VENTILATION

၇.၁ လေအရည်အသွေး (Indoor Air Quality [IAQ]) 7-1
၇.၁.၁ လေအရည်အသွေး မကောင်းခြင်း၏ အကြောင်းများ (Causes of Poor IAQ) 7-1
၇.၁.၂ လေအရည်အသွေး ထိန်းသိမ်းနိုင်သည့်နည်းများ (IAQ Control Methods) 7-2
၇.၁.၃ လေအရည်အသွေး အပေါ်အကျိုးသက်ရောက် နိုင်သည့် အချက်များ (IAQ Factors) 7-2
၇.၁.၄ လေထဲတွင် ကာဗွန်ဒိုင်အောက်ဆိုဒ်ပါဝင်မှု(CO2 Levels) နှင့် လေအရည်အသွေး (IAQ) 7-2
၇.၂ သဘာဝအတိုင်း လေဝင်လေထွက်ကောင်းအောင်ပြုလုပ်ခြင်း(Natural Ventilation) 7-3
၇.၂.၁ Stack Effect 7-4
၇.၂.၂ ဒီဇိုင်းလုပ်ရန်လိုအပ်သောအချက်အလက်များ (Design Information) 7-6
၇.၂.၃ Design outputs 7-6
၇.၂.၄ တွက်နည်း (Calculation Approach) 7-7
၇.၂.၅ Design Watch Points 7-7
၇.၃ Mechanical Ventilation 7-8
၇.၃.၁ အခန်းအတွင်း၌ Positive Pressure ဖြစ်ပေါ်ခြင်းနှင့် Negative Pressure ဖြစ်ပေါ်ခြင်း 7-8
၇.၄ Hospital Operation Room Ventilation 7-8
၇.၄.၁ Ceiling Construction 7-12
၇.၅ အဆောက်အဦးတိုင်း၏ မရှိမဖြစ်လိုအပ်သောအခန်းများ(essential rooms) ၏ MV System 7-13
၇.၅.၁ (က)လှေခါးများ နှင့် အရေးပေါ်ထွက်ပေါက်သို့သွားလမ်းများ (Exit Staircase နှင့် Internal Passageway) 7-14
၇.၅.၂ (ခ) Smoke stop lobby 7-17
၇.၅.၃ (ဂ) Fire Command Center (FCC Room) 7-18
၇.၅.၄ (ဃ) Smoke Stop Lobby နှင့် Fire Fighting Lobby 7-20
၇.၅.၅ (င) Fire Pump Room နှင့် လျှပ်စစ်ဓာတ်အားပေးစက်အခန်း(Generator Room) 7-22
၇.၅.၆ (စ) Flammable and Explosive Substances Rooms 7-24
၇.၅.၇ (ဆ) ချက်ပြုတ်ရာနေရာများ(Kitchen) 7-24
၇.၆ Air handling systems များ၊ mechanical ventilation 7-30
၇.၆.၁ Smoke Tripping of AHU 7-31
၇.၇ Engineered Smoke Control System - Design Consideration and Over View 7-33
၇.၇.၁ Designed Fire Size 7-35
၇.၇.၂ Smoke Extraction System တွက်နည်း ဥပမာ 7-39
၇.၈ Basement Car Park Carbon Monoxide Monitoring and Ventilation Fan Control System 7-42
၇.၈.၁ Safe Level of ကာဗွန်မိုနော့ဆိုဒ်ဓာတ်ငွေ့(CO) ဓာတ်ငွေ့ 7-43
၇.၈.၂ Understanding of basement car park Mechanical Ventilation System Design 7-44
၇.၈.၃ Basement Car Park Carbon Monoxide Monitoring System's Design Consideration 7-46
၇.၈.၄ ကာဗွန်မိုနော့ဆိုဒ်(CO)ဓာတ်ငွေ့ Sensor 7-47
၇.၈.၅ Control Strategies နှင့် သတိပြုရန်အချက်များ 7-48
၇.၈.၆ စွမ်းအင်ချွေတာနိုင်မှုကို တွက်နည်း (Energy Saving) ဥပမာ 7-49
၇.၉ Mechanical Smoke Purging System for Basement Car Park 7-50
၇.၁၀ ပြင်ပလေလိုအပ်ချက်(Outdoor Air Requirement) 7-51
၇.၁၀.၁ ASHRAE Standard 62.1 - 2004 (Minimum Ventilation Rates) 7-52
၇.၁၁ Supply Air Rate 7-55
၇.၁၁.၁ ပြင်ပလေဝင်ပေါက်များ (Outdoor Air Intake) 7-57
၇.၁၂ Contamination မပါသောလေများ၊ အနံ့ဆိုးများ မပါသော လေကောင်းလေသန့် 7-58
၇.၁၂.၁ လေများကို အဆင့်အတန်းခွဲခြားသတ်မှတ်ခြင်း နှင့် ပြန်လည်အသုံးပြုခြင်း 7-58
၇.၁၂.၂ Return Air, Transfer Air နှင့် Exhaust Air တို့ကို အဆင့်အတန်းခွဲခြင်း 7-58
၇.၁၃ Exhaust Air 7-61
၇.၁၃.၁ Toilet Ventilation Rates 7-61
၇.၁၃.၂ Minimum Exhaust Rates 7-61
၇.၁၃.၃ Exhaust Air Rates and Pressure Relationship 7-62

Chapter-7 Ventilation

လူသားတစ်ယောက် အသက်ရှင်ကျန်းမာရန် နေ့စဉ် အစားအစာ အလေးချိန် တစ်ကီလိုဂရမ်ခန့် နှင့် သောက်ရေ နှစ်ကီလိုဂရမ်ခန့် စားသောက်ရန် လိုအပ်သည်။ လူသားတစ်ယောက် နေ့စဉ် အသက်ရှူရန် လေအလေးချိန် (၁၀)ကီလိုဂရမ်ခန့် လိုအပ်သည်။ ထို့ကြောင့် ရှူသွင်းမည့်လေ၏ အရည်အသွေး ကောင်းမွန်ရန် အလွန် အရေးကြီးသည်။ အထူးသဖြင့် အခန်း၊ အဆောက်အဦးများ အတွင်း၌ နေထိုင်သူများ လေကောင်းလေသန့်ရရန် ခက်ခဲသည်။

၇.၁ လေအရည်အသွေး (Indoor Air Quality [IAQ])

လူများ အသက်ရှူရန် သင့်လျော်သည့် လေအရည်အသွေး(air quality) အဆင့် ကိုက်ညီမှုရှိ၊ မရှိ စစ်ဆေးရန် အတွက် စင်ကာပူနိုင်ငံ National Environment Agency(NEA) မှ သတ်မှတ်ထားသည့် guidelines မှ စစ်ဆေးရမည့် အချက်(test parameters) ဆယ်ချက်ကို ဖော်ပြထားသည်။ ဓာတုဗေဒ(chemical)နှင့် သက်ဆိုင်သော အချက်ခြောက်ချက်၊ ဇီဝဗေဒ (biological) နှင့် သက်ဆိုင်သော အချက်နှစ်ချက်၊ ရူပဗေဒ (physical)နှင့် သက်ဆိုင်သော အချက် သုံးချက် တို့ ဖြစ်သည်။

	Test Parameters	Threshold Limits
(၁)	Temperature (Degree Celsius)	22.5 – 25.5
(၂)	Relative Humidity (%)	< 70
(၃)	Air Velocity (m/s) / Air Flow	<0.25
(၄)	Carbon Monoxide (ppm)	9
(၅)	Carbon Dioxide (ppm)	1000
(၆)	Ozone (ppm)	0.05
(၇)	Total Volatile Organic Compounds (ppm)	3
(၈)	Respirable Suspended Particulate (μ/m3)	150
(၉)	Formaldehyde (ppm)	0.1
(၁၀)	Total Bacteria Count – TSA, 35 Degree Celsius 48 Hours (cfu/m3)	500
(၁၁)	Total Fungi Count – PDA, 25 Degree Celsius 5 Days (cfu/m3)	500

အပူချိန်(temperature)၊ Relative Humidity(%) နှင့် လေအလျင်(air velocity) တို့သည် သက်သောင့်သက်သာဖြစ်ခြင်းနှင့်သာ သက်ဆိုင်သော်လည်း ကျန်အချက်များသည် ကန့်သတ်ထားသည့် တန်ဖိုးများထက် ပိုများပါက ကျန်းမာရေးနှင့် ရေရှည်တွင် အသက် အန္တရာယ်ကိုပါ ထိခိုက်စေနိုင်သည်။

၇.၁.၁ လေအရည်အသွေး မကောင်းခြင်း၏ အကြောင်းများ (Causes of Poor IAQ)

(၁) လေအရည်အသွေးနှင့်သက်ဆိုင်သည့် ပြဿနာများ(IAQ problems) ၏ ၅၀% ခန့်သည် လေဝင်လေထွက် မကောင်းခြင်း (inadequate ventilation) ကြောင့်ဖြစ်သည်။
(၂) လေရယူသည့် နေရာ မမှန်ကန်ခြင်း (poor intake/exhaust locations)
(၃) လေသန့်စင်မှု မလုံလောက်ခြင်း သို့မဟုတ် လေစစ်များ မသန့်ရှင်းခြင်း(inadequate filtration or dirty filters.)
(၄) Intermittent airflow ဖြစ်ပေါ်ခြင်း
(၅) လေဖြန့်ဖြူးမှု မညီညာခြင်း (poor air distribution.)
(၆) မောင်းနှင်လည်ပတ်မှု ညံ့ဖျင်းခြင်း (inadequate operation)
(၇) ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းမှု ညံ့ဖျင်းခြင်း၊ မလုံလောက်ခြင်း (inadequate maintenance)

၇.၁.၂ လေအရည်အသွေး ထိန်းသိမ်းနိုင်သည့်နည်းများ (IAQ Control Methods)

(၁) ရှိသင့်ရှိထိုက်သည့် အပူချိန် နှင့် စိုထိုင်းဆ ရှိအောင် ထိန်းထားနိုင်ခြင်း(control temperature and humidity)

(၂) သန့်ရှင်း လတ်ဆတ်သည့် လေသစ်များထည့်ပေးခြင်းဖြင့် လေညစ်နွမ်းမှု လျော့နည်းသွားအောင် ပြုလုပ်ခြင်း (ventilation - dilution)

(၃) အညစ်အကြေးထွက်သည် အရာများကို ဖယ်ရှားခြင်း(remove pollution source.)

(၄) လေစစ်များဖြင့် သန့်စင်အောင်ပြုလုပ်ခြင်း (filtration)

၇.၁.၃ လေအရည်အသွေး အပေါ်အကျိုးသက်ရောက် နိုင်သည့် အချက်များ (IAQ Factors)

အောက်တွင်ဖော်ပြထားသည့် အချက်များသည် လေအရည်အသွေး(air quality)ကို ထိခိုက်စေနိုင်သောကြောင့် တတ်နိုင်သမျှ ကင်းစင်အောင် ကြိုးစားသင့်သည်။

(၁) အပူများနှင့် ရေငွေ့ပါဝင်မှု(thermal environment)

(၂) မီးခိုးများ(smoke)

(၃) အနံ့ဆိုးများ(odors)

(၄) ယားယံစေသည့် အမှုန်၊ အမှိုက်များ (irritants dust)

(၅) Stress problems (perceptible, nonperceptible)

(၆) အဆိပ်ဓာတ်ပါဝင်နေသည့် ဓာတ်ငွေ့များ(toxic gases carbon monoxide, carbon dioxide)

(၇) ဓာတ်မတည့်သည့် ဝတ်မှုံများ(allergens pollen)

(၈) ဘက်တီးရီးယားများ၊ ဗိုင်းရပ်များ၊ ပိုးမွှားများ (biological contaminants - bacteria ၊ mold ၊ pathogens ၊ legionella ၊ micro organisms ၊ fungi)

၇.၁.၄ လေထဲတွင် ကာဗွန်ဒိုင်အောက်ဆိုဒ်ပါဝင်မှု(CO_2 Levels) နှင့် လေအရည်အသွေး (IAQ)

၇.၄ လေထဲတွင် ကာဗွန်ဒိုင်အောက်ဆိုဒ်ပါဝင်မှု(CO_2 Levels) သည် ကျန်းမာရေးကို ထိခိုက်စေသည်။

(၁) ပြင်ပလေထုထဲတွင် ကာဗွန်ဒိုင်အောက်ဆိုဒ်ပါဝင်မှု(CO_2 Levels) သည် 350 PPM ခန့်ဖြစ်သည်။
(Outdoor background level: 350 PPM CO_2 avg.)

(၂) ASHRAE Standard 62 အရ ကာဗွန်ဒိုင်အောက်ဆိုဒ်ပါဝင်မှု(CO_2 Levels) သည် 1000 PPM ထက်ပို မများသင့်ပေ။
(ASHRAE Standard 62 recommends: 1000 PPM CO_2 max.)

(၃) OSHA and U.S. Air Force standard အရ ကာဗွန်ဒိုင်အောက်ဆိုဒ်ပါဝင်မှု(CO_2 Levels) သည် 650 PPM ထက်ပိုမများသင့်ပေ။
(OSHA and U.S. Air Force standard: 650 PPM CO_2 max.)

(၄) လူများသည် ကာဗွန်ဒိုင်အောက်ဆိုဒ်ပါဝင်မှု(CO_2 Levels) 800–1000 PPM ထက်များ သည့်အခါ သက်သောင့်သက်သာမဖြစ်ခြင်း၊ ကျန်းမာရေး ထိခိုက်နိုင်ခြင်း တို့ စတင်ဖြစ်ပေါ်သည်။
(Human discomfort begins: 800–1000 PPM CO_2.)

(၅) ကာဗွန်ဒိုင်အောက်ဆိုဒ်ပါဝင်မှု(CO_2 Levels) 12,000 PPM ထက် များသည့်အခါတွင် နာတာရှည်ရောဂါများ ဖြစ်ပေါ်နိုင်သည်။
(Long term health effects: >12,000 PPM CO_2.)

လေဝင်လေထွက် ကောင်းအောင်(ventilation) ပြုလုပ်ရခြင်း ၏ ရည်ရွယ်ချက်များမှာ

(က) လူများရှိရာ(occupied space)နေရာမှ အပူများကို ဖယ်ရှားပစ်ရန်(remove heat)

(ခ) ဖက်တီးရီးယားများ၊ အနံ့ဆိုးများ၊ အမှုန်များ နှင့် အန္တရာယ်ဖြစ်စေသည့် ကာဗွန်မိုနော့ဆိုဒ်(CO) ၊ ကာဗွန်ဒိုင်အောက်ဆိုဒ်(CO_2)ဓာတ်ငွေ့များ စသည့် အညစ်အကြေး(contaminant)များ ဖယ်ရှားပစ်ရန်

(ဂ) လူများနေရန် သင့်လျော်သော လက်ခံနိုင်သည့် လေအရည်အသွေး(acceptable indoor air quality) ရရှိရန် တို့ဖြစ်သည်။

ထိုနေရာမှ လေများကို အဆက်မပြတ် စွန့်ထုတ်ပစ်နေရမည်ဖြစ်ပြီး ပြင်ပလေ(outdoor air)ဖြင့် အစားထိုးပေး ရမည်။ လိုအပ်သည့် ပြင်ပလေ(outdoor air)ပမာဏသည် အခန်း နေရာကိုလိုက်၍ ကွဲပြားသည်။

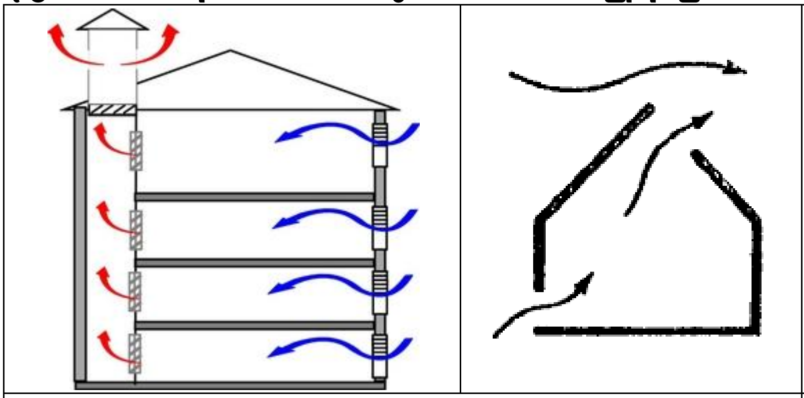
သဘာဝအတိုင်း လေဝင်လေထွက်ကောင်းအောင် ပြုလုပ်ခြင်းကို “Natural Ventilation” ဟုခေါ်သည်။ စက်တစ်မျိုးမျိုးကို အသုံးပြု၍ လေဝင်လေထွက်ကောင်းအောင် ပြုလုပ်ခြင်းကို “Mechanical Ventilation” ဟု ခေါ်သည်။ အခန်းတစ်ခု သို့မဟုတ် နေရာတစ်ခုသည် သဘာဝအတိုင်း လေဝင်လေထွက်(naturally ventilated) ကောင်းအောင်မပြုလုပ်နိုင်လျှင် စက်တစ်မျိုးမျိုးဖြင့် လေဝင်လေထွက် ကောင်းအောင် ပြုလုပ် (mechanical ventilated) ထားရမည်။ သို့မဟုတ် air conditioning ပေးထားသည့် နေရာဖြစ်ရမည်။

စက်တစ်မျိုးမျိုးဖြင့် လေဝင်လေထွက်ကောင်းအောင် ပြုလုပ်ထားသည့်နေရာ(mechanically ventilated space)ကို air con မပေးရ။ သဘာဝအတိုင်း လေဝင်လေထွက် ကောင်းအောင် ပြုလုပ် စီမံထားသည့် နေရာ(naturally ventilated space) မဖြစ်စေရ။

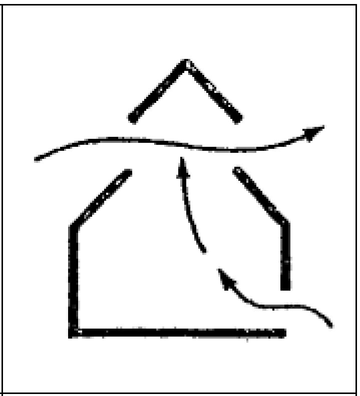
Air conditioning ပေးထားသော နေရာများ၊ အခန်းများအတွင်း၌ လုံးဝဆေးလိပ်သောက်ခွင့် မပြုရ။ သတ်မှတ် ထားသောနေရာ၊ ဆေးလိပ်သောက်ရန်အတွက် ပြုလုပ်ထားသော ဆေးလိပ်သောက်ခန်း(smoking room)များတွင်သာ ဆေးလိပ်သောက်ခွင့် ရှိသည်။ ဆေးလိပ်သောက်ခန်းများကိုလည်း စည်းမျဉ်း စည်းကမ်းများ(code)အတိုင်း ဆောက်လုပ်ထား ရမည်။

သဘာဝအတိုင်း လေဝင်လေထွက် ကောင်းအောင် ပြုလုပ်ထားသည့်(naturally ventilated)အခန်းများ သို့မဟုတ် လူများနေရန် နေရာ(occupied space)များ နှင့် စက်တစ်မျိုးမျိုးဖြင့် လေဝင်လေထွက် ကောင်းအောင် (mechanically ventilated)ပြုလုပ်ထားသည့် အခန်းများကို ဗိသုကာပုံများ(architectural drawing)ပေါ်တွင် ရှင်းလင်းစွာ ဖော်ပြရမည်။ ပုံများ(As-built drawing)များကို ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းခြင်း(maintenance) နှင့် ချို့ယွင်းချက် ရှာဖွေခြင်း(trouble shooting) တို့ပြုလုပ်ရန် အတွက် စနစ်တကျ သိမ်းဆည်းထားရန် လိုအပ်သည်။

၇.၂ သဘာဝအတိုင်း လေဝင်လေထွက်ကောင်းအောင်ပြုလုပ်ခြင်း(Natural Ventilation)



ပုံ ၇-၁ Use of Wind pressure on building

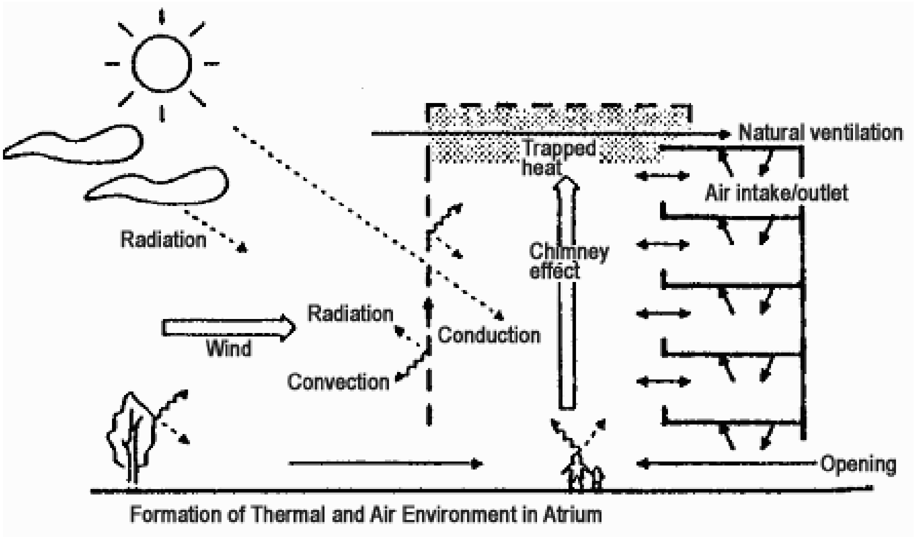


ပုံ ၇-၂ Venturi effect

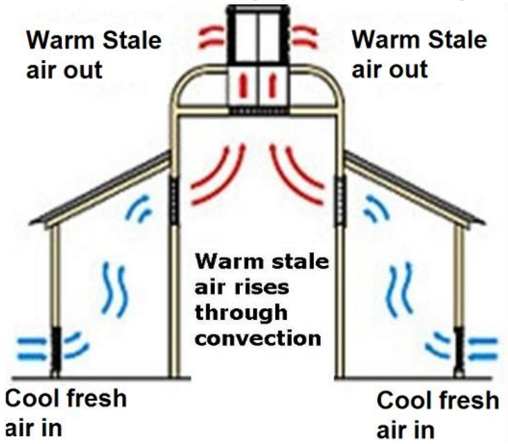
Principle of Natural Ventilation

သဘာဝအတိုင်း လေဝင်လေထွက်ကောင်းအောင်ပြုလုပ်ခြင်း(natural ventilation)သည် အောက်ပါ အချက်များပေါ်တွင် အခြေခံသည်။

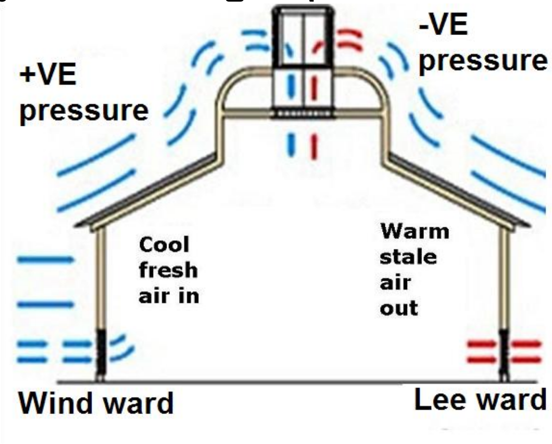
(၁) Wind pressure on building
(၂) Venturi effect
(၃) Chimney effect နှင့်
(၄) Stack effect တို့ဖြစ်သည်။



ပုံ ၇-၃ Atrium တစ်ခုအတွင်း chimnery effect ဖြစ်ပေါ်ပုံ



ပုံ ၇-၄ Stack driven natural ventilation



ပုံ ၇-၅ Wind driven natural ventilation

၇.၂.၁ Stack Effect

အဆောက်အဦး သို့မဟုတ် အခန်းအတွင်းရှိအပူချိန်(inside temperature)နှင့် အပြင်ဘက်ရှိ အပူချိန် (outside temperature) တို့ခြားနားချက်(temperature difference)ကြောင့် "Stack Effect" ဟုခေါ်သည့် natural ventilation ဖြစ်ပေါ်သည်။ Non-mechanical airflow တစ်မျိုး အဆောက်အဦး အတွင်း၌ ဖြစ်ပေါ်သည်။ ပြင်ပတွင် တိုက်ခတ်နေသည့် လေဖိအား(wind pressure)ကြောင့်လည်း "Stack Effect" ဖြစ်ပေါ်နိုင်သည်။

အခန်းအတွင်း(inside) နှင့် အပြင်(outside)ဘက်ရှိ လေအပူချိန် ကွာခြားချက် (temperature difference)ကြောင့် လေသိပ်သည်းဆ(air densities) မတူညီမှုဖြစ်ပေါ်လာသည်။ ပူသည့် လေသည် ပေါ့ပါးကာ

အထက်သို့ တက်သည်။ ထိုလေသိပ်သည်းဆ(air densities) မတူညီမှုကြောင့် လေဖိအား ကွာခြားမှု(pressure difference)ကြောင့် လေသည် အောက်မှ အထက်သို့တက်ခြင်း သို့မဟုတ် အထက်မှ အောက်သို့ဆင်းခြင်း စသည့် "vertical air movement" ဖြစ်ပေါ်သည်။

လက်တွေ့ အခြေအနေတွင် တိုက်လေဖိအား(wind pressures)ကြောင့် stack effect ကို ပြောင်းလဲမှုများစွာ ဖြစ်စေသည်။ ပြင်ပတိုက်လေဖိအား(wind pressure)ကြောင့် modify stack effect ကြောင်း ဤအခန်းတွင် မပါဝင်ပေ။ ထိုအကြောင်းကို CIBSE AM 10 Natural ventilation in non-domestic buildings တွင် အသေးစိတ် လေ့လာ ဖတ်ရှုနိုင်ပါသည်။

လေဖိအားကွာခြားမှု(pressure difference)ကြောင့် လေများရွေ့လျားခြင်း(air movement) ဖြစ်ပေါ်သည်။ သို့သော် အပူချိန်ကွာခြားချက်(temperatures difference)ပေါ်တွင် မူတည်သောကြောင့် ventilation application များ အားလုံးတွင် stack effect ကို အသုံးပြုရန် မသင့်လျော်ပေ။

Stack effect ကြောင့်ဖြစ်ပေါ်သော လေများရွေ့လျားမှု(air movement) ပိုကောင်းစေရန်အတွက် အဆောက်အဦး သို့မဟုတ် အခန်း၌ လေဝင်ပေါက်(inlet point)များနှင့် လေထွက်ပေါက်(air outlet point)များ ထားရှိရန် လိုအပ်သည်။

လေဝင်ပေါက်(inlet point) နှင့် လေထွက်ပေါက်(air outlet point)တို့၏ ဒေါင်လိုက်အမြင့်(vertical distance) များလေလေ stack effect ပိုအားကောင်းလေလေ ဖြစ်သည်။

လေသွားရာလမ်းကြောင်း(direction of air flow)သည် အပူချိန် တန်ဖိုးများပေါ်တွင် မူတည်သည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် အခန်းတွင်အပူချိန်(inside temperature)သည် အခန်းပြင်ပအပူချိန်(outside temperature) ထက်ပိုမြင့်နေလျှင် လေသည် နိမ့်သည့်အပေါက်မှ ဝင်ရောက်ပြီး အပေါ်သို့တက်ကာ မြင့်သည့်အပေါက်မှ ထွက်သွားသည်။ အခန်းအတွင်း၌ လေစီးဆင်းမှု(air flow)သည် အောက်မှအထက်သို့(upwards direction) ဖြစ်သည်။ အထူးသဖြင့် နေ့ခင်းနေ့လည် အချိန်များတွင် ဤကဲ့သို့ လေစီးဆင်းမှု(air flow) ဖြစ်ပေါ်သည်။

အခန်းအတွင်းရှိ လေ၏အပူချိန်(internal temperature)သည် ပြင်ပလေအပူချိန်ထက်ပိုနိမ့်နေလျှင် လေသည် မြင့်သည့်အပေါက်မှ ဝင်လာပြီး နိမ့်သည်အပေါက်မှ ထွက်သွားသည်။ အခန်းအတွင်း၌ လေစီးဆင်းမှု (airflow) သည် အထက်မှအောက်သို့(downwards direction) ဖြစ်သည်။ အထူးသဖြင့် ညေအချိန်များတွင် ဤကဲ့သို့ လေစီးဆင်းမှု(air flow) ဖြစ်ပေါ်သည်။

ဘေးကာများတပ်ဆင်ထားသည့် စက်များ(machine enclosure)တွင်လည်း စက်အတွင်းရှိအပူချိန် မတက်စေရန် အတွက် "Stack Effect" အသုံးပြုကြသည်။ စက်အတွင်းမှ ထွက်သည့် အပူများလျှင် စက်များ၏ အပေါ်ဘက်နှင့် အောက်ဘက်တွင် အပေါက်များဖောက်ကာ မြင့်မားသည့်(tall enclosure) စက်အဖြစ် ဒီဇိုင်းပြုလုပ်သင့်သည်။ ထိုအခါ stack effect ကြောင့်ဖြစ်ပေါ်လာသည့် လေစီးဆင်းမှု(airflow)ကြောင့် စက်အတွင်းရှိအပူချိန်(internal temperature) ကျဆင်းကာ စက်များအဆက်မပြတ်မောင်းရန် လက်ခံနိုင်သည့် အခြေအနေ(acceptable operating condition) သို့ရောက်နိုင်သည်။

