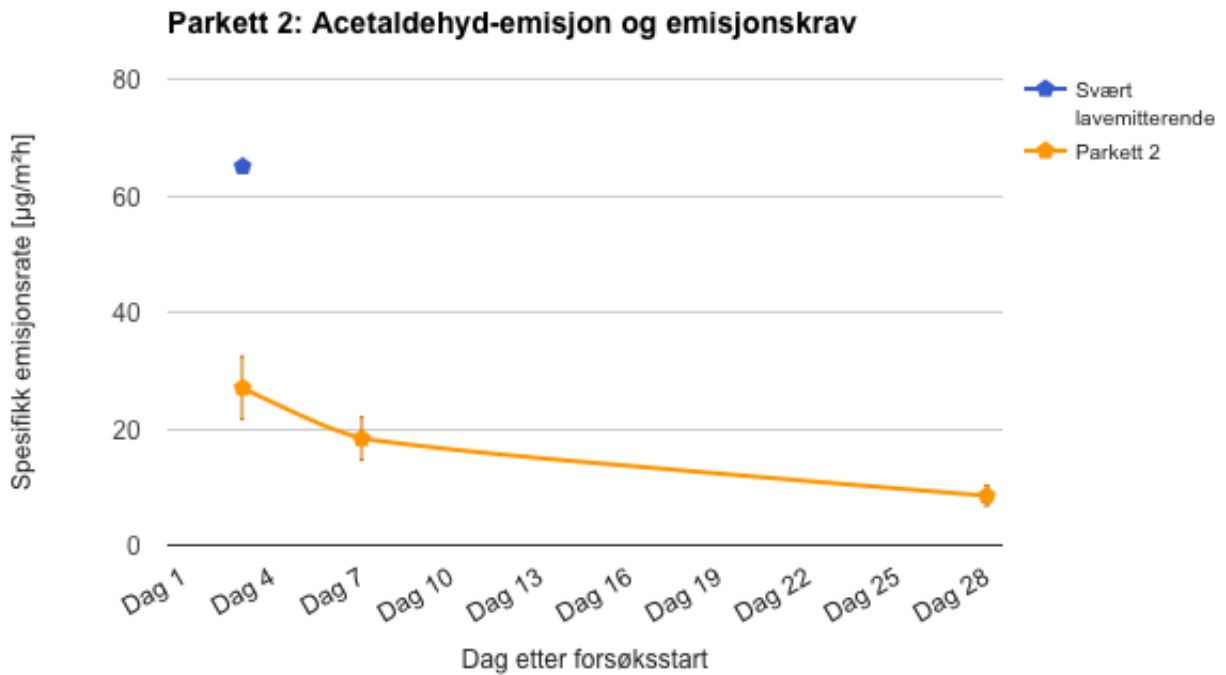
Figur 7.2.2.1 Emisjonsforløpet til TVOC angitt som spesifikk emisjonsrate [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$] for parkett 2 fra dag 3 til 28 etter forsøksstart med en måleusikkerhet på $\pm 20\%$, og grenseverdier for emisjon av TVOC ved dag 3 og 28 for svært lav- og lavemitterende materialer angitt i NS-EN 15251.

Som det fremkommer av figur 7.2.2.2 er det emisjonsforløpet til formaldehyd for parkett 2 annerledes enn emisjonsforløpet til TVOC. Formaldehydemisjonen reduseres med cirka 24 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ fra dag 3 til 7 etter forsøksstart, mens emisjonen mellom dag 7 og 28 er tilnærmet lik. Det fremkommer også av figuren at formaldehydemisjonen overskrider grenseverdien for svært lavemitterende materialer ved dag 3 og 28 i henhold til NS-EN 15251, med henholdsvis cirka 50 og 60 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$. I tillegg overskrides grenseverdien for lavemitterende materialer ved dag 28 med cirka 30 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$. Grenseverdiene overskrides også når målesikkerheten på $\pm 20\%$ inkluderes.



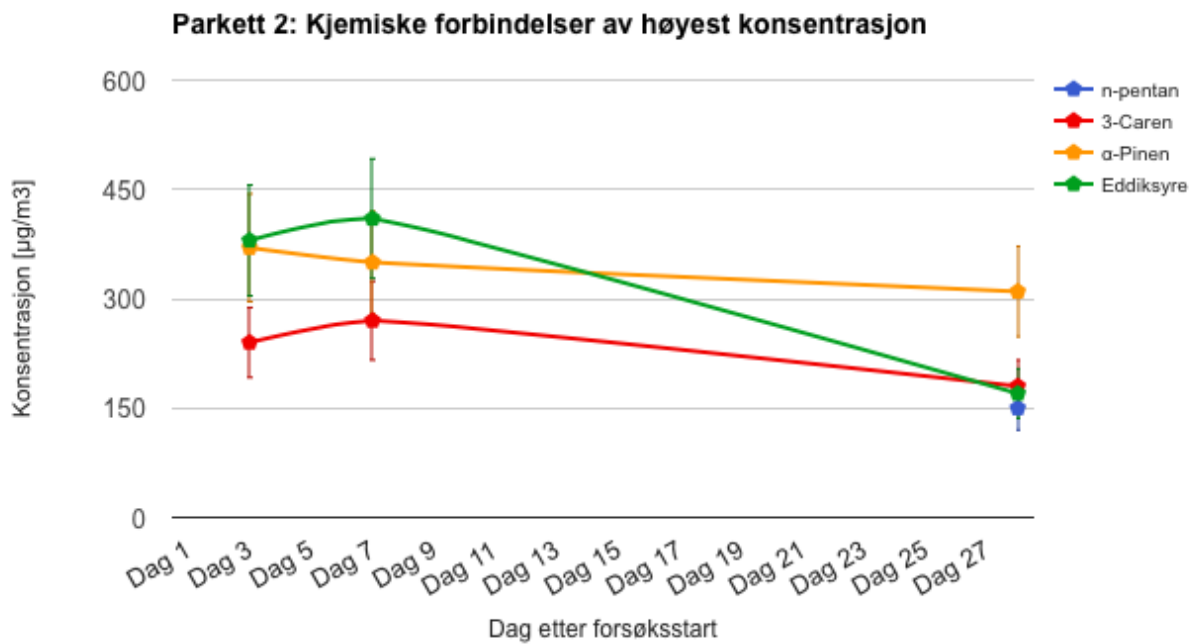
Figur 7.2.2.2 Emisjonsforløpet til formaldehyd angitt som spesifikk emisjonsrate [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$] for parkett 2 fra dag 3 til 28 etter forsøksstart med en målesikkerhet på $\pm 20\%$, og grenseverdier for emisjon av formaldehyd ved dag 3 og 28 for svært lav- og lavemitterende materialer angitt i NS-EN 15251.

Når det gjelder emisjon av acetaldehyd fra parkett 2, kommer det frem av figur 7.2.2.3 at emisjonen mellom dag 3 og 7 etter forsøksstart reduseres med cirka $9 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$, og videre med cirka $10 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ mellom dag 7 og 28. NS-EN 15251 angir grenseverdi for denne kjemiske forbindelsen kun ved dag 3, og som det fremkommer av figuren er emisjonen på dette tidspunktet er cirka $40 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ under grenseverdien for svært lavemitterende materialer. Kategoriseringen endres ikke når måleusikkerheten på $\pm 20\%$ inkluderes.



Figur 7.2.2.3 Emisjonsforløpet til acetaldehyd angitt som spesifikk emisjonsrate [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$] for parkett 2 fra dag 3 til 28 etter forsøksstart med en måleusikkerhet på $\pm 20\%$, og grenseverdi for emisjon av acetaldehyd ved dag 3 for svært lavemitterende materialer angitt i NS-EN 15251.

Emisjonsforløpet til de fire forbindelsene med høyest konsentrasjon ved dag 28 for parkett 2 vises i figur 7.2.2.4. Måleusikkerheten på $\pm 20\%$ fremgår også av figuren. Forbindelsene utgjør cirka 86 % av TVOC-konsentrasjonen. Som det fremkommer av figuren øker emisjonen av eddiksyre og 3-caren mellom dag 3 og 7 etter forsøksstart, mens emisjonen av α -pinen reduseres i denne perioden. Emisjonen av eddiksyre, 3-caren og α -pinen synker mellom dag 7 og 28, der eddiksyre har en betraktelig brattere emisjonskurve enn de to andre forbindelsene. n-Pentan er kun påvist ved dag 28, og forekommer i en lavere konsentrasjon enn de tre andre forbindelsene på dette tidspunktet. De fire forbindelsene, med unntak av n-Pentan har angitt LCI-verdi i AgBB, men ingen av de er kategorisert innen de fire utvalgte helsekategoriene.



Figur 7.2.2.4 Emisjonsforløpet til de fire kjemiske forbindelsene med høyest kammerkonsentrasjon [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] fra dag 3 til 28 etter forsøksstart for parkett 2 med en måleusikkerhet på $\pm 20\%$.

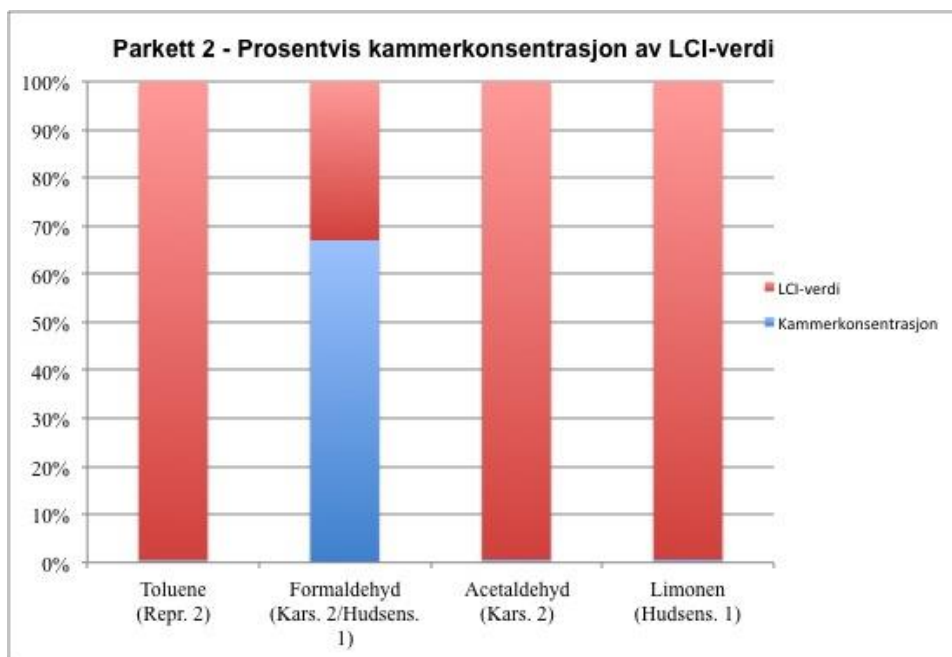
De identifiserte stoffene fra parkett 2 ved dag 28 som har angitt LCI-verdi i AgBB, og hvilke av stoffene som er kategorisert innen en eller flere av de utvalgte helsekategoriene i henhold til Regulation (EC) No. 1272/2008, vises i tabell 7.2.2.1. Formaldehyd og limonen er kategorisert som hudsensibiliserende klasse 1, og formaldehyd og acetaldehyd som karsinogene forbindelser klasse 2. Toluen er kategorisert som reproduksjonsskadelig klasse 2, som vil si at forbindelsen er mistenkt for å være reproduksjonsskadelig (The European Parliament and the Council of the European Union, 2008). Som det fremkommer av figur 7.2.2.5 forekommer toluen, acetaldehyd og limonen i nesten neglisjerbare konsentrasjoner, og utgjør henholdsvis 0,5, 0,58, og 0,6 % av LCI-verdien. Formaldehyd utgjør, som for parkett 1, den største andelen av LCI-verdi, med 67 %.

Tabell 7.2.2.1 Identifiserte kjemiske forbindelser ved dag 28 fra parkett 2 med angitt LCI-verdi i AgBB, og hvilke av disse som er kategorisert innen helsekategoriene karsinogenitet, reproduksjonsskadelig, åndedrett- eller hudsensibilisering og arvestoffskadelig i henhold til Regulation (EC) No. 1272/2008, stoffenes Ri-verdi angis også.

Prøvemateriale: Parkett 2		Helsekategorier iht. Regulation (EC) No. 1272/2008				Emisjon ved dag 28		
Kjemiske forbindelser	CAS-nr.	Karsinogenitet	Reproduksjons-skadelig	Åndedrett- eller hudsensibilisering	Arvestoff-skadelig	Kammerkons. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	LCI-verdi [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Ri-verdi
Eddiksyre	64-19-7	-	-	-	-	170	1.250	0,136
1-Butanol	71-36-3	-	-	-	-	4,7	3.000	0,002
Sykloheksan	110-82-7	-	-	-	-	19	6.000	0,003
Pentanal	110-62-3	-	-	-	-	8,9	800	0,011
n-Heptan	142-82-5	-	-	-	-	3,8	21.000	0,000
Toluen	108-88-3	-	Repr. klasse 2	-	-	15	2.900	0,005
Heksanal	66-25-1	-	-	-	-	53	900	0,059
Furfural	98-01-1	Kars. klasse 2	-	-	-	3,0	20	0,150
p-Xylen	106-42-3	-	-	-	-	2,9	500	0,006
Sykloheksanon	108-94-1	-	-	-	-	4,1	410	0,010
Styren	100-42-5	-	-	-	-	9,5	250	0,038
Butylglykol	111-76-2	-	-	-	-	2,0	1.100	0,002
α -Pinen	80-56-8	-	-	-	-	310	2.500	0,124
m-Cymen	535-77-3	-	-	-	-	8,7	1.000	0,009
Heksansyre	142-62-1	-	-	-	-	21	490	0,043
β -Pinen	127-91-3	-	-	-	-	14	1.400	0,010
3-Caren	13466-78-9	-	-	-	-	180	1.500	0,120

Prøvemateriale: Parkett 2		Helsekategorier iht. Regulation (EC) No. 1272/2008				Emisjon ved dag 28		
Kjemiske forbindelser	CAS-nr.	Karsinogenitet	Reproduksjons-skadelig	Åndedrett- eller hudsensibilisering	Arvestoff-skadelig	Kammerkons. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	LCI-verdi [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Ri-verdi
p-Cymen	99-87-6	-	-	-	-	14	1.000	0,014
2-Etyl-1-heksanol	104-76-7	-	-	-	-	3,7	300	0,012
Limonen	138-86-3	-	-	Hudsens. klasse 1	-	30	5.000	0,006
Dekametyl-syklopenta-siloksan	541-02-6	-	-	-	-	7,1	1.500	0,005
Formaldehyd	50-00-0	Kars. klasse 2	-	Hudsens. klasse 1	-	67	100 ¹	0,665
Acetaldehyd	75-07-0	Kars. klasse 2	-	-	-	7	1.200 ¹	0,006
R-verdi								1,253

¹LCI-verdi gjelder for VVOC

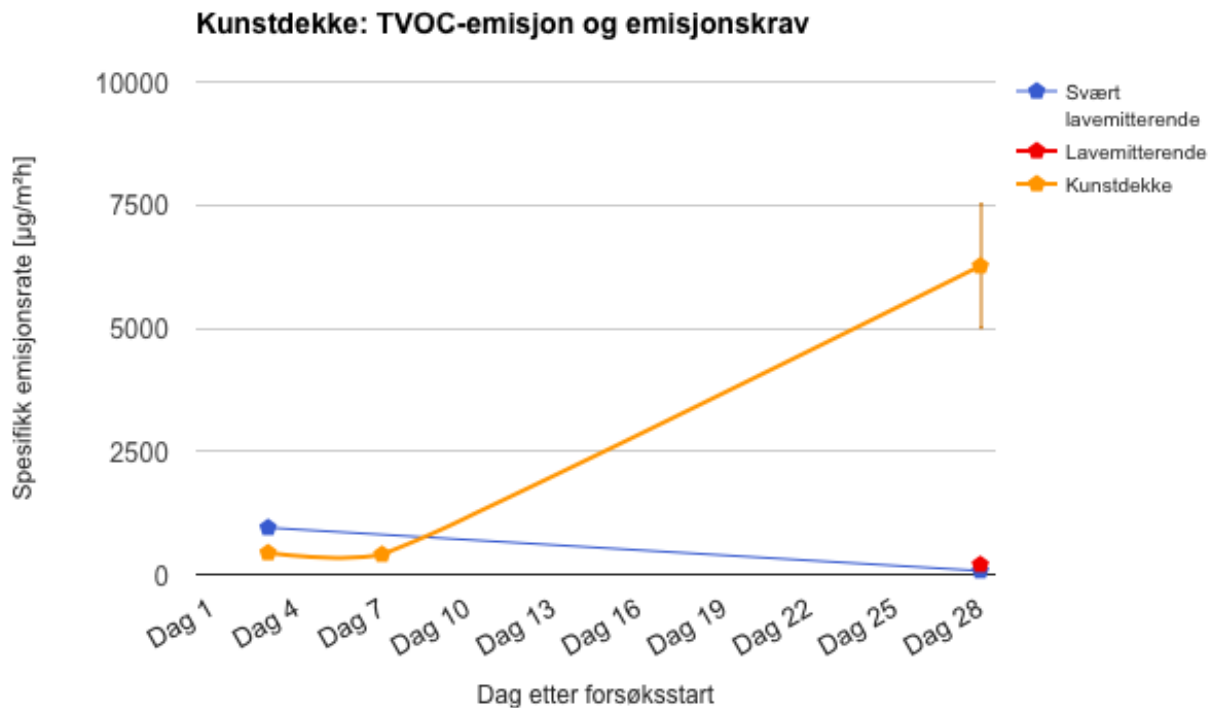


Figur 7.2.2.5 Prosentvis emisjon av LCI-verdi (gitt i AgBB) av toluen, formaldehyd, acetaldehyd og limonen fra parkett 2 ved dag 28 etter forsøksstart, samt om de er karsinogen, reproduksjonsskadelig, åndedrett- eller hudsensibiliserende og/eller arvestoffskadelig i henhold til Regulation (EC) No. 1272/2008.

Det ble ikke påvist emisjon av karsinogene forbindelser innen klasse 1A og 1B fra parkett 2. Gulvet kan på grunnlag av emisjonsresultatene kategoriseres som *ikke lavemitterende materialer* i henhold til NS-EN 15251. Det er mengden emisjon av TVOC og formaldehyd som er årsaken til denne kategoriseringen, da emisjonen av både acetaldehyd og kreftfremkallende forbindelser er i henhold til kategorien svært lavemitterende materialer.

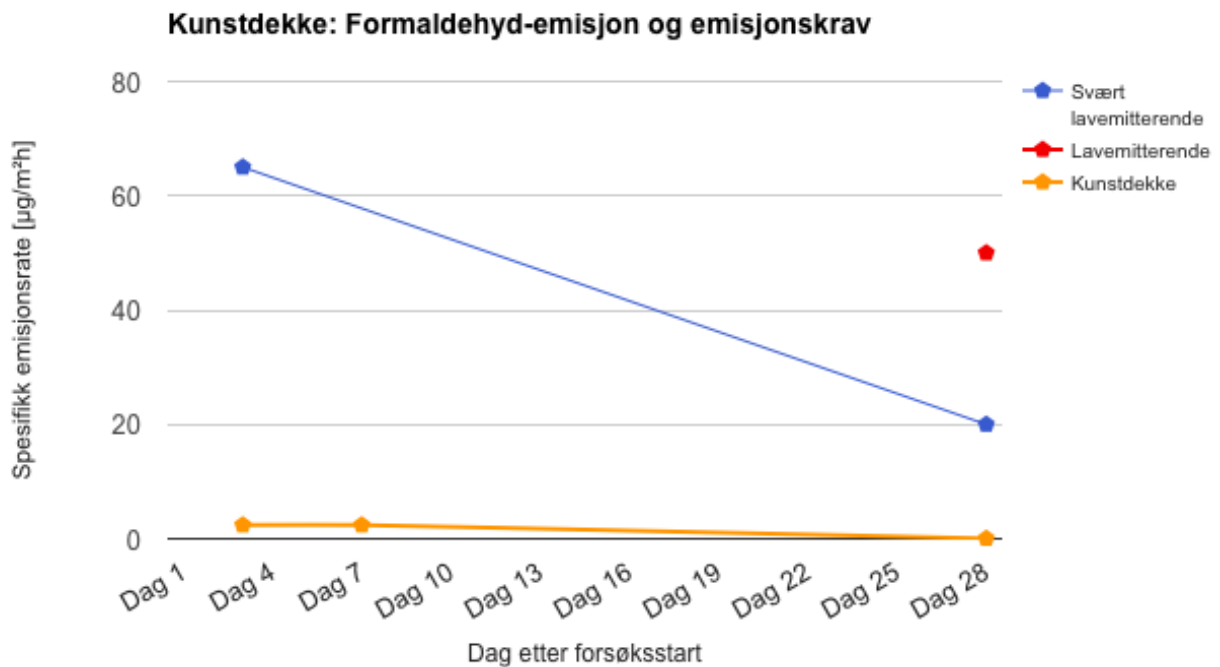
7.2.3 Kunstdekke

Emisjonsforløpet til TVOC for kunstdekke fra dag 3 til 28 etter forsøksstart vises i figur 7.2.3.1, med verdier oppgitt i $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$. Figuren viser at emisjonen er tilnærmet lik mellom dag 3 og 7, men stiger deretter betraktelig frem til dag 28. Figuren angir også grenseverdier for TVOC-emisjon i henhold til NS-EN 15251. Emisjonen er under grenseverdi for svært lavemitterende materialer ved dag 3, men overstiger grenseverdien for samme kategori ved dag 28 med cirka $6.200 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$. Grenseverdien ved dag 28 for lavemitterende materialer overskrides også, med cirka $6.060 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$. Kategoriseringen endres ikke når måleusikkerheten på $\pm 20\%$ inkluderes.



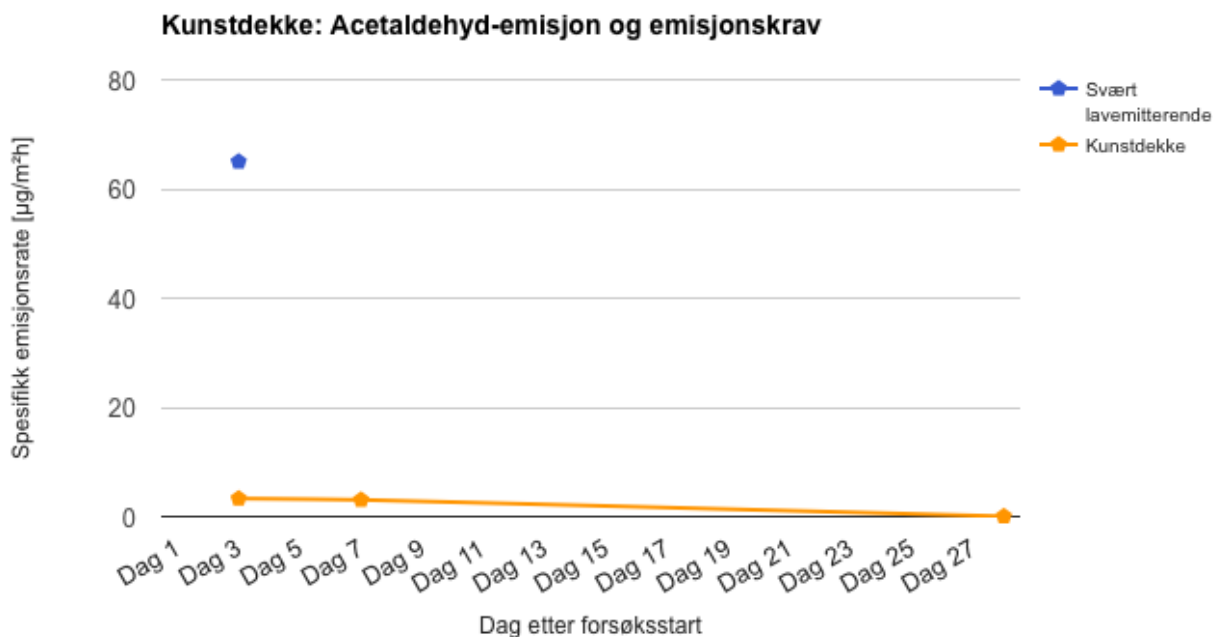
Figur 7.2.3.1 Emisjonsforløpet til TVOC angitt som spesifikk emisjonsrate [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$] for kunstdekke fra dag 3 til 28 etter forsøksstart med en måleusikkerhet på $\pm 20\%$, og grenseverdier for emisjon av TVOC ved dag 3 og 28 for svært lav- og lavemitterende materialer angitt i NS-EN 15251.