CIBSE guide A မှ chapter 4 တွင် standard calculations(နမူနာ အဆောက်အဦးတစ်ခုအတွက် လေစီးဆင်းမှု(airflow) ခန့်မှန်းပုံ တွက်နည်းပုံစံများ)ကို ကိုးကားနိုင်သည်။ လေဖိအား(wind pressure)ကို ပါထည့်တွက်ထားသည့် တွက်နည်းကိုလည်း အခန်း(၄)[chapter-4]တွင် လေ့လာနိုင်သည်။ ပို၍ ရှုပ်ထွေးခက်ခဲသည့် အဆောက်အဦးများ(more complex arrangement of opening layouts)အတွက် အချက်အလက်များကို CIBSE publication AM10 Natural ventilation in non-domestic buildings 2005 တွင် မှီငြမ်းကိုးကား နိုင်သည်။

"Stack Effect" အားသာချက်များ

(၁) "Stack Effect" ကြောင့် လေစီးဆင်းမှု(air flow)ဖြစ်ပေါ်စေရန် လေတိုက်ခြင်းအပေါ်တွင် မှုမတည်ပါ။ (does not rely on wind)

(၂) အပူချိန်ကွာခြားချက်ရှိနေသမျှ လေစီးဆင်းမှု(air flow) ပုံမှန်ဖြစ်ပေါ်နေလိမ့်မည်။ (stable air flow)

(၃) လေဝင်ပေါက်နှင့်လေထွက်ပေါက်ကိုသာ မှန်ကန်စွာရွေးချယ်ရန်လိုအပ်သည်။ (greater control in choosing areas of air intake)

(၄) စွမ်းအင်မလိုပဲ ရရှိနိုင်သည့်နည်းဖြစ်သည်။ (sustainable method)

"Stack Effect" အားနည်းချက်များ

(၁) လေအားနည်းနည်း(lower magnitude)သာ ရနိုင်သည်။

(၂) အပူချိန်ကွာခြားချက် အပေါ် မှီခိုအားထား ရသည်။ (relies on temperature difference)

(၃) လေဝင်ပေါက်နှင့် လေထွက်ပေါက်များ ထားရန်အတွက် အကောင်းဆုံးနေရာများ ရရှိရန်ခက်ခဲသည်။ ကုန်ကျစရိတ် များသည်။ (design restrictions)

(၄) လေဝင်ပေါက်ကို နိမ့်သည့်နေရာတွင် ထားရသောကြောင့် လေကောင်းလေသန့် ရရန်ခက်ခဲသည်။

၇.၂.၂ ဒီဇိုင်းလုပ်ရန်လိုအပ်သောအချက်အလက်များ (Design Information)

(က) အမျိုးအစား(type)၊ အရွယ်အစား(size) နှင့် လေဝင်လေထွက်ပေါက်များ တည်ရှိရာနေရာများ(location of openings)

(ခ) လေဝင်ပေါက်နှင့် လေထွက်ပေါက်(opening) များ၏ အမျိုးအစား(type) နှင့် ပုံသဏ္ဍာန်(shape)တို့သည် လေစီးဆင်းမှု(airflow)ကို အကျိုးသက်ရောက်မှု ရှိစေသောကြောင့် အတိအကျတိုင်းတာရန် လိုအပ်သည်။

၇.၂.၃ ဒီဇိုင်းလုပ်ရန် အဓိက အချက်(Key Design Inputs)

(က) အတွင်းအပူချိန်(inside air temperatures) နှင့် ပြင်ပလေအပူချိန်(outside air temperatures) ကို(°C) ဖြင့်သိရန် လိုအပ်သည်။ အတွင်းနှင့် အပြင် အပူချိန်ခြားနားချက်ကြောင့်(difference between inside and outside temperatures) လေသိပ်သည်းဆ(density)ကွဲပြားကာ လေဖိအား(pressure) ကွာခြားမှု ဖြစ်ပေါ် လာသည်။ လေဖိအား(pressure) ကွာခြားမှုကြောင့် stack effect ဖြစ်ပေါ်လာသည်။

(ခ) လေဝင်ပေါက်နှင့် လေထွက်ပေါက် အမြင့်အကွာအဝေး(height difference between inlet and outlet)ကို မီတာ(meter) ဖြင့်သိရန်လိုအပ်သည်။ လေဝင်ပေါက်နှင့် လေထွက်ပေါက် အမြင့်ကွာခြားချက် များလေလေ stack effect ပိုအားကောင်းလေလေဖြစ်သည်။

၇.၂.၃ Design outputs

Cross ventilation ၊ single-sided ventilation စသည့် ventilation အမျိုးအစား(type)များ ၊ schedule of window types ၊ actuators စသည့် control လုပ်နည်းများ နှင့် schedule of transfer grilles ပါဝင်သည့် ventilation strategy နှင့် specification များကို သတ်မှတ်နိုင်ရန်ဖြစ်သည်။

- Ventilation performance ကို ခန့်မှန်းရန်
- သင့်လျော်သည့် solar shading လိုအပ်ချက်များကို သတ်မှတ်ရန်
- လေစီးဆင်းရာလမ်းကြောင်းများ(air flow paths)ကို ဖော်ပြထားသော layout plan drawings ရေးဆွဲရန်

- သင့်လျော်သည့် control philosophy ချမှတ်ပေးရန် တို့ဖြစ်သည်။

၇.၂.၄ တွက်နည်း (Calculation Approach)

(၁) အဆောက်အဦးပုံစံ(Building layout) နှင့် သင့်လျော်သည့် တွက်နည်း ပုံစံကို ရွေးချယ်ပါ။

(၂) အခန်းအတွင်း အပူချိန်(inside temperature)နှင့် ပြင်ပလေအပူချိန်(outside air temperature) တို့ကို သတ်မှတ်ပါ။ ရာသီဥတု အချက်အလက်များ (weather data)မှ ရယူပါ။

(၃) လေဝင်ပေါက်နှင့် လေထွက်ပေါက်တို့၏ အမြင့်ကွာခြားချက်(height difference between the inlet and outlet points)ကို ရှာပါ။ Centre to entre distance ဖြင့်တွက်ရမည်။

(၄) လေဝင်ပေါက်နှင့် လေထွက်ပေါက်တို့၏ အမျိုးအစား(type)၊ အရွယ်အစား(size)နှင့် ပုံသဏ္ဍာန်(shape) တို့ကို သတ်မှတ်ပါ။

(၅) အဆောက်အဦးအတွင်း၌ ဖြစ်ပေါ်မည့် လေစီးနှုန်း(volume flow rate)ကို တွက်ရန်အတွက် ပုံသေနည်း ညီမျှခြင်းများတွင် တန်ဖိုးများ(values)ကို ထည့်ပါ။

၇.၂.၅ Design Watch Points

(က) လေစီးကြောင်း၏ ဦးတည်ရာ(direction of air flow)သည် ပြင်ပအပူချိန်(outside temperature) ပေါ်တွင် မူတည်သောကြောင့် ပြင်ပအပူချိန်(outside temperature) ပြောင်းလဲသည့်အခါ လေစီးဆင်းရာဘက်(air flow direction) သည် ပြောင်းလဲလိမ့်မည်။ ထိုကြောင့် ပြင်ပအပူချိန်(outside temperature) ပြောင်းလဲခြင်း ဖော်မည့်အချက်များကို သတိထားပါ။

(ခ) Stack effect ကြောင့်ဖြစ်ပေါ်သည့် လေစီးဆင်းမှု(airflow)သည် အခန်းအတွင်းရှိ လေဖိအား အလွန် မြင့်မားလာခြင်း မဖြစ်စေရန် သတိပြုသင့်သည်။ ဒီဇိုင်းလေစီးနှုန်း(design airflow patterns)ကို မထိခိုက်စေရန် သတိပြုသင့်သည်။

(ဂ) Stack effect ကြောင့် ဖြစ်သော natural ventilation ရရန်အတွက် လေဝင်ပေါက် လေထွက်ပေါက်များ ကို ဖွင့်ထားရသောကြောင့် လုံခြုံမှု ကင်းမဲ့သည်။

(ဃ) အခန်းအတွင်းရှိ ခန်းစီးများ၊ လိုက်ကာများကြောင့်လည်း ဒီဇိုင်း လုပ်ထားသည့် လေစီးနှုန်း ရရန် ခက်ခဲလိမ့်မည်။ Stack effect သည် ဖုံတစ်ခုတည်းအတွက် အကောင်းဆုံးဖြစ်သည်။

References for Natural Ventilation

- CIBSE Guide A, Environmental Design, 2006, ISBN 1 903287 66 9
- CIBSE, Natural Ventilation in Non-Domestic Buildings, AM10, 2005, ISBN 1 903287 56 1
- AIVC 1998, TN 44 Numerical Data for Air Infiltration & Natural Ventilation Calculations, ISBN 1946075972

Natural Ventilation Guidelines:

- Whole Building Design Guide, National Institute of Building Sciences
  http://www.wbdg.org/resources/naturalventilation.php
- "Natural Ventilation for Infection Control in Health-Care Settings," a report (including design guidelines) by World Health Organization for naturally ventilated health-care facilities.
  http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789241547857_eng.pdf

Natural Ventilation အကြောင်း သုတေသနပြုနေကြသည့် တက္ကသိုလ်များ

- The Center for the Built Environment (CBE), University of California, Berkeley. (http://www.cbe.berkeley.edu)
- Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, California. (http://www.lbl.gov)

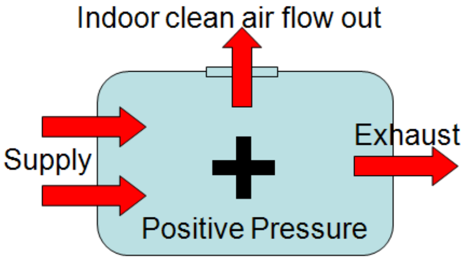
- Department of Architecture, Massachusetts Institute of Technology. (http://architecture.mit.edu/building-technology/program/research-topics)

၇.၃ Mechanical Ventilation

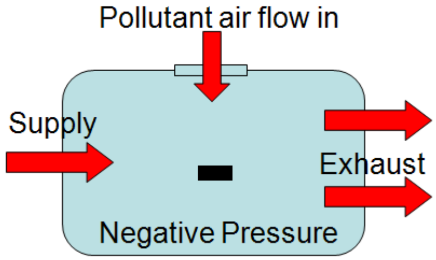
Mechanical Ventilation System များကို အတိုခေါက်အားဖြင့် MV System ဟူ၍လည်း ခေါ်ဆိုလေ့ရှိသည်။ရေချိုးခန်းများ(bathroom)၊ အိမ်သာများနှင့် သန့်စင်ခန်းများ(toilet)၊ သေတ္တာငယ်များ ထားရာအခန်း (locker room)များ နှင့် ထိုကဲ့သို့ အသုံးပြုသည့် အခန်းများ(similar facility) များအတွက် သဘာဝအတိုင်း လေဝင်လေထွက်ကောင်းအောင် (natural ventilation)ပြုလုပ်ထားခြင်း မရှိပါက စက်တစ်မျိုးမျိုးဖြင့် လေဝင်လေထွက်ကောင်းအောင်(mechanical ventilation) ပြုလုပ်ပေး ရမည်။ ထိုအခန်းများ အတွက် ပြင်ပလေ(outdoor air)ကို ventilation duct မှ တဆင့်ပေးပို့နိုင်သည်။ Air condition unit တပ်ဆင် ပေးထားနိုင်သည်။

ပြူတင်းပေါက်များ မှတဆင့် naturally ventilated လုပ်ပေးနိုင်သည်။ တံခါးများတွင် လေဝင်ပေါက် တရုပ်ကပ် (louver)များ ပြုလုပ်ထားခြင်းဖြင့် လေဝင်လေထွက် ကောင်းစေနိုင်သည်။ Exhaust air များအတွက် အစားထိုး ထည့်ပေးမည့် လေ(replacement air)ပမာဏသည် စုပ်ထုတ်မည့်လေ(exhaust air)ပမာဏထက် ပိုမများစေရ။

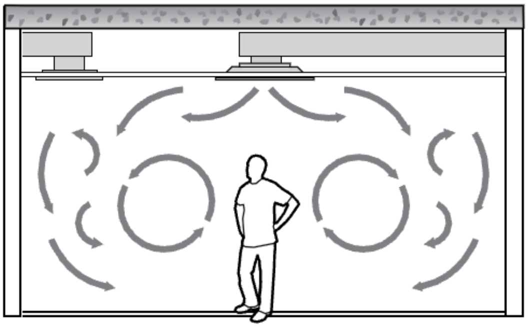
၇.၃.၁ အခန်းအတွင်း၌ Positive Pressure ဖြစ်ပေါ်ခြင်းနှင့် Negative Pressure ဖြစ်ပေါ်ခြင်း



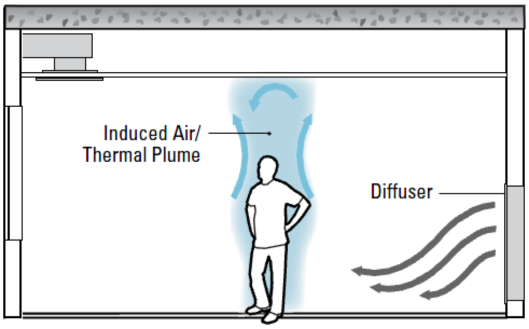
ပုံ ၇-၆ Supply air သည် exhaust air ထက်များလျှင် အခန်းထဲတွင် "Positive Pressure" ဖြစ်ပေါ်သည်။



ပုံ ၇-၇ Supply air သည် exhaust air ထက်နည်းလျှင် အခန်းထဲတွင် "Negative Pressure" ဖြစ်ပေါ်သည်။



ပုံ ၇-၈ Mixing (Dilution) Ventilation



ပုံ ၇-၉ Displacement ventilation

၇.၄ Hospital Operation Room Ventilation

ခွဲစိတ်ခန်းများ၏ air distribution system ကို ရုံးခန်းများ နှင့် shopping center များ၏ air distribution system များထက်ပို၍ ဂရုတစိုက် အသေးစိတ် တိကျစွာ ဒီဇိုင်းပြုလုပ်ရန် လိုအပ်သည်။ အသက် ဆုံးရှုံးမှုများကို ဖြစ်ပေါ်စေနိုင်ပြီး ၊ လူနာများနှင့် ဆရာဝန်များ၏ ကျန်းမာရေးကို ထိခိုက်စေနိုင်သောကြောင့်

ဖြစ်သည်။ ရုံးခန်းများ အတွက် air distribution system ဒီဇိုင်း ပြုလုပ်ရာတွင် supply air ကို အခန်း အတွင်းသို့ရောက်အောင် ပို့ပေးရုံဖြင့် supply air နှင့် room air တို့ ရောနှော(mix)သွားကာ အခန်းအတွင်း၌ အပူချိန်တသမတ်တည်း တူညီသည့်ဇုံ(uniform temperature zone) ဖြစ်ပေါ် လာနိုင်သည်။ထိုကဲ့သို့ air distribution system မျိုးကို ဆေးရုံရှိ ခွဲစိတ်ခန်းများအတွက် အသုံးပြုရန် မသင့်လျော်ပါ။

လေထဲ တွင်ရှိသော အညစ်အကြေး(airborne contaminant)များသည် အခန်းအတွင်းရှိ နေရာ အားလုံးသို့ ပျံ့နှံ့ရောက်ရှိ သွားလိမ့်မည်။ ခွဲစိတ်ခန်း၏ air distribution system ဒီဇိုင်းသည် သက်သောင့် သက်သာ(thermal comfort)ဖြစ်စေရုံ သာမက အညစ်အကြေး(airborne contaminant)များကို စိတ်ချစွာ ထိန်းချုပ်ထားနိုင်ရန် လိုအပ်သည်။ အညစ်အကြေး(airborne contaminant)များကြောင့် ခွဲစိတ်ပြီးနောက်ပိုင်း ဖြစ်ပေါ်တတ်သည့် ရောဂါများ(post-operative infection) ရရှိနိုင်သည်။ ထို infection အများစုသည် လူနာ၏ ခန္ဓာကိုယ်မှ သော်လည်းကောင်း၊ ခွဲစိတ်ဆရာဝန်များနှင့် သူနာပြုများမှ သော်လည်းကောင်း၊ ခွဲစိတ်ခန်းသုံး ပစ္စည်းများကြောင့် သော်လည်းကောင်း ရောဂါကူးစက်ခံရခြင်း ဖြစ်သည်။

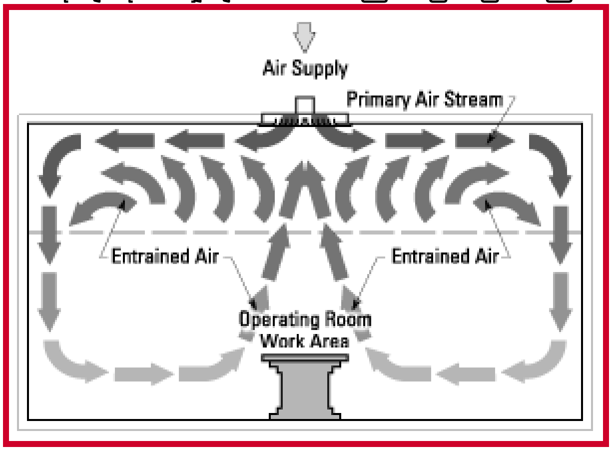
ခွဲစိတ်ခန်းအတွင်းသို့ ပြင်ပမှ အမှုန်၊ ဖုန်များ(particles) မဝင်ရောက်နိုင်ရန် ventilation system တွင် High Efficiency Particulate Filter(HEPA)များ အသုံးပြုထားသည်။ အနီးဝန်းကျင်မှ ပိုးမွှားများနှင့် အမှုန့် အမှိုက်များ ခွဲစိတ်ခန်း အတွင်းသို့ မဝင်ရောက်နိုင်ရန်(infiltration မဖြစ်စေရန်) ခွဲစိတ်ခန်းအတွင်းတွင် positive pressure ဖြစ်အောင် ပြုလုပ်ထားသည်။

Airborne contaminant ကိုဖြစ်စေသည့် အဓိက အကြောင်း နှစ်ခုမှာ

(၁) ခွဲစိတ်ခန်းအတွင်း၌ micro-organism(ဗက်တီးရီးယားများ၊ မှိုများစသည်တို့)ရှိခြင်း နှင့်

(၂) Ventilation နှင့် infiltration တို့ကြောင့် အမှုန်၊ ဖုန်များ(particles) ဝင်ရောက်လာခြင်း ဖြစ်သည်။

ခွဲစိတ်ဆရာဝန်များ၊ သူနာပြုများနှင့် လူနာတို့ကြောင့်လည်း မသန့်စင်မှုများပျံ့နှံ့ခြင်း(contamination) ဖြစ်ပေါ်သည်။ Air distribution system သည် ခွဲစိတ်ခန်း(operation room)၌ဖြစ်ပေါ်လာနိုင်သည့် မည်သည့် အညစ်အကြေး (contamination)ကို မဆို ဖယ်ရှားနိုင်စွမ်းရှိရမည်။ System သည် contaminate ဖြစ်သွားသည့်လေများ(airborne contaminant ပါဝင်နေသည့် လေများ)ကို ကန့်သတ်ခွဲခြား(isolate)နိုင်ပြီး ခွဲစိတ်ခန်းအတွင်းမှ ဖယ်ထုတ်နိုင်စွမ်း ရှိရမည်။ ဝင်လာသည့် supply air နှင့် ရောနှော(mixing) မသွားအောင်လည်း တားဆီးနိုင်စွမ်း ရှိရမည်။ အကောင်းဆုံးနှင့် အရိုးရှင်းဆုံးနည်းသည် သန့်ရှင်း လတ်ဆပ်သည့်လေ(fresh air)ကို များနိုင်သမျှ များအောင် ထည့်ပေးခြင်း ဖြစ်သည်။



ပုံ ၇-၁၀ Operation Room Ventilation

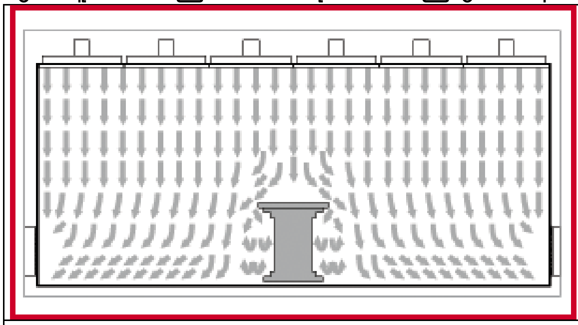
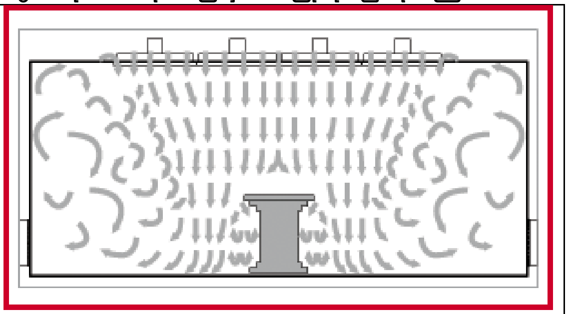
သန့်ရှင်းလတ်ဆပ်သည့်လေထည့်ပေးနှုန်း(fresh air ventilation rate) များခြင်းကြောင့် cooling load (latent heat load နှင့် sensible heat load)များလာလိမ့်မည်။ Airborne contaminant များကိုထိန်းချုပ်ထားရန် အတွက်အကောင်းဆုံးနှင့် အထိရောက်ဆုံး(effective) နည်းသည် ခွဲစိတ်ခန်း(operation room)အတွင်းသို့

supply air ကို ညီညီညာညာ ဖြေးညင်းစွာ(low uniform velocity) ထည့်ပေးခြင်းဖြစ်သည်။ Low uniform velocity ကြောင့် stable downward air flow ကိုဖြစ်စေသည်။ "Lamina Flow System"ဟုလည်း ခေါ်သည်။ Lamina flow ventilation system တွင် မျက်နှာကြက်(ceiling) တစ်ခုလုံးကို lamina flow diffuser များဖြင့် တပ်ဆင် ထားသည်။ ထိုကဲ့သို့ တူညီသည့်လေအလျင်(uniform velocity)ဖြစ်နေသည့် lamina air flow pattern ရရှိရန် အတွက် ပိုများသည့် လေလည်ပတ်မှုနှုန်း(air change rate)ရှိရန် လိုအပ်သည်။ ပိုများသည့် လေလည်ပတ်မှုနှုန်း(air change rate)ကြောင့် စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု(energy consumption) ပိုများလိမ့်မည်။ ထို့ကြောင့် စွမ်းအင်အတွက် ကုန်ကျစရိတ်(energy cost) ပိုများ လိမ့်မည်။

စွမ်းအင်သုံးစွဲမှုနှုန်း(energy consumption)သက်သာစေရန်အတွက် lamina air flow ကို ခွဲစိတ်ခန်း တစ်ခုလုံးအတွက် မပေးပဲ အရေးကြီးသည့်နေရာ(critical zone)ဖြစ်သည့် ခွဲစိတ်ကုတင်(operation table) အနီးဝန်းကျင်ကို သာပေးခြင်းဖြင့် လိုအပ်သော လေလည်ပတ်မှုနှုန်း(air change rate)ကို လျှော့ချနိုင်သည်။ ထိုကဲ့သို့ ဒီဇိုင်းမျိုးတွင် lamina flow diffuser များကို မျက်နှာကြက်တစ်ခုလုံး အပြည့်တပ်ဆင်ရမည့်အစား ခွဲစိတ်ကုတင်(operation table) အပေါ်တည့်တည့်တွင်သာ တပ်ဆင် ထားသည်။ Lamina flow diffuser များမှ လေသည် ညင်သာစွာ(low face velocity) ဆင်းလာသော်လည်း diffuser များ မရှိသည့် ဘေးဘက်တွင် entrenchment of room air ဖြစ်ပေါ်လာသည်။

Supply air အပူချိန်နှင့် အခန်းအတွင်းရှိ လေ၏အပူချိန် ခြားနားချက်(temperature differential) တို့ကြောင့် supply air သည် discharge air envelope ၏ အလည်သို့ ဦးတည်သွား သည်။ ထို့ကြောင့် diffuser မှ အကွာအဝေးများလာသည့်အမျှ သန့်ရှင်းသောနေရာ(clean zone)သည် ကျဉ်းမြောင်း သွားသည်။ ဒီဇိုင်းပြုလုပ်စဉ် Lamina flow diffuser များ နေရာချသည့်အခါတွင် ဤအချက်ကို ထည့်သွင်းတွက်ချက်ရန် လိုအပ်သည်။

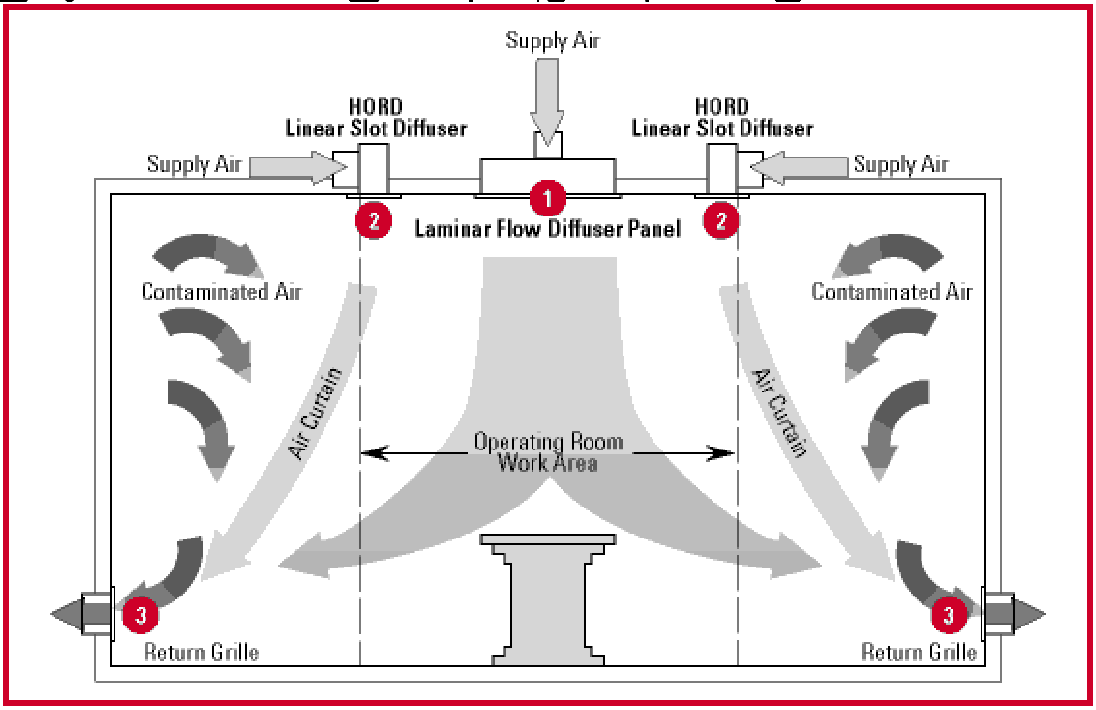
Lamina flow ventilation system မှထွက်လာသည့် supply air များသည် HEPA filter(High Efficiency Particulate Air Filter)များဖြင့် စစ်ပြီးသားဖြစ်သည်။ HEPA filter များသည် Lamina flow ventilation system တွင် ပါဝင်သည့် အစိတ်အပိုင်းများ ဖြစ်သည်။ HEPA filter များကို ခွဲစိတ်ခန်း(operation room)၏ အပြင်ဘက် နေရာတွင် ထားရှိသောကြောင့် လေစစ်(filter)လဲခြင်း၊ ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းခြင်းများပြုလုပ်ရန် အတွက် sterilized လုပ်ထားသည့် ခွဲစိတ်ခန်းအတွင်းသို့ ဝင်ရောက်ရန်မလိုပေ။ Diffuser များအနီးတွင် တပ်ဆင်ထားသော HEPA filter အမျိုးအစားမျိုး ရှိသည်။ အလွယ်တကူဖြုတ်နိုင်တပ်နိုင်၊ ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းရန် လွယ်ကူသော်လည်း sterile လုပ်ထားသည့် ခွဲစိတ်ခန်း အတွင်းသို့ ဝင်ရောက်ပြီးမှသာ ပြုလုပ်၍ ရသည်။

	
ပုံ ၇-၁၁ Laminar Flow - Full Ceiling Supply	ပုံ ၇-၁၂ Laminar Flow - Partial Ceiling Supply

အမှန်တကယ် အရေးကြီးသောနေရာဖြစ်သည့် clean zone သည် ခွဲစိတ်ကုတင်(operation table)၏ အနီး ပတ်ဝန်းကျင်သာ ဖြစ်သည်။ မျက်နှာကြက်အပြည့် "Full Ceiling Lamina Flow Ventilation System"

ပြုလုပ်ရမည့်အစား ခွဲစိတ်ကုတင် (operating table)၏ အနီးကိုသာ lamina flow ဖြစ်အောင်ပြုလုပ်ပြီး လေလိုက်ကာ(air curtain)ဖြင့် ကာရံထားခြင်းဖြင့် စွမ်းအင် (energy)အတွက် ကုန်ကျစရိတ်ကို လျော့နည်းစေနိုင်သည်။

Air curtain ကို linear slot diffuser များဖြင့် ပြုလုပ်နိုင်သည်။ ခွဲစိတ်ကုတင်(operation table)၏ လေးဘက်တွင် လေလိုက်ကာ(air curtain)များဖြင့် ကာရံထားသည်။ Linear slot diffuser များကို ခွဲစိတ်ကုတင်(operating table)မှ အနည်းဆုံး (၃)ပေ ခွာ၍ တပ်ဆင် ထားရမည်။ ခွဲစိတ်သူများ၊ ခွဲစိတ်ကိရိယာများ သန့်ရှင်းသည့်ဇုံ(clean zone)အတွင်း၌ လုံခြုံစွာ ရွေ့လျားသွားလာနိုင်ရန်အတွက် ခွဲစိတ်ကုတင်(operating table)မှ အနည်းဆုံး (၃)ပေ ခွာထားခြင်း ဖြစ်သည်။ Linear air diffuser များမှ supply air သည် ဒေါင်လိုက်မျဉ်း (vertical line)မှ (၁၅)ဒီဂရီ ထောင့်ဖြင့် ထွက်လာအောင် ပြုလုပ်ထားရမည်။ (၁၅)ဒီဂရီထောင့်ဖြင့်ထွက်လာသော supply air များသည် ခွဲစိတ်ကုတင် (operation table)နှင့် အနီးဝန်းကျင် အကြားတွင် အဆီးအတား(barrier) ကြားခံတစ်ခု အနေဖြင့် ကာရံ ပေးထားသည်။



ပုံ ၇-၁၃ An integrated system of laminar flow and linear slot diffusers that minimizes mixing of room and supply air to create a controlled operating room work area.

Contaminated room air ကို အပြင်ဘက်ဆုံးနေရာ(outer boundary layer) မှတဆင့် ဆွဲငင်စုပ်ယူသွားပြီး ခွဲစိတ်ကုတင်(operating table)မှ အဝေးဆုံးဖြစ်သော လေစုပ်ပေါက်(exhaust grille) များဆီသို့ရောက်သည်။ ထို့ကြောင့် contaminated room air များကို ပြင်းအားလျော့နည်းအောင်ပြုလုပ်ခြင်း (dilution) ဖြစ်စေသည့်နှုန်း ပိုမိုမြင့်မားစေသည်။ လျင်မြန်စွာ dilution ဖြစ်စေသည်။

Supply air ၏ ၆၅% မှ ၇၅% ပမာဏကို Lamina flow air diffuser မှ ထုတ်ပေးပြီး ကျန်သည့် ၂၅% မှ ၃၅% ကို air curtain မှ ထွက်အောင်(discharge) လုပ်ပေးခြင်း ဖြစ်သည်။ ခွဲစိတ်ခန်းအတွင်းသို့ ပြင်ပမှ အမှုန့်များ၊ အမှိုက်များ၊ ဗက်တီးရီးယားများ မဝင်ရောက်နိုင်ရန် အခန်းအတွင်းတွင် "Positive Pressure" ဖြစ်အောင် ပြုလုပ်ထားရန် လိုအပ်သည်။ ထိုကဲ့သို့ positive pressure အနည်းငယ် ဖြစ်ပေါ်နေစေရန် အတွက်

ထည့်ပေးသည့် လေပမာဏ(supply air volume)သည် ပြန်စုပ်ယူသည့်လေပမာဏ(return air volume)ထက် အနည်းငယ် များနေရန် လိုအပ်သည်။ ထည့်ပေးသည့်လေပမာဏ(supply air volume) နှင့် ပြန်စုပ်ယူသည့် လေပမာဏ(return air volume)ကွာဟချက် အရမ်းများမနေစေရန်လည်း သတိပြုသင့်သည်။ အကြမ်းအားဖြင့် ပြန်စုပ်ယူသည့် လေပမာဏ(return air volume) သည် ထည့်ပေးသည့်လေပမာဏ(supply air volume) ၏ ၈၅% ခန့် ဖြစ်သင့်သည်။

Return air grille များကို ကြမ်းခင်းမှ (၃)လက်မ မှ (၆)လက်မ အကြား အကွာတွင် တပ်ဆင်ထားသင့်သည်။ ထိုကဲ့သို့ exhaust သို့မဟုတ် return air grille ကို အနိမ့်ပိုင်း(low level)တွင် တပ်ဆင်ထားခြင်းကြောင့် contaminated air နှင့် လေထက် အလေးချိန်များသည့် ဓာတ်ငွေ့(gas) များ၊ ဖုန်များ၊ အမှုန့်များကို စုပ်ယူ သွားစေနိုင်သည်။ Return air grille လေးခုကို နံရံလေးဘက်စလုံးတွင် တပ်ဆင်ထားရမည်။ နံရံတစ်ဘက်လျှင်တွင် return air grille တစ်ခုကျစီ တပ်ဆင် ထားရမည်။ အကယ်၍ နံရံလေးဘက်စလုံးတွင် return air grille များ တစ်ခုစီ တပ်ဆင်ရန်မဖြစ်နိုင်ပါက ဆန့်ကျင်ဘက် နံရံနှစ်ဘက်တွင် grille နှစ်ခုစီကို တပ်ဆင်နိုင်သည်။ အနီးကပ်ဆုံး နံရံနှစ်ဘက်တွင် grille နှစ်ခုစီ မတပ်ဆင် မသင့်ပါ။ ထိုသို့ တပ်ဆင်ခြင်းဖြင့် contaminated air များ ခွဲစိတ်ကုတင်(operating table)အနီးသို့ ရောက်ရှိသွား နိုင်သည်။

၇.၄.၁ Ceiling Construction

ခွဲစိတ်ခန်းများ၏ မျက်နှာကြက်(ceiling)တည်ဆောက်ပုံသည် air distribution system အတွက် အလွန် အရေးကြီးသည်။ Supply air များ ဖိအားများအောင်ပြုလုပ်(pressurization)ရန် အတွက် မျက်နှာကြက်(ceiling)ကို plenum box အဖြစ် တည်ဆောက်ရမည်။ ခွဲစိတ်ခန်း မျက်နှာကြက်ကို နည်းသုံးမျိုးဖြင့် တည်ဆောက်ထား နိုင်သည်။

(က) Dry wall ceiling

(ခ) Gasket T-bar ceiling နှင့်

(ဂ) Combination of Dry wall and T-bar ရောထားသည့် ပုံစံမျိုးတို့ဖြစ်သည်။

ဆေးရုံ၊ ဆေးခန်းများ၊ ကုသရေးဆိုင်ရာ အဆောက်အဦးများ၏ air conditioning system သည် သက်သောင်သက်သာ(comfort)ဖြစ်စေရုံသာမက ရောဂါမပြန့်ပွားအောင် တားဆီးပေးနိုင်ရမည်။ ထည့်ပေးသည့် လေ(supply air)၏ အပူချိန်ကို အတိုးအလျော့ လုပ်ခြင်းဖြင့် အခန်း၏ အပူချိန်ကို ထိန်းထားခြင်း (temperature control) ဖြစ်သည်။ လေလည်ပတ်နှုန်း(air flow rate)ကို နည်းအောင် များအောင် ပြုလုပ်ခြင်းဖြင့် အခန်း အပူချိန်ကို တစ်သမတ်တည်း ဖြစ်အောင် မပြုလုပ်(control)ရ။ တစ်နည်းအားဖြင့် လေလည်ပတ်နှုန်း(air flow rate) အခန်းအပူချိန်ကို တစ်သမတ်တည်း ဖြစ်အောင် မပြုလုပ်(control)ရ။ အခန်းအတွင်းတွင် အပူချိန် မြင့်သည်နေရာ၊ အပူချိန်နိမ့်သည့် နေရာ မဖြစ်ပေါ်အောင် ပြုလုပ်ထားရမည်။

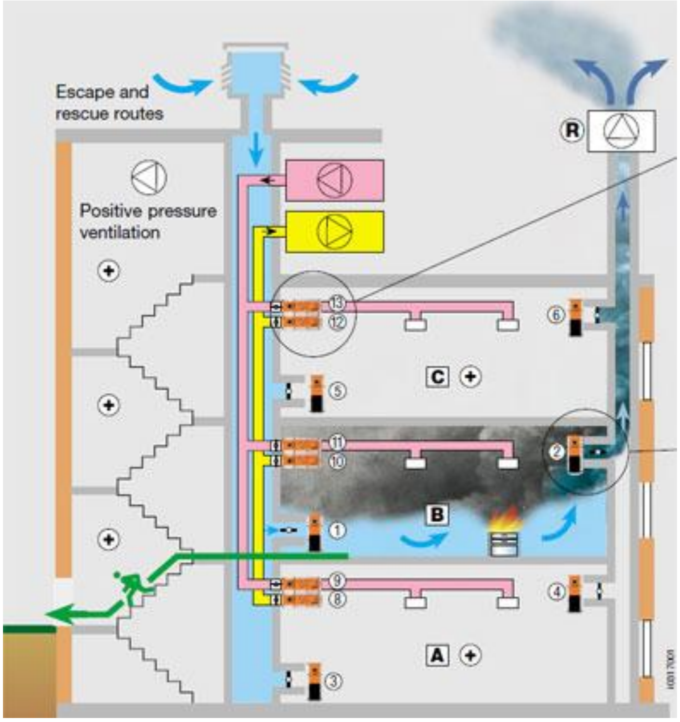
အခန်းအတွင်း၌ အခန်းအပူချိန်ကို တစ်သမတ်တည်း(uniform temperature)ဖြစ်အောင် ပြုလုပ်ထားရမည်။ အခန်းအတွင်း၌ တစ်နေရာ နှင့် တစ်နေရာ အပူချိန်ကွာဟချက်(temperature gradient) များပါက မလိုလားအပ်သည့် အပူချိန်ကြောင့် လေရွေ့လျားခြင်း(air movement)ကိုဖြစ် ပေါ်စေသည်။ အခန်းတစ်ခုလုံး အပူချိန်(temperature distribution)သည် တစ်သမတ်တည်းညီနေအောင်(homogenous)ပြုလုပ်ထား သင့်သည်။ လေ မသန့်ရှင်းမှုများသည့်နေရာ(high contaminated area)များတွင် လေအလျင်(air velocity)သည် တစ်တက္ကန့်လျှင် (၀.၂)မီတာနှုန်း(0.2 m/s)ထက် ပိုမများသင့်ပေ။ လူနာများထားသည့် အခန်း (patient room) များတွင် တစ်တက္ကန့်လျှင် (၀.၁)မီတာနှုန်း(0.1 m/s)သည် သင့်လျော်သည့် လေအလျင်(air

velocity) ဖြစ်သည်။ လေအလျင်(air velocity) ကို 0.45 ± 0.10 m/s တွင် ထိန်းထားခြင်းဖြင့် unidirectional lamina flow pattern ကို ရရှိနိုင်သည်။

လေလဲနှုန်း(Air Change per Hour(ACH))သည် အထူးသန့်စင်ရန် လိုအပ်သော နေရာများအတွက် အလွန် အရေးပါသည်။ လူနာများ ထားသည့် လူနာများထားသည့်အခန်း(patient room)များအတွက် ထုံးစံအားဖြင့် 2 ACH – 6 ACH အတွင်း ဖြစ်သည်။ Critical room များအတွက် တစ်နာရီလျှင် အခန်းထုထည်၏ (၁၂)ဆနှုန်း(12 ACH)အထိ ထားပေးသည်။ ခွဲစိတ်ခန်း(surgical operating theatre)များအတွက် 15 ACH မှ 25 ACH အထိ ရှိနိုင်သည်။

၇.၅ အဆောက်အဦးတိုင်း၏ မရှိမဖြစ်လိုအပ်သောအခန်းများ(essential rooms) ၏ MV System

မြန်မာနိုင်ငံ၌ လွန်ခဲ့သည့်နှစ်များတွင် ကြီးမားသည့် အဆောက်အဦးများနှင့် ဈေးများ မီးလောင်ကျွမ်းခြင်း ခံရသည့်နှုန်း မြင့်မားလာသည်ကို တွေ့ရသည်။ မင်္ဂလာဈေးကြီး၊ သဃ်ၤန်းကျွန်းဈေးကြီး၊ မုံရွာဈေးကြီး နှင့် သံဖြူဇရပ်ဈေး မီးလောင်မှုတို့သည် အထင်ကရ ဆုံးရှုံးမှုများ ဖြစ်ကြသည်။ မီးဘေးကာကွယ်ရန် (fire protection)နှင့် မီးလောင်ကျွမ်း ခဲ့သော် ငြိမ်းသတ်ရန်အတွက် ရှိသင့်ရှိထိုက်သည့် Mechanical & Electrical (M&E) system များကို ပြန်လည်စမ်းစစ်ရန် လိုအပ်သည်။ သတ်မှတ်ထားသော စံချိန်စံညွှန်း(code of practice)များအတိုင်း စနစ်တကျ ဒီဇိုင်းလုပ်၍ တပ်ဆင်ထားရန် လိုအပ်သည်။



ပုံ ၇-၁၄ Escape routes and rescue routres

ပုံ ၇-၁၅ မင်္ဂလာဈေးကြီး မီးလောင်ပုံ

ACMV ဘာသာရပ် သို့မဟုတ် ACMV အင်ဂျင်နီယာသည် အဆောက်အဦး၏ မီးဘေးကာကွယ်ရန်(fire protection) နှင့် မီးလောင်ကျွမ်းခဲ့သော် ငြိမ်းသတ်ရေးလုပ်ငန်းများ(firefighting)တွင် အရေးပါသည့် အခန်းကဏ္ဍမှ ပါဝင်သည်။ မီးလောင်ကျွမ်းရန် အောက်စီဂျင် နှင့် လောင်စာလိုအပ်သည်။ အောက်စီဂျင်သည် လေထဲတွင် ၂၁% ပါဝင်သည်။ ACMV ဘာသာရပ် သို့မဟုတ် ACMV အင်ဂျင်နီယာသည် မီးလောင်ရာတွင် မရှိမဖြစ် လိုအပ်သော အောက်စီဂျင်ကို mechanical ventilation system မှတဆင့် လိုအပ်သလို စီမံခြင်းဖြင့် မီးငြိမ်းသတ်ခြင်း နှင့် မီးဘေးကာကွယ်ခြင်း ပြုလုပ်နိုင်သည်။

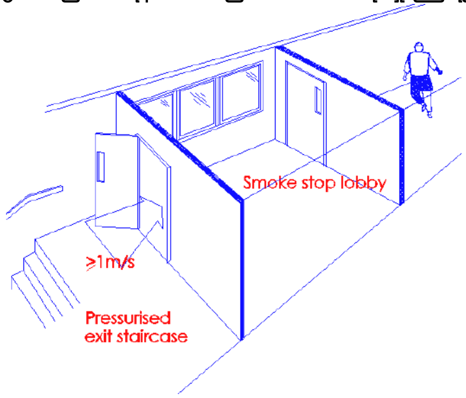
အဆောက်အဦးတစ်ခုတွင် မရှိမဖြစ်လိုအပ်သော အခန်းများ(essential area/rooms) အတွက် mechanical ventilation system များ

(က) အထွက်လှေခါး(exit staircase) နှင့် internal passageway (လှေခါးများ နှင့် အဆောက်အဦးအတွင်း အရေးပေါ် ထွက်ပေါက်များ နှင့် အရေးပေါ်ထွက်ပေါက်သို့သွားလမ်းများ)
(ခ) Smoke stop lobby (မီးလောင်လျှင် မီးခိုးများ မပြန့်ပွားစေရန် နှင့် မီးခိုးများကိုတားဆီးရန် အတွက် ထားရှိရမည့် အခန်းငယ်များ)
(ဂ) Generator room (လျှပ်စစ်ဓာတ်အားပေးစက်ခန်း)
(ဃ) Fire Command Center(FCC) (အဆောက်အဦး မီးလောင်သည့်အခါ မီးငြိမ်းသတ်ရန်နှင့် ကယ်ဆယ်ရန် အတွက် မီးသတ်သမားများ၊ ရဲများ နှင့် တာဝန်ရှိသူများ ကြီးကြပ်ကွပ်ကဲရန်နေရာ အခန်းငယ်)
(င) Fire pump room (မီးငြိမ်းသတ်ရန် သို့မဟုတ် မီးဘေးကာကွယ်ရန်ထားရှိရမည့် မီးသတ်ပန့်အခန်းများ)
(စ) Rooms involving use of flammable and explosive substances(မီးလောင်လွယ်သည့် အငွေ့များ နှင့် ပေါက်ကွဲ စေနိုင်သည့်အရာဝတ္ထုများ ထားရှိရာအခန်းများ)
(ဆ) Kitchen (မီးဖိုချောင်များ၊ ချက်ပြုတ်ခန်းများ)

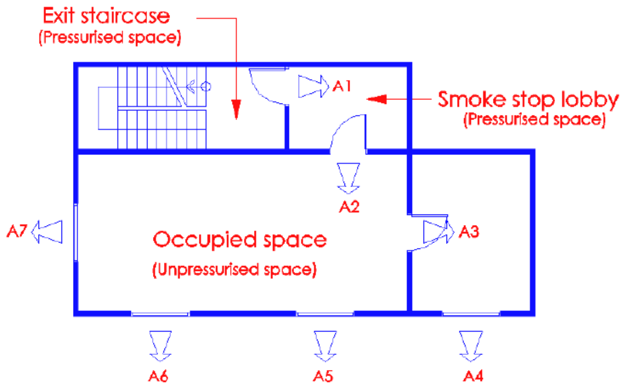
၇.၅.၁ (က)လှေခါးများ နှင့် အရေးပေါ်ထွက်ပေါက်သို့သွားလမ်းများ (Exit Staircase နှင့် Internal Passageway)

အဆောက်အဦးတစ်ခု မီးလောင်ကျွမ်းသည့်အခါ အသက်၊ အိုးအိမ် နှင့် ဥစ္စာခနများ ဆုံးရှုံးခြင်းများ ဖြစ်နိုင်သည်။ အသက်ဆုံးရှုံးမှုများဖြစ်ရသည့် အဓိကအကြောင်းအရင်းသည် မီးခိုးများကြောင့် ဖြစ်သည်။ လူများ မီးလောင်ကျွမ်းခံရခြင်း၏ အဓိကတရားခံသည် မီးခိုးများဖြစ်သည်။

Mechanical ventilation system တစ်ခု၏ ဒီဇိုင်း မမှန်ကန်ပါက မီးလောင်ကျွမ်းသည့် အထပ်မှ (နေရာမှ) မီးခိုးများသည် တစ်ခြား မီးမလောင်သည့် အထပ်သို့(နေရာသို့) ရောက်ရှိသွားပြီး လူများမီးခိုးသင့်ကာ ဒုက္ခရောက် ကြရသည်။ မီးခိုးများကြောင့်လူများ အမြင်မှုန်ဝါးခြင်း၊ အသက်ရှူမဝခြင်း နှင့် မွန်းကြပ်ခြင်း တို့ဖြစ်ကာ လွတ်မြောက်ရန် ခက်ခဲပြီး အသက် ဆုံးရှုံးကြရခြင်း ဖြစ်သည်။



ပုံ ၇-၁၆ Smoke stop lobby



ပုံ ၇-၁၇ Smoke stop lobby (pressurized space)

မီးခိုးများ တစ်နေရာမှ တခြားနေရာသို့ ပျံ့နှံ့သွားစေသည့် အကြောင်းများမှာ stack effect ၊ buoyancy၊ expansion၊ wind နှင့် ဒီဇိုင်းမမှန်သည့် HVAC system များကြောင့် ဖြစ်သည်။ အပူချိန်ကွာခြားချက် (temperature differences)နှင့် လေဖိအားကွာခြားချက်(pressure difference)တို့ကြောင့် "Stack Effect" ဖြစ်ပေါ်လာသည်။ မီးခိုးများသည် ပူသောကြောင့် ပို၍ ပေါ့ပါးလာသည်။ Buoyancy force များကြောင့် မီးခိုးများနှင့် မီးခိုးများပါသည့် လေများသည် အပေါ်သို့တက်လာကြသည်။

ထိုနောက် မီးခိုးများသည် လှေခါးနေရာ(stairwell)များ နှင့် elevator shafts/refuse chute များကဲ့သို့ နေရာလွတ် အပေါက်များမှတဆင့် အပေါ်သို့တက်ရန် ကြိုးစားကြသည်။ တစ်ပြိုင်တည်း၌ပင် ဘေးမှကျလာသည့် လေအေးများက မီးခိုးအချို့ကို အေးစေနိုင်သည်။ သို့သော် မီးတောက်မှ ထုတ်လွှတ်သည့် အပူစွမ်းအင်(heat energy)သည် မီးခိုးများကို တွန်းကန်အား(expansion force)ဖြင့် ပင့်တင်ပေးသည်။ သဘာဝအားဖြင့် မီးလောင်လျှင် မီးခိုးများ အထက်သို့ တတ်လေ့ရှိသည်ကို လူတိုင်းလိုလို တွေ့မြင့်ဖူးကြသည်။

> ထိုကြောင့် MV system တစ်ခု၏ ဒီဇိုင်းသည် မီးခိုးများ မပျံ့နှံ့အောင် ကာကွယ်ရန် တာဝန်ရှိသည်။ အရေးပေါ်ထွက်ပေါက်များ(emergency exit) နှင့် ဘေးလွတ်ရာသို့ ပြေးထွက်ရန်လမ်းများ(escape route)၊ အရေးပေါ်ထွက်ပေါက်(emergency exit)၊ ထွက်ပေါက်သို့သွားလမ်းများ(exit passage way)ကို လည်း မီးခိုးများ မဝင်ရောက် နိုင်အောင်ကာကွယ်ရမည်။ လွတ်မြောက်ရန်လမ်းကြောင်း(escape route)၊ အရေးပေါ် ထွက်ပေါက်(emergency exit)၊ exit passage way ထဲသို့ မီးခိုးများ မဝင်ရောက်နိုင်အောင် လေဖိအား (pressure) မြှင့်ထားရမည်။

ဘေးလွတ်ရာသို့ ပြေးထွက်ရန်လမ်းများ(escape route)၊ အရေးပေါ်ထွက်ပေါက်(emergency exit)၊ အရေးပေါ် ထွက်ပေါက်သို့သွားလမ်းများ(exit passage way)အတွက် လိုအပ်သောလေကို သီးသန့် fan ၊ duct၊ control panel စသည့် တို့ဖြင့် သီးခြား(independent system) ဖြစ်အောင် တပ်ဆင်ထားရမည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် တခြားသော system များမှ fan ၊ duct ၊ control panel တို့ဖြင့် ရောနှော တပ်ဆင် အသုံးပြုခွင့် မရှိစေရ။ လေကို မှုတ်ထည့်ခြင်း(supply mode only)အဖြစ်သာ ဒီဇိုင်းလုပ်ရမည်။

မှုတ်ထည့်ရန်လေ(supply air)ကို ပြင်ပတစ်နေရာ(outdoor)မှ ရယူရမည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် အဆောက်အဦး အတွင်းဘက် တစ်နေရာရာမှ မယူရ။ ထို supply air ယူသည့်နေရာ(intake point)သည် တခြားသော လေဟောင်း လေပုတ်များ စွန့်ထုတ်ရာနေရာ(exhaust opening)မှ အနည်းဆုံး (၅)မီတာ ကွာဝေးရမည်။

လွတ်မြောက်ရန်လမ်းကြောင်း(escape route)၊ အရေးပေါ်ထွက်ပေါက်(emergency exit)၊ exit passage Way တို့ အတွက် လိုအပ်သောလေကို vertical duct မှတဆင့် တွန်းပို့ရမည်။ တစ်ထပ်ကျော်တွင် supply air ကို လေထွက်ပေါက် (griller များနှင့် diffuser များ) မှတဆင့် ထုတ်ပေးခြင်း(discharge) ပြုလုပ်ရမည်။ လှေခါးအပြင်၌ရှိသော duct များကို မီးလောင်ခံနိုင်သည့် အမျိုးအစား ဖြစ်အောင်(fire rated construction) ပြုလုပ်ရမည် သို့မဟုတ် မီးခံပြား(fire rated board)ဖြင့် duct ကို ကာရံ(enclosed)ထားရမည်။

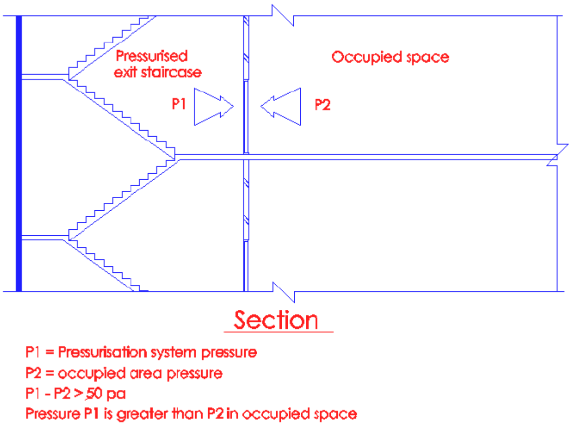
ထိုသို့ မီးခံပြား(fire rated board)ဖြင့် duct ကို ကာရံ(enclosed)ထားရသည့် ရည်ရွယ်ချက်မှာ မီးလောင်နေစဉ်အတွင်း duct မပျက်စီးအောင် ကာကွယ်ရန် နှင့် လိုအပ်သည့်လေများ အဆက်မပြတ် ရရှိနေရန် အတွက် ဖြစ်သည်။

သို့သော် ပြင်ပ မှ လေ(supply air)ကို ရယူထားသောကြောင့် duct တစ်လျှောက်လုံးတွင် fire damper တစ်ခုမှ မတပ်ဆင်ထားရ။ Fire damper တပ်ဆင်ရခြင်း၏ ရည်ရွယ်ချက်မှာ မီးလောင်သည့်နေရာမှ မီးခိုးများ တစ်ခြား နေရာသို့ မရောက်စေရန် fire damper ကိုပိတ်ခြင်းဖြင့် ပိုင်းခြားခြင်း(isolation) ဖြစ်သည်။ ဤ staricase pressurization duct သည် ပြင်ပတစ်နေရာ(outdoor)မှ လေကို ယူထားသောကြောင့် fire damper ဖြင့် ပိုင်းခြား(isolate)ရန် မလိုအပ်ပါ။

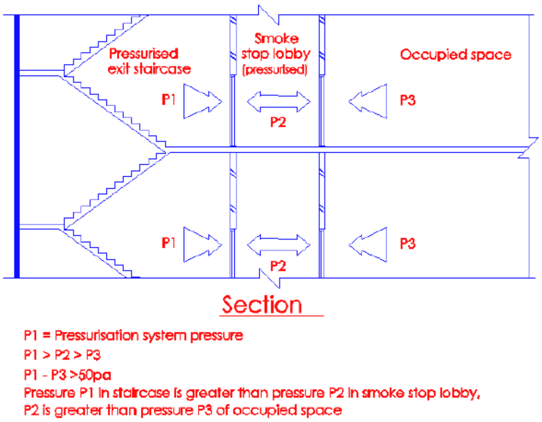
လွတ်မြောက်ရန်လမ်းကြောင်း(escape route)၊ အရေးပေါ်ထွက်ပေါက်(emergency exit)၊ exit passage way တို့အတွက် လိုအပ်သောလေကို မဆက်မပြတ်ပေးပို့ရန်duct နှင့် fan သည် အဆောက်အဦး ပျက်စီးသည့်တိုင် ကောင်းစွာ အလုပ်လုပ်နေရန် လိုအပ်သည်။ Staricase pressurization fan တွင် over load

protection ထားရှိရန် မလိုအပ်ပါ။ (၂၄)မီတာ ထက်မြင့်သည့် အဆောက်အဦးတိုင်းတွင် သဘာဝအတိုင်း လေဝင်လေထွက်ကောင်းအောင်ပြုလုပ်ခြင်း(natural ventilation)မရှိပါက လူများထွက်ပေါက်အဖြစ် အသုံးပြုမည့် အထွက်လှေခါး (exit staircase)များကို ဖိအားမြင့်အောင်(pressurized) လုပ်ထားရန် လိုအပ်သည်။