Som det fremkommer av figur 7.2.3.2 er emisjonskurven til formaldehyd for kunstdekke mellom dag 3 og 28 etter forsøksstart nesten flat. Emisjonen ved dag 28 er på kun 0,05 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$. Som det også fremkommer av figuren er formaldehydemisjonen lavere enn grenseverdier angitt i NS-EN 15251, både for svært lavemitterende materialer ved dag 3 og 28, og for lavemitterende materialer ved dag 28. Dette er også gjeldende når målesikkerheten på $\pm 20\%$ inkluderes.



Figur 7.2.3.2 Emisjonsforløpet til formaldehyd angitt som spesifikk emisjonsrate [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$] for kunstdekke fra dag 3 til 28 etter forsøksstart med en målesikkerhet på $\pm 20\%$, og grenseverdier for emisjon av formaldehyd ved dag 3 og 28 for svært lav- og lavemitterende materialer angitt i NS-EN 15251.

Vedrørende acetaldehyd-emisjonen fra kunstdekke, fremkommer det av figur 7.2.3.3 at emisjonskurven mellom dag 3 og 28 etter forsøksstart er nesten flat. Emisjonen ved dag 28 er på kun 0,05 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$. NS-EN 15251 angir grenseverdi for denne kjemiske forbindelsene kun ved dag 3, og som figuren viser er emisjonen på dette tidspunktet cirka 60 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ under grenseverdien for svært lavemitterende materialer. Det samme er gjeldende når måleusikkerheten på $\pm 20\%$ inkluderes.



Figur 7.2.3.3 Emisjonsforløpet til acetaldehyd angitt som spesifikk emisjonsrate [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$] for kunstdekke fra dag 3 til 28 etter forsøksstart med en måleusikkerhet på $\pm 20\%$, og grenseverdi for emisjon av acetaldehyd ved dag 3 for svært lavemitterende materialer angitt i NS-EN 15251.

De fire kjemiske forbindelsene som forekommer i høyest kammerkonsentrasjon ved dag 28 for kunstdekke er n-pentan, 2-2-dimetylbutan, 2-metylpentan og 3-metylpentan, som vises i figur 7.2.3.4. Måleusikkerheten på $\pm 20\%$ fremgår også av figuren. Forbindelsene utgjør cirka 97 % av TVOC-konsentrasjonen. Som det også fremkommer av figuren forekommer de fire forbindelsene først ved dag 28, og ingen av stoffene har angitt LCI-verdi i AgBB.



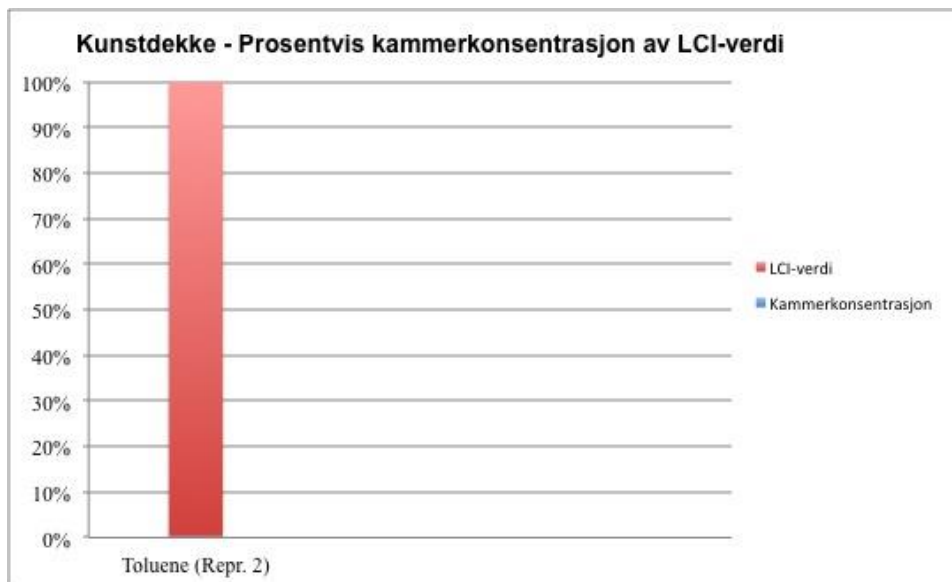
Figur 7.2.3.4 Emisjon av de fire individuelle VOC med høyest konsentrasjon [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] ved dag 28 etter forsøksstart fra kunstdekke med en måleusikkerhet på $\pm 20\%$.

Når det gjelder emisjon av karsinogene forbindelser fra kunstdekke, er det bornylacetat som er påvist. Denne kjemiske forbindelsen kategoriseres som en karsinogen forbindelse klasse 1A. Den spesifikke emisjonsraten ved dag 3 er på $3,69 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$, men den er ikke identifisert ved dag 28. I henhold til grenseverdier angitt i NS-EN 15251 overstiger verdien grenseverdien for svært lav emitterende materialer ved dag 3, men er under grenseverdien for lavemitterende materialer.

De identifiserte stoffene fra kunstdekke ved dag 28 som har angitt LCI-verdi i AgBB, og hvilke av stoffene som er kategorisert innen en eller flere av de utvalgte helsekategoriene, vises i tabell 7.2.3.1. Toluen er reproduksjonsskadelig klasse 2, og som det fremkommer av figur 7.2.3.5 utgjør kammerkonsentrasjonen av forbindelsen kun 0,3 % av LCI-verdien og anses derfor som neglisjerbar.

Tabell 7.2.3.1 Identifiserte kjemiske forbindelser ved dag 28 fra kunstdekke som har angitt LCI-verdi i AgBB, og hvilke av disse som er kategorisert innen helsekategoriene karsinogenitet, reproduksjonsskadelig, åndedrett- eller hudsensibiliserende og arvestoffskadelig i henhold til Regulation (EC) No. 1272/2008, stoffenes Ri-verdi angis også.

Prøvemateriale: Kunstdekke		Helsekategorier iht. Regulation (EC) no. 1272/2008				Emisjon ved dag 28		
Kjemiske forbindelser	CAS-nr.	Karsinogenitet	Reproduksjonsskadelig	Åndedrett- eller hudsensibiliserende	Arvestoffskadelig	Kammerkons. [µg/m ³]	LCI-verdi [µg/m ³]	Ri-verdi [µg/m ³]
Tetrahydrofuran	109-99-9	-	-	-	-	7,8	1.500	0,005
1-Butanol	71-36-3	-	-	-	-	55	3.000	0,018
Toluen	108-88-3	-	Repr. 2	-	-	10	2.900	0,003
Butyl acetat	123-86-4	-	-	-	-	25	4.800	0,005
Dipropylenglykoldimetyleter	111109-77-4	-	-	-	-	16	1.300	0,012
Dekametylsyklopentasiloksan	541-02 -6	-	-	-	-	7,7	1.500	0,005
R-verdi								0,050

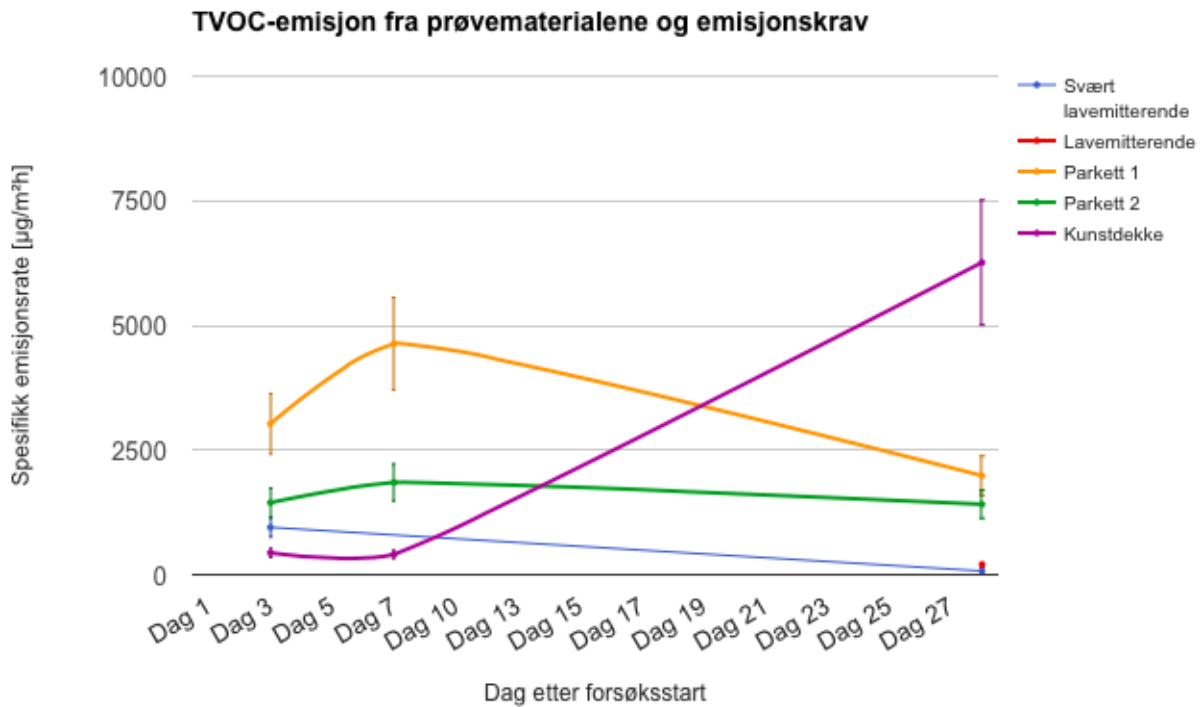


Figur 7.2.3.5 Prosentvis emisjon av LCI-verdi (gitt i AgBB) av toluen fra kunstdekke ved dag 28 etter forsøksstart, samt om det er karsinogen, reproduksjonsskadelig, åndedrett- eller hudsensibiliserende og/eller arvestoffskadelig i henhold til Regulation (EC) No. 1272/2008.

Ut fra analyseresultatene klassifiseres kunstdekke som ikke lavemitterende materialer i henhold til NS-EN 15251. Årsaken er emisjonsmengden av TVOC og karsinogene forbindelser, da emisjonen av formaldehyd og acetaldehyd er under angitte grenseverdier for svært lavemitterende materialer.

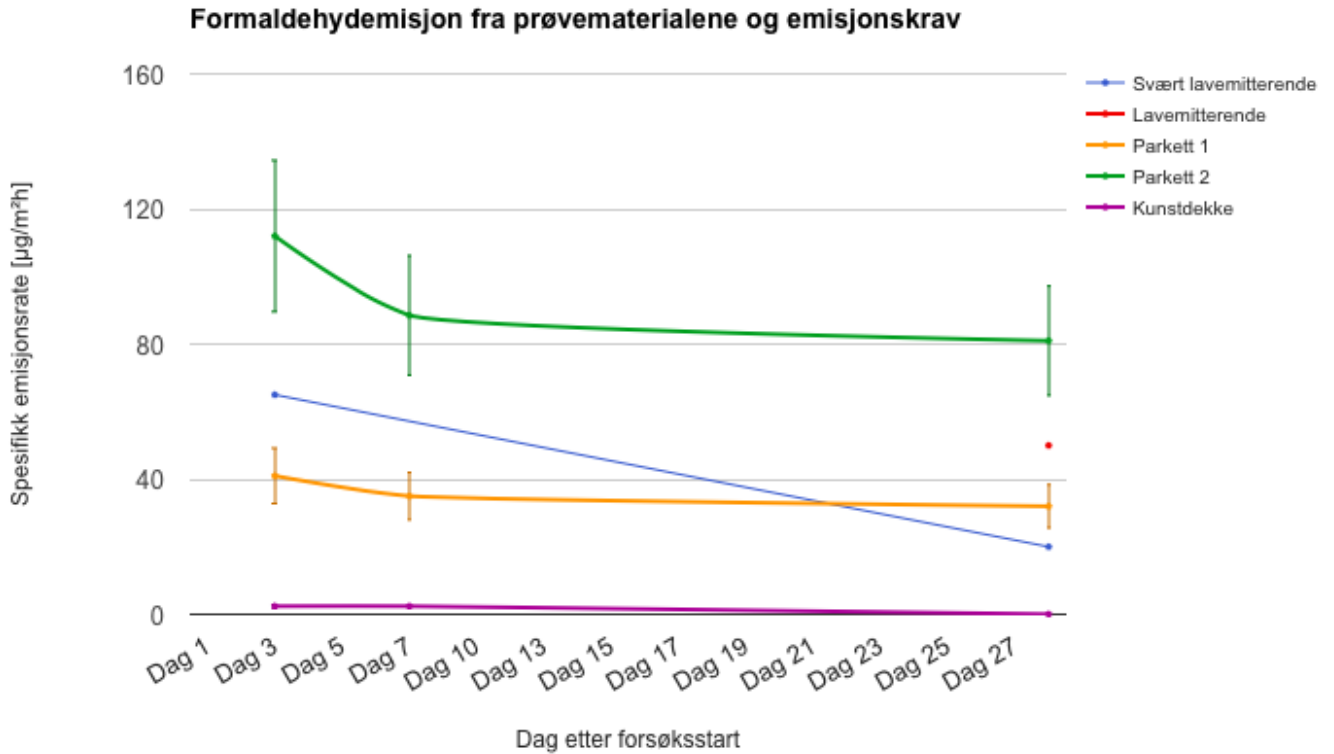
7.2.4 Sammenligning av prøvematerialer

En sammenligning av TVOC-emisjonen fra alle prøvematerialene, angitt som spesifikk emisjonsrate, og angitte grenseverdier for svært lavemitterende materialer og lavemitterende materialer i NS-EN 15251 vises i figur 7.2.4.1. Figuren viser at kunstdekke emitterer minst TVOC ved dag 3, men mest ved dag 28.



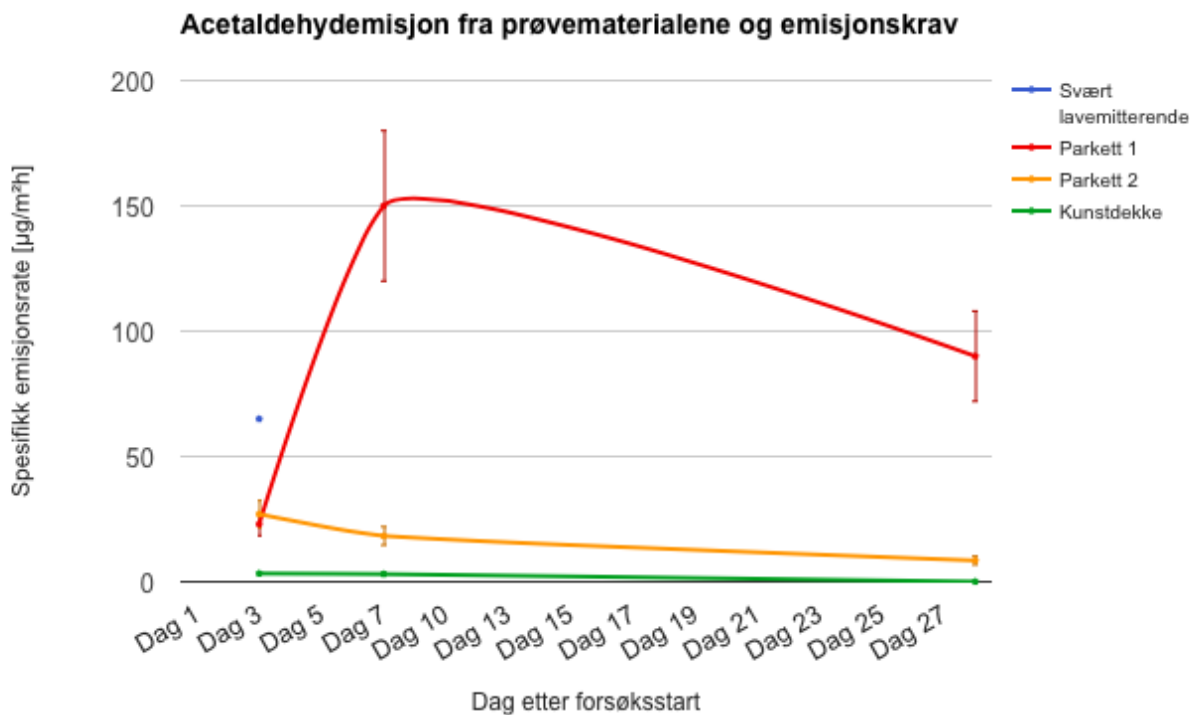
Figur 7.2.4.1 Emisjonsforløpet til TVOC angitt som spesifikk emisjonsrate [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$] for parkett 1, parkett 2 og kunstdekke fra dag 3 til 28 etter forsøksstart med en måleusikkerhet på $\pm 20\%$, og grenseverdier for emisjon av TVOC ved dag 3 og 28 for svært lav- og lavemitterende materialer angitt i NS-EN 15251

Figur 7.2.4.2 viser en sammenligning av formaldehydemisjonen fra alle prøvematerialene, angitt som spesifikk emisjonsrate, og angitte grenseverdier for svært lavemitterende materialer og lavemitterende materialer angitt i NS-EN 15251. Figuren viser at parkett 2 emitterer mest formaldehyd ved alle testtidspunktene, samt at kunstdekke emitterer minst.



Figur 7.2.4.2 Emisjonsforløpet til formaldehyd angitt som spesifikk emisjonsrate [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$] for parkett 1, parkett 2 og kunstdekke fra dag 3 til 28 etter forsøksstart med en måleusikkerhet på $\pm 20\%$, og grenseverdier for emisjon av formaldehyd ved dag 3 og 28 for svært lav- og erialer og lavemitterende materialer angitt i NS-EN 15251.

En sammenligning av acetaldehydemisjonen fra alle prøvematerialene, angitt som spesifikk emisjonsrate, og angitt grenseverdi for svært lavemitterende materialer i NS-EN 15251, vises i figur 7.2.4.3. Det fremkommer av figuren av kunstdekke emitterer betraktelig mindre acetaldehyd enn parkettgulvene ved alle testtidspunktene.



Figur 7.2.4.3 Emisjonsforløpet til acetaldehyd angitt som spesifikk emisjonsrate [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$] for parkett 1, parkett 2 og kunstdekke fra dag 3 til 28 etter forsøksstart med en måleusikkerhet på $\pm 20\%$, og grenseverdier for emisjon av acetaldehyd ved dag 3 for svært lavemitterende materialer angitt i NS-EN 15251.

7.2.5 Sammenligning med merkeordninger

Kunstdekke er ut fra tidligere analyser godkjent for klasse M1 i *Emission Classification of building materials* (M1-ordningen). Ved sammenligning av analyseresultatene med angitte krav innenfor denne merkeordningen, som vises i tabell 7.2.5.1, oppfyller kunstdekke kravene gitt i klasse M3 for TVOC-emisjon og kravet gitt i klasse M1 for formaldehydemisjon. Klasse M3 i M1-ordningen angir ikke spesifikke grenseverdier, men omfatter alle verdier høyere enn de som er angitt for M2. Når det gjelder de andre omtalte merkeordningene vil ingen av gulvene oppfylle kravene til TVOC-emisjon, med unntak av EMICODE® klasse EC2 som opererer på samme måte som M3 i M1-ordningen.

Tabell 7.2.5.1 Sammenligning av TVOC- og formaldehydemisjon Fra kunstdekke med emisjonskrav angitt i *Emission Classification of building materials* (M1-ordningen).

Kjemisk forbindelse	M1-ordningen			Kunstdekke, emisjon ved dag 28
	Klasse M1	Klasse M2	Klasse M3	
TVOC [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$]	<200	<400	>400	6263
Formaldehyd [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$]	<50	<125	>125	0,05

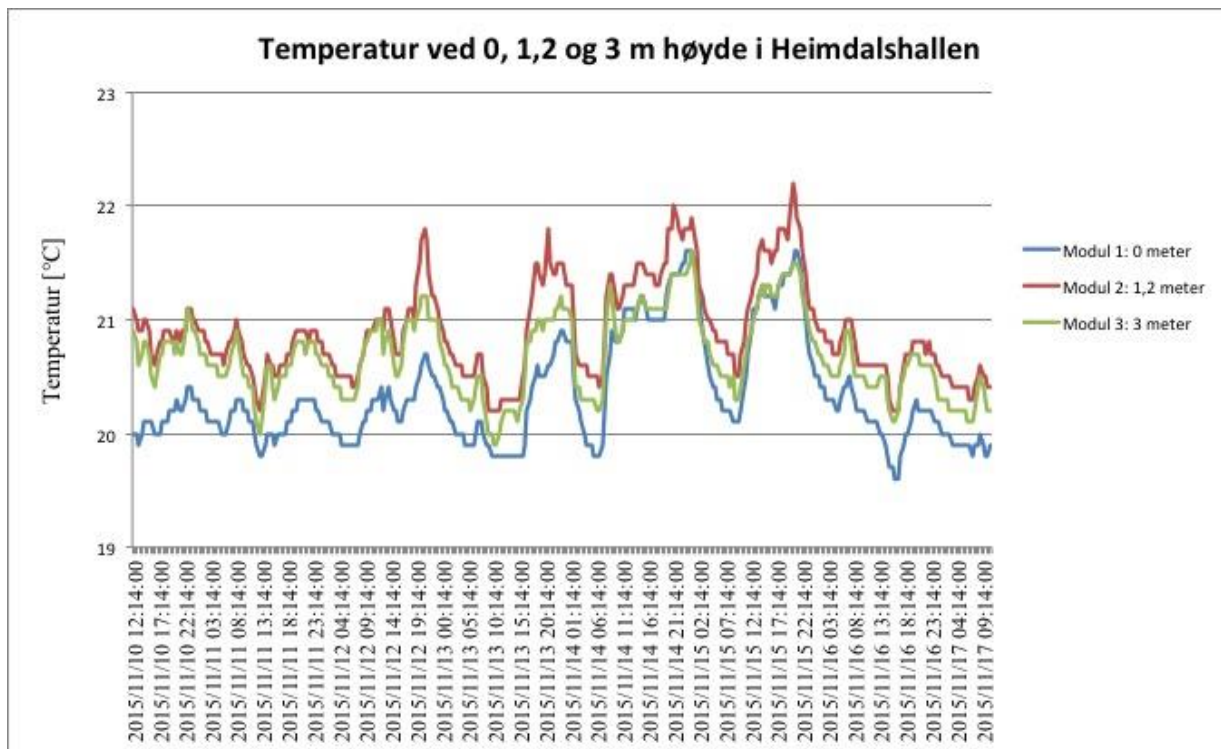
7.3 Målinger i casehaller

I dette kapittelet presenteres resultater fra målinger av temperatur, CO₂ og relativ fuktighet utført i to av casehallene, Heimdalshallen og KVT, i november 2015.