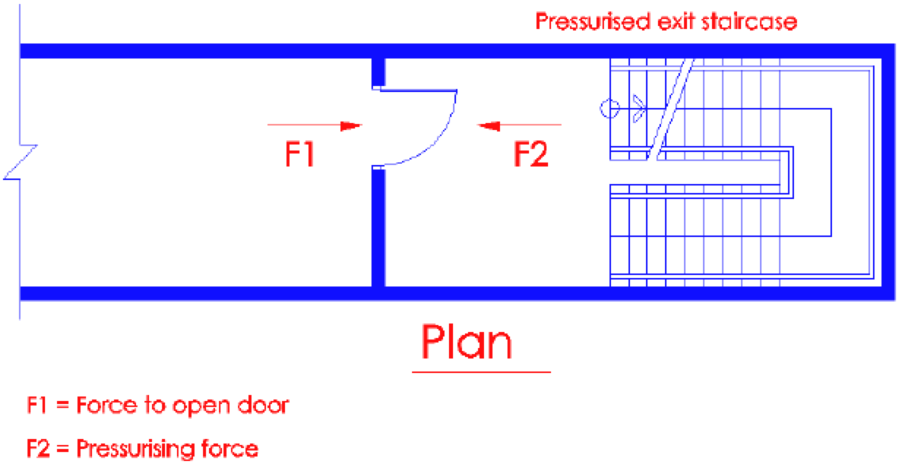
မြေအောက်တွင် လေးထပ်ထက်နိမ့်အောင် ဆောက်လုပ်ထားသည့် အဆောက်အဦးတိုင်းတွင် မီးသတ်ရန် အခန်း(fire fighting lobby)များ မြေအောက် အထပ်တိုင်းတွင် ထားရှိရမည်ဖြစ်ပြီး မီးသတ်သတ်ရန်အခန်း(fire fighting lobby)များ အားလုံးကို လေဖိအားများအောင်(pressurized) ပြုလုပ်ထားရမည်။



ပုံ ၇-၁၈ Maintaining pressure differential



ပုံ ၇-၁၉ Pressure gradient



ပုံ ၇-၂၀ တံခါးဖွင့်ရန် လိုအပ်သည့် အားပမာဏ

ရှိသင့်သည့် လေဖိအားပမာဏ (Pressurization Level)

Pressurized exit staircase အတွင်းရှိ လေဖိအားသည် အသုံးပြုသူများ ရှိသည့်နေရာ(occupied area)ထက် အနည်းဆုံး 50 pascal ပိုများရမည်။ စင်ကာပူရှိ အဆောက်အဦးများတွင် ဖိအားပေးထားသော အထွက်လှေခါး(pressurized exit staircase) နှင့် occupied area အကြားတွင် smoke-stop lobby ဟုခေါ်သည့် အခန်းငယ်တစ်ခု ပြုလုပ်ထားလေ့ရှိသည်။

ဖိအားမြင့်အောင်လုပ်ထားသည့်လှေခါး(pressurized exit staircase)၏ ဖိအားသည် smoke-stop lobby ရှိ လေဖိအားထက် ပိုများရမည်။ Smoke-stop lobby ၏ လေဖိအားသည် အသုံးပြုသူများ ရှိသည့်နေရာ(occupied area) ရှိဖိအားထက် ပိုများရမည်။

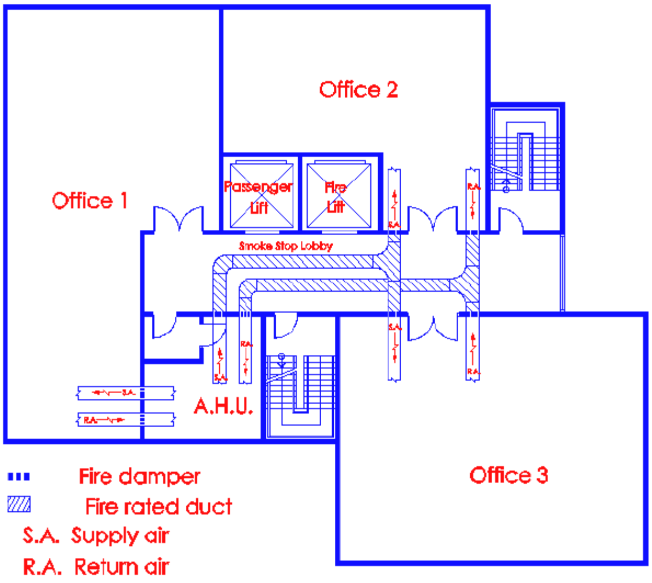
Pressurized exit staircase ၌ လေဖိအားများလေလေ မီးခိုးများ မဝင်ရောက်နိုင်လေလေဖြစ်သည်။ သို့သော် လေဖိအားများလွန်းပါက တံခါးဖွင့်ရန် အလွန်ခက်ခဲလိမ့်မည်။ ထို့ကြောင့် အနည်းဆုံး လေဖိအားကို 50 Pa ဖြင့် ကန့်သတ်ထားပြီး အများဆုံးကို တံခါးတွန်းဖွင့်ရန် လိုအပ်သည့်အားနှင့် ကန့်သတ်ထားသည်။ လေဖိအားများ လေလေ တံခါးတွန်းဖွင့်ရန်အားများများ လိုလေလေဖြစ်သည်။ တံခါးပွင့်ရန်လိုအပ်သောအား ပမာဏသည် 110 N ထက် မပိုရပေ။

တံခါးပွင့်၍ ဟသွားသည့်နေရာမှတဆင့် မီးခိုများ မဝင်ရောက်နိုင်ရန် လုံလောက်သည့် velocity ရအောင် သင့်လျော်သော လေစီးနှုန်း(air flow)ပမာဏ ဖြင့်ထိန်းထားရန် လိုအပ်သည်။ ပုံ(၇-၁၀) တွင်ပြထားသည့်အတိုင်း ကပ်လျက် ရှိသည့် အထပ်နှစ်ထပ်မှ တံခါးနှစ်ချပ် ပွင့်နေသည့်အခါ နှင့် main discharge door လုံးဝပွင့်နေသည့်အခါ flow velocity ကို တိုင်းယူ ရရှိနိုင်သည်။ လေအလျင် (velocity)ပမာဏသည် full area of each door opening အတွက် 1.0 m/s ကျော်ရန်လိုအပ်သည်။ လေဖိအားများလာစေရန် အခန်းအတွင်းသို့ ထည့်ပေးရမည့် supply air diffuser များ ကို တစ်နေရာတည်း၌ စုပြုံ တပ်ဆင်ထားခြင်း မပြုလုပ်ရ။

၇.၅.၂ (ခ) Smoke stop lobby

(မီးလောင်လျှင် မီးခိုးမကူးရန် နှင့် မီးခိုးများကိုတားဆီးရန် အတွက် ထားရှိရမည့် အခန်းငယ်များ)

Smoke-stop lobby ကို smoke-free lobby ဟုလည်းခေါ်လေ့ရှိသည်။ Smoke-stop lobby သည် အထွက်လှေခါး (exit staircase) နှင့် ထိစပ်နေသည့် အခန်းငယ် ကလေးပင် ဖြစ်သည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် အထွက်လှေခါး(exit staircase) နှင့် user occupied area အကြား၌ရှိသော အခန်းငယ်ကလေးပင် ဖြစ်သည်။ လူများရှိသည့်နေရာ(user occupied area) သည် မီးစတင်လောင် ကျွမ်းသည့်နေရာ သို့မဟုတ် မီးကူးခံရသည့် နေရာ ဖြစ်သည်။ User occupied area မီးစတင် လောင်ကျွမ်းသည့်အခါ သို့မဟုတ် မီးကူးခံရသည့်အခါ မီးခိုးများ အထွက်လှေခါး(exit staircase)ထဲသို့ မဝင်ရောက်စေ နိုင်ရန်အတွက်အကာအကွယ် ပေးထားသည့် ကြားခံ အခန်းငယ် တစ်ခု(smoke stop lobby)လည်း ဖြစ်သည်။



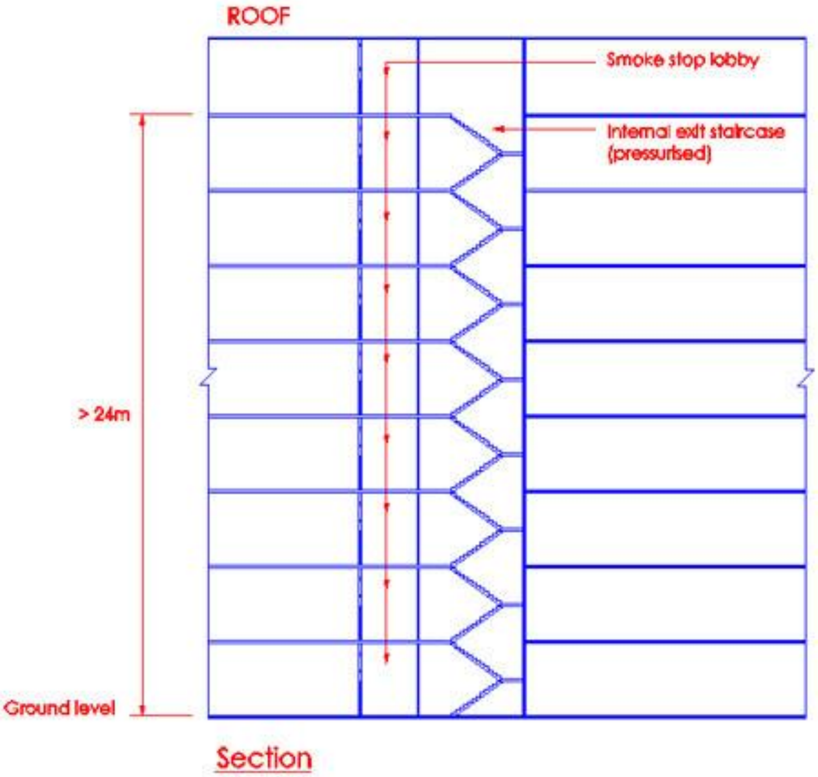
Smoke-stop lobby ၏ လေဖိအားသည် အထွက်လှေခါး(exit staircase)ထက် အနည်းငယ်နည်းပြီး၊ User occupied area အထက်များ ရမည်။ လူများ ဝင်ထွက်သွားလာမှုကြောင့် တခါးပွင့် နေစဉ် ဖိအားများသည့်လေ (pressurized air) များ ထွက်သွား၍ လေဖိအားကျဆင်း သွားပါက ချက်ချင်း လိုအပ်သည့် လေဖိအားသို့ ရောက်အောင် ပြုလုပ်ပေးရမည်။ (တံခါးပွင့် သွားသောကြောင့် လေများ ထွက်သွားပြီး လေဖိအား ရုပ်တရက် ကျဆင်းသွားပါက လိုအပ်သည့် လေဖိအား သို့ရောက်အောင် အမြန်ဆုံး ပြုလုပ်ပေး ရမည်။

ပုံ ၇-၂၁ Smoke-stop lobby ကို ဖြတ်သွားသည့် duct များကို Fired Rated Duct ဖြင့် ပြုလုပ်ရမည်။

Smoke-stop lobby များကိုလည်း ဖိအားများအောင်(pressurization)ပြုလုပ်ထားရမည်။ အထွက်လှေခါး (exit staircase) ကဲ့သို့ပင် smoke-stop lobby ထဲသို့ မှုတ်ထည့်ရန်လေ(supply air)ကို ပြင်ပ တစ်နေရာမှ ရယူရမည်။ ထို supply air ယူသည့်နေရာ(intake point)သည် တခြားသော လေဟောင်း လေပုပ်များ စွန့်ထုတ်ရာ နေရာ(exhaust opening) မှ အနည်းဆုံး (၅)မီတာ ကွာဝေးရမည်။

၇.၅.၃ (ဂ) Fire Command Center (FCC Room)

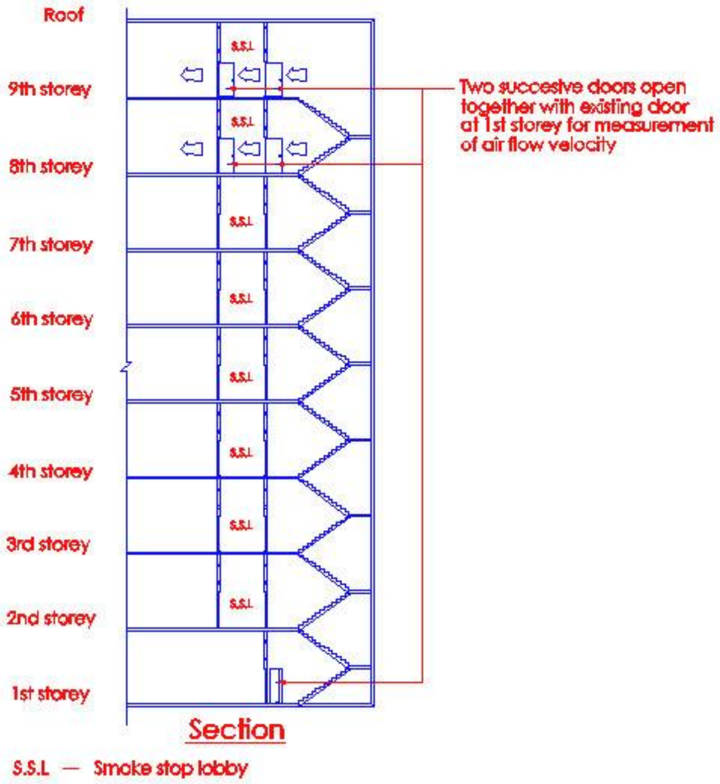
Fire Command Center (FCC Room)ဆိုသည်မှာ အဆောက်အဦး မီးလောင်ခံရသည့်အခါ မီးငြိမ်း သတ်ရန် နှင့်ကယ်ဆယ်ရေးလုပ်ငန်းများ ဆောင်ရွက်ရန်အတွက် မီးသတ်သမားများ၊ ရဲများ နှင့် တာဝန်ရှိသူများ ကြီးကြပ် ကွပ်ကဲရန်နေရာ အခန်းငယ် ဖြစ်သည်။ ထိုအခန်းငယ်ကလေးတွင် PA system (Public Address System)၊ Fire Alam System ၊ Security System နှင့် Building Automation System စသည့် အဆောက်အဦး အတွက် လိုအပ်သည့် system များကို control လုပ်နိုင်သည့် computer များ panel များရှိရာနေရာလည်း ဖြစ်သည်။ ၏



ပုံ ၇-၂၂ အဆောက်အဦးအမြင့်သည် (၂၄)မီတာထက် ကျော်လွန်ပါက smoke stop lobby ထားရှိရမည်။

ထို FCC room တွင် staircase pressurization fan များ ကို မောင်းရန် ခလုပ်များကို မီးသတ်သမားများ၊ ရဲများ နှင့် တာဝန်ရှိသူများ ကြီးကြပ်ကွပ်ကဲသူများ အသုံးပြုရန်ထားရှိရမည်။ လှေခါးအတွင်း ဖိအားများအောင် မောင်းပေးသည့်ပန်ကာ(staircase pressurization fan) အနီး၌ရှိသော panel ကို local panel ဟု သတ်မှတ်ပြီး FCC အခန်းအတွင်းရှိ panel (မောင်းရန် ခလုပ်များ)ကို remote panel ဟု သတ်မှတ်သည်။ FCC အခန်းမထား ရှိသော အဆောက်အဦးများတွင် main alarm panel ၌ staircase pressurization fan တို့ကို မောင်းရန် ခလုပ်များကို တပ်ဆင်ထားရမည်။ ထို့အပြင် လှေခါးအတွင်း ဖိအားများအောင် မောင်းပေးသည့် ပန်ကာ(staircase pressurization fan)မောင်းနေသည် ရပ်နေသည်ကို သိရှိရန် အတွက် မီးလုံးငယ်ကလေးများ(indication light)ဖြင့် ဖော်ပြထားရမည်။

ထို FCC room တွင် staircase pressurization fan တို့ကို မောင်းရန် ခလုတ်များကို မီးသတ်သမားများ၊ ရဲများ နှင့် တာဝန်ရှိသူများ ကြီးကြပ်ကွပ်ကဲသူများ အသုံးပြုရန်ထားရှိရမည်။ Staircase pressurization fan အနီး ၌ရှိသော panel ကို local panel ဟု သတ်မှတ်ပြီး FCC အခန်းအတွင်းရှိ panel(မောင်းရန် ခလုတ်များ)ကို remote panel ဟု သတ်မှတ်သည်။ FCC အခန်းမရှိသော အဆောက်အဦးများတွင် Main Alarm panel ၌ staircase pressurization fan တို့ကို မောင်းရန် ခလုပ်များကို ထားနိုင်သည်။ ထိုအပြင် staircase pressurization fan မောင်းနေသည် သို့မဟုတ် ရပ်နေသည်ကို သိရှိရန်အတွက် မီးလုံးငယ်ကလေးများ(indication light)ဖြင့် ဖော်ပြထား ရမည်။



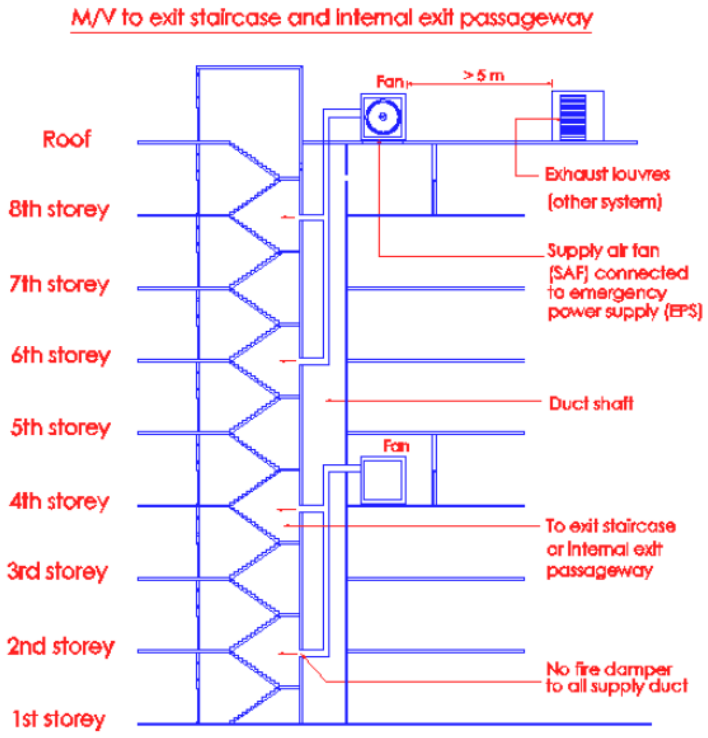
ပုံ ၇-၂၃ Smoke stop lobby နှင့် လှေခါးရှိ ကပ်လျက်ရှိ တံခါးနှစ်ချပ်နှင့် မြေညီထပ်ရှိတံခါးပွင့်နေပုံ

မှုတ်ထည့်ရန်လေ(supply air)ကို ပြင်ပတစ်နေရာမှ ရယူရမည်။ ထို supply air ယူသည့်နေရာ(intake point)သည် တခြားသော လေဟောင်း လေပုပ်များ စွန့်ထုတ်ရာနေရာ(exhaust opening)မှ အနည်းဆုံး ၅ မီတာ ကွာဝေးရမည်။ Fire Command Center(FCC)အတွက် လိုအပ်သောလေကို သီးသန့် fan ၊ duct ၊ control panel စသည့်တို့ဖြင့်(independent system အဖြစ်တပ်ဆင်၍) supply လုပ်ပေးရမည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် တခြားသော fan၊ duct၊ control fan ၊ duct၊ control ရောမသုံးရ။

Fire Command Center (FCC) room အတွက် တပ်ဆင်ရမည့် duct သည် ထိုအခန်းတို့၏ အပြင်ဘက်ရှိ အခန်းများမှ ဖြတ်သန်းသွားလျှင် ထို duct (FCC room ၏ fire rating သို့မဟုတ် ဖြတ်သွားသည့် အခန်း၏ fire rating နှစ်ခုအနက် ပိုမြင့်သည့် rating အတိုင်း) မီးလောင်ခံနိုင်သည့် မီးခံပြားမျိုးဖြင့် အပြင်ဘက်ကော အတွင်းဘက်ပါ ဖုံးအုပ်ကာရံ (enclosed) ထားရမည်။

ထိုသို့ မီးခံပြား(fire rated board) ဖြင့် duct ကို ဖုံးအုပ်ကာရံ(enclosed)ထားရသည့် ရည်ရွယ်ချက်မှာ မီးလောင်နေစဉ် အတွင်း duct မပျက်စီးအောင် ကာကွယ်ရန် ဖြစ်သည်။ သို့သော် supply သို့မဟုတ် exhaust

duct တစ်လျှောက်လုံးတွင် မည်သည့် fire damper မှ မတပ်ဆင်ထားရ။ အခြားသော နေရာများအတွက် duct များကို Fire Command Center (FCC) room အတွင်း၌ ဖြတ်၍ မသွယ်တန်းရ။



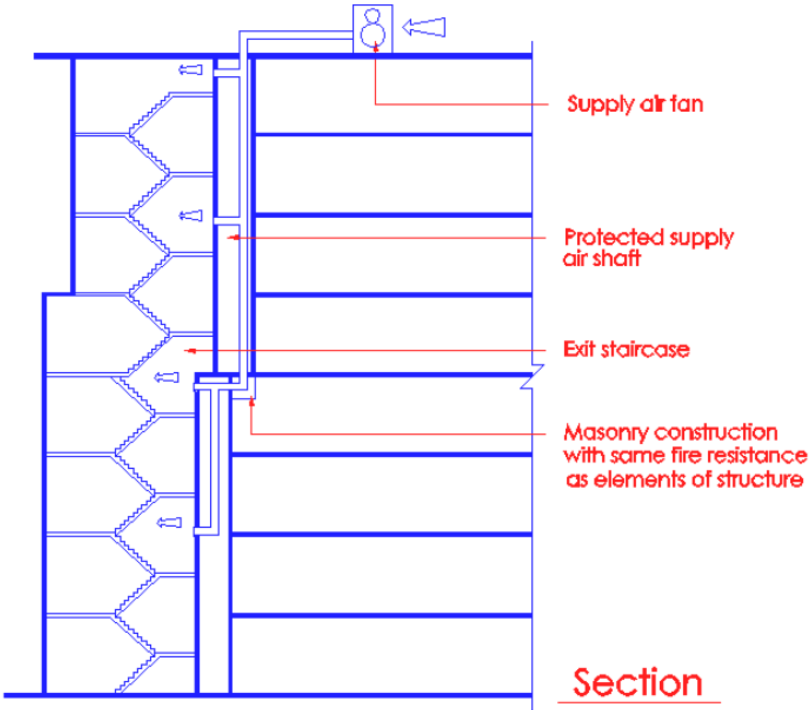
ပုံ ၇-၂၄ Exit staircase နှင့် internal exit passageway အတွက် mechanical ventilation

၇.၅.၄ (ဃ) Smoke Stop Lobby နှင့် Fire Fighting Lobby

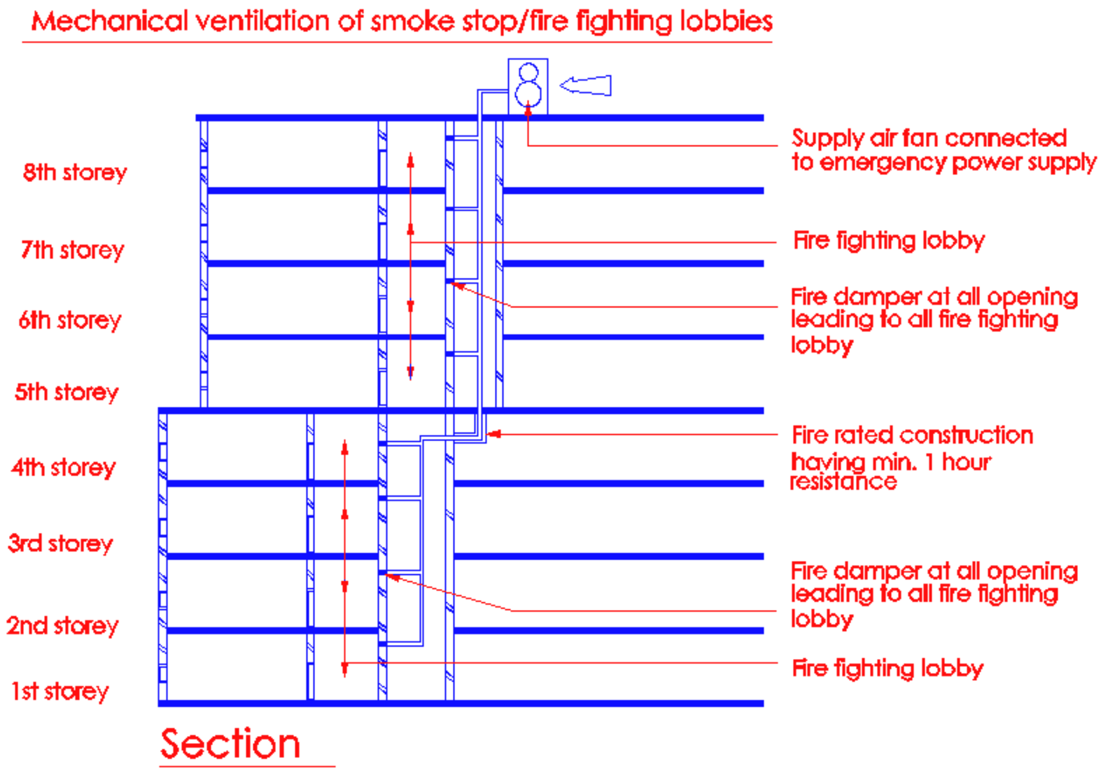
Smoke-stop & fire fighting lobby တို့၏ mechanical ventilation system သည် အောက်ပါ လိုအပ်ချက်များဖြင့် ပြည့်စုံရမည်။ လူနေအဆောက်အဦးတွင် တပ်ဆင်ထားသည့် MV system များသည် အောက်တွင် ဖော်ပြထားသော အချက်များကို ချွင်းချက်မရှိ လိုက်နာရမည်။

Building fire alarm activated ဖြစ်သည့်အခါတွင် လေ(supply air)ကို 10 air-charge/hr နှုန်းဖြင့် smoke-stop lobby နှင့် fire fighting lobby အခန်းများအတွင်းသို့ မောင်းထည့်ပေးရမည်။ 10 air-charge/hr နှုန်းဆိုသည် မှာ တစ်နာရီအတွင်း အခန်းထုထည်၏(၁၀)ဆနှင့်ညီမျှသော လေပမာဏကို မှုတ်ထည့်ရန်လေ (supply air)ကို ပြင်ပ တစ်နေရာ(outdoor)မှ ရယူရမည်။ ထို supply air ယူသည့်နေရာ(intake point)သည် တခြားသော လေဟောင်း လေပုပ်များ စွန့်ထုတ်ရာအပေါက်(exhaust opening)မှ အနည်းဆုံး (၅)မီတာ ကွာဝေးရမည်။

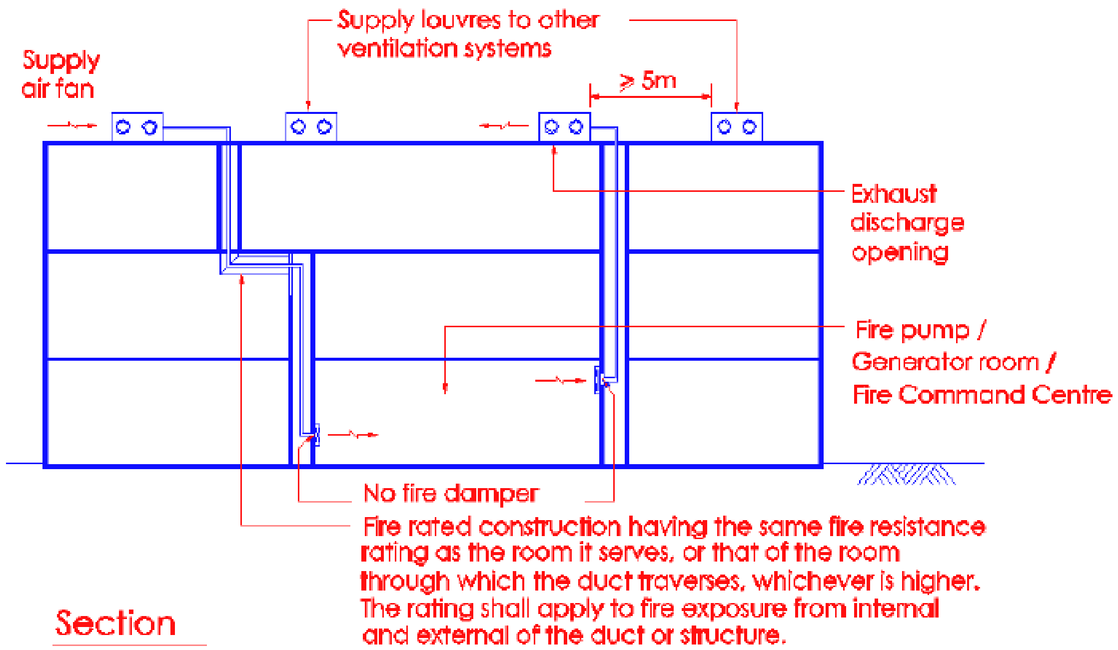
လေ့ခါးအပြင်၌ရှိသော duct များ ကို မီးလောင်ခံနိုင်သည့် အမျိုးအစားမျိုးဖြင့်ပြုလုပ်(fire rated construction) ရမည် သို့မဟုတ် တစ်နာရီကြာ မီးလောင်ခံနိုင်သော မီးခံပြား(fire rated board -1 hour)ဖြင့် duct ကို ဖုံးအုပ်ကာရံ(enclosed) ထားရမည်။ ထိုသို့ မီးခံပြား(fire rated board) ဖြင့် duct ကို ဖုံးအုပ်ကာရံ(enclosed) ထားရသည့် ရည်ရွယ်ချက်မှာ မီးလောင်နေစဉ်အတွင်း duct မပျက်စီးအောင် ကာကွယ်ရန်ဖြစ်သည်။ Fire rated board(1 hour)ဆိုသည်မှာ တစ်နာရီကြာအောင် မီးလောင်ခံနိုင်သည်ဟု ဆိုလိုသည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် မီးဒဏ် တစ်နာရီခံနိုင်သည်။