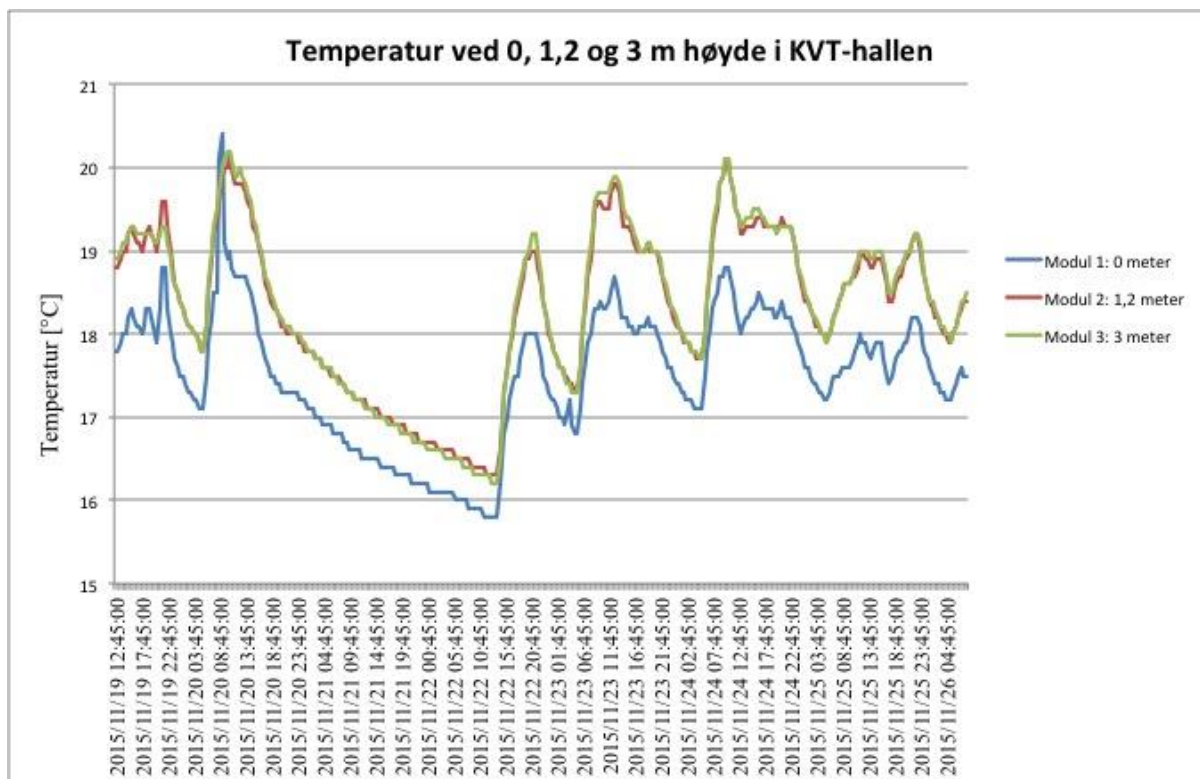
7.3.1 Temperaturmålinger

Temperaturmålingene i Heimdalshallen viser at temperaturen varierer i intervallet 19,6-21,6 °C (figur 7.3.1.1), med en gjennomsnittstemperatur på 20,3 °C for måleperioden beregnet ut fra gjennomsnitt for alle tre modulene. Ut fra figuren fremkommer det at temperaturen er tilnærmet lik i alle målehøydene.

Utførte temperaturmålinger i KVT-hallen viser at temperaturen varierer i intervallet 15,8-18,3 °C (figur 7.3.1.2), med en gjennomsnittstemperatur for alle tre modulene på 18,0 °C. Temperaturen er, som for Heimdalshallen, tilnærmet lik i de tre målehøydene.



Figur 7.3.1.1 Temperaturer [°C] målt hvert 30.minutt i Heimdalshallen i perioden 10.november 2015 kl.12:14 til 17.november 2015 kl.10:44 med tre ulike moduler i høydene 0, 1,2 og 3,0 m.

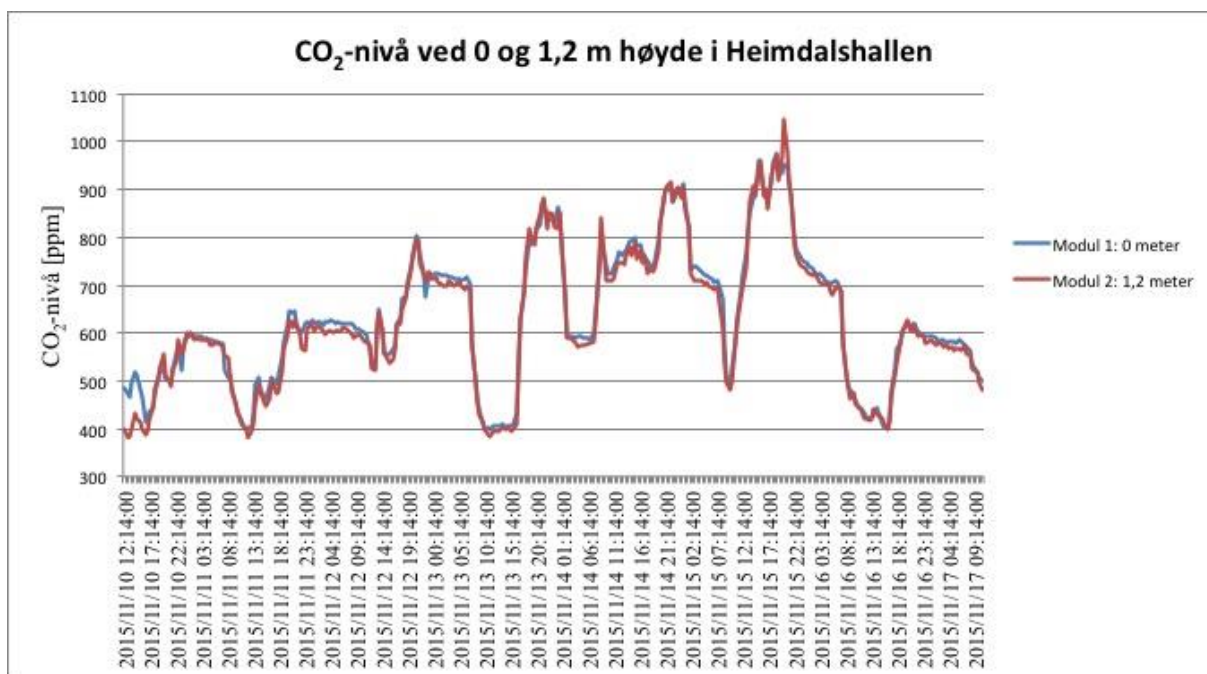


Figur 7.3.1.2 Temperaturer [°C] målt hvert 30.minutt i KVT-hallen i perioden 19. november 2015 kl.12:45 til 26.november 2015 kl.08:45 med tre ulike moduler i høydene 0, 1,2 og 3,0 m.

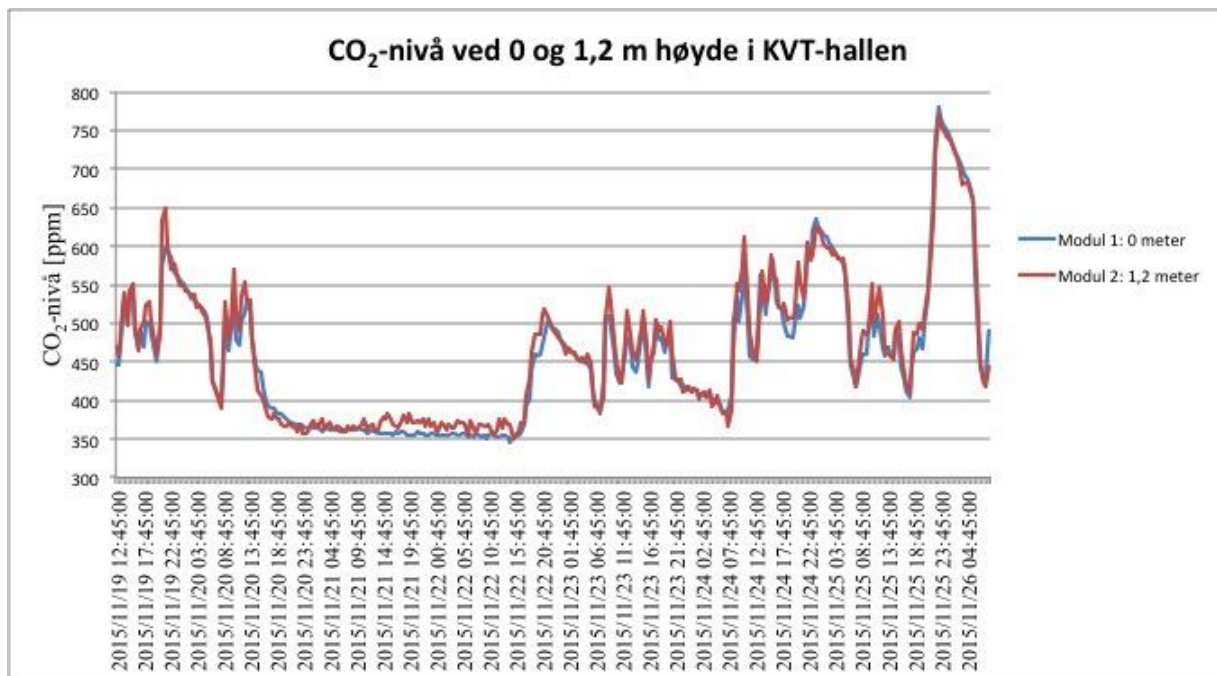
7.3.2 CO₂-målinger

Resultater fra CO₂-målingene utført i Heimdalshallen viser at CO₂-nivået ligger i intervallet 382-1046 ppm som vises i figur 7.3.2.1. Dette gir et gjennomsnittlig CO₂-nivå på cirka 630 ppm. Resultatene fra målingene av CO₂-nivået KVT-hallen viser et intervall på 375-780 ppm som fremkommer av figur 7.3.2.2, og gir et gjennomsnittlig nivå på cirka 460 ppm. Målingene utført i Heimdalshallen viser en større variasjon i CO₂-nivået sammenlignet med målingene utført i KVT-hallen.

Målingene gir et gjennomsnittlig CO₂-nivå i 0 m og 1,2 m høyde i Heimdalshallen på henholdsvis 635 og 624 ppm. I KVT-hallen blir de gjennomsnittlige verdiene i 0 og 1,2 m høyde på henholdsvis 458 og 465 ppm. I Heimdalshallen er minimum- og maksimumsverdien for CO₂ på henholdsvis 345 og 780 ppm, og for KVT-hallen på henholdsvis 349 og 770 ppm.



Figur 7.3.2.1 CO₂-nivå [ppm] målt hvert 30.minutt i Heimdalshallen i perioden 10.november 2015 kl.12:14 til 17.november 2015 kl.10:44 med tre ulike moduler i høydene 0, 1,2 og 3,0 m.



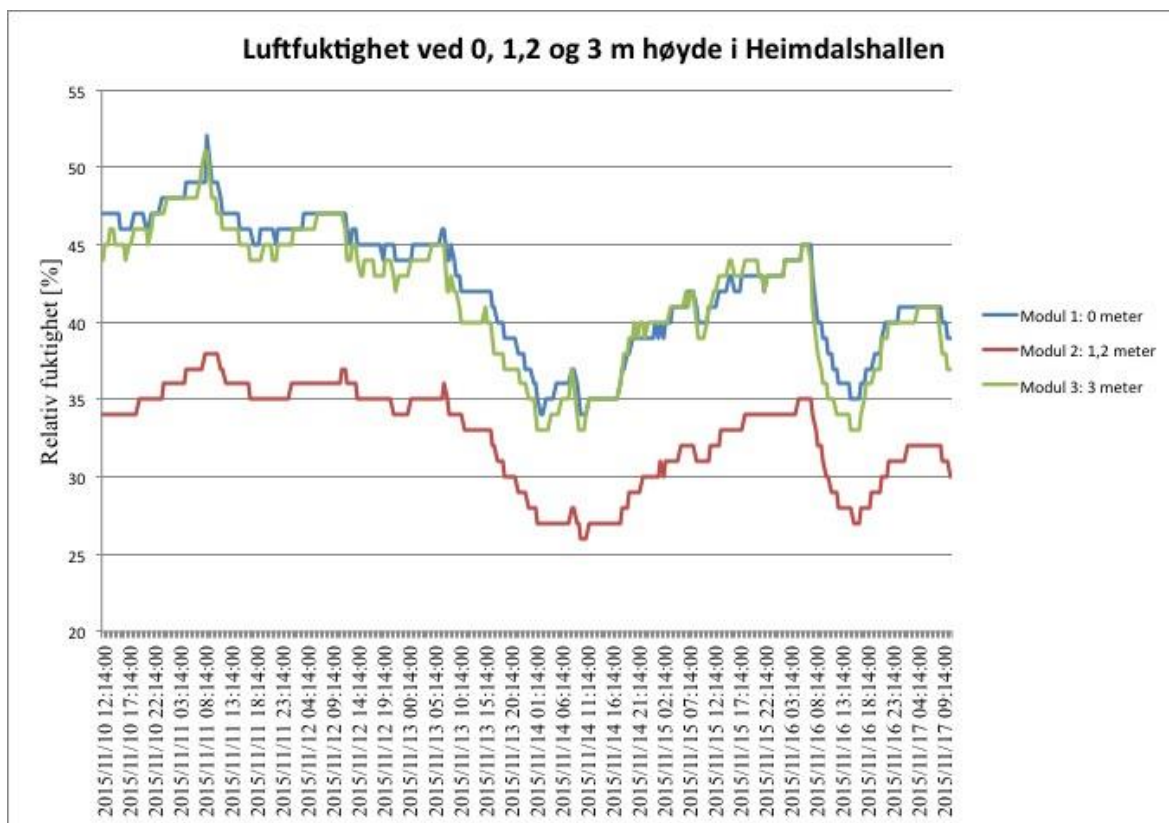
Figur 7.3.2.2 CO₂-nivå [ppm] målt hvert 30.minutt i KVT-hallen i perioden 19. november 2015 kl.12:45 til 26.november 2015 kl.08:45 med tre ulike moduler i høydene 0, 1,2 og 3,0 m.

7.3.3 Målinger av relativ fuktighet

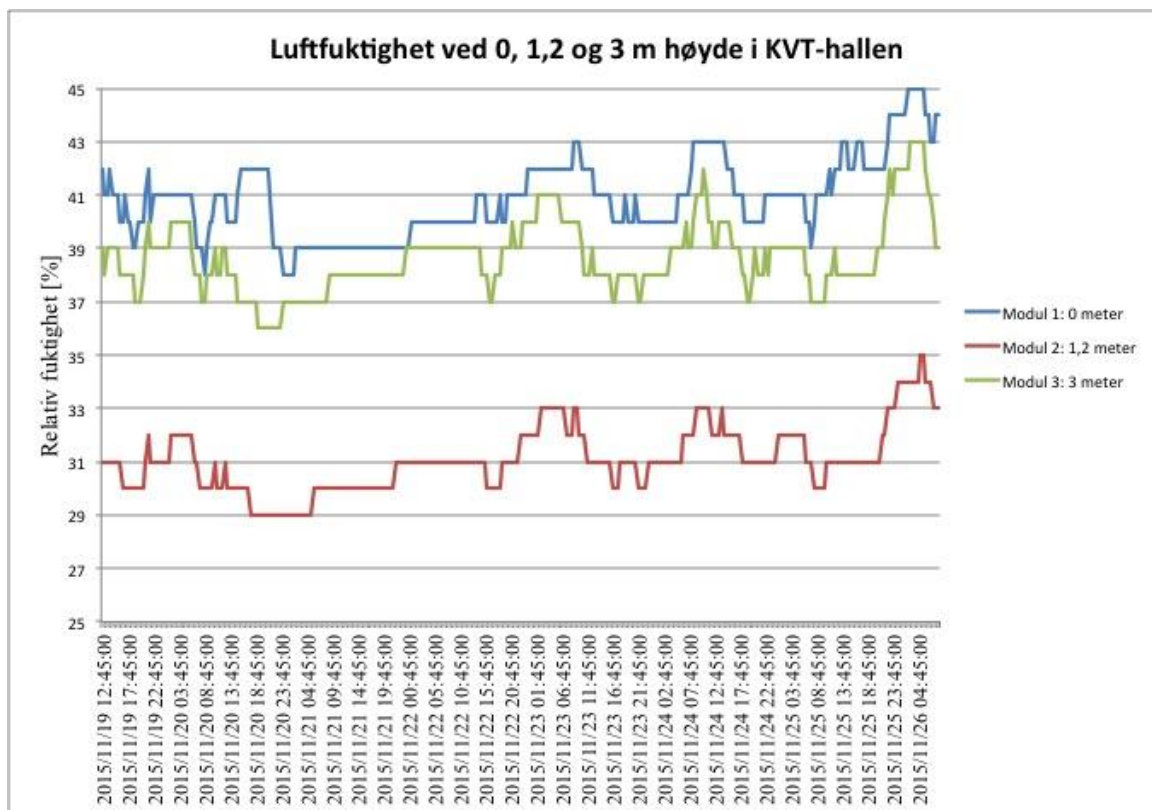
Resultater fra målinger av relativ fuktighet i Heimdalshallen viser at verdiene varierer med cirka 25% i løpet av måleperioden (figur 7.3.3.1). Verdiene gir en gjennomsnittlig relativ fuktighet på 33-42 % i de tre målehøydene. Verdier for relativ fuktighet i 1,2 m høyde er noe lavere enn ved de to andre høydene, både når det gjelder gjennomsnittsverdi, samt maksimums- og minimumsverdi.

Resultater fra målingene i KVT-hallen viser en variasjon i måleperioden på cirka 15 % (figur 7.3.3.2). Den gjennomsnittlige verdien ligger i intervallet 31-41 % for de tre høydene.

Maksimumsverdien ble målt til å være 45% i 0 m høyde og minimumsverdien ble målt til å være 29% i 1,2 m høyde.



Figur 7.3.3.1 Relativ luftfuktighet [%] målt hvert 30.minutt i Heimdalshallen i perioden 10.november 2015 kl.12:14 til 17.november 2015 kl.10:44 med tre ulike moduler i høydene 0, 1,2 og 3,0 m.



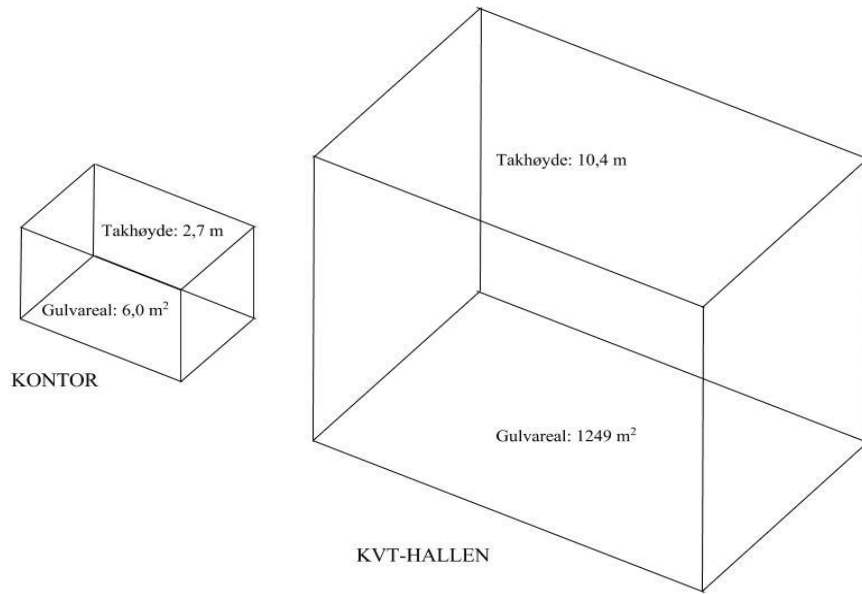
Figur 7.3.3.2 Relativ luftfuktighet [%] målt hvert 30.minutt i KVT-hallen i perioden 19.november 2015 kl.12:45 til 26.november 2015 kl.08:45 med tre ulike moduler i høydene 0, 1,2 og 3,0 m.

8 Oppskalering av ventilasjonsverdier og emisjonsresultater

Dette kapittelet omhandler oppskalering av ventilasjonsverdier i kartlagte krav og anbefalinger, til å være gjeldende for et kontor, KVT-hallen og Heimdalshallen. I tillegg presenteres eksempler på oppskalering av analyseresultater fra kammertest, med utgangspunkt i TVOC-emisjonen fra parkett 1.

Ved beregninger av luftmengder i kontoret benyttes en personbelastning på én person. KVT-hallen og Heimdalshallen er dimensjonert for en personbelastning på henholdsvis 200 og 400 personer. Under en kroppsøvingstime i KVT-hallen antas det en personbelastning på 30 personer, som inkluderer 29 elever og én lærer. Heimdalshallen kan derimot deles inn i tre ved bruk av skillevegger og det antas derfor en personbelastning på 90 personer, som inkluderer tre skoleklasser og tre lærere. Vedlegg D viser beregninger av luftmengder per person med personbelastningen som hallene er dimensjonert for, samt med antatt personbelastning under en kroppsøvingstime.

Et kontor inngår i kategorien «arbeidsbygning» i veiledningen til TEK 10, hvor det angis at takhøyden bør være minimum 2,7 m (Direktoratet for byggkvalitet, 2011). Ifølge Arbeidsplassforskriften (2011) skal gulvarealet være minimum 6,0 m² per arbeidsplass som er gjeldende for både felleskontor, enkeltkontor og kontorlandskap. Det er derfor valgt å benytte disse dimensjonene for et kontor, som vises i figur 8.1. Figuren viser også dimensjoner for KVT-hallen, som har et gulvareal og en takhøyde på henholdsvis 1249,8 m² og 9,5 m. Beregninger av volumet for kontoret, KVT-hallen og Heimdalshallen vises i vedlegg B.2.



Figur 8.1 Eksempel på dimensjoner i et kontor og i en idrettshall med KVT-hallen som eksempel.

8.1 Oppskalering av ventilasjonsverdier

Ventilasjonsverdier for personbelastning og materialbelastning med verdier angitt i TEK 10, veiledningen til TEK 10 og bestillingsnr. 444, til å være gjeldende for et kontor, KVT-hallen og Heimdalshallen vises i tabell 8.1.1. Beregninger for oppskaleringen vises i vedlegg D. Av tabellen fremgår det at luftmengden per person er tilnærmet lik i kontoret, KVT-hallen og Heimdalshallen ved maksimal personbelastning, men en betraktelig økning i luftmengde per person under normale driftsituasjoner i hallene.

Tabell 8.1.1 Oversikt over gulvareal, personbelastning og oppskalerte ventilasjonsverdier for person- og materialbelastning angitt i TEK10, veiledningen til TEK 10 (for høyemitterende materialer) og bestillingsnr. 444 for lav- og høyemitterende materialer i et kontor, KVT-hallen og Heimdalshallen ved ulike personbelastninger.

Lokale	Gulv-areal [m ²]	Person-belastning [personer]	TEK10 [l/s pr. pers]	Veiledning til TEK10 ¹ [l/s pr. pers]	Bestillingsnr. 444 ² [l/s pr. pers]	Bestillingsnr. 444 ¹ [l/s pr. pers]
Kontor	6,0	1	11,36	13,22	11,2 - 14,2	19 - 22
KVT-hallen	1249	30	35,95	48,85	36,14 - 39,14	90,27 - 93,27
		200	11,53	13,47	11,37 - 14,37	13,54 - 22,49
Heimdals-hallen	1249,8	90	16,8	10,35	16,72 - 19,72	34,77 - 37,77
		400	9,38	21,11	9,19 - 12,19	13,25 - 16,25

¹ Gjelder ved bruk av høyemitterende materialer

² Gjelder ved bruk av lavemitterende materialer

8.2 Oppskalering av emisjonsresultater

For å vise hvordan konsentrasjonen av kjemiske forbindelser fra kammerforsøkene blir ved oppskalering til dimensjoner for et kontor og idrettshaller, er det valgt å ta utgangspunkt i et eksempel der det benyttes TVOC-emisjonen fra parkett 1 ved dag 28. Omregning av kammerkonsentrasjonen til Det europeiske referanserom blir tilnærmet lik kammerkonsentrasjonen, og på bakgrunn av dette benyttes kammerkonsentrasjonen ved oppskalering. TVOC-konsentrasjonen i forsøkskammeret, samt den beregnede konsentrasjonen i Det europeiske referanserom, kontoret, KVT-hallen, Byneshallen og Åsveien skole og idrettshall angis i tabell 8.2.1. Luftskifte og belastningsfaktor for lokalene oppgis også i tabellen. Beregninger av luftskifte og oppskalerte kammerkonsentrasjoner vises i henholdsvis vedlegg B.3. Det benyttes et luftskifte på $0,5 \text{ h}^{-1}$ for kontoret, da dette er luftskifte for et standard rom.

Tabell 8.2.1 Luftskifte, belastningsfaktor for gulv og TVOC-konsentrasjon i forsøkskammer (parkett 1), Det europeiske referanserom, et kontor, KVT-hallen, Byneshallen og Åsveien skole og idrettshall.

Lokale	Luftskifte [h^{-1}]	Belastningsfaktor for gulv [m^2/m^3]	TVOC-konsentrasjon [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Forsøkskammer (parkett 1)	0,4884	0,4068	1.690
Det europeiske referanserom	0,5	0,4	1.623,1
Kontor	0,5	0,4167	1.690,8
KVT-hallen	1,05	0,0962	185,8
Byneshallen	4,08	0,1316	65,4
Åsveien skole og idrettshall	1,69	0,1012	121,5

9 Diskusjon

9.1 Vurdering av analyseresultater fra emisjonstester

I følgende avsnittet vil analyseresultater fra emisjonstester av parkett 1, parkett 2 og kunstdekke vurderes opp mot angitte grenseverdier i NS-EN 15251 og ulike merkeordninger, samt i henhold til utvalgte helsekategorier. De utvalgte helsekategoriene er valgt på bakgrunn av kjemikalienes potensielle eksponeringsveier (åndedrett og hudkontakt), samt de negative helseeffektene som de kan medføre for brukere av idrettshaller. Dette er valgt som vurderingsgrunnlag for emisjonsresultater, da det per dags dato ikke eksisterer lovbestemte grenseverdier for hva som kan kategoriseres som lavemitterende materialer.

For å få et mer nøyaktig emisjonsforløp, ble det i tillegg til angitte prøvetakingstidspunkt i CEN/TS 16516, valgt å utføre en prøvetaking ved dag 7. Dette vil ikke påvirke kategoriseringen av de ulike materialene, da NS-EN 15251 ikke oppgir en grenseverdi ved dag 7 innen kategoriene svært lav emitterende materialer, lavemitterende materialer og ikke lavemitterende materialer.

9.1.1 Parkett 1

Parkett 1 kan ut fra en samlet vurdering av analyseresultater av TVOC, formaldehyd, acetaldehyd og karsinogene forbindelser (1A og 1B) ikke kategoriseres som *svært lavemitterende materialer* eller *lavemitterende materialer* i henhold til NS-EN 15251. Årsaken til dette er en høyere kammerkonsentrasjon av TVOC.

Emisjonskurven til TVOC for parkett 1 er ikke som forventet (figur 7.2.1.1) da det teoretisk sett skulle avtatt fra dag 3 frem mot dag 7. Dette skyldes en senere og/eller høyere emisjon av enkelte stoffer ved dag 7. Eksempelvis viser tabell C.1 og C.2 (vedlegg C) at det emitteres over dobbelt så mye n-pentan, tre ganger så mye styren og fire ganger så mye sykloheksan ved dag 7 som ved dag 3.

De fire forbindelsene som ble påvist med høyest kammerkonsentrasjon ved dag 28 er n-pentan, 3-careen, α -pinen og *eddiksyre* (figur 7.2.1.4), og utgjør cirka 86 % av TVOC-emisjonen fra parkett 1. Dette samsvarer med studiet utført av Gminski mfl. (2010) som viser at VOC i sponflater hovedsakelig består av blant annet α -pinen og Δ^3 -careen. Ved å identifisere kilder til disse forbindelsene og redusere eller eliminere de, spesielt n-pentan, vil TVOC-emisjonen reduseres. Dersom dette utføres kan trolig parkett 1 kategoriseres som svært lavemitterende materialer eller ikke lavemitterende materialer, da TVOC-emisjonen overskrider angitte grenseverdier. Benzen, som er en karsinogen forbindelse (1A) forekommer i en konsentrasjon som medfører at gulvet ikke kan kategoriseres som svært lavemitterende materialer. Ved å i tillegg redusere denne forbindelsen vil gulvet kunne kategoriseres som svært lavemitterende materialer.

En vurdering av de fire forbindelsene opp mot de fire utvalgte helsekategoriene i Regulation (EC) No.1272/2008, viser at verken 3-careen, α -pinen eller *eddiksyre* kategoriseres innen disse helsekategoriene, mens n-Pentan ikke har angitt en LCI-verdi. Forbindelsene med påviste helseeffekter innen en eller flere av de utvalgt helsekategoriene er limonen og 2-etylheksyl akrylat som kategoriseres som hudsensibiliserende stoffer klasse 1, og formaldehyd og acetaldehyd som kategoriseres som karsinogene forbindelser klasse 2. Det anbefales på bakgrunn av forbindelsenenes økte risiko for negative helseeffekter at kilder til disse identifiseres.

Konsentrasjonen av alle de identifiserte forbindelsene med angitt LCI-verdi har ved dag 28 en Ri-verdi <1 , som vil si at de individuelt ikke medfører en økt risiko for negative helseeffekter. Summen av Ri-verdiene utgjør en R-verdi <1 , og det kan dermed antas at den additive effekten av de kjemiske forbindelsene heller ikke medfører en økt risiko for negative helseeffekter (AgBB, 2015). Formaldehyd har høyest Ri-verdi. På bakgrunn av denne verdien og potensielle helseeffekter av forbindelsen bør den prioriteres ved reduksjon eller eliminasjon av kjemikalier fra parkett 1, selv om den påviste konsentrasjonen antas og ikke medføre økt risiko for negative helseeffekter for brukere av idrettshaller.

9.1.2 Parkett 2

Parkett 2 kan ut fra en samlet vurdering av analyseresultater av TVOC, formaldehyd, acetaldehyd og karsinogene forbindelser (1A og 1B) ikke kategoriseres som svært lav- eller lavemitterende materialer i henhold til NS-EN 15251. Årsaken er at påviste kammerkonsentrasjoner av TVOC og formaldehyd er høyere enn angitte grenseverdier.

Emisjonskurven til TVOC for parkett 2 (figur 7.2.2.1) har et lignende emisjonsforløp som for parkett 1, men har en lavere konsentrasjonsøkning frem mot dag 7. Emisjonskurven avviker i henhold til hvordan emisjon teoretisk skal forløpe. Dette skyldes en senere og/eller høyere emisjon av enkelte stoffer ved dag 7. Eksempelvis viser tabell C.4 og C.5 (vedlegg C) at det ved dag 3 ikke ble påvist 2-metylbutan, men ble påvist ved dag 7.

De fire forbindelsene som forekommer i høyest konsentrasjon ved dag 28 er n-pentan, eddiksyre, α -pinen og 3-caren, som vist i figur 7.2.2.4, og utgjør cirka 86,3 % av TVOC-emisjonen. Siden parkett 2 emitterer samme VOC av høyeste konsentrasjon ved dag 28 som parkett 1, gis de samme anbefalingene som for parkett 1 når det gjelder reduksjon eller eliminasjon av TVOC. Vurdering av de fire forbindelsene i henhold til de utvalgte helsekategoriene (tabell 7.2.2.1) viser at 3-caren, α -pinen og eddiksyre ikke kategoriseres innen disse kategoriene. n-Pentan har ikke angitt LCI-verdi. Toluen, limonen, formaldehyd og acetaldehyd kategoriseres innen de utvalgte helsekategoriene, hvorav helseeffektene til de tre sistnevnte forbindelsene er beskrevet i kapittel 7.2.1, og toluen er kategorisert som reproduksjonsskadelig klasse 2 som beskrevet i kapittel 7.2.2.

Konsentrasjonen av de identifiserte kjemiske forbindelsene med angitt LCI-verdi, har ved dag 28 en Ri-verdi <1 og medfører derfor ingen økt risiko for negative helseeffekter for brukere i idrettshaller. Summen av Ri-verdiene utgjør en R-verdi >1 , og det antas derfor at den additive effekten av de kjemiske forbindelsene kan medføre en økt risiko for negative helseeffekter (AgBB, 2015). Som for parkett 1, er det formaldehyd som har den høyeste Ri-verdien, på 0,665. På bakgrunn av denne verdien og forbindelsens potensielle helseeffekter, bør den prioriteres ved reduksjon eller eliminasjon av kjemiske forbindelser fra parkett 2. Ved en reduksjon av formaldehyd vil en R-verdi <1 kunne oppnås. Dersom også TVOC reduseres vil parkett 2 kunne kategoriseres som svært lav- eller lavemitterende materialer i henhold til NS-EN 15251.

9.1.3 Kunstdekke

Kunstdekke kan ut fra en samlet vurdering av analyseresultater av TVOC, formaldehyd, acetaldehyd og karsinogene forbindelser (1A og 1B) ikke kategoriseres som svært lav- eller lavemitterende materialer i henhold til NS-EN 15251. Årsaken er at kammerkonsentrasjonene av TVOC og karsinogene forbindelser er høyere enn angitte grenseverdier.

Emisjonskurven til TVOC for kunstdekke (figur 7.2.3.1) viser at forløpet ikke er som forventet, da kurven stiger betraktelig mellom dag 7 og 28. Dette skyldes hovedsakelig en senere emisjon av blant annet 2-metylpentan og 3-metylpentan, som vist i tabell C.8 og C.9 (vedlegg C).

De fire forbindelsene som forekommer i høyest konsentrasjon ved dag 28, er 2-metylpentan, 3-metylpentan, n-pentan og 2,2-dimetylbutan, som vist i figur 7.2.3.4, som utgjør cirka 97 % av TVOC. Ved å identifisere kilder til disse forbindelsene og redusere eller eliminere de, vil TVOC-emisjonen kunne reduseres. Bornylacetat, som er en karsinogen forbindelse (1A) forekommer i en konsentrasjon som medfører at gulvet ikke kan kategoriseres som svært lavemitterende materialer. Ved og i tillegg redusere denne forbindelsen vil gulvet kunne kategoriseres som svært lavemitterende materialer.

De fire omtalte forbindelsene har ikke angitt LCI-verdi i AgBB og er derfor ikke vurdert opp mot de fire utvalgte helsekategoriene. Forbindelsen med påvist helseeffekter innen en eller flere av de utvalgte helsekategoriene er toluen og helseeffekten av denne forbindelsen er beskrevet i kapittel 7.2.2. Til tross for forbindelsens helseeffekt, anses det som ikke nødvendig å identifiseres kilder på grunn av den lave konsentrasjonen.

Konsentrasjonen av de identifiserte kjemiske forbindelsene med angitt LCI-verdi, har ved dag 28 en Ri-verdi < 1 , og i tillegg utgjør summen av Ri-verdiene en R-verdi < 1 . På bakgrunn av dette antas det at forbindelsene individuelt eller samlet ikke utgjør en økt helserisiko. I henhold til de utvalgte helsekategoriene, ble kun toluen påvist, men grunnet forbindelsens lave Ri-verdi anses den og ikke gi en økt risiko for negative helseeffekter.

På bakgrunn av analyseresultatene, som viser at ikke identifiserte forbindelser utgjør en stor andel av TVOC-konsentrasjonene, anbefales det å se nærmere på disse forbindelsene med formål

om å kartlegge om de kan medføre en økt risiko for negative helseeffekter. Kunstdekke er et mye benyttet idrettsgulv, som gjør det desto viktigere at disse forbindelsene kartlegges.

9.1.4 Sammenligning av parkett 1, parkett 2 og kunstdekke

For alle tre gulvene er det primært den høye TVOC-emisjonen som er årsaken til at gulvene ikke kan kategoriseres som svært lav- eller lavemitterende materialer. I tillegg er benzen, påvist i parkett 1, og bornylacetat, påvist i kunstdekke, medvirkende årsaker til at parkett 1 og kunstdekke ikke kan kategoriseres som svært lavemitterende materialer. Det er en gjennomgående høy forekomst av n-pentan i alle gulvmaterialene, som tyder på at forbindelsen er en vanlig bestanddel i idrettsgulv. Angående formaldehyd, var det i forsøkene ikke mulig å identifisere spesifikke kilder til formaldehyd i tregulvene, men det antas ut fra studiet av Baumann mfl. (2000) at den store formaldehydemisjonen fra parkettgulvene skyldes lim som benyttes for å lime sammen lagene i trevirke. I tillegg har trevirke et naturlig innhold av formaldehyd.

Analyseresultatene viser at det er påvist flere forbindelser i parkett 2 som kan medføre en økt risiko for negative helseeffekter enn de andre prøvematerialene, og at parkett 2 er det eneste prøvematerialet med en beregnet R-verdi >1 . Dette viser at gulvet kan medføre en økt risiko for negative helseeffekter for brukere i idrettshaller sammenlignet med parkett 1 og kunstdekke, med utgangspunkt i LCI-verdier angitt i AgBB.

Det er viktig å ta i betraktning at kjemiske forbindelser som ikke har oppgitt LCI-verdi likevel kan medføre negative helseeffekter. Det kan tenkes at ett eller flere av de identifiserte forbindelsene nylig er oppdaget, og dermed ikke er studert i henhold til helseeffekter. Ofte plasseres forbindelser i LCI-listen sammen med forbindelser som har antatt lignende helseeffekt, på bakgrunn av kjemisk oppbygning, uten at dette er påvist. Et mer omfattende studie for å kartlegge de ulike forbindelsenes helseeffekter vil trolig være av stor betydning for produsenter av gulvmaterialer.

Som nevnt i kapittel 6.1.8.2 ble det ikke mulig å inkludere analyseresultater av TVOC som ble analysert ved NTNU. Disse ville gitt mer nøyaktige emisjonskurver på grunn av at de inkluderer flere prøvetakingstidspunkter enn angitt i CEN/TS 16516, samt styrket validiteten av de fremstilte analyseresultatene.

Med hensyn på materialeemisjon anbefales det for nye bygninger, før de tas i bruk, i bestillingsnr. 444 en utluftingsperiode på to til tre uker eller mer under forhøyede temperaturer (Arbeidstilsynet, 2013). Ettersom tidsperioden for forsøkene var på 28 dager og at materialene kategoriseres som ikke lavemitterende etter endt forsøk, anbefales det at utluftningsperioden i idrettshaller foregår utover varigheten av forsøkene. Samtidig er det rimelig å anta at emisjonen i idrettshaller vil være lavere enn analyseresultatene, da normal driftstemperatur er lavere enn kammertemperaturen. Dette viser at utluftingen også bør forgå ved en temperatur som er høyere enn normal driftstemperatur i idrettshaller.

Merkeordninger stiller ulike krav til materialeemisjon, og samme analyseresultat kan dermed klassifiseres etter enkelte ordninger og avskrives fra andre. Kunstdekke er ifølge produktspesifikasjonen merket etter M1-ordningen. Det ble valgt å sammenligne egne analyseresultater for kunstdekke med tidligere analyseresultater utført av LGA QualiTest GmbH på samme gulvmateriale, for å se om disse samsvarer. Deres analyser viser at materialet kan klassifiseres etter klasse M1 i M1-ordningen (LGA QualiTest GmbH, 2007), og viser betraktelig lavere TVOC- og formaldehydemisjon enn egne analyseresultater viser.

Det ble også valgt å sammenligne analyseresultatene for parkett 2 med et trebasert gulvmateriale av kryssfinér som er klassifisert i samme produktkategori og har samme produsent som parkett 2. Testen ble utført i henhold til ISO 16000-serien av EPH (Entwicklungs- und Prueflabor Holztechnologie GmbH) i Tyskland, og resultatene viser at produktet ikke oppfyller kravene for verken svært lav- eller lavemitterende materialer i henhold til NS-EN 15251 (Boen Parkett Deutschland GmbH & Co, 2014). Dette samsvarer med analyseresultater for parkett 2, men i motsetning til parkett 2 oppfyller produktet kravene for å oppnå merking i henhold til emisjonskravene angitt i AgBB. En annen emisjonstest utført på et annet trebasert gulvmateriale, utført av samme aktør, viser en betydelig lavere TVOC-emisjon fra produktet sammenlignet med parkett 2 (Boen Parkett Deutschland GmbH & Co, 2012).

På bakgrunn av disse sammenligningene settes det spørsmålstegn ved troverdigheten av testingen som er utført for å oppnå resultatene angitt i leverandørens dokumenter av emisjonstester. Dersom merkeordninger benyttes som vurderingsgrunnlag for materialeemisjon, kan det antas at mange idrettshaller har en utilstrekkelig ventilasjonsmengde for materialbelastning. En utilstrekkelig ventilasjonsmengde vil medføre en redusert fortykning av luftforurensninger, som videre reduserer luftkvaliteten. På bakgrunn av analyseresultater i oppgaven kan det ikke ses bort fra at det kan eksistere flere gulvmaterialer som er godkjent innen ulike merkeordninger, men som har en høyere emisjon enn forespeilet.

9.2 Casehaller

Ved dimensjonering av ventilasjonssystemet i de fire casehallene ble det benyttet ulike verdier for person- og materialbelastning. Ved dimensjoneringen i Heimdalshallen ble det benyttet tilnærmet like verdier som angitt i TEK 10, og de samsvarer også med minimumskravet i bestillingsnr. 444. Med tanke på personbelastning ble det i KVT-hallen benyttet samme verdi som i Heimdalshallen, mens for materialbelastning ble høyeste verdi angitt i bestillingsnr. 444 benyttet, fordi gulvmaterialer ikke var dokumentert til å være lavemitterende. I KVT-hallen ble det dimensjonert for en høyere ventilasjonsmengde for materialebelastning, enn minimumsanbefalingen på 1,0 l/s per m² gulvareal angitt i veiledningen til TEK 97.

Luftmengden for personbelastning ved lett aktivitet i Byneshallen er også lik verdien angitt i TEK 10, mens verdien per aktive person er mer spesifikk enn i forskriften der det kun angis at ventilasjonsmengden skal økes ved et høyere aktivitetsnivå. Hvorvidt de som har dimensjonert ventilasjonssystemet tok utgangspunkt i verdien for aktive personer angitt i veilederen for flerbrukshaller, eller beregnet seg frem til en egendefinert verdi er usikkert, men den benyttede verdien angir en høyere luftmengde per aktive person enn den angitte verdien i veilederen. Ventilasjonsmengde for materialbelastning i Byneshallen samsvarer med verdien for preakseptert ytelse i veiledningen til TEK 10, som benyttes for udokumentert eller høyt emitterende materialer for aksept av ventilasjonsmengde. Ved Åsveien skole og idrettshall ble det benyttet tilsvarende verdier som Byneshallen, med unntak av at det ikke angis en spesifikk verdi per aktive person.

De fire casehallene har omrøringsventilasjon. Denne ventilasjonstypen vil i prinsippet fordele forurensninger homogent i rommet, men det er en fare for tosonesirkulasjon hvor den nedre sonen ikke blir ventilert. På bakgrunn av CO₂-målinger utført i KVT-hallen og Heimdalshallen, som viser at CO₂-nivået i oppholdssone er tilfredsstillende, tyder dette på at omrøringsventilasjon fungerer etter sin hensikt i disse hallene. Fortrengingsventilasjon vil i prinsippet føre til at forurensningskonsentrasjonen øker med høyden. Med bakgrunn i dette, kan det antas at denne ventilasjonstypen vil redusere eksponeringen av forurensninger for brukerne sammenlignet med omrøringsventilasjon, da det meste av forurensningen vil befinne seg over deres oppholdssone. På den andre siden vil denne ventilasjonstypen være avhengig av temperaturforskjeller mellom forurensningskildene og omgivelsene.

9.2.1 Heimdalshallen

Utførte målinger i Heimdalshallen viser en høy gjennomsnittlig temperatur i alle målehøydene, og som vist i figur 7.3.1.1 svinger temperaturen i intervallet 19,6-22,2°C som er over optimal driftstemperatur angitt i veilederen for flerbrukshaller. Den dimensjonerte temperaturen er noe høyere, som blant annet kan skyldes for varm tilluft og/eller en høy personbelastning.

Målinger av CO₂-nivået tyder på at ventilasjonssystemet er velfungerende og at hallen har en god luftsirkulasjon. Figur 7.3.2.1 viser at CO₂-nivået varierer, trolig grunnet en varierende avgivelse av CO₂ fra brukerne avhengig av aktivitetsnivå, og en varierende personbelastning. Ved sammenligning med aktivitetsplanen for hallen under måleperioden, som vises i tabell E.1 (vedlegg E), ses det at ved arrangementer med økt personbelastning, eksempelvis en håndballcup, øker CO₂-nivået. CO₂-nivået er ut fra målingene tilfredsstillende og godt under anbefalingene ved normal drift, som defineres som perioder med en personbelastning på cirka 90 personer. Ved ett tidspunkt var CO₂-nivået på 1046 ppm ved 1,2 m høyde. Målingene viser at luften ikke fortynnes i samme grad ved en økt personbelastning. Dette viser at ventilasjonssystemet ikke er dimensjonert for en ventilasjonsmengde som holder CO₂-nivået like lavt ved en høy som ved en normal personbelastning. Luftkvaliteten i hallen er likevel tilfredsstillende.

Eksempler på scenarier i Heimdalshallen

Heimdalshallen er en flerbrukshall som benyttes til mange ulike arrangementer. Det er derfor valgt å se på hvordan temperatur, relativ fuktighet og CO₂-nivå endres ved endringer i personbelastningen, ved å se på to ulike scenarier i måleperioden.

Scenario 1: Skole og fritidsaktiviteter (11.november 2015, kl.10:14-22:14).

Scenario 2: Cup (15.november 2015 kl. 09:44-21:14).

De gjennomsnittlige verdiene i scenario 1 for temperatur, luftfuktighet og CO₂-nivå ble målt til å være henholdsvis 20,4°C, 42,5% og 507,5 ppm. I scenario 2 er disse parameterne henholdsvis 21,2 °C, 29% og 830 ppm. Dette viser en økning av CO₂-nivået og temperatur sammenlignet med scenario 1, men en reduksjon i luftfuktigheten. Som det fremkommer av figur 7.3.2.1 og tabell E.1 (vedlegg E), øker CO₂-nivået i takt med personbelastningen, noe som viser at den dimensjonerte ventilasjonsmengden ikke er optimal, men likevel tilfredsstillende, for en varierende personbelastning. Resultatene tyder på en bedre luftkvalitet under scenario 1 sammenlignet med scenario 2.

9.2.2 KVT-hallen

Ifølge driftsansvarlig i KVT-hallen er driftstemperaturen innstilt på 20 °C, som er høyere enn anbefalt temperatur angitt i veilederen for flerbrukshaller. Temperaturmålingene viser derimot at driftstemperaturen ligger mellom 17-18,4°C, og er dermed godt innenfor anbefalingene angitt i veilederen. Figur 7.3.1.2 viser at temperaturen er høyere i de to øverste målehøydene, som trolig skyldes at varm luft har en lavere tetthet enn kald luft og dermed stiger på grunn av oppdrift. I tillegg avgis det mer varme fra mennesker med et økt aktivitetsnivå, som også bidrar til å øke lufttemperaturen. Varmeforøkelsen forekommer primært i 1,20 m høyde, som tidligere nevnt er barns pustesone.

Målinger av CO₂-nivået i KVT-hallen viser tilnærmet like gjennomsnittsverdier, samt minimums- og maksimumsverdier i de to målehøydene. I tillegg viser figur 7.3.2.2 at alle verdiene er godt under 800 ppm til enhver tid, og at CO₂-nivået høyner på slutten av dagen og

holdes stabilt gjennom natten. Årsaken til sistnevnte er trolig på grunn av at ventilasjonssystemet er innstilt på halvparten av normalt luftskifte utenom brukstiden. Basert på CO₂-målingene er ventilasjonsmengden tilstrekkelig ved en normal driftssituasjon. Det ble ikke utført målinger under en cup eller lignende scenarioer i KVT-hallen, og det er dermed ikke grunnlag for å fastslå om den dimensjonerte ventilasjonsmengden er tilstrekkelig for å sikre en god luftkvalitet under perioder med en svært forhøyet personbelastning, sammenlignet med normal driftssituasjon.

Dersom det kun ses på normal bruk av idrettshallene, kan de målte klimaparameterne sies å være tilnærmet like. Utførte målinger tyder på en god luftkvalitet i begge hallene, og at benyttede verdier for person- og materialbelastning ved dimensjoneringen av ventilasjonssystemet i disse hallene er tilstrekkelige. Angående relativ fuktighet, vil den være styrt av værforhold, og målte verdier for hallene kan derfor ikke sammenlignes da de ble utført ved ulike datoer og ulike værforhold.

9.2.3 Sammenligning opp mot klimaparametere i forsøkskammer

Målingene som ble utført i Heimdalshallen og KVT-hallen viser at temperaturene er lavere enn temperaturen i forsøkskammeret. Med bakgrunn i studier utført av Haghghat og Bellis (1998) og Andersen mfl. (1975) kan en temperaturøkning ha en signifikant innvirkning på den kjemiske emisjonen fra materialer. Resultatene fra emisjonstesten kan derfor vise høyere emisjonsverdier av VOC/TVOC, formaldehyd og acetaldehyd enn det som normalt vil forekomme i en idrettshall. I tillegg antas det at emisjonen fra gulvmaterialet i KVT-hallen er lavere enn i Heimdalshallen i løpet av de 28 dagene, grunnet lavere målte driftstemperaturer.