ပုံ ၇-၂၅ Staircase fan and supply air duct



ပုံ ၇-၂၆ Mechanical ventilation of somke stop lobbies and fire fighting lobbise

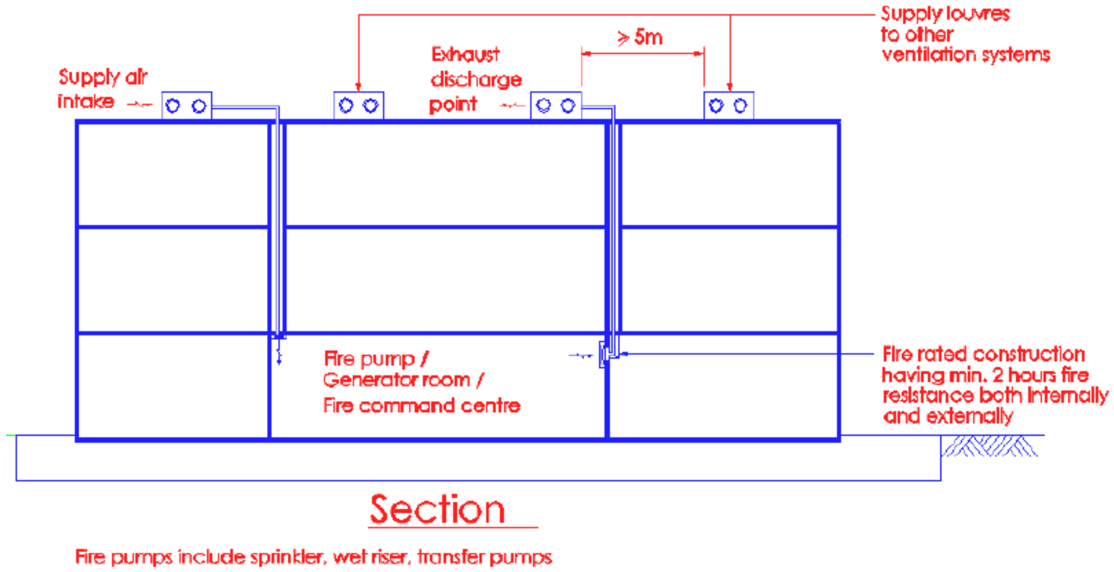


ပုံ ၇-၂၇ Fire pump room ၊ Generator room and fire command center (FCC) room

၇.၅.၅ (c) Fire Pump Room နှင့် လျှပ်စစ်ဓာတ်အားပေးစက်အခန်း(Generator Room)

(က) မီးလောင်နေစဉ်အတွင်း မီးငြိမ်းသတ်ရန်အတွက် မီသတ်ပန့်(fire pump) များ ဆက်လက်မောင်းနေနိုင်အောင် ပြုလုပ်ထားရန် လိုအပ်သည်။ ထို့ကြောင့် fire pump room ကို မီးလောင်မခံရအောင် ပြုလုပ်ထားရမည်။ ကာကွယ်ထားရမည်။

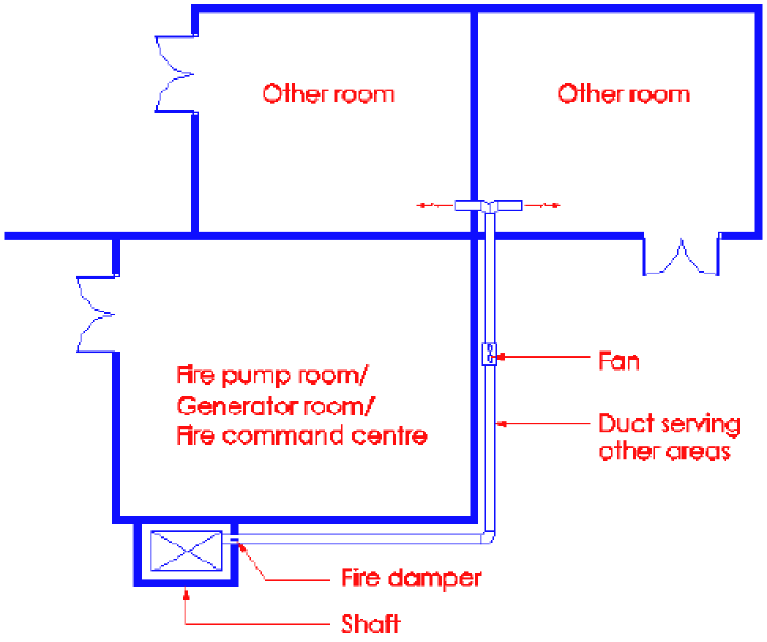
(ခ) မီးလောင်ခဲ့လျှင် အရေးပေါ်ထွက်ပေါက်များ(emergency exit)နှင့် လွတ်မြောက်ရန် လမ်းကြောင်း(escape route)၊ များကို အလင်းရောင်ပေးရန်အတွက် emergency generator များ မောင်းထားရန် လိုအပ်သည်။ ထို့ကြောင့် လျှပ်စစ် ဓာတ်အားပေး စက်အခန်း(generator room)ကို မီးမလောင်နိုင်အောင် တတ်နိုင်သမျှ ကာကွယ်ထား ရမည်။



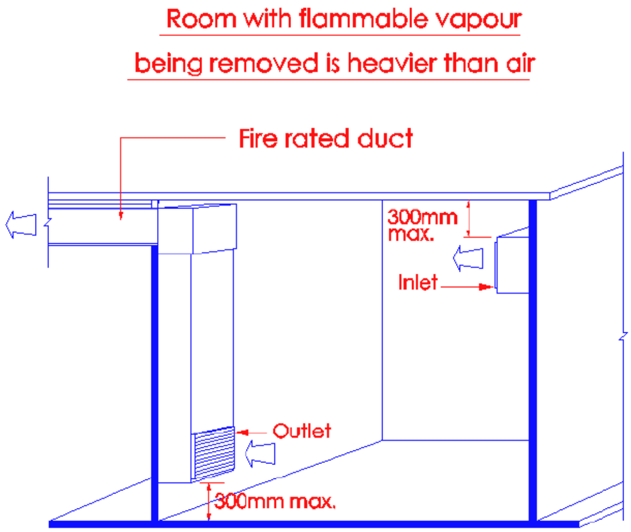
ပုံ ၇-၂၈ Fire pump room ၊ Generator room and fire command center (FCC) room

ထိုအခန်းထဲသို့ မှုတ်ထည့်ရန် လေ(supply air)ကို ပြင်ပတစ်နေရာ(outdoor)မှ ရယူရမည်။ ထို supply air ယူသည့်နေရာ(intake point)သည် တခြားသော လေဟောင်းလေပုပ်များ စွန့်ထုတ်ရာနေရာ(exhaust openings)မှ အနည်းဆုံး (၅)မီတာ ကွာဝေးရမည်။

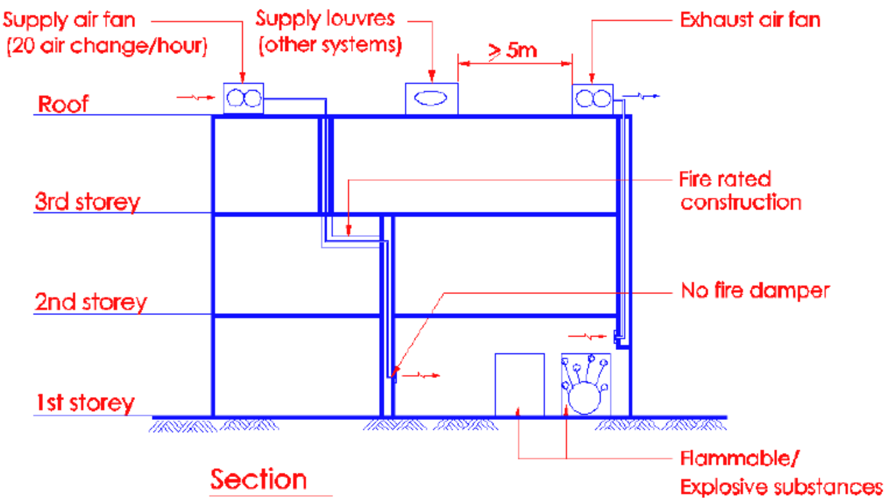
Fire pump room နှင့် လျှပ်စစ်ဓာတ်အားပေးစက်ခန်း(generator room)အတွက် duct ကို ထိုအခန်းတို့၏ အပြင်ဘက်၌ တပ်ဆင်ထားလျှင် အနည်းဆုံး နှစ်နာရီ မီးလောင်ခံနိုင်သည့်မီးခံပြား မျိုးဖြင့် duct ၏ အပြင်ဘက်ကော အတွင်းဘက်ပါ ဖုံးအုပ်ကာရံ(enclosed)ထားရမည်။ ထိုသို့ မီးခံပြား(fire rated board) ဖြင့် duct ကို ဖုံးအုပ်ကာရံ(enclosed)လုပ်ထားရသည့် ရည်ရွယ်ချက်မှာ မီးလောင်နေစဉ်အတွင်း duct မပျက်စီးအောင် ကာကွယ်ရန် ဖြစ်သည်။ သို့သော် duct တစ်လျှောက်လုံးတွင် မည်သည့် fire damper မှ မတပ်ဆင်ရ။



ပုံ ၇-၂၉ Fire pump room ၊ Generator room and fire command center (FCC) room



ပုံ ၇-၃၀ Room with Flammable vapour



ပုံ ၇-၃၁ Flammable/Explosive substance များထားရာ အခန်း

အခြားသော နေရာများအတွက် duct များကို ထို မီးသတ်ပန့်အခန်း(fire pump room)နှင့် လျှပ်စစ်ဓာတ်အားပေးစက်ခန်း(generator room)အတွင်း၌ ဖြတ်၍ မသွယ်တန်းရ။

၇.၅.၆ (စ) Flammable and Explosive Substances Rooms

(မီးလောင်လွယ်သည့် ဓာတ်ငွေ့များ နှင့် ပေါက်ကွဲစေနိုင်သည့် အရာဝတ္ထုများ ထားရှိရာအခန်းများ)

မီးလောင်လွယ်သည့် ဓာတ်ငွေ့များ နှင့် ပေါက်ကွဲ စေနိုင်သည့်အရာဝတ္ထုများ ထားရှိရာ အခန်းများ အတွက် mechanical ventilation system သည် မည်သည့် system များနှင့် သက်ဆိုင်မှု မရှိစေရ။ မီးလောင်လွယ်သည့် အငွေ့များ နှင့် အရာဝတ္ထုများ ထားရှိရာအခန်းများ(rooms involving use of flammable and explosive)၏ လေလည်ပတ်နှုန်းကို 20 air-charge/hr ဖြင့် ထိုအခန်းများ အတွင်းသို့ မောင်းထည့်ပေးရမည်။ 20 air-charge/hr နှုန်းဆိုသည်မှာ တစ်နာရီလျှင် အခန်းထုထည်၏ အဆ(၂၀)နှင့် ညီသော လေပမာဏဖြစ်သည်။

လေဆိုးလေဟောင်း(exhaust air)များကို ပြင်ပသို့ တိုက်ရိုက် မှုတ်ထုတ်(discharge)ရမည်။ ထို discharge လုပ်သည့် နေရာသည် တခြားသောလေဝင်ပေါက်များ(intake opening)မှ အနည်းဆုံး(၅)မီတာ ကွာဝေးရမည်။

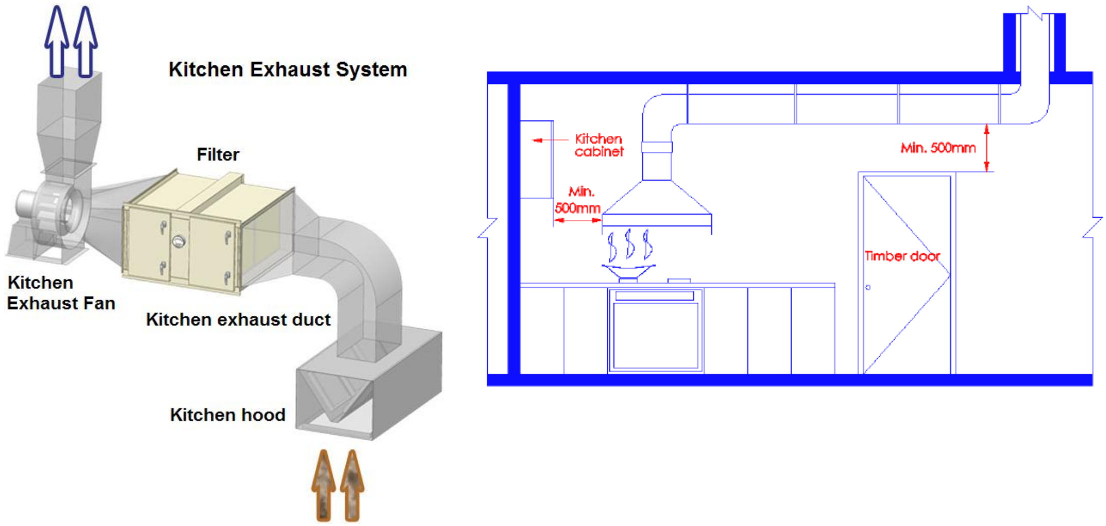
ထိုအခန်း အတွက် ductများ သည် အခန်းအပြင်မှ ဖြတ်သန်းသွယ်တန်းထားပါက အခန်း၏ မီးဒဏ်ခံနိုင်အား(fire rating) သို့မဟုတ် အပြင်ဘက်အခန်း၏ မီးဒဏ်ခံနိုင်အား(fire rating) နှင့်တူညီသော မီးဒဏ်ခံနိုင်သည့်(fire rated) duct ဖြစ်အောင် ပြုလုပ်ထားရမည်။ မီးဒဏ်ခံနိုင်အား(fire rating)နှစ်ခု မတူညီသော် ပိုမြင့်သည့် မီးဒဏ်ခံနိုင်အား(fire rating) အတိုင်း ပြုလုပ်ရမည်။ ထိုအခန်းအတွက် supply နှင့် exhaust duct များ၌ fire damper တပ်ဆင်ထားရန်မလို။ တပ်ဆင်မထားရ။ အခြားသော နေရာများအတွက် duct များကို ထို အခန်းအတွင်း၌ ဖြတ်၍ မသွယ်တန်းရ။

၇.၅.၇ (ဆ) ချက်ပြုတ်ရာနေရာများ(Kitchen)

Mechanical နည်းဖြင့် လေဝင်လေထွက်ကောင်းအောင် ပြုလုပ်ထားသည့် kitchen များအတွင်းသို့ တစ်နာရီလျှင် kitchen ၏ ထုထည်(volume)ထက် အဆ(၂၀)ကျော်ရှိသော လေပမာဏ(20 air change)ကို ထည့်ပေးရမည်။ ထုတ်ပေးရမည်။ kitchen hood များ အသုံးပြုနေသည့်အခါ၊ မောင်းနေသည့်အခါ(in operation)တွင် kitchen hood များမှ စုပ်ထုတ်လိုက် သောလေ (exhaust air) ပမာဏကို ထည့်တွက်နိုင်သည်။

Kitchen Exhaust

Kitchen exhaust hood များကို ကြော်လှော် ချက်ပြုတ်ခြင်း သို့မဟုတ် cooking process မှ ထွက်လာသော မီးခိုးများ၊ ညှော်နံ့များ၊ ဆီခိုးများ(grease-laden vapour) များကို သိမ်းယူ ဖယ်ရှားနိုင်အောင် ဒီဇိုင်းပြုလုပ်ထားရမည်။ ဆီများကိုသန့်စင်ဖယ်ရှားဖြစ်နိုင်သည့် ကိရိယာများ(grease removal devices) တပ်ဆင်ထားရမည်။ Fire suppression equipment များကို ခေါင်မိုးများ(roof) နှင့် အဆောက်အဦးနံရံ (building surface)များမှ ဝေးရာ ဘက်သို့ လှည့်ထားရမည်။ Exhaust air များ စွန့်ထုတ်(discharge)သည့် နေရာကို တခြားသော အရာများဖြင့် ပိတ်ဆို့ဖုံးကွယ်၊ ကာဆီးထားခြင်း မရှိစေရ။



ပုံ ၇-၃၂ Kitchen exhaust system

ဟိုတယ်များ ၊ စားသောက်ဆိုင်များ၊ ကော်ဖီဆိုင်များ၌ရှိသော ချက်ပြုတ်ရာနေရာ(cooking area) သို့မဟုတ် မီးဖိုချောင်(kitchen)၏ mechanical exhaust system များကို အဆောက်အဦး အတွင်းရှိ တခြားသော exhaust system များနှင့် သီးခြားဖြစ်အောင် ပြုလုပ်ထားရမည်။ Fan များ၊ duct များ ကို တခြားသော system များဖြင့် အတူတကွ ရောနှော အသုံးပြုခွင့် မရှိစေရ။

စွန့်ထုတ်လိုက်သောလေ(exhaust air)ကို အစားထိုးရန် အတွက် လုံလောက်သော ပြန်ဖြည့်ရန်လေ (make up air)ပမာဏဖြင့် အစားထိုးထည့် ပေးရမည်။ Kitchen hood ကိုအသုံးပြုနေချိန်(in operation)တွင် ချက်ပြုတ်သည့်နေရာ(kitchen area)ကို negative pressure ဖြစ်အောင် ထိန်းထားရမည်။

Kitchen exhaust hood ၏ exhaust flow rate Q [m^3/s] ကို အောက်ပါ ပုံသေနည်း(formula) အတိုင်း တွက်ယူနိုင်သည်။(kitchen hood သည် island type hood ဖြစ်မှသာ အောက်ပါ ဖော်မြူလာကို အသုံးပြုနိုင်သည်။

$$Q = 1.4V \times 2(L + W)H \times F$$

V = Capture velocity which shall not be less than 0.30 m^3/s for commercial type kitchens

L = Length of cooking surface, m

W = Width of cooking surface, m

H = Distance of hood to emitting surface, m

F = 1.0 For heavy duty high temperature kitchen

F = 0.7 for light duty, medium and low temperature cooking with equipment such as ovens, steamer, ranges, griddles and fryers.

နံရံတွင် ချိပ်၍ တပ်ဆင်ထားသော (wall mounted) hoods ကို island type hood အဖြစ် မှတ်ယူနိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် အထက်ပါ ဖော်မြူလာကို အသုံးပြု နိုင်သည်။

Design Consideration

Kitchen hood နှင့် kitchen exhaust duct ကို အကာအကွယ် မရှိသော၊ မီးလောင်နိုင်သော အရာဝတ္ထုများ (unprotected combustible materials)မှ အနည်းဆုံး 500 mm အကွာအဝေးတွင် ထားရှိရမည်။

Exhaust air များကို အပြင်သို့ တိုက်ရိုက် စွန့်ထုတ်ပစ်ရမည်။ အဆောက်အဦး၏ habitable areas နေရာများမှ ဝေးသည့် နေရာတွင် စွန့်ထုတ်(discharge)ရမည်။ တခြား လေဝင်ပေါက်(air intake)နေရာများမှ (၅)မီတာ အကွာတွင် စွန့်ထုတ်(discharge)ရမည်။

Kitchen exhaust duct သည် တခြားသော အခန်းများကို ဖြတ်ကျော်သွားရန် လိုအပ်လျှင် kitchen duct ကို structure ဖြင့် ဖုံးအုပ်ကာရံ(enclosed)ထား ရမည်။ ထိုသို့ မပြုလုပ်နိုင်ပါက kitchen ၏ မီးဒဏ်ခံနိုင်အား(fire rating) နှင့် ဖြတ်သွားသည့် အခန်း၏ မီးဒဏ်ခံနိုင်အား(fire rating)တို့ နှစ်ခုအနက် ပိုမြင့်သည့် မီးဒဏ်ခံနိုင်အား (fire rating) အတိုင်း fire rated duct ကို ပြုလုပ်ရမည်။ Duct ၏ အတွင်းပိုင်း(internal)သာမက အပြင်ပိုင်း (external)ပါ မီးဒဏ်ခံနိုင်အောင်(fire rated) ပြုလုပ်ရမည်။ Duct rise သည် masonry shaft ဖြင့် ဖုံးအုပ်ကာရံ (enclosed)ရန် လိုအပ်ပါက kitchen duct ကို တခြားသော duct များ ၊ တခြားသော service များ၏ installation များမှ သီးသန့်ဖြစ်အောင် compartmentalized ဖြစ်အောင် ပြုလုပ်ရမည်။

Kitchen duct များတွင် fire damper များ တပ်ဆင်ထားခြင်း မပြုရ။

Duct

Kitchen exhaust duct နှင့် shaft များကို effluent များကို ဖယ်ရှားရန် အတွက် လိုအပ်သော air flow rate ပေါ်တွင် အခြေခံ၍ အရွယ်အစား(size) ရွေးချယ် တပ်ဆင်ရမည်။

Kitchen duct များကို အောက်ပါ အတိုင်း ပြုလုပ်ရမည်။

(က) (၁.၂)မီလီလီတာ အထူရှိသည့် mild steel သတ္တုပြားဖြင့် ပြုလုပ်နိုင်သည်။(mild steel of thickness not less than 1.2 mm) သို့မဟုတ်

(ခ) (ဂ.၉)မီလီလီတာ အထူရှိသည့် stainless steel သတ္တုပြားဖြင့် ပြုလုပ်နိုင်သည်။ Stainless steel of thickness not less than 0.9 mm သို့မဟုတ်

(ဂ) တခြားသောခွင့်ပြုထားသည့် အမျိုးအစားများ(other approved material) တို့ဖြင့် ပြုလုပ်နိုင်သည်။

Kitchen duct ၏ နေရာများကို သန့်ရှင်းရေး ပြုလုပ်နိုင်အောင် စီမံထားရမည်။ အပေါက်(opening)များသည် သန့်ရှင်းရေး ပြုလုပ်ရန် လုံလောက်သည့်အကျယ် ရှိရမည်။ Kitchen duct များ၏ အရှည်တိုင်း(run of ducting) ၏ အနိမ့်ဆုံး နေရာတွင် drain လုပ်ရန် အပေါက်ထားရှိရမည်။

Exhaust hoods

ချက်ပြုတ်ရာမှ ထွက်လာသည့် မီးခိုးများ၊ ဆီခိုးများ(cooking vapor emission) ကို ဖမ်းစုပ်ယူမည့် kitchen hood တွင် exhaust air ၏ အလျင်(velocity)သည် 0.15 m^3/s ထက် မပိုရ။ Kitchen exhaust များကို မာကြောသည့် မျက်နှာပြင်(hard-faced)ရှိသော မီးမလောင်နိုင်သော mild steel၊ stainless steel နှင့် aluminum စသည့် သတ္တုအမျိုးအစား များဖြင့် ပြုလုပ်ရမည်။

Seam များသည် liquid-tight seam များ ဖြစ်ရမည်။ အဆက်(joint)များကို fusion welding ၊ lopping၊ riveting၊ soldering သို့ တခြားသော approved လုပ်ထားသည့် နည်းများဖြင့် ပြုလုပ်ရမည်။

Hood များတွင်) လျော်ဖွတ် ဆေးကြောနိုင်သော(washable grease filter)များ တပ်ဆင်ထား ရမည်။ filter များကို အလွယ်တကူ ဖြုတ်ယူနိုင်အောင်၊ ပြန်လည်တပ်ဆင်နိုင်အောင် ပြုလုပ်ထားရမည်။ filter ၏ အနီးတွင် အလွန်အမင်း လေယိုစိမ့်ခြင်း(air leakage) မဖြစ်အောင် ပြုလုပ်ထားရမည်။

Hood ၏ အတွင်းနံရံ(internal surface)သည် ဒေါင်လိုက်မျဉ်းမှ ၄၀ ံထက်ပို မစောင်းသော မျဉ်းစောင်းများ ဖြစ်ရမည်။ filter ၏ မျက်နှာပြင်(face of filter) သည် ဒေါင်လိုက်မျဉ်း(vertical)မှ ၃၀ ံ ထက် ပိုမစောင်းစေရ။ Grease filter ၏ ဖိအားကျဆင်းမှု(pressure drop)ကို ရနိုင်ရန်အတွက် နေရာ၊ အပေါက် သို့မဟုတ် assess ရှိရမည်။

Canopy Type Hoods

Canopy အမျိုးအစား hood ၏ အနိမ့်ဆုံး နေရာ(lower edge) သည်(cooking surface) ချက်ပြုတ်သည့် နေရာ၏ မျက်နှာပြင်မှ (၁.၂)မီတာ ထက်မပိုရ။ သို့မဟုတ် ကြမ်းပြင်မှ (၂.၀)မီတာ ထက်ပို မနိမ့်ရ။ Hood တပ်ဆင်ထားသည့် နေရာမှ 150 mm အပြင်ဘက်သို့ ကြော်လှော် ချက်ပြုတ်သည့် အိုးများ appliance များ မရောက်စေရ။

Type of Hood	Minimum CFM per Lineal Foot of Hood			
	Type of Cooking Appliances			
	Extra-Heavy Duty	Heavy Duty	Medium Duty	Light Duty
Wall-Mounted Canopy	550	400	300	200
Single Island Canopy	700	600	500	400
Double Island Canopy (per side)	550	400	300	250
Backshelf/Pass-Over	Not permitted	400	300	250
Eyebrow	Not permitted	Not permitted	250	250

Application Factor (CFM/in ft.)