For å oppnå representative resultater for en idrettshall burde kammertemperaturen vært innstilt etter anbefalt driftstemperatur i veilederen for flerbrukshaller. Dette ville medført et manglende sammenligningsgrunnlag opp mot angitte grenseverdier i NS-EN 15251 og utvalgte merkeordninger, da de benytter samme metode for emisjonstesting og samme kammertemperatur. Dette er også gjeldende for de andre klimaparameterne i forsøkskammeret. Uten et sammenligningsgrunnlag ville det ikke vært mulig å trekke slutninger om

prøvematerialene er svært lav-, lav- eller ikke lavemitterende, eller vurdert risikoen for negative helseeffekter av de påviste forbindelsene.

9.3 Vurdering av krav og anbefalinger

Ved dimensjonering av et ventilasjonssystem i en idrettshall vil man stå ovenfor problemstillingen om hvilke verdier det skal benyttes, da det må tas hensyn til at hallen skal fungere som en arbeidsplass, men også for aktiviteter over kortere tidsintervaller. Luftkvaliteten i en idrettshall er spesielt viktig fordi fysisk aktivitet øker respirasjonsfrekvensen, og kan derfor medføre at aktive personer eksponeres for en større mengde forurensninger enn personer som for eksempel oppholder seg på et kontor.

Av kartlagte nasjonale og internasjonale krav og anbefalinger av dimensjonerende ventilasjonsverdier, angis det få og lite spesifikke krav som er rettet mot idrettshaller. Av de internasjonale er det kun svenske anbefalinger som angir ventilasjonsverdier som er rettet mot idrettshaller og som tar hensyn til både aktive personer og tilskuere, i tillegg til materialemisjon. De finske anbefalingene angir ventilasjonsverdier for gymsaler, men uten å ta hensyn til et økt aktivitetsnivå. Nasjonalt lovverk tar ikke høyde for et økt aktivitetsnivå, da verdiene omfatter alle bygninger. Dette medfører at verdiene ikke er tilpasset aktivitetsnivået som man forventer i en idrettshall. I veilederen for flerbrukshaller tas det derimot i hensyn til ulike aktivitetsnivå, ved å angi spesifikke verdier for luftmengde for både tilskuere og aktive personer, men materialbelastning omtales ikke i veilederen.

Bestillingsnr. 444 er gjeldende for arbeidsplasser og angir ikke verdier for et økt aktivitetsnivå, noe som understrekes av Vatne (2016). Verdiene er derfor gjeldende for en daglig gjennomsnittlig oppholdstid på åtte timer, i motsetning til TEK 10 som angir verdier for alle typer bygninger, inkludert arbeidsplasser. Sett i sammenheng med idrettshaller vil bestillingsnr. 444 derfor kun være aktuell for personer med idrettshallen som arbeidsplass, eksempelvis kroppsøvlingslærere, eliteutøvere og driftsansvarlige med en antatt daglig oppholdstid på åtte timer. Barn som har gymnastikk og i tillegg er med på én eller flere fritidsaktiviteter tilbringer også mye tid i idrettshaller, men det antas at de har en kortere oppholdstid enn åtte timer. Da det

ikke tas høyde for et økt aktivitetsnivå, er det grunn til å anta at de anbefalte verdiene for personbelastning ikke er relevante for idrettshaller hvor aktivitetsnivået i de fleste tilfeller er forhøyet.

Et riktig dimensjonert ventilasjonssystem vil bidra til at brukerne opplever luftkvaliteten i idrettshallen som god og ikke eksponeres for kjemikalier i konsentrasjoner som kan medføre negative helseeffekter. De fleste brukerne har et høyere aktivitetsnivå sammenlignet med personer som oppholder seg eksempelvis i et kontor, og vil på grunn av den økte respirasjonsfrekvensen ved fysisk aktivitet inhalere en større mengde av eventuelle luftforurensninger. Det bør derfor stilles strengere krav til en god luftkvalitet i idrettshaller.

Krav og anbefalinger baserer verdier for materialeemisjon kun på gulvareal. Da gulvarealet i en idrettshall utgjør cirka $\frac{1}{3}$ av det totale overflatearealet sammenlignet med et kontor der det utgjør mindre enn $\frac{1}{6}$ (vedlegg B.4), vil det være spesielt viktig å ta gulvarealet i betraktning ved dimensjonering av ventilasjonssystemer i idrettshaller. Ved å ikke ta tilstrekkelig høyde for materialbelastning ved dimensjoneringen, hvor det benyttes ikke lavemitterende materialer, kan konsekvensen bli en utilstrekkelig fortykning av forurensninger og en økt risiko for negative helseeffekter.

Da ingen av prøvematerialene kan kategoriseres som svært lav- eller lavemitterende materialer i henhold til NS-EN 15251, kan det ikke utelukkes at dette også vil være gjeldende for andre typer idrettsgulv. På bakgrunn av dette bør det ved dimensjonering av ventilasjonssystemer i idrettshaller tas utgangspunkt i at gulvet ikke er lavemitterende, dersom det ikke eksisterer dokumentasjon på at det er lavemitterende. Dersom materialene ikke kan dokumenteres til å være lavemitterende eller er høyemitterende, anbefales det å benytte den høyeste verdien for materialbelastning som er angitt i bestillingsnr. 444 ved dimensjonering. Begrunnelsen styrkes av at verdiene i veiledningen er godt i tråd med dagens kunnskap og erfaringer, selv om det er behov for et større kunnskapsunderlag på området (Bakke, 2015).

Det kan oppstå situasjoner hvor dimensjonerende luftmengder angitt i lovverket ikke vil være tilstrekkelig i bygninger hvor et økt aktivitetsnivå vil forekomme. I slike situasjoner bør prosjekterende, som dimensjonerer ventilasjonssystemer, strekke seg utover kravene og følge anbefalinger angitt i veilederen for flerbrukshaller eller svenske anbefalinger, hvor det tas hensyn

til personer med et økt aktivitetsnivå. Et vurderingsgrunnlag for å bestemme hvorvidt emisjon fra bygningsmaterialer er helseskadelig eller ikke, burde harmoniseres og innlemmes i både nasjonalt og internasjonalt lovverk for å sikre trygge bygningsmaterialer. Et harmonisert vurderingsgrunnlag vil mest sannsynlig gjøre det lettere for aktører i bygningsbransjen å velge materialer. I tillegg vil prosjekterende som dimensjonerer ventilasjonssystem vite hvilken verdi for materialbelastning som skal tas høyde for ved fastsettelse av ventilasjonsmengder.

9.4 Oppskalering av ventilasjonsverdier og emisjonsresultater

I dette delkapittelet vurderes oppskalering av TVOC-emisjon basert på beregninger i vedlegg B.3, samt oppskalering av ventilasjonsverdier som vist i tabell 8.1.1. Ved oppskalering av TVOC-konsentrasjonen for parkett 1 til å være gjeldende for tre av casehallene og et kontor, blir konsentrasjonen i kontoret tilnærmet lik konsentrasjonen i referanserommet. Dette viser at referanserommet er kompatibelt for omregning til dimensjoner i et kontor, basert på belastningsfaktoren for gulv. TVOC-konsentrasjonen vil i en idrettshall utgjøre cirka 1/3 av konsentrasjonen i referanserommet på grunn av forholdet mellom gulvareal og volum, som gir en lavere belastningsfaktor sammenlignet med et kontor. Beregninger viser at emisjon fra gulvmaterialet i en idrettshall vil ha mindre betydning for luftkvaliteten enn emisjonen fra gulvmaterialet i et kontor. Casehallene er benyttet som eksempler ved beregninger i vedlegg B.3, men resultater vil være gjeldende for alle idrettshaller med tilsvarende dimensjoner. Ved å utføre samme beregninger med andre konsentrasjoner, eksempelvis fra parkett 2 og kunstdekke, vil samme trend vises.

Oppskalering av angitte ventilasjonsverdier for personbelastning og materialbelastning angitt i TEK 10 og bestillingsnr.444 til å være gjeldende for et kontor, KVT-hallen og Heimdalshallen (figur 8.1.1) viser at hallene ved maksimal personbelastning, har tilnærmet lik eller lavere ventilasjonsmengde per person sammenlignet med et kontor. Basert på et økt aktivitetsnivå og dermed en økt respirasjonsfrekvens, antas et behov for en større luftmengde per person i idrettshallen sammenlignet med et kontor. Analyseresultater fra emisjonstestene viser derimot at ved oppskalering til idrettshall-dimensjoner blir konsentrasjonen av kjemiske forbindelser per

volumenhet lavere i idrettshallen, og det antas derfor et behov for mindre ventilasjonsmengde når det gjelder materialbelastning. Den totale ventilasjonsmengden for person- og materialbelastning for en idrettshall vil dermed være tilstrekkelig under maksimal personbelastning, men det antas på bakgrunn av beregninger at en lavere personbelastning vil medføre en overdimensjonert ventilasjonsmengde.

9.5 Vurdering av metode

I dette delkapittelet vil benyttede standarder, metoder og mulige feilkilder tilknyttet metodene diskuteres. Sammenligning med andre analyseresultater fra emisjonstester utført på samme eller lignende materialer viser at egne analyseresultater for parkett 1 og kunstdekke er betraktelig høyere, og antyder at det kan ha forekommet en metodefeil. En feilkilde, som kan ha forhøyet konsentrasjonen i forsøkskammeret, er at det ikke ble utført analyser som angir bakgrunnskonsentrasjonen i forsøkskammeret ved forsøksstart. På samme tid er den benyttede metoden beskrevet i CEN/TS 16516 og ISO 16000-serien, og er standardiserte metoder som er godt utprøvd. Det er derfor grunn til å tro at ved å følge disse metodene, vil analyseresultatene ha en høy validitet. Analyseresultatene anses også som valide, da analyseringen ble utført av et kommersielt laboratorium.

En mulig feilkilde med prøvematerialene kan være at alderen er ukjent. Dersom materialene var eldre enn åtte uker ved forsøksstart, kan mye av kjemikaliene ha emittert før selve testingen startet. Dette kan gi en lavere kjemikaliekonsentrasjon ved testing, sammenlignet med nyproduserte materialer. En annen feilkilde kan være at parkett 1 og kunstdekke ankom delvis forseglest. Ved brutt forsegling kan det forekomme absorpsjon- og desorpsjonsprosesser, både under transport og oppbevaring av materialet frem mot testingen, som medfører en lavere emisjon under forsøket. Dette kan gi et annet emisjonsforløp med eksempelvis en høyere verdi ved dag 3 og en større reduksjon mot dag 28.

Kjemikalieinnholdet i ulike deler av materialet kan variere og kan medføre at den delen av materialet som testes inneholder mer eller mindre kjemikalier enn resterende deler. Da testene ble utført i et stort forsøkskammer, ble det benyttet et større areal av prøvematerialene

sammenlignet med det som benyttes i et mindre forsøkskammer. Mindre variasjoner kan dermed forventes, og i tillegg er det rimelig å anta at troverdigheten til analyseresultatene øker jo større areal prøvematerialet har. Forsøkskammeret er av god kvalitet og hadde kontinuerlig logging av klimaparameterne og vist små standardavvik, som styrker validiteten av analyseresultatene.

Under prøvetakingen forekom det ofte små variasjoner i flow i de benyttede pumpene, som kan medføre en lavere eller høyere luftgjennomstrømning i prøverørene. Dette er en feilkilde ved prøvetakingen, som kan medføre en henholdsvis lavere eller høyere kjemikaliekonsentrasjon i analyseresultatene enn de faktiske verdiene i forsøkskammeret. En annen feilkilde kan være at analyseresultater fra en av parallellene (5,0 L) for kunstdekket ved dag 7 ikke ble analysert.

Resultater fra målingene av klimaparameterne i casehallene, kan grunnet måleusikkerhet være litt høyere eller lavere enn angitte verdier. I tillegg ble det kun utført målinger i to haller, og dette utvalget vil ikke være representativt for idrettshaller generelt. CO₂ er en av flere påvirkende faktorer for luftkvaliteten, og ved å ta i betraktning kun denne parameteren svekkes validiteten av luftkvalitetsvurderingen. For en helhetlig vurdering burde alle påvirkende parametere vurderes. Andre påvirkende faktorer kan være bygningsmaterialer og inventar, renhold og vedlikehold, og arbeidsaktiviteter og prosesser.

Standarder generelt er utarbeidet av ubetalte fageksperter med bred kompetanse innen sitt fagfelt. Det kan derimot være vanskelig å vite hvorvidt de forholder seg objektive, da de trolig ønsker å fremme sin sak innen sitt fagområde. Det er også mulig at personer med bred kompetanse innen fagfeltet ikke har deltatt i utarbeidelsen. Ved bruk av standarder er det derfor viktig å ta i betraktning at de kun angir anbefalinger. De utvalgte merkeordningene er internasjonale renommerte merkeordninger, og baserer sine emisjonstester på CEN/TS 16516 og ISO 16000-serien. Den førstnevnte standarden baserer seg på ISO 16000-serien, men angir tilleggskrav. Samtidig er standarden utgitt i 2013 og er en forholdsvis ny standard, som trolig inkluderer det nyeste kunnskapsunderlaget innenfor fagfeltet. Med tanke på standardens alder, kan det derimot diskuteres hvorvidt metoden er godt utprøvd. Det antas på bakgrunn av disse vurderingene at den benyttede metoden er god.

10 Konklusjon

Overflateemisjonen av kjemiske forbindelser fra materialer i en idrettshall vil ha en innvirkning på luftkvaliteten. Dette begrunnes i en samlet vurdering av analyseresultater fra utførte emisjonstester av to ulike parkettgulv og ett kunstdekke. I idrettshaller vil luftkvaliteten være spesielt viktig for brukerne, da et økt aktivitetsnivå medfører en økt respirasjonsfrekvens. Dette vil medføre en større inhalert luftmengde per time og dermed en økt eksponering av forurensninger for personer som oppholder seg i en idrettshall sammenlignet med personer på et kontor. Samtidig viser oppskalering av emisjonsresultater til dimensjoner for kontor og tre idrettshaller, at konsentrasjonen blir lavere i idrettshaller på grunn av gulvarealets størrelse og volum. På bakgrunn av dette vil eksisterende ventilasjonskrav til materialbelastning være minst like tilpasset brukere i idrettshaller som personer i et kontor.

Analyseresultater fra emisjonstestene viser at gulvene kategoriseres som ikke lavemitterende materialer i henhold til NS-EN 15251. De oppfyller heller ikke krav angitt i utvalgte merkeordninger, med unntak av klasse M3 i Emission Classification of building materials og klasse E2 i Nordic Ecolabelling som ikke angir en øvre grenseverdi. I tilfeller hvor ventilasjonen dimensjoneres etter verdier for lavemitterende materialer, er det viktig at det eksisterer dokumentasjon på dette. Dersom det ikke eksisterer dokumentasjon må det tas høyde for at materialene er ikke lavemitterende, og ventilasjonssystemet må dimensjoneres deretter.

De påviste kjemiske forbindelsene i analyseresultatene med angitt LCI-verdi, inkludert forbindelser som er kategorisert som karsinogen, reproduksjonsskadelig, åndedrett- eller hudsensibiliserende og/eller arvestoffskadelig hadde en Ri-verdi <1 . Dette betyr at ingen av de påviste kjemiske forbindelsene utgjør en økt individuell helserisiko for idrettshallens brukere ved eksponering for disse konsentrasjonene. Samlet utgjør Ri-verdien for de kjemiske forbindelsene i parkett 1 og kunstdekke en R-verdi <1 . R-verdien for parkett 2 er derimot >1 , som vil si at det er en økt risiko for negative helseeffekter fra den samlede emisjonen av forbindelsene.

Ventilasjon kommer inn som et viktig tiltak for å redusere konsentrasjonen av kjemiske forbindelser i inneluften og bidrar til en god luftkvalitet. Et riktig dimensjonert ventilasjonssystem i en idrettshall er utfordrende, på grunn av en varierende personbelastning og

hallens store volum. Det eksisterer få nasjonale og internasjonale krav og anbefalinger til ventilasjon spesielt rettet mot idrettshaller, som gjør det desto vanskeligere å vite hvordan dimensjoneringen bør utføres. Kriterier som legges til grunn ved dimensjonering av ventilasjonssystemet i idrettshaller, i praksis, er hovedsakelig angitte verdier i forskrift om tekniske krav til byggverk og deres veiledninger.

Utførte målinger av inneklimateparametere i to av casehallene tyder på at luftkvaliteten er god. CO₂-nivået øker i takt med personbelastningen, men er likevel under Folkehelseinstituttets anbefalt norm. Dette viser at ventilasjonssystemet i hallene fungerer etter sin hensikt, dersom kun CO₂-nivået benyttes som eneste vurderingsfaktor for luftkvalitet. Oppskalering av analyseresultater fra emisjonstestene til idrettshalldimensjoner viser at konsentrasjonen [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] av de emitterte forbindelsene vil være lavere i en idrettshall, og derfor ha mindre betydning for luftkvaliteten sammenlignet med et kontor. For en helhetlig vurdering av luftkvaliteten bør i tillegg andre faktorer som renhold og vedlikehold, samt arbeidsaktiviteter og prosesser inkluderes.

Anbefalinger for videre forskning

- Vurdere manglende analyseresultater fra emisjonstester utført ved NTNU, for å få flere målepunkter og mer representative emisjonsforløp.
- Repetere emisjonstestene for å styrke validiteten av analyseresultatene.
- Utføre emisjonstester i idrettshaller for å kartlegge den reelle emisjonen.
- Nærmere kartlegging av kunstdekke med formål om å identifisere flere av de ikke identifiserte forbindelsene.

Praktiske anbefalinger

- For prosjekterende er det viktig at det velges gulvmaterialer som er dokumentert til å være svært lav- eller lavemitterende i henhold til NS-EN 15251, da den graderer emisjonen sammenlignet med merkeordningene som ikke sier noe om det er lavt eller høyemitterende.
- Identifisere kilder til kjemiske forbindelser i gulvmaterialene for å redusere risiko for negative helseeffekter for brukere av idrettshaller.
- Identifisere kilder til kjemiske forbindelser som emitterer i høye konsentrasjoner fra gulvmaterialene, for å substituere eller eliminere de med formål om å kunne kategorisere gulvmaterialene som svært lav- eller lavemitterende i henhold til NS-EN 15251.
- Ved valg av materialer, som tradisjonelt gjøres av ulike faggrupper, er det viktig med en god dialog mellom de ulike faggruppene for å sikre at det velges lavemitterende materialer.

Referanser

- Aas, B., 2016. *Omrøringsventilasjon i Heimdalshallen?* [e-post] (Personlig kommunikasjon, 2.juni 2016).
- AgBB, 2015. *A contribution to the Construction Products Regulation: Health-related Evaluation Procedure for Volatile Organic Compounds Emissions (VVOC, VOC and SVOC) from Building Products*. Dessau-Roßlau: Committee for Health-related Evaluation of Building Products/AgBB.
- Alstad, R., 2016a. *KVT*. [e-post] (Personlig kommunikasjon, 15.mars-10.mai 2016).
- Alstad, R., 2016b. *Master Emisjon gulvmaterialer Idrettshaller*. [e-post] (Personlig kommunikasjon, 11.februar-4.mars 2016).
- Andersen, I. B., Lundquist, G. R. og Møhlhave, L., 1975. Indoor air pollution due to chipboard used as a construction material. *Atmospheric Environment (1967)*, 9(12), s.1121-1127. DOI: 10.1016/0004-6981(75)90188-2
- Arbeidsplassforskriften. *Forskrift 6.desember 2011 nr. 1356 om utforming og innretting av arbeidsplasser og arbeidlokaler*.
- Arbeidstilsynet, 2013. *Veiledning om Klima og luftkvalitet på arbeidsplassen* (best.nr. 444). Oslo: Gyldendal Akademisk.
- ASHRAE, u.å. *ASHRAE Technical FAQ*. (ID: 35). Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- ASHRAE, 2016. *ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2016 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- Bakke, J.V., 2015. Ventilasjon, helse og produktivitet i bolig og arbeid – Kunnskaper og erfaringer gjennom 250 år. *Helserådet Nytt om samfunnsmedisin og folkehelsearbeid*, 20(15), s.3-13. ISSN: 0806-7457.
- Bakke, J.V., 2016. *Spørsmål ang bestillingsnr. 444*. [e-post] (Personlig kommunikasjon, 3.mars 2016).
- Barro, R., Regueiro, J., Llompart, M. og Garcia-Jares, C., 2009. Analysis of industrial contaminants in indoor air: Part 1. Volatile organic compounds, carbonyl compounds, polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorinated biphenyls. *Journal of Chromatography A*, 1216(3), s.540-566. DOI: 10.1016/j.chroma.2008.10.117

- Baumann, M. G. D., Lorenz, L. F., Batterman, S. A. og Zhang, G-Z., 2000. Aldehyde emissions from particleboard and medium density fiberboard products. *Forest Products Journal*, 50(9), s.75-82. Tilgjengelig fra: Scopus [Hentet 5.mai 2016].
- BEK. *Bekendtgørelse 22. juni 1983 nr. 289 om begrænsning af formaldehyd i spånplader, krydsfinerplader og lignende plader, som anvendes i møbler, inventar og lignende.* (forskrift).
- Bernstein, J. A. mfl, 2008. The Health effects of nonindustrial indoor air pollution. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 121(3), s.585-591. DOI: 10.1016/j.jaci.2007.10.045
- Beslag og sikkerhetsrådgivere AS, 2012. *Tilbud lås 001*. [internt dokument] Trondheim: Beslag og sikkerhetsrådgivere AS.
- Boen Parkett Deutschland GmbH & Co, 2012. *Test Report. Order number 252422/3*. [internt dokument] Mölln: Boen Parkett Deutschland GmbH & Co.
- Boen Parkett Deutschland GmbH & Co, 2014. *Test Report. Order no. 2514425*. [internt dokument] Mölln: Boen Parkett Deutschl and GmbH & Co.
- Boen Sport, u.å. *Technical data. Boflex Stadium*. [internett] Kristiansand: Boen Bruk AS. Tilgjengelig fra: <<http://boensport.com/en/products/boflex-stadium/>> [Hentet 12.juni 2016].
- Bygningsreglementet.dk, 2016. *6.3.1.3 Andre bygninger end beboelsesbygninger*. København: Trafik- og Byggestyrelsen.
- Carlisle, A. J. og Sharp, N. C. C., 2001. Exercise and outdoor ambient air pollution. *British Journal of Sports Medicine*, 35(4), s.214-222. DOI: 10.1136/bjism.35.4.214
- Clancy, E., 2011. *KS17 Indoor Air Quality and Ventilation*. (KS17). London: CIBSE Knowledge Series. ISBN: 9781906846190
- Corneliussen, P.C. mfl., 2005. *Veileder Flerbrukshaller. Planlegging, bygging, drift og vedlikehold*. Oslo: Kultur- og kirke departementet.
- Cox, S. S., Little, J. C. og Hodgson, A. T., 2002. Predicting the Emission Rate of Volatile Organic Compounds from Vinyl Flooring. *Environmental Science & Technology*, 36(4), s.709-714. DOI: 10.1021/es010802+
- Descol B.V., 2011. *Method Statement - Pulastic Pro 120 ECO*. [internett] Nederland: B.V. Descol Kunststof Chemie. Tilgjengelig fra: <http://gulvogtakteknikk.no/wp-content/uploads/2016/02/MS_Pulastic-Pro-120-Eco.pdf> [Hentet 23.februar 2016]

- Direktoratet for byggkvalitet, 2011. *Veiledning om tekniske krav til byggverk*. (HO-2/2011). Oslo: Direktoratet for byggkvalitet.
- Eggen Arkitekter AS, 2014. *Åsveien skole og idrettshall. Snitt bygg C, C2, C3 og C5*. [internt dokument] Trondheim: Eggen Arkitekter AS.
- Fang, L., Clausen, G. og Fanger, P.O., 1999. Impact of Temperature and Humidity on Chemical and Sensory Emissions from Building Materials. *Indoor Air*, 9(3), s.193-201. DOI: 10.1111/j.1600-0668.1999.t01-1-00006.x
- Folkhälsomyndigheten, 2015. *Kompletterande vägledning om ventilation*. [internett] Tilgjengelig fra: <<https://www.folkhalsomyndigheten.se/livsvillkor-levnadsvanor/miljohalsa-och-halsoskydd/inomhusmiljo-allmanna-lokaler-och-platser/luftkvalitet/kompletterande-vaegledning-om-ventilation/>> [Hentet 12.juni 2016].
- GK Norge AS, 2012. *Revidert Notat Luftmengde Idrettshall 13.11*. [internt dokument] Trondheim: GK Norge AS.
- Gminski, R. mfl., 2010. Studies on health effects in healthy human volunteers caused by VOC emissions from oriented strand boards (OSB). *Naunyn-Schmiedeberg's archives of pharmacology*, 381(1) Supplement 1, s.65. DOI 10.1007/s00210-010-0508-7
- Grunnan, H.B., 2016. *Ventilasjon (Spongdal)*. [e-post] (Personlig kommunikasjon, 17.mars 2016).
- Gården, H.A., 2016. *Ventilasjonsanlegg*. [e-post] (Personlig kommunikasjon, 3.mars 2016).
- Haghighat, F. og Bellis, L. D., 1998. Material emission rates: Literature review, and the impact of indoor air temperature and relative humidity. *Building and Environment*, 33(5), s.261-277. DOI: 10.1016/S0360-1323(97)00060-7
- Hansen, C.M.N., Sødermann, M.A. og Riiser, V., 2015. *Forsøksdesign for emisjonstesting av gulvmaterialer som benyttes i idrettshaller. Flyktige organiske forbindelser (VOC), totalt flyktige organiske forbindelser (TVOC) og formaldehyd*. Trondheim: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.
- IARC, 1999. *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Re-evaluation of Some Organic Chemicals, Hydrazine and Hydrogen Peroxide*. [internett] Lyon: International Agency for Research on Cancer. Tilgjengelig fra: <<https://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol71/mono71.pdf>> [Hentet 12.juni 2016].

- IARC, 2006. *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Formaldehyde, 2-Butoxyethanol and 1-tert-Butoxypropan-2-ol.* (88) [internett] Lyon: International Agency for Research on Cancer. Tilgjengelig fra: <<https://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol88/mono88.pdf>> [Hentet 12.juni 2016].
- IARC, 2016. *Agents Classified by the IARC Monographs, Volumes 1–115.* [internett] (Oppdatert 22. februar 2016) Tilgjengelig fra: <<http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/>>. [Hentet 1.juni 2016].
- Jeonghoon, K. mfl., 2013. Indoor aldehydes concentration and emission rate of formaldehyde in libraries and private reading rooms. *Atmospheric Environment*, 71, s.1-6. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2013.01.059
- Kaden, D.A., Mandin, C., Nielsen, G.D. og Wolkoff, P., 2010. 3. Formaldehyde. I: World Health Organization (WHO), utg. 2010. *WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants.* Copenhagen: WHO Regional Office for Europe. Kap.3. ISBN 978 92 890 0213 4
- Kährs, u.å. *Tekniske spesifikasjoner. Activity Floor. Eik Activity Floor.* [internett] Oslo: Kährs Norge AS. Tilgjengelig fra: <<http://www.kahrs.com/nb-NO/forbruker/gulv/?floor=eik-activity-floor&floorId=31365&filter=.activity-floor%29.%20Parketten>> [Hentet 22.april 2016].
- Kährs, 2008. *Tekniske spesifikasjoner. Kährs activity floor. Monteringshøyde totalt 30 med mer.* [internett] Oslo: Kährs Norge AS. Tilgjengelig fra: <http://www.kahrs.com/globalassets/global/kahrs_techspec_activityfloor_exp.pdf> [Hentet 12.juni 2016].
- KIFS 2008:2. *Kemikalieinspeksjonens föreskrifter 14 mai. 2008 om kemiska produktet och biotekniska organismer.* (forskrift). ISSN 0283-1937
- Klefsås, K., 2016. Spondal skole og idrettshall. [e-post] (Personlig kommunikasjon, 2.mai 2016).
- LGA QualiTest GmbH, 2007. *Test Report. No. QIWQ 7771089C_Ver1.* [internt dokument] Deventer: LGA QualiTest GmbH.
- Lile, R., 2016. *Ventilasjon (Åsveien skole).* [e-post] (Personlig kommunikasjon, 2.mars-9.mars 2016).
- Limstrand, T., 2005. *Bingenes herre - En undersøkelse om fysisk aktivitet blant barn og ungdom på Fauske.* Bodø: Nordland Fylkeskommune - Kultur og miljøavdeling, enhet for fysisk aktivitet og folkehelse. ISBN: 82-7913-104-3

- Liteplo, R. G., Beauchamp, R., Meek, M. E. og Chénier, R., 2002. *Concise international Chemical Assessment 40 Formaldehyde*. Geneva: United Nations Environment Programme, the International Labour Organization, and the World Health Organization. ISSN: 1020-6167
- Lu, W-H., Wei, W. og Feng, X., 2011. Test and analysis on the indoor air quality of gymnasium in the university. *International Conference on Human Health and Biomedical Engineering*, s.807-810. DOI: 10.1109/HHBE.2011.6028950
- Marchand, C., Bulliot, B., Le Calvé, S. og Mirable, Ph., 2006. Aldehyde measurements in indoor environments in Strasbourg (France). *Atmospheric Environment*, 40(7), s.1336-1345. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2005.10.027
- Mathisen, H.M og Skåret, E., 1989. *Effektiv ventilasjon - Definisjoner og målemetoder - Dimensjonering*. (STF15 A89015). Trondheim: SINTEF. ISBN: 82-595-5632-4
- Ministry of the Environment House and Building Department, 2003. *D2 Indoor Climate and Ventilation of Buildings Regulations and Guidelines 2003*. Helsinki: Ministry of the Environment Housing and Building Department.
- Molnár, P., Bellander, T., Sällsten, G. og Boman, J., 2007. Indoor and outdoor concentrations of PM_{2,5} trace elements at homes, preschools and schools in Stockholm, Sweden. *Journal of Environmental Monitoring*, 9(4), s.348-357. DOI: 10.1039/B616858B
- Nasjonalt folkehelseinstitutt, 2015. *Anbefalte faglige normer for inneklime. Revisjon av kunnskapsgrunnlag og normer – 2015*. (2015:1). Oslo: Nasjonalt folkehelseinstitutt. ISBN: 978-82-8082-655-8
- Nasjonalt folkehelseinstitutt og Radiumhospitalet, 2006. *Kunstgressbaner - vurdering av helserisiko for fotballspillere*. Oslo: Nasjonalt folkehelseinstitutt og Radiumhospitalet
- National Oceanic & Atmospheric Administration, u.å. *Recent Global CO₂*. [internett] (Oppdatert 6.juni 2016) Tilgjengelig fra: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html#global> [Hentet 7.juni 2016].
- Netatmo, u.å. *Netatmo Weather Station. Contains one indoor and one outdoor module*. [internett] Tilgjengelig fra: < <https://www.netatmo.com/en-US/product/weather-station/specifications> > [Hentet 12.juni 2016].
- Nielsen, G.D., Larsen, S.T. og Wolkoff, P., 2013. Resent trend in risk assessment of formaldehyde exposures from indoor air. *Archives of Toxicology*, 87(1), s.73-98. DOI: 10.1007/s00204-012-0975-3

- Norconsult, 2012. *Heimdalshallen. Funksjonsbeskrivelse. VVS-tekniske anlegg. Vedlegg 3.* [internt dokument] Trondheim: Norconsult.
- Novakovic, V. mfl., 2007. *Enøk i bygninger. Effektiv energibruk.* 3. utg. Oslo: Gyldendal Undervisning. ISBN: 978-82-05-37496-6
- Nurmatov, U.B. mfl., 2015. Volatile organic compounds and risk of asthma and allergy: a systematic review. *European Respiratory Review*, 24 (135), s.92-101. DOI: 10.1183/09059180.00000714
- Oeder, S. mfl., 2012. Toxicity and elemental composition of particulate matter from outdoor and indoor air of elementary schools in Munich, Germany. *Indoor Air*, 22(2), s.148-158. DOI: 10.1111/j.1600-0668.2011.00743.x
- Pacheco-Torgal, F., Jalali, S. og Fucic, A., 2012. *Toxicity of building materials.* [e-book]. Cambridge: Woodhead Publishing. Tilgjengelig fra: <<https://www.ntnu.no/ub>> [Hentet 11.juni 2016].
- Park, J. S. og Ikeda, K., 2006. Variations of formaldehyde and VOC levels during 3 years in new and older homes. *Indoor Air*, 16(2), s.129-135. DOI: 10.1111/j.1600-0668.2005.00408.x
- Pekey, H. og Arslanbaş, D., 2008. The Relationship Between Indoor, Outdoor and Personal VOC Concentrations in Homes, Offices and Schools in the Metropolitan Region of Kocaeli, Turkey. *Water, Air, and Soil Pollution*, 191(1), s.113-129. DOI: 10.1007/s11270-007-9610-y
- Pettenkofer, M.V., 1858. *Besprechung allgemeiner auf die ventilation bezüglicher fragen.* [internett] München: Fragen über die Ventilation. Tilgjengelig fra: <<http://www.luftdicht.de/geschichte/pettenkofer1858.pdf>> [Hentet 14. mai 2016].
- Pickrell J. A. mfl., 1984. Formaldehyde release from selected consumer products: influence of chamber loading, multiple products, relative humidity, and temperature. *Environmental Science & Technology*, 18(9), s.682–686. DOI: 10.1021/es00127a009
- Plan- og bygningsloven - pbl. *Lov 27. juni 2008 nr. 71 om planlegging og byggesaksbehandling.*
- Senter for Idrettsskadeforskning, 2003. *Sammenheng mellom ulike typer gulvdekker og forekomsten av fremre korsbandskader i håndball.* [internett] Tilgjengelig fra: <<http://www.klokavskade.no/no/Prosjekter/047---Sammenheng-mellom-ulike-typer-gulvdekker-og-forekomsten-av-fremre-korsbandskader-i-handball/>> [Hentet 12.februar 2016]
- Severinson, H., 2015. *Ventilation Byggvåledning 7 - En handbok i anslutning till Boverkets byggregler.* 5.utg. Stockholm: AB Svensk Byggtjänst. ISBN: 978-91-7333-706-9

- SINTEF Byggforsk og Statens bygningstekniske etat, 2009. *Hus og helse*. (HO-1/2009). Oslo: SINTEF Byggforsk og Statens bygningstekniske etat. ISBN: 978-82-536-1046-7
- Skanska, u.å.a. *FDV dokumentasjon. Dekker*. [internt dokument] Trondheim: Skanska.
- Skanska, u.å.b. *Prosjekt: 230125 KVT Heimdal. Anleggsbeskrivelse. 36 Luftbehandlingsanlegg*. [internt dokument] Trondheim: Skanska.
- Skarland Press, 1998. *Ventøk 3.8: VVS-bransjens håndbok i ventilasjon*. Oslo: Skarland Press A/S.
- Skåret, E. og Mathisen, H.M, 1984. *Ventilation Efficiency - Part 3, A Guide to Efficient Ventilation*. (STF15 A84050). Trondheim: SINTEF.
- Solem, B.S., 2016. *Åsveien*. [e-post] (Personlig kommunikasjon, 21. april 2016).
- Standard Norge, 2007. *NS-EN 15251:2007+NA:2014 Inneklimaparametere for dimensjonering og vurdering av bygningers energiytelse inkludert inneluftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustikk*. Lysaker: Standard Norge.
- Standard Norge, 2013. *CEN/TS 16516:2013 Byggevarer: Vurdering av frigjøring av farlige stoffer: Bestemmelse av utslipp til inneluft*. Lysaker: Standard Norge.
- Stensaas, L., 2001. *Ventilasjonteknikk*. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS. ISBN: 82-05-29444-5
- Sund, S., 2016. Samtale angående personbelastning i Heimdalshallen. [telefonsamtale] (Personlig kommunikasjon, 10. mai 2016).
- TEK 10 (Byggteknisk forskrift). 2010. *Forskrift 26. mars 2010 nr. 489 om tekniske krav til byggverk*.
- The European Parliament and the Council of the European Union, 2008. *REGULATION (EC) No 1272/2008 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 16 December 2008 on classification, labelling and packaging of substances and mixtures, amending and repealing Directives 67/548/EEC and 1999/45/EC, and amending Regulation (EC) No 1907/2006*. (forskrift)
- Tichenor, B.A., Sparks, L.A., White, J.B. og Jackson, M.D., 1990. Evaluating Sources of Indoor Air Pollution. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 40(4), s.487-492. DOI: 10.1080/10473289.1990.10466703
- Trondheim eiendom, 2010. *Kravspesifikasjon. VVS-tekniske anlegg, nr. KS30001. Revisjon nr. 4*. [internt dokument] Trondheim: Trondheim Eiendom.

- Trondheim kommune, 2011. *Spongdal skole og idrettshall. Totalentreprise. Bilag. Fagbeskrivelse idrettshall.* [internt dokument] Trondheim: Trondheim Eiendom.
- Trondheim kommune, 2012a. *366810 Åsveien Romskjema VVS.* [internt dokument] Trondheim: Trondheim kommune.
- Trondheim Kommune, 2012b. *Åsveien skole og idrettshall. Fagbeskrivelse VVS-anlegg. Bilag B1.1.3.* [internt dokument] Trondheim: Trondheim Eiendom.
- Unisport, 2014. *Forvaltning, Drift og Vedlikehold. Gerflor-Taraflex SPORTGULV.* [internt dokument] Drammen: Unisport Skandinavia AS.
- U.S. National Library of Medicine, 1983. *Acetaldehyde.* [internett] (Oppdatert 19. okt 2015) Tilgjengelig fra: < <https://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search2/f?./temp/~SIZIsx:3>> [Hentet 11. juni 2016].
- Van Netten, C., Shirliffe, C. og Svec, J., 1989. Temperature and humidity dependence of formaldehyde release from selected building materials. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 42(4), s.558-565. Tilgjengelig fra: Springer Link [Hentet 8. juni 2016].
- Vatne, F., 2016. *Spørsmål ang bestillingsnr. 444.* [e-post] (Personlig kommunikasjon, 1.mars 2016).
- Vötsch Idustrietechnik GmbH, 2009. *Installation and operating manual. Large-capacity system for temperature and climatic tests. VCE 8000/S.* Balingen-Frommern: Vötsch Idustrietechnik.
- Wolkoff, P., 1998. Impact of air velocity, temperature, humidity, and air on longterm VOC emissions from building products. *Atmospheric Environment*, 32(14), s.2659-2668. DOI: 10.1016/S1352-2310(97)00402-0
- Wolkoff P., 1999. How to measure and evaluate volatile organic compound emissions from building products. A perspective. *Science of The Total Environment*, 227(2), s.197-213. DOI: 10.1016/S0048-9697(99)00019-4
- Wolkoff, P. og Nielsen, P.A., 1996. A new approach for indoor climate labeling of building materials –emission testing, modeling, and comfort evaluation. *Atmospheric Environment*, 30(15), s.2679-2689. DOI: 10.1016/1352-2310(95)00323-1
- Wolkoff, P. og Nielsen, G.D., 2010. Non-cancer effects of formaldehyde and relevance for setting an indoor air guideline. *Environment International*, 36(7), s.788-799. DOI: 10.1016/j.envint.2010.05.012

World Health Organization, 1989. *Indoor Air Pollutants*. Copenhagen, WHO Regional Office of Europe, Euro Reports and Studies no 111.

Xiong, J., Liu, C. og Zhang, Y., 2012. A general analytical model for formaldehyde and VOC emission/sorption in single-layer building materials and its application in determining the characteristic parameters. *Atmospheric Environment*, 47, s.288-294. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2011.10.063

VEDLEGG A: Merkeordninger

Tabell A.1: En kort beskrivelse av merkeordningene *Eurofins Indoor Air Comfort*, *Eurofins Indoor Air Comfort Gold*, *Nordic Ecolabelling*, *Emission Classification of building materials (M1-ordningen)*, *AgBB* og *EMICODE*.

Merkeordning	Beskrivelse
<i>Eurofins Indoor Air Comfort og Indoor Air Comfort Gold</i>	Eurofins Indoor Air Comfort og Indoor Air Comfort Gold er sertifiseringsordninger hvor klassifiseringen av materialer og sertifikatutsendelse er basert på resultater fra emisjonstesting og inspeksjoner ved produksjonsanlegg. Ordningene gjelder for blant annet trebaserte gulvbelegg, lim og innendørs lakk og coating (Eurofins, 2015).
<i>Nordic Ecolabeling</i>	Nordic Ecolabeling er en miljømerkeordning som fokuserer på produserters livsløp. I Norge kalles merkeordningen også for Svanemerket. Det finnes over 10 000 varer og tjenester som er merket etter denne ordningen, som blant annet parkettgulv og finérgulv (Nordisk Miljömärkning, 2015).
M1-ordningen	M1-ordningen er en merkeordning utviklet av FiSIAQ (The Finnish Society of Indoor Air Climate) som en del av et klassifiseringssystem for inneklime. Systemet består av tre kategorier, hvor “krav til bygningsprodukter” er kategorien som dekker emisjonsklassifisering (The Building Information Foundation, 2015). M1-ordningen deler emisjon inn i M1, M2 og M3 etter emisjonsgrad, hvor M1 er tittelen klassen med lavest emisjon (Rakennustieto, u.å.). Merkeordningen er gjeldende for alle bygningsmaterialer og produkter (The Building Information Foundation, 2015).
AgBB	AgBB ønsker å etablere en sporbar, objektiv og grunnleggende helsemessig vurdering av bygningsmaterialer i Tyskland. Helseeffekter identifiseres ved å utføre toksikologiske vurderinger av stoffer som emitterer fra bygningsmaterialer, som er basert på LCI-verdi (AgBB, 2015).
EMICODE	EMICODE er en merkeordning som kategoriserer gulvmaterialer, lim og bygningsmaterialer inn i tre emisjonsklasser (Emicode, u.å.b); EMICODE® EC1 ^{PLUS} for veldig lav emisjon, EMICODE® EC1 for veldig lav emisjon og EMICODE® EC2 for lav emisjon (Emicode, u.å.a).

VEDLEGG B: Beregninger fra kammerkonsentrasjon til konsentrasjon i Det europeiske referanserom

Luftskifte:

$$n = \frac{q}{V}$$

q: gjennomsnittlig volumstrøm i forsøkskammer for parkett 1[m³/h]

V: volum i forsøkskammer [m³]

Belastningsfaktor:

$$L = \frac{A}{V}$$

A: areal av material/gulvareal [m²]

V: volum i forsøkskammer/referanserom [m³]

Spesifikk emisjonsrate:

$$\text{SER} = \frac{C_{CH} \times V_{CH} \times n_{CH}}{A_{CH}}$$

C_{CH}: konsentrasjon av kjemisk forbindelse fra emisjonstest [μg/m³]

V_{CH}: volum i forsøkskammer [m³]

n_{CH}: beregnet luftskifte i forsøkskammer [h⁻¹]

A_{CH}: areal av forsøksmateriale [m²]

Ved å snu formelen oppnås følgende formel for konsentrasjon:

$$C = \frac{\text{SER} \times A}{V \times n}$$

Tabell B.1: Volum, gulvareal, luftskifte og belastningsfaktor for Det europeiske referanserom og for benyttet forsøkskammer ved emisjonstesting (parkett 1).

Parametere	Det europeiske referanserom	Forsøkskammer
Volum [m ³]	30	6,3665
Gulvareal [m ²]	12	2,59 (parkett 1)
Luftskifte [h ⁻¹]	0,5	0,489
Belastningsfaktor [m ² /m ³]	0,4	0,407

B.1: Volumstrøm i forsøkskammer

Volumstrøm er beregnet ut fra kammerets parametere, angitt i figur C.1.

$$q = n \times V = 0,5 \text{ h}^{-1} \times 6,3665 \text{ m}^3 = 3,18325 \text{ m}^3/\text{h} = 53,05 \text{ l/min}$$

B.2: Volum i et kontor, KVT-hallen og Heimdalshallen

Volumet til kontoret, KVT-hallen og Heimdalshallen, ut fra angitte dimensjoner, er beregnet til å være følgende:

$$\text{Kontor: } 6,0 \text{ m}^2 \times 2,7 \text{ m} = 16,2 \text{ m}^3$$

$$\text{KVT-hallen: } 1249 \text{ m}^2 \times 10,4 \text{ m} = 12989,6 \text{ m}^3$$

$$\text{Heimdalshallen: } 1249,8 \text{ m}^2 \times 9,5 \text{ m} = 11873,1 \text{ m}^3$$

B.3 Omregning av kammerkonsentrasjon til spesifikk emisjonsrate og beregning av til konsentrasjon i Det europeiske referanserom, kontor og idrettshall

Nedenfor vises TVOC-konsentrasjon for dag 28 fra parkett 1 omregnet til spesifikk emisjonsrate og beregning av kjemikaliekonsentrasjon i referanserom, kontor samt tre av casehallene; KVT-hallen, Byneshallen, og Åseveien skole og idrettshall.

TVOC-konsentrasjon i forsøkskammer for parkett 1: $1690 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Luftskifte i forsøkskammer:

$$n = \frac{q}{V} = \frac{3,1092 \text{ m}^3/\text{h}}{6,3665 \text{ m}^3} = 0,4884 \text{ h}^{-1}$$

Spesifikk emisjonsrate:

$$\text{SER} = \frac{C_{\text{CH}} \times V_{\text{CH}} \times n_{\text{CH}}}{A_{\text{CH}}} = \frac{1690 \mu\frac{\text{g}}{\text{m}^3} \times 6,3665 \text{ m}^3 \times 0,4884 \text{ h}^{-1}}{2,59 \text{ m}^2} = 2028,9 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$$

Som vist i beregninger ovenfor er spesifikk emisjonsrate for TVOC i forsøkskammer tilnærmet lik spesifikk emisjonsrate i referanserom.

Referanserom

Konsentrasjon i referanserom

$$C_{\text{RR}} = \frac{\text{SER} \times A_{\text{RR}}}{V_{\text{RR}} \times n_{\text{RR}}} = \frac{2028,9 \text{ mg}/\text{m}^2\text{h} \times 12 \text{ m}^2}{30 \text{ m}^3 \times 0,5 \text{ h}^{-1}} = 1623,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Kontor*Luftskifte i kontor:*

$$n = 0,5 \text{ h}^{-1}$$

Konsentrasjon i referanserom

$$C_{\text{Kontor}} = \frac{\text{SER} \times A_{\text{Kontor}}}{V_{\text{Kontor}} \times n_{\text{Kontor}}} = \frac{2028,9 \text{ mg/m}^2\text{h} \times 6\text{m}^2}{14,4 \text{ m}^3 \times 0,5 \text{ h}^{-1}} = 1690,8 \text{ }\mu\text{g/m}^3$$

KVT-hallen*Luftskifte:*

$$n = \frac{q}{V} = \frac{13600 \text{ m}^3/\text{h}}{12989,6 \text{ m}^3} = 1,05 \text{ h}^{-1}$$

Konsentrasjon:

$$C_{\text{KVT}} = \frac{\text{SER} \times A_{\text{KVT}}}{V_{\text{KVT}} \times n_{\text{KVT}}} = \frac{2028,9 \frac{\text{mg}^2}{\text{m}} \text{ h} \times 1249\text{m}^2}{12989,6 \text{ m}^3 \times 1,05 \text{ h}^{-1}} = 185,8 \text{ }\mu\frac{\text{g}}{\text{m}^3}$$

Byneshallen*Luftskifte:*

$$n = \frac{q}{V} = \frac{28000 \text{ m}^3/\text{h}}{6857 \text{ m}^3} = 4,08 \text{ h}^{-1}$$

Konsentrasjon:

$$C_{\text{Bynes}} = \frac{\text{SER} \times A_{\text{Bynes}}}{V_{\text{Bynes}} \times n_{\text{Bynes}}} = \frac{2028,9 \text{ mg/m}^2\text{h} \times 902,3 \text{ m}^2}{6857 \text{ m}^3 \times 4,08 \text{ h}^{-1}} = 65,4 \text{ }\mu\text{g/m}^3$$

Åsveien skole og idrettshall

Luftskifte:

$$n = \frac{q}{V} = \frac{19300 \text{ m}^3/\text{h}}{11410,1 \text{ m}^3} = 1,69 \text{ h}^{-1}$$

Konsentrasjon:

$$C_{\text{Åsveien}} = \frac{\text{SER} \times A_{\text{Åsveien}}}{V_{\text{Åsveien}} \times n_{\text{Åsveien}}} = \frac{2028,9 \text{ mg/m}^2\text{h} \times 1155,2 \text{ m}^2}{11410,1 \text{ m}^3 \times 1,69 \text{ h}^{-1}} = 121,5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$$

B.4 Prosentvis gulvareal av totalt overflateareal i et kontor og i en idrettshall

Ved å ta utgangspunkt i et kontor med et gulvareal på 6,0 m² (2,0 x 3,0 m) og en høyde på 2,7 m vil gulvet utgjøre følgende prosentandel av det totale overflatearealet:

$$A_{\text{gulv og tak}} = 2 \times 6,0 \text{ m}^2 = 12,0 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{vegg}} = (2 \times (2,0 \text{ m} \times 2,7 \text{ m})) + (2 \times (3,0 \text{ m} \times 2,7 \text{ m})) = 27,0 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{totalt overflateareal}} = 12,0 \text{ m}^2 + 27,0 \text{ m}^2 = 39,0 \text{ m}^2$$

$$\text{Prosentvis andel} = \frac{6,0 \text{ m}^2 \times 100 \%}{39,0 \text{ m}^2} = 15,4 \%$$

Dette viser at gulvarealet utgjør 15,4 % av det totale overflatearealet i et kontor. Dette inkluderer dør og vindu.