Kitchen Types	Velocity
Light duty (no grease, light grease)	150-250 CFM/ft
Medium duty (fryers and griddles)	250-350 CFM/ft
Heavy duty (heavy grease, charbroiler)	350+ CFM/ft

Application	Updraft velocity factor
Steam kettles, ranges, ovens, non-grease producing equipment	50 fpm
Fryers/griddles, grease Producing equipment	85 fpm
Charbroilers, high heat and grease producing equipment	150 fpm

ပုံ ၇-၃၃ central island hood

ပုံ ၇-၃၄ corner hung hood

ပုံ ၇-၃၅ wall hung hood

ပုံ ၇-၃၆ Canopy hoods

ပုံ ၇-၃၇ Eye brown hood

မီး(လျှပ်စစ်မီးဖိုမပါဝင်ပါ။)ကိုသုံး၍ ချက်ပြုတ်သည့်နေရာ၊ စားစရာ နွှေးသည့် နေရာအားလုံးကို kitchen ဟုဆိုနိုင်သည်။ Kitchen hood သို့မဟုတ် kitchen exhaust duct သည် combustible materials တို့မှ အနည်း (၅၀၀)မီလီမီတာ(500mm)ကွာဝေး ရမည်။ လေများကို ပြင်ပသို့ တိုက်ရိုက် မှုတ်ထုတ် ရမည်။ ထိုမှုတ်ထုတ်သည့် နေရာသည် တခြားသော လေ intake openings များမှ အနည်း ၅၀၀မီလီမီတာ (500mm)ကွာဝေး ရမည်။

တပ်ဆင်ရမည့်အမြင့် (Mounting heights and overhang requirements)

Type of Hood	Mounting Height	End Overhang	Front Overhang	Rear Overhang
Wall-Mounted Canopy	78"	6"	6"	N/A
Single Island Canopy	78"	6"	6"	6"
Double Island Canopy	78"	6"	6"	N/A
Eyebrow	78"	N/A	6"	N/A
Backshelf/Pass-over	24"	6"	10"	N/A

Hood exhaust

Type of Hood	Minimum Exhaust Flow Rate (CFM/Lineal Foot of Hood Length)			
	Light Duty	Medium Duty	Heavy Duty	Extra-Heavy Duty
Wall-Mounted Canopy	200	300	400	550
Single Island Canopy	400	500	600	700
Double Island Canopy	250	300	400	550
Eyebrow	250	250	Not Permitted	Not Permitted
Backshelf/Pass-over	300	300	400	Not Permitted

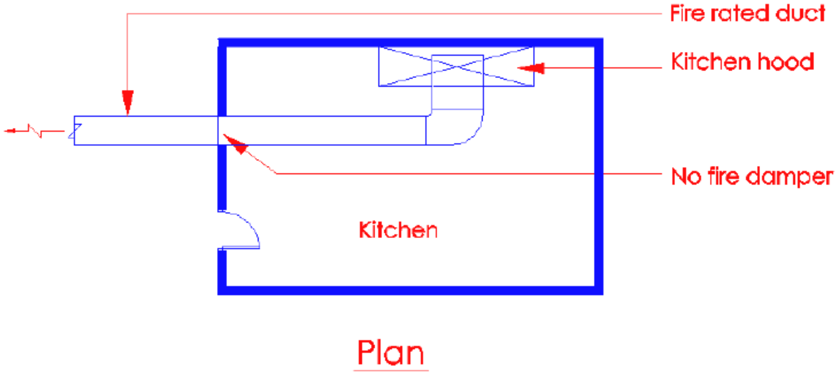
Notes:

(၁) Light duty အမျိုးအစား kitchen များသည် Gas and electric ovens (standard, bake, roasting, revolving, retherm, convection, combination convection/steamer, conveyor, deck or deck style pizza and pastry ovens, electric and gas steam–jacketed kettles, electric and gas compartment steamers တို့ဖြစ်ကြသည်။

(၂) Medium duty အမျိုးအစား kitchen များသည် open deep fat fryers, donut fryers, kettle fryers, and pressure fryers), electric and gas pasta cookers, electric and gas conveyor (pizza) ovens များဖြစ်ကြသည်။

(၃) Heavy duty အမျိုးအစား kitchen များသည် electric and gas underfired broilers, electric and gas chain (conveyor) broilers, gas open burner ranges (with or without oven), electric and gas wok ranges, electric and gas overfired (upright) broilers, and salamanders များဖြစ်ကြသည်။

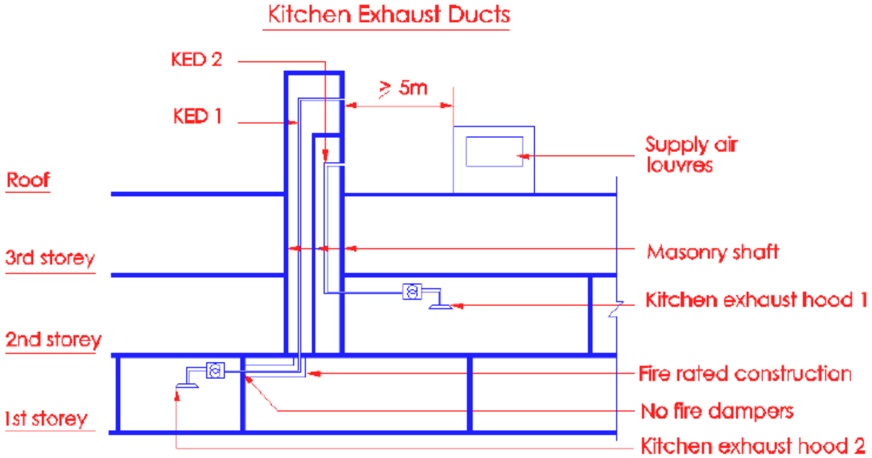
(၄) Extra-heavy duty အမျိုးအစား kitchen များသည် ထင်းမီး(wood)၊ မီးသွေး(charcoal) စသည့် solid fuel များကို အသုံးပြု၍ ချက်ပြုတ်သည့် မီးဖိုများ ဖြစ်ကြသည်။



ပုံ ၇-၃၈ Kitchen hood တပ်ဆင်ရာနေရာကို plan view ဖြင့်ဖော်ပြထားသည်။

Kitchen ၏ အပြင်ဘက်၌ရှိသော kitchen exhaust duct အားလုံးကို မီးလောင်ခံနိုင်သည့် မီးခံပြားမျိုး(fire rated board)ဖြင့် ဖုံးအုပ်ကာရံ(enclosed)ထားရမည်။ Kitchen exhaust duct တွင် မည့်သည့် fire damper မှ မတပ်ဆင်ရ။

သို့သော် လျှပ်စစ်မီးဖြင့်ချက်ပြုတ်ခြင်း နှင့် wet chemical fire suppression system တပ်ဆင်ထားသည့် မီးဖိုချောင်(ချက်ပြုတတ်သည့်နေရာ)တို့ကို ချွင်းချက်အဖြစ် ခွင့်ပြုသည်။



ပုံ ၇-၃၉ Kitchen Exhaust Ducts

Kitchen Exhaust Hoods

Kitchen exhaust hood ၏ air flow ပမာဏသည် 2.5 m³/s ထက် ပိုများပါက makeup air ထည့်ပေးရန် လိုအပ်သည်။ ထည့်ပေးရမည့် makeup air ပမာဏသည် exhaust air ပမာဏထက် အနည်းဆုံး ၅၀% ကျော် ရမည်ဖြစ်ပြီး mechanical နည်းဖြင့် အေးအောင် ပြုလုပ်ထားသည့် လေ မဖြစ်ရ။

Fume Hoods

အဆောက်အဦးအတွင်းရှိ fume hood system သည် 7.5 m³/s ထက် ပိုများပါက အောက်ပါ feature တစ်ခုခု ပါဝင်စေရမည်။

(၁) variable air volume hood exhaust အမျိုးအစား ဖြစ်ပြီး Design exhaust air volume ၏ ၅၀% ကို လျော့နည်းအောင် လုပ်နိုင်ရမည်။

(၂) exhaust air ၏ 75% ကို direct make up air ဖြင့် အစားထိုး ပေးရမည်။ ထို direct make up air သည် room set point ထက် 2°C မနိမ့်စေရ။ Re-heating မပြုလုပ်ရ။

(၃) Heat recovery သို့မဟုတ် energy recovery နည်း (အထက်တွင်ဖော်ပြခဲ့သည့်) ဖြင့် make up air ကို preconditioning ပြုလုပ်ရမည်။

၇.၆ Air handling systems များ၊ mechanical ventilation

System များ၊ pressurisation systems of exit staircases and internal corridors များ နှင့် smoke control systems များအတွက် outdoor air intake Opening များ၏ (၅)မီတာ အကွာတွင် မည်သည့် လေပုတ်များ စွန့်ထုတ်ရာအပေါက်များ(exhaust discharge opening) မရှိစေရ။

Outdoor air intakes သည် တခြားသော အဆောက်အဦးများ၏ (kitchens, toilets, car parks, cooling towers, laundries, rubbish dumps or plant rooms စသည့်တို့မှ စွန့်ထုတ်သော) exhaust discharge များမှ ၅မီတာ ထက်ပိုဝေးသည့်နေရာတွင်ရှိစေရမည်။

Outdoor air intakes များတွင် သံချေးမတက်နိုင်သည့် insect screen များဖြင့် ကာရံထားရမည်။ မိုးရေစက်များမဝင်နိုင်အောင်ပြုလုပ် ကာကွယ်ထားရမည်။

Screening များ သို့ wire mesh များသည် သံချေးမတက်နိုင်သည့် အမျိုးအစားများဖြစ်စေရမည်။ ဇကာကွက်အရွယ်အစားသည် 10 mm mesh ထက်ပိုမကြီးစေရ။ Cooling towers များမှ လွင့်စင်လာသည့် ရေစက်ရေပေါက်များ(water droplets)သည် outdoor air intakes များ အတွင်းသို့ မဝင်ရောက်နိုင်အောင် ကာကွယ် တားဆီးထားရမည်။

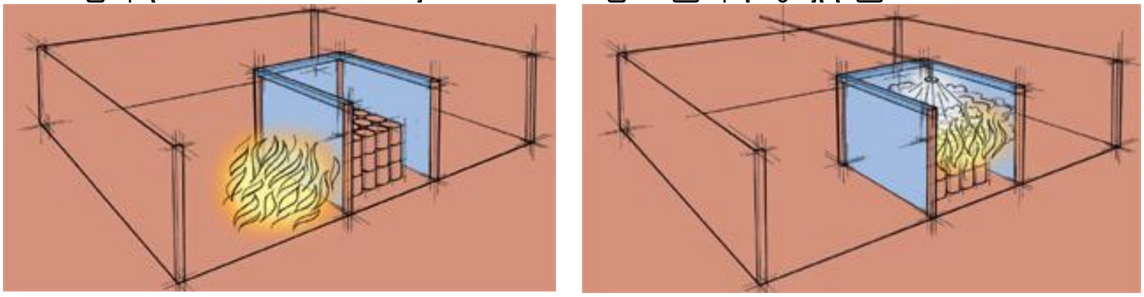
Return air opening အားလုံး နှင့် outdoor air intake ၏ opening များ အားလုံးအတွင်းသို့ မီးလောင်ခြင်းစတင်ဖြစ်စေနိုင်သည့် မီးခြစ်ဆံများ(lighted matches)၊ ဆေးလိပ်တိုများ(cigarette butts) စသည့်တို့မဝင်ရောက်နိုင်အောင်ပြုလုပ်ထားရမည်။ ကာကွယ်တားဆီးထားရမည်။ လေစစ်(filter media)များ အနီးတွင် စုပြုံမနေအောင်(shall not be deposited) ပြုလုပ်ထားရမည်။

Air con ပေးထားသည့်နေရာများအတွက် ပြင်ပလေဝင်ပေါက်များ(outdoor air intakes)၏ အောက်ခြေသည် အပြင်ဘက်ရှိ အောက်ခြေနေရာ(outside floor level) မှ 2.1 m ထက်မြင့်သည့် နေရာတွင် ရှိရမည်။ အထူးသဖြင့် ကားထားရာ နေရာများ၊ လူအဝင်အထွက်များသောနေရာများနှင့် ယာဉ်သွားလာနိုင်သည့် နေရာများအတွက် ဖြစ်သည်။

အိမ်သာများ၊ သန့်စင်ခန်းများ (toilets) နှင့် အိမ်များ၏ ချက်ပြုတ်ရာနေရာများ၊ မီးဖိုချောင်များ (domestic kitchens) ၏ exhaust duct များသည် အခြားသော duct system များနှင့် ဆက်ထားခြင်း (connect) မရှိစေရ။ (inlet of the exhaust fan နေရာမှလွဲ၍)

အကယ်၍ထိုသို့ ဆက်၍တပ်ဆင်ထား(connect)ပါက fan များလည်ပတ်ခြင်းမရှိသည့်အခါ တွင် လူနေထိုင်ရာ အခန်းများ လေများ နှင့်ရောနှောသွားခြင်းမရှိအောင် ပြုလုပ်ထားရမည်။ လိုအပ်သော ကိရိယာ (device)များ တပ်ဆင်ထားပေးရမည်။ သို့သော် စက်ရုံအလုပ်ရုံများ (industrial) သို့ စီးပွားဖြစ် ချက်ပြုတ်သည့် မီးဖိုချောင်များ(commercial kitchens) ၏ exhaust duct များကို မည်သည့် duct များနှင့်မှ ရောနှောခြင်းမရှိစေပဲ သီးသန့်စနစ်(separate system)မျိုးဖြစ် အောင်ပြုလုပ်ထားရမည်။

Exhaust duct များသည် ပြင်ပ(outdoors)သို့ တိုက်ရိုက် ရောက်အောင် စွန့်ထုတ်ရမည်။ discharge လုပ်ရမည်။ exhaust air စွန့်ထုတ်ရာနေရာသည် လူသွားလမ်း(pedestrians) အနီးတွင်တည်ရှိနေပါက အောက်ခြေနေရာ (outside floor level) မှ 2.1 မီတာ ထက်မြင့်သည့်နေရာတွင်ရှိရမည်။



ပုံ ၇-၄၈ Fire compartment (မီးမကူးအောင် ကန့်သတ် ပိုင်းခြားထားသည့် ဖုံ)

၇.၆.၁ Smoke Tripping of AHU

အဆောက်အဦးများ မီးလောင်သည့်အခါ မီးမပျံ့ပွားအောင် ကန့်သတ်ပိုင်းခြားရန်(isolate)အတွက် fire compartment များသတ်မှတ်ထားသည်။ AHU မှ duct များသည် fire compartment တစ်ခုမှ အခြားသော fire compartment သို့ ဖြတ်သွားလျှင် ductအတွင်း ၌ fire damper တပ်ဆင်ရန် လိုအပ်သည်။

(က) AHU တစ်လုံးကို တစ်ထပ်ထက်ပို သော နေရာများအတွက် အသုံးပြုလျှင် သော်လည်းကောင်း

(ခ) AHU တစ်လုံးကို တစ်ခုထက်ပိုသော fire compartment များအတွက် အသုံးပြုလျှင် သော် လည်းကောင်း

AHU လေလည်ပတ်နှုန်း(Air Flow rate)သည် 15,000 m^3/hr ထက်မကျော်လျှင်သော်လည်းကောင်း (တစ်နည်း အားဖြင့် Air Flow rate သည် 15,000 m3/hr ထက်နည်းလျှင်)fire damper တပ်ဆင်ရန်မလို။ သက်ဆိုင်သည့် အာဏာပိုင်အဖွဲ့အစည်း(authority)မှ စည်းမျဉ်းစည်းကမ်းလိုအပ်ချက်အရ တောင်းဆိုခဲ့သော် ထို AHU ၏ return air duct တွင် smoke detector အနည်းဆုံးတစ်ခု တပ်ဆင်ထားရမည်။

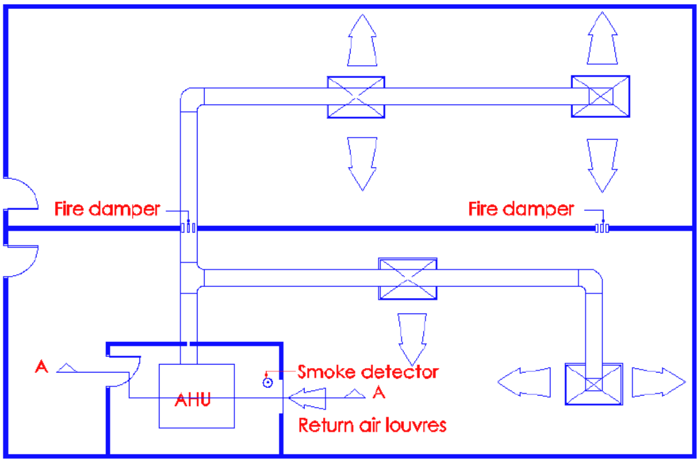
(က)　AHU လေလည်ပတ်နှုန်း(air flow rate)သည် 15,000 m^3/hr ထက်ကျော်လျှင် သော်လည်းကောင်း၊

(ခ)　AHU ၏ လေသည် တစ်ထပ်ထက်ပိုသည့် အထပ်များကို သို့ရောက်ရှိလျှင် သော်လည်းကောင်း၊

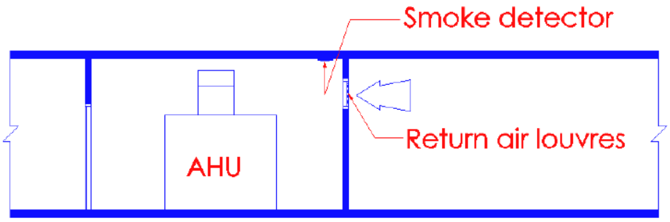
(ဂ)　တခုထက်များသည့် fire compartment များသို့ရောက်ရှိလျှင် သော်လည်းကောင်း၊

(ဃ)　အခြားသောသက်ဆိုင်ရာ စည်းမျဉ်းများမှ တပ်ဆင်ရန်လိုအပ်လျှင် သော်လည်းကောင်း၊

အထက်ပါ AHU များ ၏ return air stream ၌ smoke detector တပ်ဆင်ထားရန်လိုအပ်သည်။



ပုံ ၇-၄၁ Air Handling Unit(AHU) and duct work

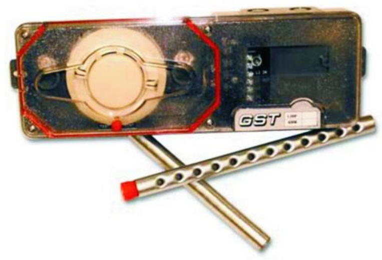


SECTION A-A

ပုံ ၇-၄၂ Return air louver အနီးတွင် smoke detector တပ်ဆင်ထားပုံ

၇.၆.၂ Smoke Detector အမျိုးအစားများ

Probe အမျိုးအစား smoke detector များသည် AHU ၏ duct များအတွင်းတွင် တပ်ဆင် အသုံးပြုရန် အသင့်တော်ဆုံးသော အမျိုးအစားဖြစ်သော်လည်း လေစီးနှုန်းများ(high air flow)သည့် AHU များ အတွင်း spot detector ကို လည်း အသုံးပြုနိုင်သည်။



ပုံ ၇-၄၃ Probe type smoke detector　　Smoke detector

Activation of smoke detector

Return air steam တွင် တပ်ဆင်ထားသည် smoke detector သည် မီးခိုးများကြောင့် activate ဖြစ်သည့်အခါတွင် AHU ကို trip ဖြစ်စေပြီး ရပ်စေရမည်။

Smoke detector ကို reset လုပ်ပြီးသည့်မှသာ AHU ကို လည်း reset လုပ်ပြီး ပြန်မောင်းနိုင်ရမည်။ AHU ၏ smoke detector မှ signal ကို building fire alram system သို့ ပေးရန် ပို့ရန် မလိုပေ။ သို့သော် Building Automation System(BAS) ဖြင့် monitored လုပ်ရန်လိုအပ်သည်။

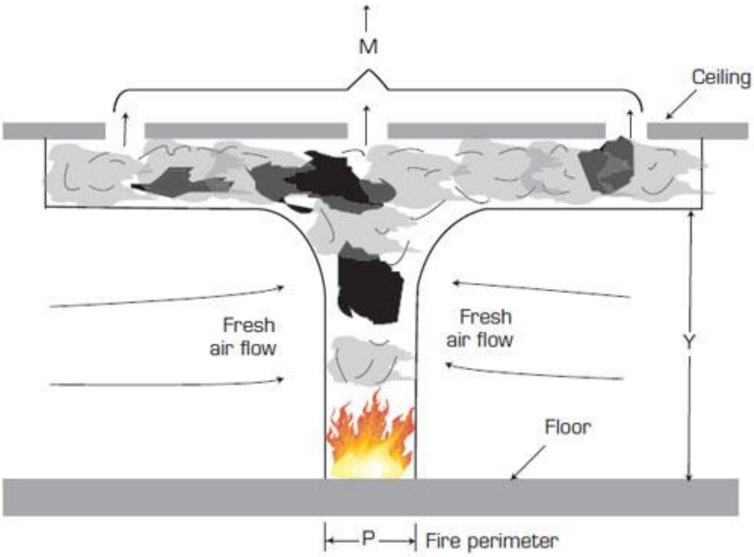
၇.၇ Engineered Smoke Control System - Design Consideration and Over View

အဆောက်အဦးတစ်ခု မီးလောင်ကျွမ်းသည့်အခါ လူများအသက်ဆုံးရှုံးရခြင်း၏ အဓိကအကြောင်းအရင်းသည် မီးခိုးများကြောင့် ဖြစ်သည်။ မီးတောက်၊ မီးလျှံများနှင့် ကင်းလွတ်ရာ နေရာတွင် ရောက်နေစေကာမူ မီးခိုးများကြောင့် မှုးမော်ခြင်း၊ အသက်ရှူ မဝခြင်း နှင့် မီးခိုးဆိပ်သင့်ခြင်းတို့ကြောင့် အသက်ဆုံးရှုံးကြရခြင်း ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့်မီးလောင်ခြင်းမှထွက်ပေါ်လာသော မီးခိုးများကို စနစ်တကျ ထိန်းသိမ်းနိုင်မှသာ ထိုမီးလောင်နေသည့် အဆောက်အဦးအတွင်းမှ လူများအသက်ချမ်းသာရာရနိုင်သည်။ မီးလောင်မှုကြောင့် ဖြစ်ပေါ်လာသော မီးခိုးများကို စနစ်တကျထိန်းသိမ်း၊ စီမံသည့် စနစ်ကို "Engineered Smoke Control System" ဟုခေါ်သည်။

ပုံ ၇-၄၄ အထပ်မြင့်အဆောက်အဦးရှိ အထပ်တစ်ခုတွင် မီးလောင်ကျွမ်းပုံ

Engineered smoke control systemသည် အဆောက်အဦးတစ်ခု၏ မီးဘေးကာကွယ်ရေး စနစ်များတွင် တစ်ခု အပါအဝင်ဖြစ်သည်။ Engineered smoke control system ကို အဆောက်အဦး ၏ M&E services များတွင် Air Conditioning and Mechanical Ventilation (ACMV) System ၏ အောက်တွင် ထည့်သွင်း ထားသည်။ ထို့ကြောင့် ACMV အင်ဂျင်နီယာတစ်ယောက် ၏ တာဝန်ဖြစ်သည်။

Engineered smoke control system တစ်ခု၏ အခြေခံဒီဇိုင်းသည် မီးလောင်သည့်အခါ လူများ မီးခိုးများ၏ အန္တရာယ်မှ ကင်းဝေးစွာ ထွက်ပြေးလွတ်မြောက်ရန် ဖြစ်သည်။ မီးလောင်နေသမျှ ကာလပတ်လုံး မီးခိုးများ အမြဲမပြတ် ထွက်ပေါ်နေမည်သာ ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် မီးခိုးများကို လူများနှင့်လွတ်သည့်နေရာတွင် သိမ်းဆည်း ထားရန် နှင့် လွတ်ကင်းရာသို့ ဖောက်ထုတ်ရမည် ဖြစ်သည်။



ပုံ ၇-၄၅ မီးတောက်အကျယ်ပမာဏ နှင့် မီးခိုးများပူ၍ အပေါ်သို့တတ်သည့် သဘာဝ ကိုဖော်ပြထားသည်။

မီးခိုးများကို လူများနှင့်လွတ်သည့်နေရာတွင် သိမ်းဆည်းထားရန်နေရာကို မီးခိုးများစုစည်းသိမ်းဆည်းရန် နေရာ(smoke reservisor) ဟုခေါ်သည်။ မီးခိုးများကို လူများနှင့်လွတ်သည့်နေရာရောက်ရှိသွားရန် သဘာဝနည်းဖြင့် လေဝင်လေထွက် ကောင်းအောင်ပြုလုပ်ခြင်း(netural ventilation) သို့မဟုတ် စက်အားဖြင့် လေဝင်လေထွက်ကောင်းအောင် ပြုလုပ်ခြင်း(mechanical extraction)နည်းကို အသုံးပြုနိုင်သည်။

Air con နှင့် ventilation system များ၏ လေလည်ပတ်နှုန်းသည် အခန်း၏ အရွယ်အစားအပေါ်တွင် အခြေခံ၍ တွက်ချက်ကြသည်။ သို့သော် fire-smoke venting သည် အခန်း၏ အရွယ်အစားနှင့် လုံးဝမသက်ဆိုင်ပဲ မီးတောက်အရွယ်အစားနှင့် မီးခိုးထွက်နှုန်းပေါ်တွင် မူတည်သည်။ မီးလောင်သည့်အခါ အနီးရှိ လေအေးများသည် မီးတောက်များကြောင့် မီးခိုးများအဖြစ် ပြောင်းလဲသွားသည်။

မီးခိုးများပေါ်ထွက်လာနှုန်းသည် အောက်ပါ အချက် သုံးချက်ပေါ်တွင် မူတည်သည်။

(၁) မီးတောက်၏ အဝန်းအဝိုင်းပမာဏ(perimeter of the fire.)

(၂) မီးတောက်၏ အပူချိန်(temperature of the flames in the plume.)

(၃) မီးတောက်ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်လာသည့် အပူcolumn ၏ အမြင့်(effective height of the column of hot) တို့ ဖြစ်သည်။

မီးတောက်၏ အဝန်းအဝိုင်းပမာဏ နှင့် အပူ column ၏ အမြင့် သည် မီးခိုးထွက်နှုန်း နှင့် အချိုးကျသည်။ မီးခိုးထွက်နှုန်း သည် square root of the absolute temperature of the fire နှင့်တူညီသည်။

If we assume a flame temperature of 800°C and an ambient air temperature at 17°C (density 1.22 kg/m³) the production of smoke from a fire can be obtained by the simple expression [2]

$$M = 0.19\,PY^{1.5} \qquad (1)$$

where: M is the mass rate of smoke produced in kg/s,
P is the perimeter of the fire in metres, and
Y is the height of the smoke layer in metres.

The temperature of the smoke can be calculated using the formula[3]

$$\theta = Q_S/M \qquad (2)$$

where: θ is the temperature of the smoke in °C above ambient,
Q_S is the heat carried by the smoke in kW, and
M is the mass rate of smoke production in kg/s.

The specific heat is assumed to be close to 1kJ/kg/K.

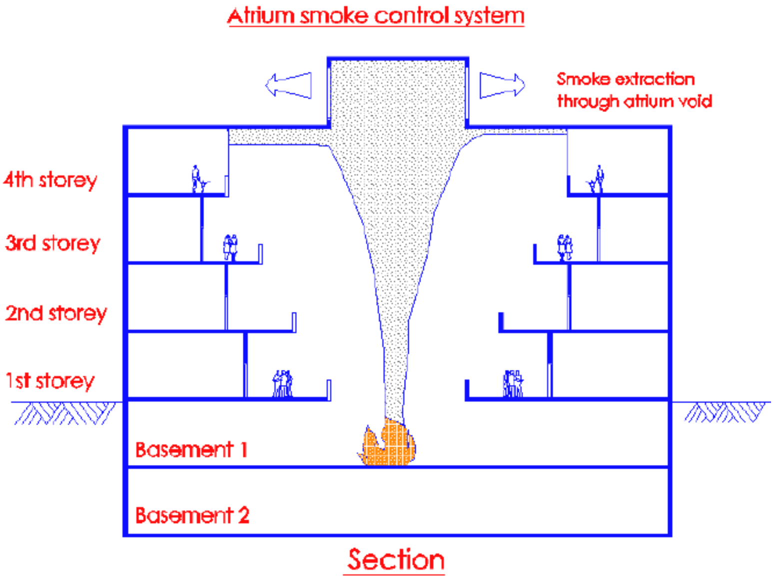
ဇယား (၁)တွင် ဖော်ပြထားသည် အတိုင်း spreading and growing fire သည် မည်သည့်အခါမှburning rate of 0.5 MW/m^2 ကို ရောက်မည်မဟုတ်ပေ။ဧရိယာအရွယ်အစား 10 m^2 ကိုရောက်သည့်အခါ မီး၏ total heat output သည် 2.6 MW သာ ဖြစ်သေးသည်။ မီးခိုးအပူချိန်(temperature)သည် 152°C ဖြစ်သည်။ (277°C at 5MW.)