Ved å ta utgangspunkt i KVT-hallen, som har et gulvareal på 1249 m^2 ($45,0 \text{ m} \times 27,76 \text{ m}$) og en høyde på $10,4 \text{ m}$ vil gulvet utgjøre følgende prosentandel av det totale overflatearealet:

$$A_{\text{gulv og tak}} = 2 \times 1249 \text{ m}^2 = 2498 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{vegg}} = (2 \times (27,76 \text{ m} \times 10,4 \text{ m})) + (2 \times (45,0 \text{ m} \times 10,4 \text{ m})) = 1513,4 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{totalt overflateareal}} = 2498 \text{ m}^2 + 1513,4 \text{ m}^2 = 4011,4 \text{ m}^2$$

$$\text{Prosentvis andel} = \frac{1249 \text{ m}^2 \times 100 \%}{4011,4 \text{ m}^2} = 31,1 \%$$

Dette viser at gulvarealet utgjør $31,1 \%$ av det totale overflatearealet i KVT-hallen. Dette inkluderer dør og vindu.

Vedlegg C: Analyseresultater fra emisjonstester**Parkett 1**

Tabell C.1, C.2 og C.3 viser konsentrasjonen av identifiserte og ikke identifiserte kjemiske forbindelser som har emittert fra parkett 1. Konsentrasjonen er angitt som kammerkonsentrasjon, toluen-ekvivalenter og spesifikk emisjonsrate (SER) for dag 3 (tabell C.1), dag 7 (tabell C.2) og dag 28 (tabell C.3).

Tabell C.1: Konsentrasjonen av emitterte kjemiske forbindelser fra parkett 1 ved dag 3, oppgitt i kammerkonsentrasjon [$\mu\text{g}/\text{m}^3$], toluen-ekvivalenter [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] og spesifikk emisjonsrate (SER) [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$].

Prøvemateriale: Parkett 1				Emisjon, dag 3		
Kjemisk forbindelse	CAS-nr.	ID-kat. ¹	Retensjonstid [min]	Kammerkons. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Toluen-ekv. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	SER [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$]
TVOC		-	-	2.817	2.519	3.025
n-Pentan	109-66-0	2	1,92	1.100	1.100	1.321
Ikke identifisert	-	4	2,21	42	42	50
Eddiksyre	64-19-7	1	2,25	250	23	300
n-Heksan	110-54-3	1	2,38	9,9	5,6	12
Metylsyklopentan	96-37-7	2	2,61	5,7	5,7	6,8
Benzen	71-43-2	2	2,82	<5	<5	
Sykloheksan	110-82-7	2	2,93	10	10	12
Ikke identifisert	-	4	3,10	12	12	14
Toluen	108-88-3	1	4,47	7,7	7,7	9,2
1-Pentanol	71-41-0	2	4,50	7,5	7,5	9,0
Heksanal	66-25-1	1	4,99	37	16	44
Etylbenzen	100-41-4	1	6,36	<5	<5	
Xylen	1330-20-7	2	6,53	<5	<5	
Sykloheksanon	108-94-1	1	6,69	7,9	4,5	9,5
Ikke identifisert	-	4	6,84	<5	<5	
Styren	100-42-5	1	6,85	14	15	17
Ikke identifisert	-	4	6,99	<5	<5	
Ikke identifisert	-	4	7,73	<5	<5	
(-)- α -Fellandren	4221-98-1	2	7,73	<5	<5	

Prøvemateriale: Parkett 1				Emisjon, dag 3		
Kjemisk forbindelse	CAS-nr.	ID-kat. ¹	Retensjons-tid [min]	Kammerkons. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Toluen-ekv. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	SER ¹ [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$]
α -Pinen	80-56-8	1	7,85	370	340	444
Kamfen	79-92-5	2	8,06	5,2	5,2	6,2
Ikke identifisert	-	4	8,11	<5	<5	-
Ikke identifisert	-	4	8,41	<5	<5	-
Heksansyre	142-62-1	1	8,42	8,0	3,6	9,6
β -pinen	127-91-3	1	8,48	18	16	22
Ikke identifisert	-	4	8,62	<5	<5	-
Ikke identifisert	-	4	8,67	16	16	19
β -Fellandren	555-10-2	3	8,67	15	15	18
Ikke identifisert	-	4	8,85	13	13	16
3-Caren	13466-78-9	2	9,01	480	480	576
2-Etyl-1-heksanol	104-76-7	1	9,14	12	10	14
Limonen	138-86-3	1	9,23	25	21	30
γ -Terpinen	99-85-4	2	9,62	<5	<5	-
1-Metyl-4-(1-metyletenyl)-benzen	1195-32-0	2	9,84	13	13	16
Terpinolen	586-62-9	2	10,02	22	22	26
2-Etylheksyl acetat	103-09-3	2	10,69	8,8	8,8	10
Dekametylsyklo-pentasiloksan	541-02-6	2	11,05	20	20	24
n-Dodekan	112-40-3	1	11,44	<5	<5	-
m-Cresol	108-39-4	3	11,48	<5	<5	-
2-Etylheksyl akrylat	103-11-7	2	11,58	93	93	112
n-Tridekan	629-50-5	2	12,50	5,8	5,8	7,0
Longifolen	475-20-7	1	13,69	<5	<5	-

Prøvemateriale: Parkett 1				Emisjon, dag 3		
Kjemisk forbindelse	CAS-nr.	ID-kat. ¹	Retensjons-tid [min]	Kammerkons. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Toluen-ekv. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	SER [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$]
Mettede alifatiske hydrokarboner >C9	-	2	8,8-13,2	140	140	168
Andre alkylbenzener	-	2	8,3-9,9	48	48	58
Sum av ikke id. forb. og forb. uten LCI-verdi	-	-	-	1.518	1.508	-
Formaldehyd	50-00-0	-	-	35	-	41
Acetaldehyd	75-07-0	-	-	19	-	23

¹Identifikasjonskategorier: 1: Identifisert og spesielt kalibrert; 2: Identifisert ved sammenligning med et massespektrometer uthentet fra en database og støttes av annen informasjon. Kalibrert som toluen-ekvivalenter; 3: Identifisert ved sammenligning med et massespektrum oppnådd fra en database. Kalibrert som toluen-ekvivalenter; 4: Ikke identifisert. Kalibrert som toluen-ekvivalenter.

Tabell C.2: Konsentrasjonen av emitterte kjemiske forbindelser fra parkett 1 ved dag 7, oppgitt i kammerkonsentrasjon [$\mu\text{g}/\text{m}^3$], toluen-ekvivalenter [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] og spesifikk emisjonsrate (SER) [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$].

Prøvemateriale: Parkett 1				Emisjon, dag 7		
Kjemisk forbindelse	CAS-nr.	ID-kat. ¹	Retensjonstid [min]	Kammerkons. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Toluen-ekv. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	SER [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$]
TVOC	-	-	-	4.225	3.860	4.634
n-Pentan	109-66-0	2	1,93	2.500	2.500	3.001
Syklopentan	287-92-3	2	2,20	150	150	180
Eddiksyre	64-19-7	1	2,27	320	30	384
n-Heksan	110-54-3	1	2,39	31	18	37
Metylsyklopentan	96-37-7	2	2,61	15	15	18
Benzen	71-43-2	2	2,82	<5	<5	-
Sykloheksan	110-82-7	2	2,93	40	40	48
Ikke identifisert	-	4	3,11	10	10	12
Toluen	108-88-3	1	4,47	12	12	14
1-Pentanol	71-41-0	2	4,50	8,1	8	10
Heksanal	66-25-1	1	4,99	38	17	46
Etylbenzen	100-41-4	1	6,36	7,6	8,9	9,1
Xylen	1330-20-7	2	6,53	<5	<5	-
Ikke identifisert	-	4	6,68	<5	<5	-
Sykloheksanon	108-94-1	1	6,68	8,4	4,8	10
Styren	100-42-5	1	6,84	47	51	56
o-Xylen	95-47-6	1	6,93	<5	<5	-
α -Pinen	80-56-8	1	7,85	290	260	312
Kamfen	79-92-5	2	8,05	<5	<5	-
Fenol	108-95-2	1	8,32	<5	<5	-
Heksansyre	142-62-1	1	8,42	11	5	13
β -pinen	127-91-3	1	8,49	12	11	14
n-Dekan	124-18-5	2	8,92	<5	<5	-
3-Caren	13466-78-9	2	9,00	360	360	432
2-Etyl-1-heksanol	104-76-7	1	9,14	9,8	8,1	12

Prøvemateriale: Parkett 1				Emisjon, dag 7		
Kjemisk forbindelse	CAS-nr.	ID-kat. ¹	Retensjons-tid [min]	Kammerkons. [µg/m ³]	Toluen-ekv. [µg/m ³]	SER [µg/m ² h]
Limonen	138-86-3	1	9,23	32	27	38
γ-Terpinen	99-85-4	2	9,62	5,2	5,2	6,2
1-Metyl-4-(1-metyletenyl)-benzen	1195-32-0	2	9,84	9,1	9,1	11
Terpinolen	586-62-9	2	10,02	22	22	26
n-Undekan	1120-21-4	1	10,26	9,0	9,5	11
2-Etylheksyl acetat	103-09-3	2	10,68	8,2	8,2	9,8
Dekametylsyklo-pentasiloksan	541-02 -6	2	11,04	28	28	34
n-Dodekan	112-40-3	1	11,44	<5	<5	-
2-Etylheksyl akrylat	103-11-7	2	11,59	71	71	85
n-Tridekan	629-50-5	2	12,50	8,0	8,0	9,6
n-Tetradekan	629-59-4	1	13,48	<5	<5	
Longifolen	475-20-7	1	13,68	<5	<5	
Mettede alifatiske hydrokarboner >C9	-	2	8,1-14,4	130	130	156
Andre alkylbenzener	-	2	9,0-10,6	33	33	40
Formaldehyd	50-00-0	-	-	29		35
Acetaldehyd	75-07-0	-	-	125		150

¹Identifikasjonskategorier: 1: Identifisert og spesielt kalibrert; 2: Identifisert ved sammenligning med et massespektrometer uthentet fra en database og støttes av annen informasjon. Kalibrert som toluen-ekvivalenter; 3: Identifisert ved sammenligning med et massespektrum oppnådd fra en database. Kalibrert som toluen-ekvivalenter; 4: Ikke identifisert. Kalibrert som toluen-ekvivalenter.

Tabell C.3: Konsentrasjonen av emitterte kjemiske forbindelser fra parkett 1 ved dag 28, oppgitt i kammerkonsentrasjon [$\mu\text{g}/\text{m}^3$], toluen-ekvivalenter [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] og spesifikk emisjonsrate (SER) [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$].

Prøvemateriale: Parkett 1				Emisjon, dag 28		
Kjemisk forbindelse	CAS-nr.	ID-kat. ¹	Retensjons-tid [min]	Kammerkons. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Toluen-ekv. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	SER [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$]
TVOC	-	-	-	>1.803	>1.655	>1.987
n-Pentan	109-66-0	2	1,88	>940	>940	>1.129
Ikke identifisert	-	4	2,13	19	19	23
Eddiksyre	64-19-7	1	2,15	>120	>19	>144
Sykloheksan	110-82-7	2	2,84	10	10	12
Pentanal	110-62-3	2	2,99	5,1	5,1	6
1-Pentanol	71-41-0	2	4,37	6,1	6,1	7
Heksanal	66-25-1	1	4,87	35	15	42
Sykloheksanon	108-94-1	1	6,57	6,2	3,6	7
2-Heptanon	110-43-0	2	6,73	<5	<5	-
α -Pinen	80-56-8	1	7,77	200	180	240
Kamfen	79-92-5	2	7,89	<5	<5	-
Ikke identifisert	-	4	8,33	<5	<5	-
β -pinen	127-91-3	1	8,41	6,9	6,1	8
Ikke identifisert	-	4	8,56	<5	<5	-
Ikke identifisert	-	4	8,61	11	11	13
Ikke identifisert	-	4	8,78	6,0	6,0	7.2
3-Caren	13466-78-9	2	8,93	320	320	384
α -Terpinen	99-86-5	2	8,99	<5	<5	-
Ikke identifisert	-	4	9,07	<5	<5	-
Limonen	138-86-3	1	9,17	16	13	19
Ikke identifisert	-	4	9,56	<5	<5	-
Ikke identifisert	-	4	9,78	<5	<5	-
Ikke identifisert	-	4	9,88	<5	<5	-
Terpinolen	586-62-9	2	9,96	17	17	20

Prøvemateriale: Parkett 1				Emisjon, dag 28		
VOC	CAS-nr.	ID-kat. ¹	Retensjons- tid [min]	Kammerkons. [µg/m ³]	Toluen-ekv. [µg/m ³]	SER [µg/m ² h]
Ikke identifisert	-	4	10,20	<5	<5	-
Ikke identifisert	-	4	10,31	<5	<5	-
Ikke identifisert	-	4	10,46	<5	<5	-
Ikke identifisert	-	4	10,62	<5	<5	-
Ikke identifisert	-	4	10,75	<5	<5	-
Ikke identifisert	-	4	10,90	<5	<5	-
Ikke identifisert	-	4	10,95	<5	<5	-
Dekametylsyklo- pentsiloksan	541-02 -6	2	10,99	<5	<5	-
Ikke identifisert	-	4	11,11	<5	<5	-
Ikke identifisert	-	4	11,22	5,9	5,9	7,1
2-Etylheksyl akrylat	103-11-7	2	11,52	30	30	36
Ikke identifisert	-	4	11,79	<5	<5	-
Ikke identifisert	-	4	11,98	6,3	6,3	7,6
Ikke identifisert	-	4	12,29	5,2	5,2	6,2
2,6,6-Trimetyl- 2,4-syklo- heptadien-1-on	503-93-5	2	12,29	6,5	6,5	7,8
n-Tridekan	629-50-5	2	12,44	<5	<5	-
Ikke identifisert	-	4	12,86	<5	<5	-
Ikke identifisert	-	2	13,10	9,3	9,3	11
Ikke identifisert	-	4	14,38	<5	<5	-
Andre alkylbenzener	-	2		21	21	25
Sum av ikke id. forb. og forb. uten LCI-verdi	-	-	-	1.052	1.052	-

Prøvemateriale: Parkett 1				Emisjon, dag 28		
Kjemisk forbindelse	CAS-nr.	ID-kat. ¹	Retensjonstid [min]	Kammerkons. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Toluen-ekv. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	SER [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$]
Formaldehyd	50-00-0	-	-	27	-	32
Acetaldehyd	75-07-0	-	-	75	-	90

¹Identifikasjonskategorier: 1: Identifisert og spesielt kalibrert; 2: Identifisert ved sammenligning med et massespektrometer uthentet fra en database og støttes av annen informasjon. Kalibrert som toluen-ekvivalenter; 3: Identifisert ved sammenligning med et massespektrum oppnådd fra en database. Kalibrert som toluen-ekvivalenter; 4: Ikke identifisert. Kalibrert som toluen-ekvivalenter.

Parkett 2

Tabell C.4, C.5 og C.6 viser konsentrasjonen av identifiserte og ikke identifiserte kjemiske forbindelser som har emittert fra parkett 2. Konsentrasjonen er angitt som kammerkonsentrasjon, toluen-ekvivalenter og spesifikk emisjonsrate (SER) for dag 3 (tabell C.4), dag 7 (tabell C.5) og dag 28 (tabell C.6).

Tabell C.4: Konsentrasjonen av emitterte kjemiske forbindelser fra parkett 2 ved dag 3, oppgitt i kammerkonsentrasjon [$\mu\text{g}/\text{m}^3$], toluen-ekvivalenter [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] og spesifikk emisjonsrate (SER) [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$].

Prøvemateriale: Parkett 2				Emisjon, dag 3		
Kjemisk forbindelse	CAS-nr.	ID-kat. ¹	Retensjonstid [min]	Kammerkons. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Toluen-ekv. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	SER [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$]
TVOC	-	-	-	>1.596	>1.184	>1.445
Ikke identifisert	-	4	1,93	<5	<5	-
Eddiksyre	64-19-7	1	2,20	>380	>33	>464
Ikke identifisert	-	4	2,99	5,6	5,6	6,8
Ikke identifisert	-	4	4,36	9,3	9,3	11
Heksanal	66-25-1	1	4,86	37	16	45
Furfural	98-01-1	2	5,36	<5	<5	-
Xylen	1330-20-7	2	6,43	<5	<5	-
Sykloheksanon	108-94-1	1	6,56	6,3	3,6	7,7
Styren	100-42-5	1	6,76	5,5	5,9	6,7
α -Pinen	80-56-8	1	7,78	370	340	451
Kamfen	79-92-5	2	7,98	6,1	6,1	7,4
Fenol	108-95-2	1	8,25	13	8,6	16
Heptansyre	111-14-8	1	8,34	12	6,8	15
Heksansyre	142-62-1	1	8,36	19	7,8	23
β -Pinen	127-91-3	1	8,41	8,6	7,7	10
3-Caren	13466-78-9	2	8,94	240	240	293
Limonen	138-86-3	1	9,18	29	25	35
γ -Terpinen	99-85-4	2	9,56	<5	<5	-
Dekametylsyklopentasiloksan	541-02 -6	2	10,99	13	13	16

Prøvemateriale: Parkett 2				Emisjon, dag 3		
Kjemisk forbindelse	CAS-nr.	ID-kat. ¹	Retensjons-tid [min]	Kammerkons. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Toluen-ekv. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	SER [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$]
4-Metoksyfenol	150-76-5	2	11,19	6,3	6,3	7,7
n-Dodekan	112-40-3	1	11,39	<5	<5	-
n-Tridekan	629-50-5	2	12,45	5,6	5,6	6,8
n-Tetradekan	629-59-4	1	13,43	<5	<5	-
Longifolen	475-20-7	1	13,63	6,4	6,1	7,8
Benzofenon	119-61-9	1	15,23	>79	>94	>96
Ikke identifisert	-	4	15,78	16	16	20
Mettede alifatiske hydrokarboner >C9	-	2	8,6-14,4	300	300	366
Andre alkylbenzener	-	2	8,2, 9,0	28	28	34
Sum av ikke id. forb. og forb. uten LCI-verdi	-	-	-	494	496	-
Formaldehyd	50-00-0	-	-	92	-	112
Acetaldehyd	75-07-0	-	-	23	-	27

¹Identifikasjonskategorier: 1: Identifisert og spesielt kalibrert; 2: Identifisert ved sammenligning med et massespektrometer uthentet fra en database og støttes av annen informasjon. Kalibrert som toluen-ekvivalenter; 3: Identifisert ved sammenligning med et massespektrum oppnådd fra en database. Kalibrert som toluen-ekvivalenter; 4: Ikke identifisert. Kalibrert som toluen-ekvivalenter.

Tabell C.5: Konsentrasjonen av emitterte kjemiske forbindelser fra parkett 2 ved dag 7, oppgitt i kammerkonsentrasjon [$\mu\text{g}/\text{m}^3$], toluen-ekvivalenter [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] og spesifikk emisjonsrate (SER) [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$].

Prøvemateriale: Parkett 2				Emisjon, dag 7		
Kjemisk forbindelse	CAS-nr.	ID-kat. ¹	Retensjons-tid [min]	Kammerkons. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Toluen-ekv. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	SER [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$]
TVOC	-	-	-	>1.945	>1.517	>1.851
2-metylbutan	78-78-4	3	1,86	>220	>220	>268
Eddiksyre	64-19-7	1	2,17	>410	>32	>500
Sykloheksan	110-82-7	2	2,83	15	15	18
Ikke identifisert	-	4	2,99	10	10	12
Ikke identifisert	-	4	4,35	13	13	16
Heksanal	66-25-1	1	4,87	50	22	61
Furfural	98-01-1	2	5,36	<5	<5	-
Ikke identifisert	-	4	6,43	<5	<5	-
Xylen	1330-20-7	2	6,44	<5	<5	-
Sykloheksanon	108-94-1	1	6,56	6,8	3,9	8,3
Styren	100-42-5	1	6,76	7,2	7,8	8,8
α -Pinen	80-56-8	1	7,78	350	320	427
Kamfen	79-92-5	2	7,98	5,4	5,4	6,6
Fenol	108-95-2	1	8,25	11	7,4	13
Heksansyre	142-62-1	1	8,35	14	5,7	17
β -Pinen	127-91-3	1	8,42	27	24	33
3-Caren	13466-78-9	2	8,94	270	270	329
Limonen	138-86-3	1	9,18	32	27	39
γ -Terpinen	99-85-4	2	9,57	<5	<5	-
Dekametylsyklo-pentasiloksan	541-02-6	2	11,00	10	10	12
4-Metoksyfenol	150-76-5	2	11,19	8,7	8,7	11
n-Tridekan	629-50-5	2	12,45	<5	<5	-
Longifolen	475-20-7	1	13,63	6,3	6,0	7,7
Benzofenon	119-61-9	1	15,23	>110	>140	>134
Ikke identifisert	-	4	15,31	<5	<5	-

Prøvemateriale: Parkett 2				Emisjon, dag 7		
Kjemisk forbindelse	CAS-nr.	ID-kat. ¹	Retensjons-tid [min]	Kammerkons. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Toluen-ekv. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	SER [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$]
Ikke identifisert	-	4	15,78	20	20	24
Mettede alifatiske hydrokarboner >C9	-	2	8,6-14,4	320	320	390
Andre alkylbenzener	-	2	8,2-9,0	29	29	35
Formaldehyd	50-00-0	-	-	73	-	89
Acetaldehyd	75-07-0	-	-	15	-	18

¹Identifikasjons kategorier: 1: Identifisert og spesielt kalibrert; 2: Identifisert ved sammenligning med et massespektrometer uthentet fra en database og støttes av annen informasjon. Kalibrert som toluen-ekvivalenter; 3: Identifisert ved sammenligning med et massespektrum oppnådd fra en database. Kalibrert som toluen-ekvivalenter; 4: Ikke identifisert. Kalibrert som toluen-ekvivalenter.

Tabell C.6: Konsentrasjonen av emitterte kjemiske forbindelser fra parkett 2 ved dag 28, oppgitt i kammerkonsentrasjon [$\mu\text{g}/\text{m}^3$], toluen-ekvivalenter [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] og spesifikk emisjonsrate (SER) [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$].

Prøvemateriale: Parkett 2			Emisjon, dag 28			
Kjemisk forbindelse	CAS-nr.	ID-kat. ¹	Retensjonstid [min]	Kammerkons. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Toluen-ekv. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	SER [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$]
TVOC	-	-		1.395	1.158	1.413
2-metylbutan	78-78-4	3	1,80	110	110	134
n-Pentan	109-66-0	3	1,83	150	150	183
Eddiksyre	64-19-7	1	2,15	170	-	207
Ikke identifisert	-	4	2,26	<5	<5	-
Ikke identifisert	-	4	2,65	<5	<5	-
1-Butanol	71-36-3	1	2,66	<5	<5	-
Sykloheksan	110-82-7	2	2,75	19	19	23
Ikke identifisert	-	4	2,91	12	12	15
Pentanal	110-62-3	2	2,93	8,9	8,9	11
n-Heptan	142-82-5	2	3,23	<5	<5	-
Toluen	108-88-3	1	4,22	15	15	18
Ikke identifisert	-	4	4,25	14	14	17
Heksanal	66-25-1	1	4,76	53	23	65
Furfural	98-01-1	2	5,26	<5	<5	-
p-Xylen	106-42-3	1	6,32	<5	<5	-
Ikke identifisert	-	4	6,34	<5	<5	-
Ikke identifisert	-	4	6,44	<5	<5	-
Sykloheksanon	108-94-1	1	6,46	<5	<5	-
Styren	100-42-5	1	6,64	9,5	10	12
Butylglykol	111-76-2	1	6,99	<5	<5	-
α -Pinen	80-56-8	1	7,66	310	290	378
Kamfen	79-92-5	2	7,87	<5	<5	-
m-Cymen	535-77-3	3	8,19	8,7	8,7	11
Heksansyre	142-62-1	1	8,26	21	9,8	26
β -Pinen	127-91-3	1	8,32	14	13	17
2-Pentylfuran	3777-69-3	3	8,46	<5	<5	-

Prøvemateriale: Parkett 2				Emisjon, dag 28		
Kjemisk forbindelse	CAS-nr.	ID-kat. ¹	Retensjons-tid [min]	Kammerkons. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Toluen-ekv. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	SER [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$]
2-Hydroksyetyl-2-metyl-2-propenat	868-77-9	-	8,55	<5	<5	-
3-Caren	13466-78-9	2	8,86	180	180	220
p-Cymen	99-87-6	3	8,94	14	14	17
2-Etyl-1-heksanol	104-76-7	1	8,97	<5	<5	-
Limonen	138-86-3	1	9,07	30	25	37
Terpinolen	586-62-9	2	9,86	13	13	16
Dekametylsyklo-pentasiloksan	541-02-6	2	10,90	7,1	7,1	8,7
Estragol	140-67-0	-	11,02	<5	<5	
4-Metoksyfenol	150-76-5	2	11,11	5,3	5,3	6,5
Ikke identifisert	-	4	11,69	6,3	6,3	7,7
Ikke identifisert	-	4	11,89	64	64	78
Sum av ikke identifiserte VOC C6-C16	-	2	8,5-14,3	160	160	195
Sum av ikke id. forb. og forb. uten LCI-verdi	-	-	-	535	535	-
Formaldehyd	50-00-0	-	-	67	-	81
Acetaldehyd	75-07-0	-	-	7,0	-	8,5

¹Identifikasjonskategorier: 1: Identifisert og spesielt kalibrert; 2: Identifisert ved sammenligning med et massespektrometer uthentet fra en database og støttes av annen informasjon. Kalibrert som toluen-ekvivalenter; 3: Identifisert ved sammenligning med et massespektrum oppnådd fra en database. Kalibrert som toluen-ekvivalenter; 4: Ikke identifisert. Kalibrert som toluen-ekvivalenter.

Kunstdekke

Tabell C.7, C.8 og C.9 viser konsentrasjonen av identifiserte og ikke identifiserte kjemiske forbindelser som har emittert fra kunstdekke. Konsentrasjonen er angitt som kammerkonsentrasjon, toluen-ekvivalenter og spesifikk emisjonsrate (SER) for dag 3 (tabell C.7), dag 7 (tabell C.8) og dag 28 (tabell C.9). Analyseresultater for VOC/TVOC ved dag 7 er kun basert på én parallell (2,5L).

Tabell C.7: Konsentrasjonen av emitterte kjemiske forbindelser fra kunstdekke ved dag 3, oppgitt i kammerkonsentrasjon [$\mu\text{g}/\text{m}^3$], toluen-ekvivalenter [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] og spesifikk emisjonsrate (SER) [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$].

Prøvemateriale: Kunstdekke				Emisjon, dag 3		
Kjemisk forbindelse	CAS-nr.	ID-kat. ¹	Retensjonstid [min]	Kammerkons. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Toluen-ekv. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	SER [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$]
TVOC	-	-	-	465	366	440
Ikke identifisert	-	4	2,10	10	10	12
Ikke identifisert	-	4	2,27	<5	<5	-
Tetrahydrofuran	109-99-9	2	2,39	14	14	17
1-Butanol	71-36-3	1	2,66	6,4	2,2	7,7
Sykloheksan	110-82-7	2	2,77	15	15	18
Etylenglykol	107-21-1	1	2,89	87	6	105
Trietylamin	121-44-8	1	3,09	11	6	13
1,2-Propandiol	57-55-6	1	3,54	6,0	<2	7,2
Toluen	108-88-3	1	4,25	5,5	5,5	6,6
Butyl acetat	123-86-4	2	5,20	52	52	62
Xylen	1330-20-7	2	6,34	<5	<5	-
Sykloheksanon	108-94-1	1	6,46	6,2	3,5	7,4
Styren	100-42-5	1	6,67	<5	<5	
α -Pinen	80-56-8	1	7,68	8,5	7,8	10
Ikke identifisert	-	4	8,71	<5	<5	
Dipropylen glycol dimethyleter	111109-77-4	2	8,78	37	37	44
3-Caren	13466-78-9	2	8,86	<5	<5	-

Prøvemateriale: Kunstdekke				Emisjon, dag 3		
Kjemisk forbindelse	CAS-nr.	ID-kat. ¹	Retensjonstid [min]	Kammerkons. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Toluen-ekv. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	SER [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$]
Ikke identifisert	-	4	8,86	9,0	9,0	11
Limonen	138-86-3	1	9,10	6,9	5,8	8,3
n-Undekan	1120-21-4	1	10,14	16	17	19
Benzothiazole	95-16-9	2	11,26	21	21	25
n-Dodekan	112-40-3	1	11,31	19	21	23
n-Tridekan	629-50-5	2	12,38	14	14	17
Bornylacetat	76-49-3	2	13,03	<5	<5	
n-Tetradekan	629-59-4	1	13,36	<5	<5	
Dodecamethyl-pentasiloxane	141-63-9	2	14,44	<5	<5	
Sum av ikke identifiserte VOC C6-C16	-	2	8,5-13	120	120	144
Sum av ikke id. forb. og forb. uten LCI-verdi	-	-	-	355	262	-
Formaldehyd	50-00-0	-		<2		<2,40
Acetaldehyd	75-07-0	-		2,75		3.30

¹Identifikasjonskategorier: 1: Identifisert og spesielt kalibrert; 2: Identifisert ved sammenligning med et massespektrometer uthentet fra en database og støttes av annen informasjon. Kalibrert som toluen-ekvivalenter; 3: Identifisert ved sammenligning med et massespektrum oppnådd fra en database. Kalibrert som toluen-ekvivalenter; 4: Ikke identifisert. Kalibrert som toluen-ekvivalenter.

Tabell C.8: Konsentrasjonen av emitterte kjemiske forbindelser fra kunstdekke ved dag 7, oppgitt i kammerkonsentrasjon [$\mu\text{g}/\text{m}^3$], toluen-ekvivalenter [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] og spesifikk emisjonsrate (SER) [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$].

Prøvemateriale: Kunstdekke				Emisjon, dag 7		
Kjemisk forbindelse	CAS-nr.	ID-kat. ¹	Retensjonstid [min]	Kammerkons. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Toluen-ekv. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	SER [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$]
TVOC	-	-		344	<339	<407
Ikke identifisert	-	4	2,1	9,8	9,8	12
Tetrahydrofuran	109-99-9	2	2,39	11	11	13
1-Butanol	71-36-3	1	2,66	5,6	<2	6,7
Sykloheksan	110-82-7	2	2,77	11	11	13
Trietylamin	121-44-8	1	3,10	8,7	5,0	10
Toluen	108-88-3	1	4,25	<5	<5	-
Butyl acetat	123-86-4	2	5,21	40	40	48
Ikke identifisert	-	4	6,46	<5	<5	-
Ikke identifisert	-	4	8,51	<5	<5	-
Dipropylenglycol-dimethyleter	111109-77-4	2	8,78	31	31	37
2-Etyl-1-heksanol	104-76-7	1	8,99	<5	<5	-
Limonen	138-86-3	1	9,10	<5	<5	-
Dekametylsyklopentasiloksan	541-02-6	2	10,93	73	73	88
Benzothiazole	95-16-9	2	11,26	15	15	18
n-Dodekan	112-40-3	1	11,32	17	19	20
2,6-Dimethylundecane	17301-23-4	2	11,49	<5	<5	-
n-Tridekan	629-50-5	2	12,38	12	12	14
n-Pentadecane	629-62-9	2	14,28	<5	<5	
Sum av ikke identifiserte VOC C6-C16	-	2	9,4-14,4	110	110	132
Formaldehyd	50-00-0	-	-	<2	-	<2,40
Acetaldehyd	75-07-0	-	-	2,55	-	3,06

¹ID-kategorier: 1: Identifisert og spesielt kalibrert. 2: Identifisert ved sammenligning med et massespektrum uthentet fra et bibliotek og støttes av annen informasjon. Kalibrert som toluen tilsvarende. 3: Identifisert ved sammenligning med et massespektrum oppnådd fra et bibliotek. Kalibrert som toluen tilsvarende. 4: Ikke identifisert. Kalibrert som toluenekvivalenter.

Tabell C.9: Konsentrasjonen av emitterte kjemiske forbindelser fra kunstdekke ved dag 28, oppgitt i kammerkonsentrasjon [$\mu\text{g}/\text{m}^3$], toluen-ekvivalenter [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] og spesifikk emisjonsrate (SER) [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$].

Prøvemateriale: Kunstdekke				Emisjon, dag 28		
Kjemisk forbindelse	CAS-nr.	ID-kat. ¹	Retensjonstid [min]	Kammerkons. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Toluen-ekv. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	SER [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$]
TVOC	-	-	-	>5.260	>5.213	>6.263
n-Pentan	109-66-0	2	1,84	>380	>380	>456
2,2-Dimetylbutan	75-83-2	2	2,01	>780	>780	>937
2-Metylpentan	107-83-5	2	2,11	>1.800	>1.800	>2.162
3-Metylpentan	96-14-0	2	2,16	>2.100	>2.100	>2.523
Ikke identifisert	-	4	2,16	<5	<5	-
Tetrahydrofuran	109-99-9	2	2,36	7,8	7,8	9,4
1-Butanol	71-36-3	1	2,62	55	19	66
Trietylamin	121-44-8	1	3,07	<5	<5	-
Toluen	108-88-3	1	4,20	10	10	12
Butyl acetat	123-86-4	2	5,17	25	25	30
Sykloheksanon	108-94-1	1	6,42	<5	<5	-
	111109-77-4	2	8,74	16	16	19
2-Etyl-1-heksanol	104-76-7	1	8,96	<5	<5	-
n-Undekan	1120-21-4	1	10,10	11	11	13
Dekametylsyklopentasiloksan	541-02-6	2	10,89	7,7	7,7	9,2
Benzothiazole	95-16-9	2	11,22	8,6	8,6	10
n-Dodekan	112-40-3	1	11,27	25	14	30
2,6-Dimethylundecane	17301-23-4	2	11,45	<5	<5	-
n-Tridekan	629-50-5	2	12,34	8,3	8,3	10
n-Tetradekan	629-59-4	1	13,32	<5	<5	-
Mettede alifatiske hydrokarboner >C9	-	2	8,7-13,3	26	26	31

Prøvemateriale: Kunstdekke				Emisjon, dag 28		
Kjemisk forbindelse	CAS-nr.	ID-kat. ¹	Retensjonstid [min]	Kammerkons. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Toluen-ekv. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	SER [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$]
Sum av ikke id. forb. og forb. uten LCI-verdi	-	-	-	5.149	5.138	-
Formaldehyd	50-00-0	-	-	<0,04	-	<0,05
Acetaldehyd	75-07-0	-	-	<0,04	-	<0,05

¹ Identifikasjonskategorier: 1: Identifisert og spesielt kalibrert; 2: Identifisert ved sammenligning med et massespektrometer uthentet fra en database og støttes av annen informasjon. Kalibrert som toluen-ekvivalenter; 3: Identifisert ved sammenligning med et massespektrum oppnådd fra en database. Kalibrert som toluen-ekvivalenter; 4: Ikke identifisert. Kalibrert som toluen-ekvivalenter.

VEDLEGG D: Beregninger av total luftmengde og luftmengde per person med verdier angitt i krav og anbefalinger

Beregning av luftmengder benyttes utføres på følgende måte:

$$(l/s \text{ pr. pers} \times \text{ant. personer}) + (l/s \text{ pr. m}^2 \times \text{ant. m}^2)$$

Verdier angitt i TEK10

Kontor med 1 person:

Total luftmengde og luftmengde per person:

$$(7,22 \text{ l/s pr. pers} \times 1 \text{ personer}) + (0,69 \text{ l/s pr. m}^2 \times 6,0 \text{ m}^2) = \underline{11,36 \text{ l/s (per person)}}$$

KVT-hallen med 200 personer:

Total luftmengde:

$$(7,22 \text{ l/s pr. pers} \times 200 \text{ personer}) + (0,69 \text{ l/s pr. m}^2 \times 1249 \text{ m}^2) = 2305,81 \text{ l/s}$$

Luftmengde per person:

$$\text{Luftmengde pr. pers} = \frac{2305,81 \text{ l/s}}{200 \text{ pers}} = \underline{11,53 \text{ l/s pr. pers.}}$$

KVT-hallen med 30 personer:

Luftmengde per person:

$$= \underline{35,95 \text{ l/s (per person)}}$$

Heimdalshallen med 400 personer:

Total luftmengde:

$$(7,22 \text{ l/s pr. pers} \times 400 \text{ personer}) + (0,69 \text{ l/s pr. m}^2 \times 1249,8 \text{ m}^2) = 3750,36 \text{ l/s}$$

Luftmengde per person:

$$\text{Luftmengde pr. pers} = \frac{3750,36 \text{ l/s}}{400 \text{ pers}} = \underline{9,38 \text{ l/s pr. pers.}}$$

Heimdalshallen med 90 personer:

Luftmengde per person:

$$= \underline{16,80 \text{ l/s pr. pers.}}$$

Verdier angitt i veiledningen til TEK10

Beregninger for veiledningen til TEK10 er kun utført med verdier for udokumenterte eller høyt emitterende materialer, da verdier for lavt emitterende materialer er lik de angitt for TEK10.

Kontor med 1 person:

Total luftmengde og luftmengde per person:

$$(7,22 \text{ l/s pr. pers} \times 1 \text{ personer}) + (1,0 \text{ l/s pr. m}^2 \times 6,0 \text{ m}^2) = \underline{13,22 \text{ l/s (per person)}}$$

KVT-hallen med 30 personer:

Total luftmengde:

$$(7,22 \text{ l/s pr. pers} \times 30 \text{ personer}) + (1,0 \text{ l/s pr. m}^2 \times 1249 \text{ m}^2) = 1465,6 \text{ l/s}$$

Luftmengde per person

$$\text{Luftmengde pr. pers} = \frac{1465,6 \text{ l/s}}{30 \text{ pers}} = \underline{48,85 \text{ l/s per person}}$$

KVT-hallen med 200 personer:

Luftmengde per person:

$$= \underline{13,47 \text{ l/s pr. pers.}}$$

Heimdalshallen med 400 personer:

Total luftmengde:

$$(7,22 \text{ l/s pr. pers} \times 400 \text{ personer}) + (1,0 \text{ l/s pr. m}^2 \times 1249,8 \text{ m}^2) = 4137,8 \text{ l/s}$$

Luftmengde pr. pers:

$$\text{Luftmengde pr. pers} = \frac{4137,8 \text{ l/s}}{400 \text{ pers}} = \underline{10,35 \text{ l/s per person}}$$

Heimdalshallen med 90 personer:

Luftmengde pr. pers:

$$= \underline{21,11 \text{ l/s pr. pers.}}$$

Verdier angitt i bestillingsnr. 444

Beregninger med verdier for lavt emitterende materialer og 10 l/s per person. Intervallet inkluderer 7-10 l/s per person.

Kontor med 1 personer:

Total luftmengde og luftmengde per person:

$$(10 \text{ l/s pr. pers} \times 1 \text{ personer}) + (0,7 \text{ l/s pr. m}^2 \times 6,0 \text{ m}^2) = \underline{14,2 \text{ l/s (per person)}}$$

Luftmengde i intervallet:

$$= \underline{11,2-14,2 \text{ l/s per person}}$$

KVT-hallen med 30 personer:

Total luftmengde:

$$(10 \text{ l/s pr. pers} \times 30 \text{ personer}) + (0,7 \text{ l/s pr. m}^2 \times 1249 \text{ m}^2) = 1174,3 \text{ l/s}$$

Luftmengde per person:

$$\text{Luftmengde pr. pers} = \frac{1174,3 \text{ l/s}}{30 \text{ pers}} = \underline{39,14 \text{ l/s per person}}$$

Luftmengde i intervallet:

$$= \underline{36,14-39,14 \text{ l/s per person}}$$

KVT-hallen med 200 personer:

Luftmengde i intervallet:

$$= \underline{11,37-14,37 \text{ l/s per person.}}$$

Heimdalshallen med 400 personer:

Total luftmengde:

$$(10 \text{ l/s pr. pers} \times 400 \text{ personer}) + (0,7 \text{ l/s pr. m}^2 \times 1249,8 \text{ m}^2) = 4874,86 \text{ l/s}$$

Luftmengde per person:

$$\text{Luftmengde pr. pers} = \frac{4874,86 \text{ l/s}}{400 \text{ pers}} = \underline{12,19 \text{ l/s per person}}$$

Luftmengde i intervallet:

$$= \underline{9,19-12,19 \text{ l/s per person}}$$

Heimdalshallen med 90 personer:

Total luftmengde:

$$(10 \text{ l/s pr. pers} \times 90 \text{ personer}) + (0,7 \text{ l/s pr. m}^2 \times 1249,8 \text{ m}^2) = 1774,9 \text{ l/s}$$

Luftmengde per person:

$$\text{Luftmengde pr. pers} = \frac{1774,91 \text{ l/s}}{90 \text{ pers}} = \underline{19,72 \text{ l/s per person}}$$

Luftmengde i intervallet:

$$= \underline{16,72-19,72 \text{ l/s per person}}$$

Beregninger med verdier for udokumenterte eller høyt emitterende materialer og 10 l/s per person. Intervallet inkluderer 7-10 l/s per person.

Kontor med 1 person:

Total luftmengde og mengde per person:

$$(10 \text{ l/s pr. pers} \times 1 \text{ personer}) + (2,0 \text{ l/s pr. m}^2 \times 6,0 \text{ m}^2) = \underline{22 \text{ l/s (per person)}}$$

Luftmengde i intervallet:

$$= \underline{19-22 \text{ l/s per person}}$$

KVT-hallen med 30 personer:

Total luftmengde:

$$(10 \text{ l/s pr. pers} \times 30 \text{ personer}) + (2,0 \text{ l/s pr. m}^2 \times 1249 \text{ m}^2) = 2798 \text{ l/s}$$

Luftmengde per person:

$$\text{Luftmengde pr. pers} = \frac{2798 \text{ l/s}}{30 \text{ pers}} = \underline{93,27 \text{ l/s per person}}$$

Luftmengde i intervallet:

$$= \underline{90,27-93,27 \text{ l/s per person}}$$

KVT-hallen med 200 personer:

Luftmengde i intervallet:

$$= \underline{13,54-22,49 \text{ l/s per person.}}$$

Heimdalshallen med 400 personer:

Total luftmengde:

$$(10 \text{ l/s pr. pers} \times 400 \text{ personer}) + (2,0 \text{ l/s pr. m}^2 \times 1249,8 \text{ m}^2) = 6499,6 \text{ l/s}$$

Luftmengde per person:

$$\text{Luftmengde pr. pers} = \frac{6499,6 \text{ l/s}}{400 \text{ pers}} = \underline{16,25 \text{ l/s per person}}$$

Luftmengde i intervallet:

$$= \underline{13,25-16,25 \text{ l/s per person}}$$

Heimdalshallen med 90 personer:

Luftmengde i intervallet:

$$= \underline{34,77-37,77 \text{ l/s per person}}$$

VEDLEGG E: Aktivitetsplan

Aktivitetsplan i måleperioden av inneklimateparameterne i Heimdalshallen vises i tabell E.1, og i KVT-hallen i tabell E.2.

Tabell E.1: Aktivitetsplan for Heimdalshallen i måleperioden 10.-17.november 2015. X angir bruk på dagtid etter fastsatt ukeplan, mens bruk utover fast ukeplan angis med tidsperiode hvor hallene er i bruk.

Tidspunkt	Tirsdag (10/11- 15)	Onsdag (11/11- 15)	Torsdag (12/11- 15)	Fredag (13/11- 15)	Lørdag (14/11- 15)	Søndag (15/11- 15)	Mandag (16/11- 15)	Tirsdag (17/11- 15)
08:15 - 09:45	X	-	-	-	0:00 - 01:00	00:00- 01:30	X	X
10:15 - 11:00	-	X	-	-	07:30- 00:00	09:00- 21:30	X	-
11:30 - 12:15	X	X	-	-	-	-	X	X
12:45 - 14:15	-	X	X	-	-	-	X	-
Ettermiddag	16:15 - 22:30	16:30 - 22:30	16:00 - 22:30	16:30- 00:00	-	-	16:30 - 22:30	16:15 - 22:30

Tabell E.2: Aktivitetsplan for KVT-hallen i måleperioden fra 19.-26.november 2015. X angir bruk på dagtid etter fastsatt ukeplan, mens bruk utover fast ukeplan angis med tidsperiode hvor hellene er i bruk.

Tidspunkt	Torsdag (19/11- 15)	Fredag (20/11- 15)	Lørdag (21/11- 15)	Søndag (22/11- 15)	Mandag (23/11- 15)	Tirsdag (24/11- 15)	Onsdag (25/11- 15)	Torsdag (26/11- 15)
08:10 - 10:00	X	X	-	-	X	X	X	X
10:10 - 12:00	X	X	-	-	X	X	X	X
12:10 - 14:00	X	X	-	-	X	X	X	X
14:10 - 15:50	X	Frem til 14:30	-	-	X	Frem til 14:30	X	X
Ettermiddag	17:00- 22:30	17:30- 19:00	-	15:00- 21:30	17:00- 22:30	17:00- 22:30	17:00- 22:30	17:00- 22:30

Referanser

AgBB, 2015. Committee for Health-related Evaluation of Building Products. *A contribution to the Construction Products Regulation: Health-related Evaluation Procedure for Volatile Organic Compounds Emissions (VVOC, VOC and SVOC) from Building Products*. Dessau-Roßlau: Committee for Health-related Evaluation of Building Products/AgBB.

Emicode, u.å.a. *Categories*. [internett] Tilgjengelig fra: <<http://www.emicode.com/en/emicode-r/categories/>> [Hentet 2.mars 2016]

Emicode, u.å.b. *The Label*. [internett] Tilgjengelig fra: <<http://www.emicode.com/en/emicode-r/the-label/>> [Hentet 2.mars 2016]

Eurofins, 2015. *Specifications. Indoor Air Comfort and Indoor Air Comfort Gold*. (Version 5.3a. 03/2015). Hamburg: Eurofins Consumer Product Testing GmbH.

Nordisk Miljömärkning, 2015. *Svanemärkning av golv*. (029 golv, version 6.1). Stockholm: Miljömärkning Sverige AB.

Rakennustieto, u.å. *M1 criteria and the use of classified products*. [internett] Tilgjengelig fra: <<https://www.rakennustieto.fi/index/english/emissionclassificationofbuildingmaterials/M1criteriaandtheuseofclassifiedproducts.html>> [Hentet 2.mars 2015]

The Building Information Foundation RTS, 2015. *M1 Emission Classification of Building Materials: Protocol for Chemical and Sensory Testing of Building Materials*. (Version 22.1.2015). Helsinki: The Building Information Foundation RTS 2015.