Effect of spreading and growing fires on smoke temperature						
Time from ignition (minutes)	Constant burn rate at 0.5 MW/m^2			Growing fire		
	Heat output (MW)	Fire size (m^2)	Max. smoke temp (°C)	Heat output (MW)	Fire size (m^2)	Max. smoke temp (C)
-	0.3	0.6	80	0.1	0.4	43
8.0	1.2	2.4	144	0.4	1.5	66
16.0	5.0	10.0	277	1.5	6.0	118
18.5	8.5	17.0	356	2.6	10.0	152
20.0	10.0	20.0	384	3.0	12.0	159
22.0	_	-	-	4.6	18.0	195
22.5	-	-	-	5.0	20.0	201

အကယ်၍ sprinkler မတပ်ဆင်ထားသည့် နေရာတွင်လောင်ကျွမ်းသည့်မီး(unsprinkled fire)ဖြစ်လျှင် 5MW အထိရောက်ရှိနိုင်ပြီး 20 m^2 ဧရိယာအရွယ်အစားထိကြီးထွားလာနိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် engineered smoke control system တစ်ခု၏ ဒီဇိုင်းမှန်ကန်ရန်အတွက် လောင်ကျွမ်းနိုင်မည့်နေရာ၏ မီးတောက်သဘာဝ နှင့် ဒီဇိုင်းအရွယ်အစား(designed fire size)ကို အတိအကျရွေးချယ်လိုအပ်သည်။

အောက်ပါ အခန်းများ၊ နေရာများ တွင် engineered smoke control system ကို ဥပဒေအရ တပ်ဆင်ရန် လိုအပ်သည်။

Basement တွင် လူများ အတွက် ဝင်ထွက်သွားလာ အသုံးပြုသည့်နေရာ အကျယ်သည် စတုရန်းမီတာ (၁၉၀၀)ထက်ကျော်လျှင်(carpark အဖြစ်အသုံးမပြုသည့် နေရာများကို ထည့်တွက်ရန်မလို) engineered smoke control system ကို တပ်ဆင်ရန်လိုအပ်သည်။ စတုရန်းမီတာ (၁၉၀၀)သည် တဆက်တည်းသော်လည်း ဖြစ်နိုင်သည်။ နေရာအချို့ စုပေါင်း၍ သော်လည်းဖြစ်နိုင်သည်။ စတုရန်းမီတာ(၅၀၀) အကျယ်ထက်ပိုသည့် atrium တိုင်းတွင် engineered smoke control system ကို တပ်ဆင်ရန် လိုအပ်သည်။



ပုံ ၇-၄၆ Atrium smoke control system

Engineered smoke control system ကို တပ်ဆင်ထားသည် အဆောက်အဦးများတွင် sprinkler fire protection system တပ်ဆင်ထားရမည်။ Engineered smoke control system ၏ အခြေခံဒီဇိုင်းကို တွက်ချက်ရန် အတွက် သတ်မှတ်ထားသော အချက်အလက်များ မှာအောက်ပါအတိုင်းဖြစ်သည်။

၇.၇.၁ Designed Fire Size

Occupancy (Sprinklered)	မီးတောက်အရွယ်အစား(Fire Size)	
	Heat Output(MW)	Perimeter of Fire(m)
Shops	Q = 5.0	P = 12.0
Offices	Q = 1.0	P = 14.0
Hotel Guest Room	Q = 0.5	P = 6.0
Hotel Public Areas	Q = 2.5	P = 12.0
Assembly Occupancy with fixed seating	Q = 2.5	P = 12.0

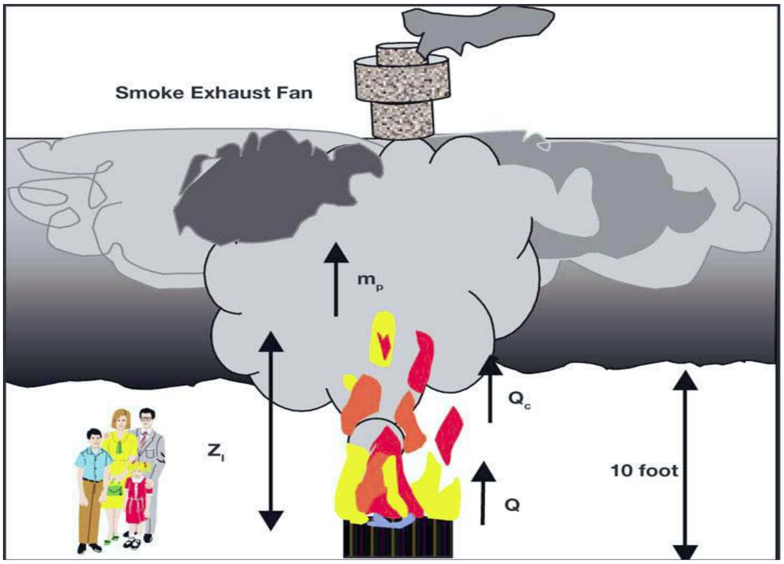
Q = the heat carried by the smoke in System to handle worst case scenario

P = the perimeter of the fire in meters

Minimum clear height below smoke layer = 2.5 m

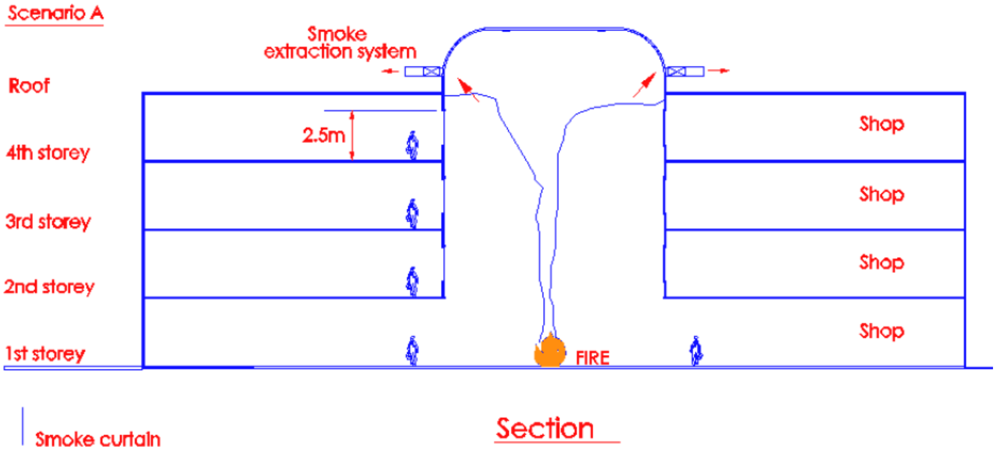
Design standard များမှာ

- BR 186 – Design principles for smoke ventilation in enclosed shopping centre
- BR 258 – Design approaches for smoke control in atrium buildings

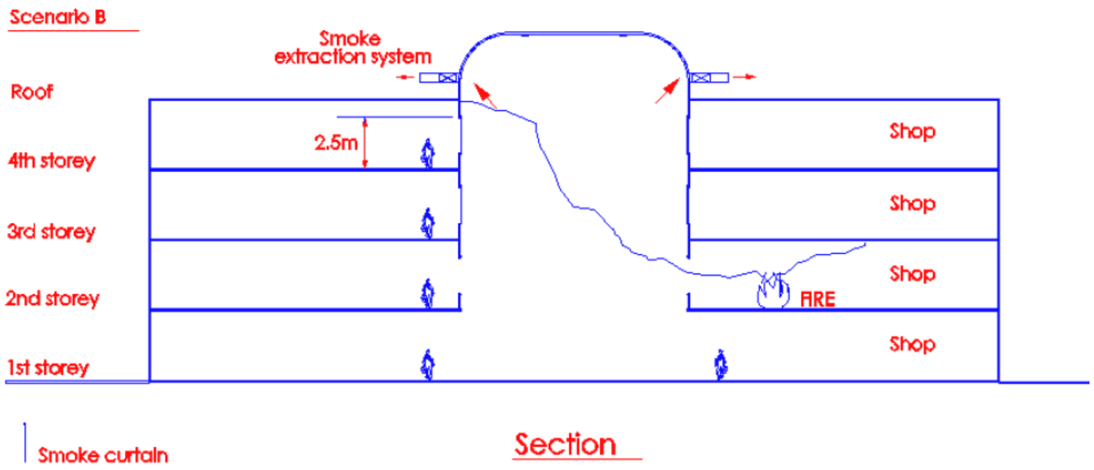


ပုံ ၇-၄၇ မီးတောက်အရွယ်အစား (Fire Size) နှင့် မီးလောင်ပုံ အဆင့်ဆင့်

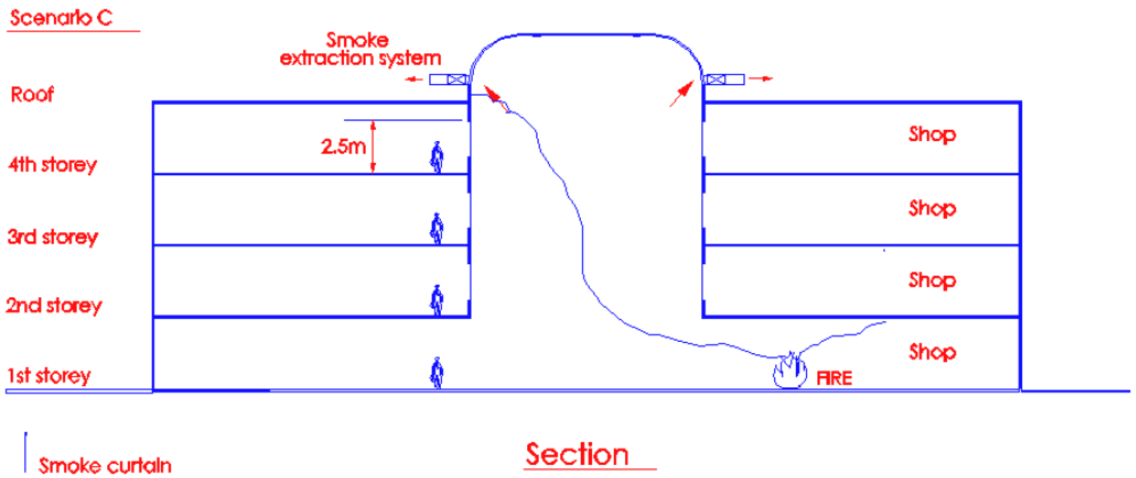
လောင်သည့် မီး အမျိုးအစား နှင့် နေရာ	**Sprinklers အမျိုးအစား**	**မီးတောက်အရွယ်အစား (Fire Size)**
Retail Stores	Standard	12 metres x 5 megawatts
	Fast Response	9 metres x 2.5 megawatts
Open Plan Offices	Standard	14 metres x 2.7 megawatts
Hotel Bedroom	Standard	6 metres x 4 megawatts
Motor Car (BRE 368)	Non	12 metres x 3 megawatts
Motor Car (BS7346-Pt 7)	Non	20 metres x 8 megawatts
	Standard	14 metres x 4 megawatts
Ladened Lorry		20 metres x 7 megawatts



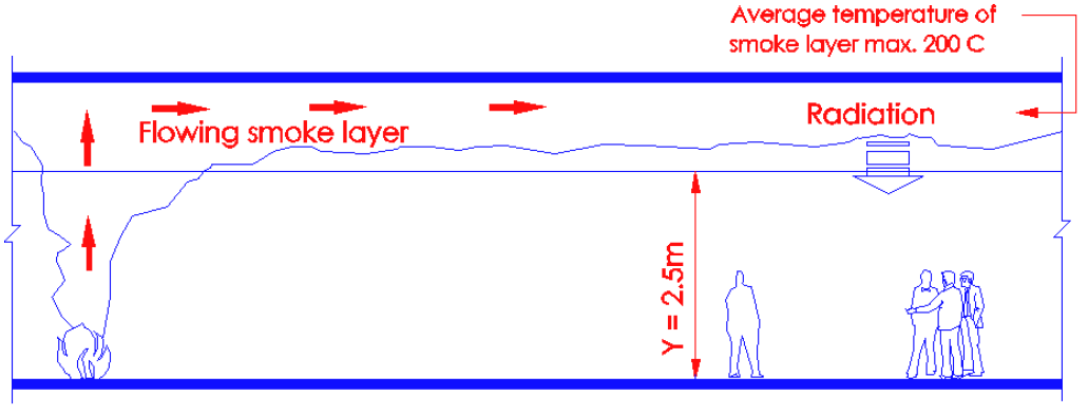
ပုံ ၇-၄၇ Atrium smoke control system



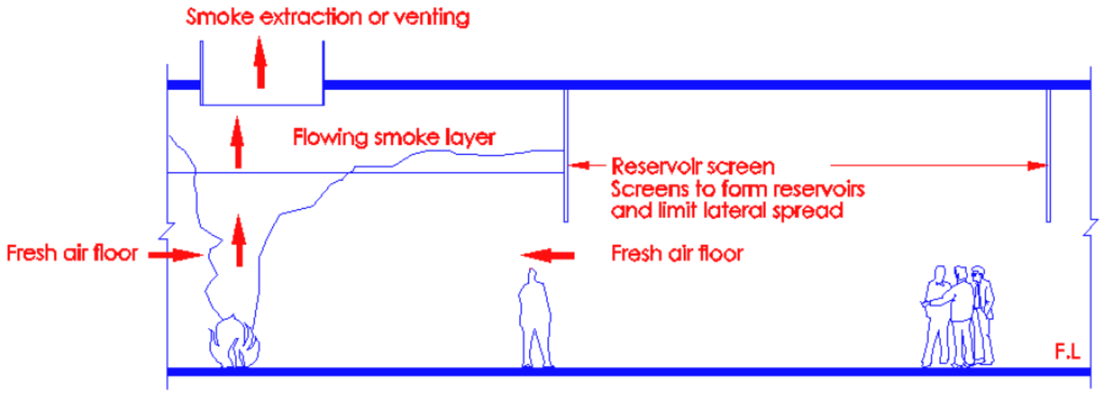
ပုံ ၇-၄၉ Atrium smoke extraction system



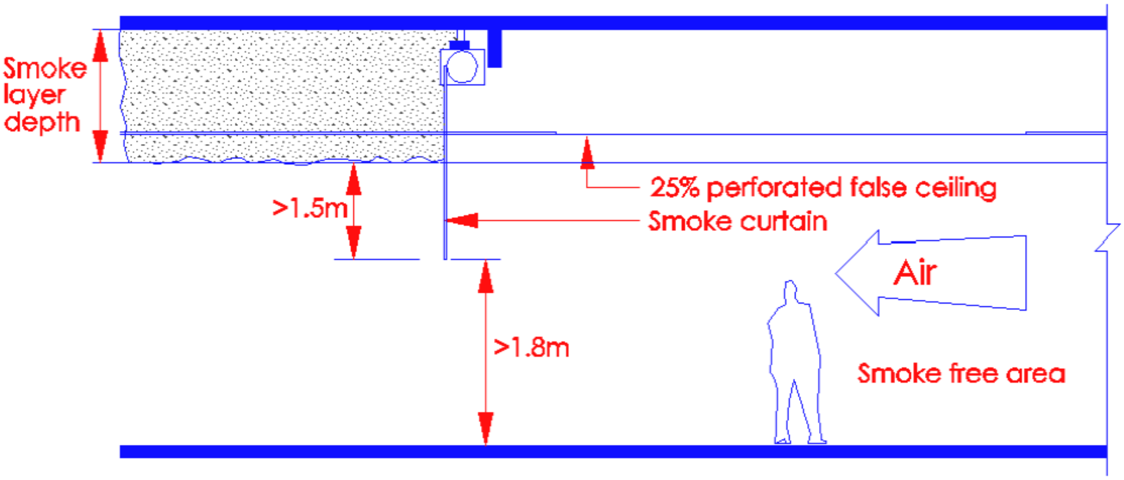
ပုံ ၇-၅၀ Atrium smoke extraction system



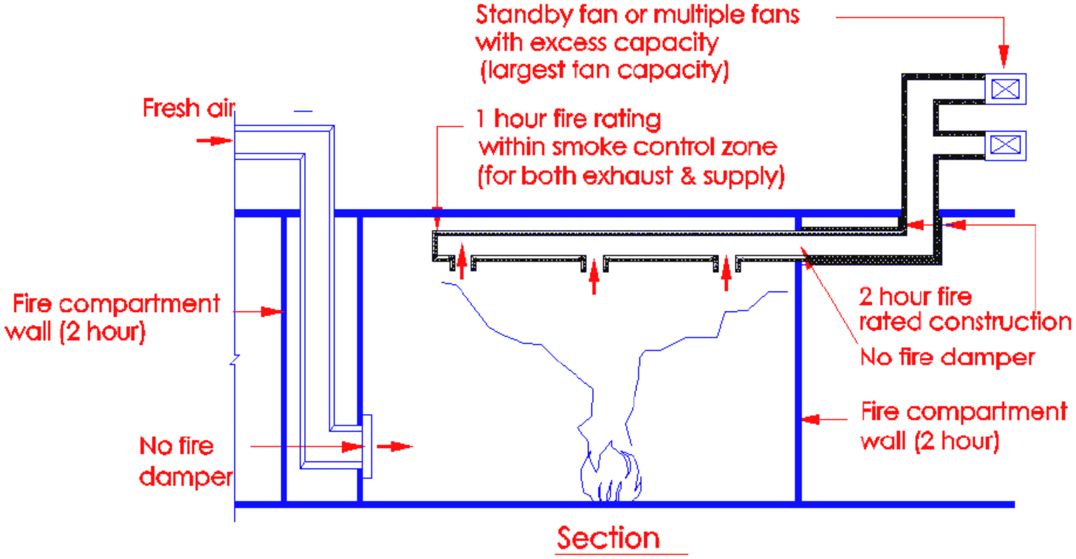
ပုံ ၇-၅၁ Smoke layer



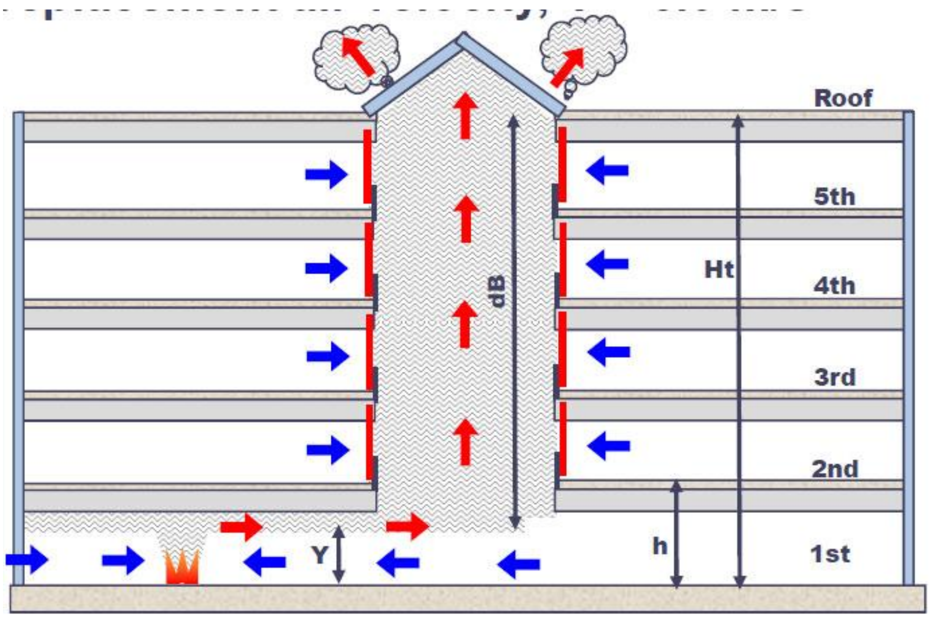
ပုံ ၇-၅၂ Smoke layer and smoke extraction or venting



ပုံ ၇-၅၃ Smoke curtain and perforated false ceiling



ပုံ ၇-၅၄ Fire rated duct and standby fans



ပုံ ၇-၅၅ Smoke Extraction System တွက်နည်း ဥပမာ

၇.၇.၂ Smoke Extraction System တွက်နည်း ဥပမာ

အထပ် ငါးထပ်ပါရှိသည့် shopping mall တစ်ခုအတွက် "Smoke Extraction System" တွင် automatic smoke curtains များကို atrium ပတ်ပတ်လည်တွင်တပ်ဆင်ထားသည်။(upper floors ရှိ "sterile tube" နှင့် close atrium မှလွဲ၍) ပထမထပ်(မြေညီထပ်)၏ အမြင့်သည် (၅)မီတာဖြစ်ပြီး ကျန်အထပ်များ၏ အမြင့်သည် (၃.၅) မီတာ အသီးသီး ဖြစ်ကြသည်။

ကြမ်းခင်းဧရိယာမှာ စတုရန်းမီတာ(၁၂၀၀) အသီးသီးဖြစ်ကြသည်။ စတုရန်းမီတာ(၁၂၀၀) fire zone တစ်ခုအဖြစ် သတ်မှတ်သည်။ [Floor area = 1,200 m2 typical(1 fire zone)]
Atrium void သည် မီတာ(၂၀)ရှည်ပြီး(၁၀)မီတာကျယ်သည်။
(Atrium void= 20m long x 10m wide(200 m2))

မီးတောက်မည့်မျှကြီးလိမ့်မည်ကို သိမှသာ smoke extraction system ကို မှန်ကန်စွာ ဒီဇိုင်းလုပ်နိုင်မည် ဖြစ်သည်။ ဒီဇိုင်း မီးတောက် အရွယ်အစားမှာ(design fire)ကို ခန့်မှန်းရန်လိုသည်။ မီးလောင်လျှင် ဖြစ်နိုင်မည့် မီးတောက်၏ အရွယ်အစား(design fire)မှာ 3m x 3m ဖြစ်ပြီး ပတ်လည်အနား တစ်လျှောက်သည် (၁၂)မီတာခန့် ဖြစ်နိုင်သည်။ မီးတောက်ကြောင့် ဖြစ်လာနိုင်သည့် အပူပမာဏသည် (၅၀၀၀)ကီလိုဝပ် ဖြစ်သည်။ အဆောက်အဦးတွင် sprinkler များ တပ်ဆင်ထားသည်။
(3m x 3m sprinkler controlled, 12m perimeter, 5,000kW convective heat output)

ပထမထပ်(မြေညီထပ်)၏ လူဝင်၊လူထွက်ပေါက်မှာ တခါးရွက် နှစ်ရွက်ပါသည့် sliding doors အမျိုးအစား လေးပေါက်ဖြစ်သည်။ တံခါးပေါက်၏အကျယ်သည် (၂.၂)မီတာဖြစ်ပြီး၊ အမြင့်သည် နှစ်မီတာဖြစ်သည်။ စုစုပေါင်းဧရိယာသည် စတုရန်းမီတာ (၁၇.၀၆) ဖြစ်သည်။
(Inlet: 4 nos. twin leaf sliding doors, size 2.2m wide x 2m high, Total area = 17.60m^2)

လူများအတွက် မီခိုးလွတ်ရန်လိုအပ်သည့်အမြင့်မှာ (၃)မီတာဖြစ်သည်။ ထိုအမြင့်ကို "Design Clear High" ဟုခေါ် လေ့ရှိသည်။

Design Clear High : 3m above finished floor level

Max. mass flow Mf = 175 kg/s

Min. smoke layer temperature above ambient T = 18 °C

Max. replacement air velocity, V = 5.0 m/s

(၁) ပထမအဆင့် atrium ၏ အမြင့်ကိုတွက်ချက်ရန်(Calculate height of atrium, H)

H = 1st ~ 5th Storey

= 5.00m + 4(3.50)m

= 19.0m

(၂) ဒုတိယအဆင့်smoke layer ၏ အနက်ကို တွက်ချက်ရန်(Calculate smoke layer depth, dB)

dB = H – clear ht. below smoke layer(assumed 3m)

= 19.00 – 3.00m

= 16.0m

(၃) တတိယအဆင့် မီးခိုးထွက်နှုန်း ကိုတွက်ချက်ရန်(mass flow of smoke, Mf (based on entrained plume))

$$\boldsymbol{M = 0.19\ PY^{1.5}}$$

M = the mass rate of the smoke produced

P= the perimeter of the fire (meter)

Y= the height of the smoke layer (meter)

$$\boldsymbol{M_f = 0.19\ [P]Y^{1.5} x\ 2}$$
$$\boldsymbol{M_f = 0.19\ [12]\ x\ 3^{1.5}\ x\ 2}$$

= 11.85 x 2

= 23.70 kg/sec (တစ်စက္ကန့်လျှင် (၂၃.၇) ကီလိုဂရမ်နှုန်း ဖြစ်သည်။)

(၄) မီးစလောင်သည့်အခိုက်၌ ဖြစ်ပေါ်လာမည့်(initial temperature)သည် လေထုအပူချိန်ထက် မြင့်သည်။ ထို initial temperature ကိုရှာရန်(Initial temp. of smoke layer above ambient = θi)

$$\boldsymbol{\theta i\ =\ Q\ /(Mf\ x\ Cp)}$$

= 5000 /(23.7 x 1.01)

= 208.88 °C (say 209°C)

ထွက်လာသည့် မီးခိုးများ၏ အပူချိန်ကို တွက်ယူနိုင်သည်။

$$\boldsymbol{\theta\ =\ Q_s/M}$$

θ = the temperature of the smoke in C above ambient

Q_s = the heat heat carried by the smoke in kW

M = the mass rate of smoke production in kg/s

(၅) Sprinkler စတင်အပေါက်ကွဲမည့် အပူချိန်(တစ်နည်း sprinkler များသည့် မာကြူရီထည့်ထားသည့် ဖန်ဘူးလေးများဖြစ်သည်။ အပူချိန်(၆၈)ဒီဂရီ စင်တီဂရိတ်ခန့် ရောက်လျှင် မာကြူရီသည် အပူကြောင့် ကျယ်ပြန့်လာကာဖန်ဘူးကိုပေါက်ကွဲစေကာ ရေများကျလာစေသည်။)

Sprinkler operating temperature ၊ θsp

$$\boldsymbol{\theta sp\ =\ 68\ ℃}$$

(၆) Sprinkler များကွဲ၍ကျလာသောရေများကြောင့် ကျဆင်းသွားသည့် အပူချိန် θsm ကိုရှာပါ။(smoke layer Sprinkler cooled temperature of smoke layer above ambient, θsm)

$$\theta sm = ½(\theta i + \theta sp)$$

= ½(209 + 68)

= 138.5°C > 18°C >> OK

(၇) Absolute ambient temperature ကို To ရှာပါ။(Absolute ambient temperature, To)

To = 300 °K (27 °C)

(၈) smoke layer ၏ Absolute temperature ကိုရှာပါ။(Absolute temperature of smoke layer,Tcm)

$$Tcm = To + \theta sm$$

= 300 + 138.5

= 438.5 °K

(၉) ထွက်လာမည့်မီးခိုး၏ ထုထည်ကိုရှာရန်-(volume of smoke produce, Vp)

$$V_p = \frac{(M_f - T_{cm})}{(T_o - p)}$$

$$V_p = \frac{(23.7 - 439)}{(300 - 1.22)}$$

= 28.43m^3

=add 20% safety factor

= 28.43m^3 x 1.2

=34.12 m^3/s

ထွက်လာမည့်မီးခိုး၏ ထုထည်သည် တစ်စက္ကန့်လျှင် (၃၄.၁၂)ကုဗမီတာနှုန်း ဖြစ်သည်။

(၁၀) ထွက်လာမည့်မီးခိုး၏ ထုထည် ရပြီးနောက် ထိုမီးခိုးတို့ကို ဖယ်ထုတ်ရမည့် smoke extraction ၏ rate ကိုရှာရန်။(Proposed smoke extraction rate, Ve)

တစ်စက္ကန့်လျှင်(၁၂)စတုရန်းမီတာ ဖယ်ထုတ်နိုင်သည့် fan သုံးလုံးမောင်းရန် ဒီဇိုင်းပြုလုပ်ထားသည်။ အရံအဖြစ် နောက်ထပ် fan တစ်လုံးကို အပိုတပ်ဆင်ထားသည်။ စုစုပေါင်း fan လေးလုံးတပ်ဆင်ရန်။

Ve = 3 duty fans + 1 standby fan (each 12 m^3/s)

= 3 x 12 m^3/s

= 36 m^3/s > 34.12 m^3/s >> OK

(၁၁) တစ်စက္ကန့်လျှင်(၁၂)စတုရန်းမီတာနှုန်းဖြင့် ဖယ်ထုတ်နိုင်သည့် fan သုံးလုံးမောင်းပြီး မီးခိုးများကို စုပ်ထုတ်လိုက်သည့်အခါ အဆောက်အဦးတွင် negative pressure ဖြစ်ပေါ်လိမ့်သည်။ ထို့ကြောင့် ပြင်ပမှလေများ အစားထိုးဝင်ရောက်လာရန် လုံလောက်အောင် ကျယ်ဝန်းသော လေဝင်ပေါက်များ ရှိရန်လိုသည်။ လေဝင်ပေါက်(air opening)ဧရိယာကို တွက်ရန်(Nett Inlet air opening required, Ai)- ခွင့်ပြုသည့် velocity မှာ တစ်စက္ကန့်လျှင် (၅)မီတာနှုန်းထက် မပိုစေရ။

$$Ai = \frac{Vp}{max.permissible\ velocity}$$

= 34.12 / 5.0

= 6.82 m^2

(၁၂) ရှိထားပြီးသာ တံခါးပေါက်များကို လေဝင်ပေါက်အဖြစ် အသုံးပြုရန်ရည်ရွယ်သည်။ တံခါးပေါက်များ၏ အကျယ်သည် လိုအပ်သည့် လေဝင်ပေါက် အကျယ် ဖြစ်မဖြစ်စစ်ဆေးရန်။

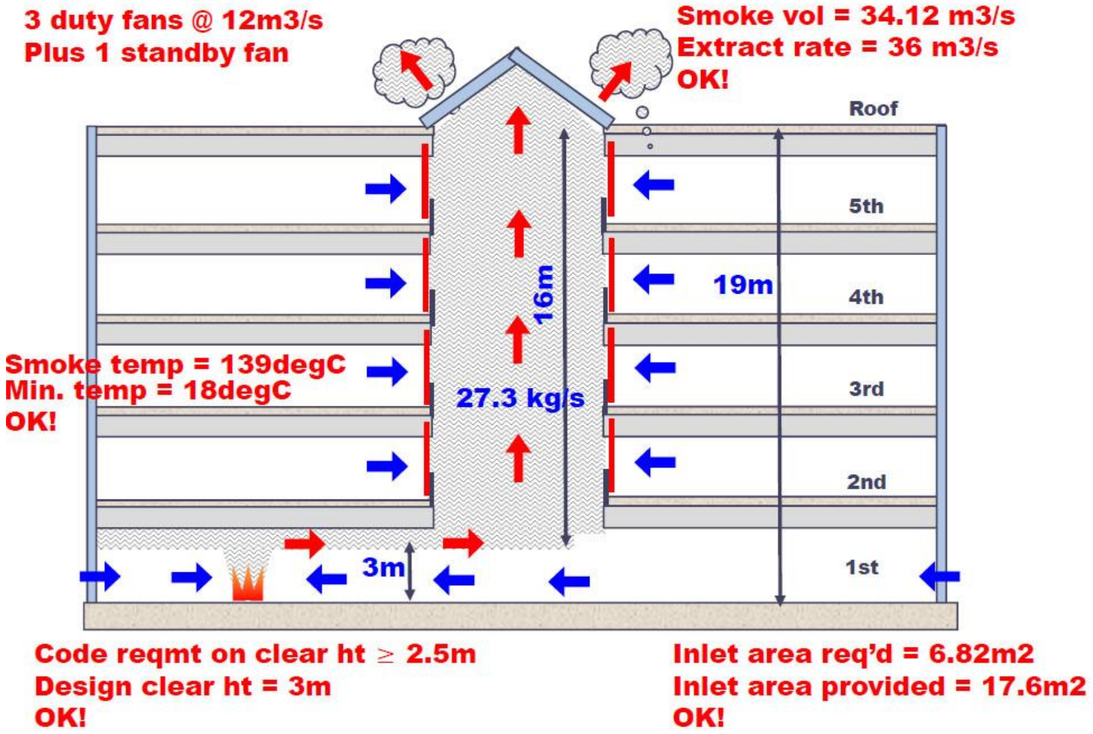
(Check Inlet Area Opening Available, Am)

Am = 4 pair sliding doors

= 4 x 2.2m x 2.0m

= 17.60 m^2 > 6.82 m^2 >> OK

ရှိထားပြီးသော တံခါးပေါက်များသည် လုံလောက်အောင်ကျယ်သောကြောင့် smoke extraction ၏ လေဝင်ပေါက်အဖြစ် အသုံးပြုနိုင်သည်။(နောက်ထပ် air opening ထပ်ဖောက်ရန်မလိုပေ။)



ပုံ ၇-၅၆ Smoke Extraction System တွက်နည်း ဥပမာ

၇.၈ Basement Car Park Carbon Monoxide Monitoring and Ventilation Fan Control System

မြေအောက်ကားထားရန်နေရာ(basement car park)များတွင် လေကောင်းလေသန့် ရရှိရန်အတွက်နှင့် ကားများမှ ထွက်သော exhaust gas များကြောင့် mechanical ventilation system တပ်ဆင်ရန်လိုအပ်သည်။ ကားများ၏ အင်ဂျင်အတွင်းတွင် လောင်စာဆီများမီးလောင်မှုကြောင့်(internal combustion)ထွက်ပေါ်လာသော exhaust gas များသည် basement car park များ၌ရှိသော လေထုကို ညစ်ညမ်းစေသည်။ ထို့ကြောင့် ကားများ၏ အိပ်ဇောငွေ့(exhaust gas)များ တွင်ပါဝင်သော ဓာတ်ငွေ့များအကြောင်းကို သိရန် လိုအပ်သည်။

ယေဘူယအားဖြင့် လောင်စာဆီနှင့် လေတို့ပေါင်းစပ်ပြီး ကားအင်ဂျင်အတွင်း၌ ပေါက်ကွဲခြင်းကို အောက်ပါ ဓာတု ညီမျှခြင်းကို အသုံးပြု၍ တွက်ယူနိုင်သည်။

$$\textit{Fuel} + \textit{Air} = \textit{Hydrocarbons} + \textit{Nitrogen Oxides} + \textit{Carbon Dioxide} + \textit{Carbon Monoxide} + \textit{Water}$$

ပုံ ၇-၆၇

ကား အိပ်ဇောငွေ့(exhaust gas)များတွင် ဟိုင်ဒရိုကာဗွန်၊နိုက်ထရိုဂျင်ဓာတ်ငွေ့၊ ကာဗွန်ဒိုင်အောက်ဆိုဒ်၊ ကာဗွန်မိုနောဆိုဒ်နှင့် ရေ တို့ဖြစ်သည်။ ကာဗွန်ဒိုင်အောက်ဆိုဒ် ဓာတ်ငွေ့သည် အင်ဂျင်အတွင်းတွင် ဟိုင်ဒရိုကာဗွန် လောင်စာဆီများသည် ပြည့်ဝစွာမီးလောင်မှု(complete combustion) ဖြစ်မှသာ exhaust gas များ တွင်ပါဝင်သည်။

တစ်ဝက်တစ်ပျက် မီးလောင်မှု(incomplete combustion)ကြောင့် ကာဗွန်မိုနောဆိုဒ်(CO)ဓာတ်ငွေ့များ ပေါ်ထွက်လာ ရသည်။ ကာဗွန်မိုနောဆိုဒ်(CO)ဓာတ်ငွေ့သည် အရောင်အဆင်းမရှိ၊အနံ့မရှိသော ဓာတ်ငွေ့ ဖြစ်သည်။ ဓာတုဗေဒနည်းအရ ကာဗွန်မိုနောဆိုဒ်(CO)ဓာတ်ငွေ့သည် တစ်လုံးတည်းသော အောက်ဆီဂျင် အက်တမ်(oxygen atom)နှင့် တစ်လုံးတည်းသော ကာဗွန်အက်တမ်(carbon atom)တို့ ချိတ်ဆက်ထားခြင်း ဖြစ်သည်။ ကမ္ဘာပေါ်တွင် ဖြစ်ပေါ်လာသော ကာဗွန်မိုနောဆိုဒ်(CO)ဓာတ်ငွေ့ ထုတ်လွှတ်မှု(emissions)၏ သုံးပုံ နှစ်ပုံသည် သယ်ယူ ပို့ဆောင်ရေး (ကားများ၊ သင်္ဘောများ နှင့် လေယာဉ်ပျံများ) မှဖြစ်ပေါ်လာသည်။

၇.၈.၁ Safe Level of ကာဗွန်မိုနောဆိုဒ်ဓာတ်ငွေ့(CO) ဓာတ်ငွေ့

ကာဗွန်မိုနောဆိုဒ်ဓာတ်ငွေ့(CO)သည် လူ၏ အသက်အန္တရာယ်ကိုဖြစ်စေနိုင်သည်။ 10PPM Level ကျော်လွန်ပါက လူကျန်းမာရေကို စတင်အန္တာရာယ်ပြုနိုင်သည်။ အကောင်းဆုံးနှင့် အလုံခြုံဆုံးသော လေထဲတွင် (CO)ဓာတ်ငွေ့ပါဝင်သော level သည် 0(zero)ဖြစ်သည်။ PPM ဆိုသည်မှာ part per million ဖြစ်သည်။

လေထုထည် ပေါင်တစ်သန်းတွင် ကာဗွန်မိုနောဆိုဒ်(CO)ဓာတ်ငွေ့ ပေါင်(၃၀)ပါဝင်လျှင် 30PPM Level ဟု ခေါ်ဆိုသည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် လေထဲတွင် ကာဗွန်မိုနောဆိုဒ်(CO)ဓာတ်ငွေ့ ပါဝင်မှု 9PPM Level ဆိုသည်မှာ လေထုထည် တစ်ကုဗမီတာတွင် ကာဗွန်မိုနောဆိုဒ်(CO)ဓာတ်ငွေ့အလေးချိန် (၁၀)မီလီဂရမ် ပါဝင်သည်ဟု ဆိုလိုသည်။ ထို့ကြောင့် ကာဗွန်မိုနောဆိုဒ်(CO)ဓာတ်ငွေ့ 10PPM level နေရာတွင် အချိန်ကြာမြင့်စွာ (တစ်နေလုံး) နေထိုင် လုပ်ကိုင်ရမည် ဆိုလျှင် ရေရှည်တွင် ကျန်းမာရေးထိခိုက်နိုင်သည်။

အောက်ပါဇယားသည် လေထဲတွင် ကာဗွန်မိုနောဆိုဒ်(CO)ဓာတ်ငွေ့ ပါဝင်မှု(level)နှင့် လူခန္ဓာကိုယ်၏ ကျန်းမာရေး ထိခိုက်မှုကို ဖော်ပြထားခြင်းဖြစ်သည်။

Concentration (ppm)	Carbon Monoxide	Time (hours)
50	Allowed exposure level	8
200	Slight headache. sensation of uneasiness	3
400	Headache. sensation of uneasiness	2
600	Headache, sensation of uneasiness	1
1000...2000	Confusion, headache, nausea	1,5
1000...2000	Balance loss tendency	0.5
2000...2500	Unconsciousness	0.5
4000	Fatal	< 1

ကာဗွန်မိုနော့ဆိုဒ်(CO)ဓာတ်ငွေ့ ပါဝင်မှု နှင့် လက်ခံနိုင်သည့်အချိန်

CO PPM	(Time)	Symptoms
35 PPM	8 hours	Maximum exposure allowed by OSHA in the workplace over an eight hour period.
200 PPM	2-3 hours	Mild headache, fatigue, nausea and dizziness.
400 PPM	1-2 hours	Serious headache- other symptoms intensify. Life threatening after 3 hours.
800 PPM	45 minutes	Dizziness, nausea and convulsions. Unconscious within 2 hours. Death within 2-3 hours.
1600 PPM	20 minutes	Headache, dizziness and nausea. Death within1 hour.
3200 PPM	5-10 minutes	Headache, dizziness and nausea. Death within 1 hour.
6400 PPM	1-2 minutes	Headache, dizziness and nausea. Death within 25-30 minutes.
12,800 PPM	1-3 minutes	Death.

အောက်ပါ ဇယားသည် Singpore Standard 554:2009 IAQ code တွင်ဖော်ပြထားသော လက်ခံနိုင်သည့် (recommended) ကာဗွန်မိုနော့ဆိုဒ်(CO) ဓာတ်ငွေ့ ပါဝင်မှု (level) သည် 9 PPM ဖြစ်သည်။

၇.၈.၂ Understanding of basement car park Mechanical Ventilation System Design

Basement car park monitoring system ကို ဒီဇိုင်းပြုလုပ်သူ သို့မဟုတ် ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းရန် တာဝန်ရှိသူ တစ်ယောက်သည် basement car park mechanical ventilation system ၏ အခြေခံ ဒီဇိုင်း အချက် အလက်များကို သိရှိထားရန် လိုအပ်သည်။ ယခုအခါ basement car park mechanical ventilation system များတွင် ကာဗွန်မိုနော့ဆိုဒ်(CO)ဓာတ်ငွေ့ sensor များ တပ်ဆင်၍ လေထဲတွင် ကာဗွန်မိုနော့ဆိုဒ်(CO) ဓာတ်ငွေ့ ပါဝင်မှုကို အခြေခံကာ MV fan များကို မောင်းကြသည်။ ကာဗွန်မိုနော့ဆိုဒ် (CO)ဓာတ်ငွေ့ ပါဝင်မှု နည်းလျှင် MV fan များကို နှေးနှေးမောင်း၍ ပါဝင်မှုများလျှင် မြန်မြန် မောင်းခြင်းဖြင့် စွမ်းအင်ချွေတာ နိုင်သည်။

Car park

ကားများမှ ထွက်လာသော ကာဗွန်မိုနော့ဆိုဒ်များ(carbon monoxide) နှင့် တခြားသော လောင်စာဆီတို့ မီးလောင်မှုကြောင့် ထွက်လာသောအရာများ(other combustion products)ကို ဖယ်ရှားပစ်ရန် အတွက် အဆောက်အဦး အတွင်း ကားထားရာနေရာ များကို ventilation လုပ်ပေးရန် လိုအပ်သည်။

Natural ventilation လုပ်ထားသည့် နေရာမှ လွဲ၍ အဆောက်အဦး အတွင်းရှိ car parking နေရာ များတွင် supply air ပေးခြင်း နှင့် exhaust air ထုတ်ပစ်ခြင်း တို့ ပြုလုပ်နိုင်သော mechanical ventilation system ရှိရမည်။ ထို system သည် တစ်နာရီလျှင် ကားထားရန်နေရာ(car park)၏ ထုထည်(volume) ခြောက်ဆနှင့် ညီမျှသော ပြင်ပ(outdoor air)ကို ထည့်ပေးရမည်။

ရုံးခန်းအဖြစ်အသုံးပြုသော အဆောက်အဦးများ တွင်ရှိသော ကားထားရန်နေရာ(car park)များ တွင် ကားများ မရှိသည့် အချိန်(low occupancy) အချိန်တွင် ကာဗွန်မိုနောဆိုဒ် ပါဝင်မှု ပျမ်းမျှ တစ်နာရီ အတွင်း 25 ppm ထက်မကျော် အောင် ထိန်းထားပြီး လေဝင်လေထွက်နှုန်း(ventilation rate)ကို လျှော့ချ နိုင်သည်။

Residential parking area များရှိ လေထဲတွင်ကာဗွန်မိုနော့ဆိုဒ်များပါဝင်နေမှု သည် 25 ppm averaged over an hour period ထက်နည်းပါက Ventilation fan များကို ပိတ်ပစ်(switch off)နိုင်သည်။

Car park ventilation တွင် supply air အပိုင်း(part) နှင့် exhaust air အပိုင်း(part) ဟူ၍ နှစ်မျိုး ရှိသည်။ Exhaust air ၏ ၅၀% ကို မျက်နှာကျက်နား(high level) မှ စုပ်ယူရမည်။ Exhaust air ၏ ကျန် ၅၀% ကို ကြမ်းပြင်အနီး(low level) မှ စုပ်ယူရမည်။

Low level ဟုသတ်မှတ် ရာတွင် လေစုပ်ယူသည့် အပေါက်(exhaust air grille)၏ အမြင့်ဆုံး အနား သည် အချောသတ်ပြီးသား ကြမ်းပြင်(finished floor) မှ 650 mm မပိုစေရ။

Supply air intake သည် အဆောက်အဦး ၏ လေစွန့်ထုတ်ပေါက်(exhaust discharge opening)မှ အနည်းဆုံး (၅)မီတာထက် ပိုဝေးသော နေရာတွင်ရှိရမည်။

Car park အတွင်းးရှိ Supply air outlet များသည် နေရာတိုင်းကို လုံလောက်သောလေ ရရှိအောင် ပြုလုပ်ထား ရမည်။

Car park exhaust air ကို စွန့်ထုတ်သည့်(discharge)နေရာ သည် လေဝင်ပေါက်(air intake opening)၊ တံခါးပေါက်(doorway) စသည်တို့မှ အနည်းဆုံး (၅)မီတာ ကွာဝေးရမည်။ စွန့်ထုတ်လေ(exhaust air)ကို အဆောက်အဦး အတွင်းသို့ ပြန်လည်မဝင် ရောက်နိုင်အောင် စီမံ ထားရမည်။

အနီးအနားရှိ တခြားသော အဆောက်အဦးများ ရှိရာဘက်သို့ မိမိအဆောက်အဦးမှ စွန့်ထုတ်လေ (exhaust air)များ မှုတ်ထုတ်ခြင်း မပြုရ။

မြေညီထပ်ထက်မြင့်သည့်အထပ်တွင် ရှိသော ကားထားရန်နေရာ (Aboveground car park)

မြေညီထပ်ထက်မြင့်သည့် အထပ်တွင် ရှိသော ကားထားရန်နေရာ (aboveground car park) အတွက် smoke purging system တပ်ဆင်ရန် လိုအပ်ခဲ့ပါက၊ code of practice for fire precaution in building မှ အချက်များ အတိုင်း တပ်ဆင်ရမည်။

Aboveground car park တွင် cross ventilation ပြုလုပ်ထားခြင်း မရှိပါက လေဝင်ပေါက်(opening) နေရာမှ (၁၂)မီတာ(12m) ထက်ပိုဝေးသည့် နေရာများအတွက် natural ventilation လေပေါက်များ (openings)ကို ၁၅%ထက် ပိုများအောင် ပြုလုပ် ပေးထားရမည်။

Natural Ventilation နှင့် Mechanical Ventilation တို့တွဲ၍ လည်း အသုံးပြု သည့်အခါ

(က) Supply air ပေးရန်မလို။ တပ်ဆင်ရန် မလို။

(ခ) Exhaust air system သည့် 1.2 air change per hour ဖြစ်ရမည်။

(ဂ) လေထုတ်ပေါက်(extraction point) များသည် low level တွင်သာ ထားရှိရမည်။ Exhaust grille ၏ ထိပ်အစွန်းသည် အချောသတ်ပြီးသားကြမ်းခင်း(finished floor)မှ 650 mm ထက်ပို မမြင့်စေရ။

Natural ventilation အတွက် အပေါက်များ(openings)၏ ဧရိယာသည် mechanical ventilation နေရာအကျယ်၏ ၂% ထက်များပါက supply part ရှိရန်မလို။

မြေအောက်တွင်ရှိသည့် ကားထားရန်နေရာ (Basement Car Park)

မြေအောက်တွင်ရှိသည့် ကားထားရန်နေရာ(basement car park)များတွင် တပ်ဆင်ထားသည့် mechanical ventilation system များတွင် အစားထိုး ထည့်ပေးသည့် လေထုထည်(supply air volume rate)ပမာဏ သည် စွန့်ထုတ်သည့်လေထွက်နှုန်း(exhaust air volume rate)ပမာဏထက် ပိုမများစေရ။ ထိုသို့ ပိုမများခြင်းကြောင့် car park တစ်ခုလုံးသည် negative pressure ဖြစ်နေလိမ့်မည်။ Negative pressure ဖြစ်နေခြင်းကြောင့် car park အတွင်းရှိ noxious gases များ လူများရှိနေရာ တခြားသော နေရာများသို့ ရောက်ရှိသွားခြင်းမှ ကာကွယ်နိုင်သည်။

အောက်တွင်ဖော်ပြထားသော ဒီဇိုင်းလိုအပ်ချက်(design requirement) နှင့် ကိုက်ညီစေရမည်။

(က) Fan များချို့ယွင်းခြင်း(break down)ဖြစ်သည့် အခါမျိုးတွင် air flow capacity ၏ တစ်ဝက်ကျော်ကျန်အောင်၊ ဆက်လက်မောင်း(run) နေနိုင်အောင် ဒီဇိုင်းလုပ်ရမည်။ Car park တစ်ခုလုံးတစ်ပြိုင်နက်ချို့ယွင်းခြင်း(break down) မဖြစ်အောင် အနည်းဆုံး နှစ်ပိုင်းခွဲ၍ ဒီဇိုင်းပြုလုပ်ထားရမည်။

(ခ) Duct section များအားလုံးကို common duct work ဖြင့် မောင်းနိုင်အောင် ပြုလုပ်ထားနိုင်သည်။

(ဂ) Duct section များ တစ်ခုချင်းစီ မောင်း(operate)နိုင်အောင် control လုပ်နိုင်အောင် ပြုလုပ်ထားမည်။ အကြောင်း တစ်ခုခုကြောင့် စက်ချွတ်ယွင်းသည့်အခါမျိုးတွင်(in the event of failure) တခြားသော section များ ဆက်လက် မောင်းနိုင်အောင် ပြုလုပ်ထားရမည်။

(ဃ) Exhaust air အပိုင်း နှင့် supply air အပိုင်းတို့ကို interlock လုပ်ထားရမည်။ Exhaust air အပိုင်းမှ ပျက်လျှင် supply air အပိုင်းကို ပိတ်ပစ်(shutdown)ရမည်။ Supply air အပိုင်းမှ ပျက်လျှင် (မမောင်းထားလျှင်) exhaust air ကို ပိတ်ပစ်(shutdown)ရမည်။

(င) Exhaust အပိုင်းနှင့် supply အပိုင်းတို့သည် principle source electrical supply မရှိခဲ့သော် သို့မဟုတ် failure ဖြစ်ခဲ့သော် အလိုလျောက် ဆက်လက်မောင်း(operate) နေရမည်။ (Emergy generator ဖြင့် မောင်းနိုင်အောင် ကေဘယ်ကြိုး(power cable) များကို တပ်ဆင်ထားရမည်။)

တစ်ထပ်ထက် ပိုများသည့် basement car park များဖြစ်လျှင် တစ်ထပ် နှင့် တစ်ထပ်အကြား လေများ မရောနှောသွားအောင်(intermixing မဖြစ်အောင်) ဒီဇိုင်း လုပ်ထားရမည်။

၇.၈.၃ Basement Car Park Carbon Monoxide Monitoring System's Design Consideration

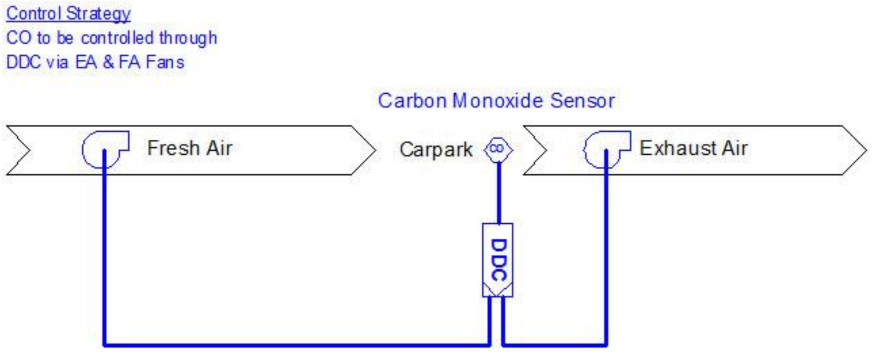
အလွန်ကြီးမားသော basement car park များတွင် ဇုံ(zone)များခွဲ၍ supply fan နှင့် exhaust fan များကို တပ်ဆင်လေ့ရှိသည်။ ဇုံ(zone)တစ်ခု အတွင်း၌လည်း တစ်လုံးထက်ပိုသော exhaust fan များ အတွဲလိုက် တပ်ဆင် ထားလေ့ရှိသည်။

> Car park တစ်ခုအတွင်း သို့မဟုတ် ဇုံ(zone)တစ်ခု အတွင်း၌ supply နှင့် exhaust fan အရေအတွက်တူသည်ဖြစ်စေ မတူသည်ဖြစ်စေ supply air flow rate နှင့် exhaust air flow rate တို့ တူညီရန် လိုအပ်သည်။

ပုံ ၇- ၅၈ မြေအောက်ကားရပ်နားရန် နေရာလေဝင်လေထွက် duct များ (basement car park duct)

Basement car park ၏ mechanical ventilation system သည် Singapore Standard 530 (ယခင်အခေါ် Code of Pracitce 13)အရ ဒီဇိုင်းပြုလုပ်ကာ တပ်ဆင်ရမည်။ သို့သော် SS530(CP13)သည် ဒီဇိုင်းလုပ်ခြင်း(design)နှင့် တပ်ဆင်ခြင်း(installation) ပြုလုပ်ရန်အတွက် ညွှန်ကြားချက်(guide line)ဖြစ်သာဖြစ်သည်။ Operation အတွက် အဆောက်အဦး သဘာဝ(office ၊ shopping center စသည့်)နှင့် ကိုက်ညီအောင် သင့်လျော်သလို ပြုလုပ်ကြသည်။

Singapore Standard 554:2009 IAQ နှင့် Singapore Standard 553:2009 သည် basement car park monitoring system ကို မောင်းနှင်လည်ပတ်(operation)ရန်အတွက် ညွှန်ကြားချက်(guide line)သာ ဖြစ်သည်။



ပုံ ၇- ၅၉ Basement car park monitoring system- Controller wiring diagram

Basement car park monitoring system ၏ အရိုးရှင်းဆုံး ဒီဇိုင်းသည် basement car park အတွင်းတွင် ကာဗွန်မိုနောဆိုဒ်(CO)ဓာတ်ငွေ့ sensor များတပ်ဆင်၍ supply fan နှင့် exhaust fan ကို လိုအပ်သည့် အခါမှသာ မောင်းခြင်းဖြစ်သည်။

လေထဲတွင် ကာဗွန်မိုနောဆိုဒ် ပါဝင်မှု (Compliance of Carbon Monoxide Content)

Singapore Standard 554:2009 IAQ အရ အခန်းအတွင်းလူများရှိနေရာ (indoor occupied space)နေရာများ၊ များ နှင့် လူများနေထိုင် အလုပ်လုပ်ကိုင်သည့် နေရာများအတွက် လက်ခံနိုင်သည့် (recommended) ကာဗွန်မိုနောဆိုဒ်(CO)ဓာတ်ငွေ့ ပါဝင်မှု(level)သည် 9 PPM ဖြစ်သည်။

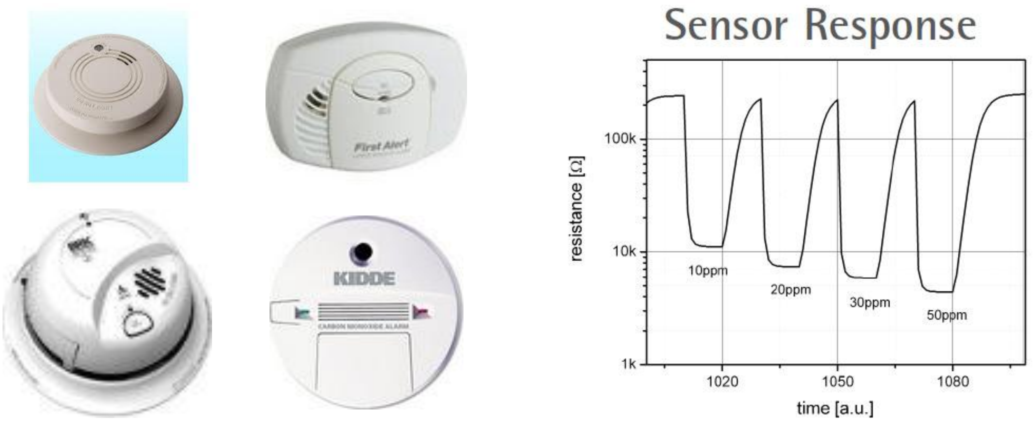
သို့သော် basement car park အတွင်းရှိ လေထဲတွင် ကာဗွန်မိုနောဆိုဒ်(CO)ဓာတ်ငွေ့ ပါဝင်မှု (content)ကို Singapore Standards 553 - (Formerly CP 13)အရ တစ်နာရီအတွင်း ပျမ်းမျှ 25 ppm အထိ ခွင့်ပြုသည်။

ထို့ကြောင့် basement car park monitoring system သည် car park အထပ် တစ်ခုအတွင်း သို့မဟုတ် ဇုံ(zone)တစ်ခုအတွင်းတွင် ကာဗွန်မိုနောဆိုဒ်(CO)ဓာတ်ငွေ့ sensor ၏ reading အရ 9 PPM သို့ရောက်လျှင် supply fan နှင့် exhaust fan များကို ပိတ်(shutdown)ရန် နှင့် 25 PPM သို့ ရောက်ရှိပါက supply fan နှင့် exhaust fan များကို ပြန်လည်မောင်းနှင်ရန် ဖြစ်သည်။

၇.၈.၄ ကာဗွန်မိုနောဆိုဒ်(CO)ဓာတ်ငွေ့ Sensor

ကာဗွန်မိုနောဆိုဒ်(CO)ဓာတ်ငွေ့ sensor များ၏ အာရုံခံနိုင်သည့်အတိုင်းအတာ(sensitivity range) အလွန်အရေးသည်။ Sensing range ဆိုသည်မှာ လေထဲတွင် ကာဗွန်မိုနောဆိုဒ်(CO) ဓာတ်ငွေ့ ပါဝင်မှုကို sensor သည် အကွာအဝေး မည်မျှအထိ ရောက်အောင် သိ(sense)နိုင်သည်ကို ဆိုလိုသည်။

ကာဗွန်မိုနောဆိုဒ်(CO)ဓာတ်ငွေ့ sensor ၏ sensing range ကို အချင်း(diameter) သို့မဟုတ် အချင်းဝက် (radius)ဖြင့် ဖော်ပြလေ့ရှိသည်။ ထို့ကြောင့် ကာဗွန်မိုနောဆိုဒ်(CO)ဓာတ်ငွေ့ sensor များကို စနစ်တကျ နေရာချခြင်း(positing) ပြုလုပ်နိုင်ရန် အရေးကြီးသည်။ စနစ်တကျ နေရာချခြင်း(positing) မပြုလုပ်ပါက sensor များသည် car park zone တစ်ခုလုံးအား complete coverage ဖြစ်နိုင်လိမ့်မည် မဟုတ်ပေ။ လိုအပ်သည့် ကာဗွန်မိုနောဆိုဒ် (CO)ဓာတ်ငွေ့ sensor အရေအတွက်ထက် ပို၍ တပ်ဆင်ထားမိခြင်း ဖြစ်နိုင်သည်။



ပုံ ၇- ၆၀

သင့်လျော်သော အာရုံခံနိုင်သည့်အတိုင်းအတာ(sensitivity range)သည် 0.5 - 200 ppm အတွင်း ဖြစ်သည်။ သတိပြုရန်အချက်မှာ ပိုများသော ppm ကို အာရုံသိရှိခံနိုင်(detect) လုပ်ရန်အတွက် အချိန်ကြာကြာ ပိုလိုအပ်သည်။

ကာဗွန်မိုနော့ဆိုဒ်(CO)ဓာတ်ငွေ့ sensor များ၏ signal output သည် 0 to 10 Volt DC သို့ 4 to 20mA ဖြစ်ကြသည်။ ဈေးကွက်တွင် ကာဗွန်မိုနော့ဆိုဒ်(CO)ဓာတ်ငွေ့ sensor နှင့် controller တွဲလျက်ပါရှိသော module များရှိသည်။

Controller များ

Basement car park carbon monoxide monitoring and demand control system ၏ controller များမှာ Direct Digital Controller (DDC)များ သို့မဟုတ် Programable Logic Controller(PLC)များ ဖြစ်ကြသည်။ Controller များ၏ တာဝန်မှာ ကာဗွန်မိုနော့ဆိုဒ်(CO)ဓာတ်ငွေ့ sensor များ၏ output တန်ဘိုး(value)များကို ဖတ်ရန် နှင့် သတ်မှတ်ထားသည့် algorithm အတိုင်း car park fan များကို မောင်းနှင်ပေးရန် ဖြစ်သည်။

၇.၈.၅ Control Strategies နှင့် သတိပြုရန်အချက်များ

Singapore Standard 554:2009 IAQ အရ လက်ခံနိုင်သည့်(recommended) ကာဗွန်မိုနော့ဆိုဒ် (CO)ဓာတ်ငွေ့ပါဝင်မှု(level)သည် 9 PPM ဖြစ်သည်။ OSHA ၏ ခွင့်ပြုချက်အရ 35 PPM ရှိသော လေထုနေရာတွင် (၈)နာရီကြာ နေထိုင်လုပ်ကိုင် နိုင်သည်။ (Maximum exposure allowed by OSHA in the workplace over an eight hour period.)။ ထိုအချက်နှစ်ခုကို အခြေခံ၍ ဇုံတစ်ခုအတွင်းတွင်ရှိသော car park fan များသည် ကာဗွန်မိုနော့ဆိုဒ် (CO)ဓာတ်ငွေ့ level 9 PPM တွင် shutdown လုပ်ရန်ဖြစ်ပြီး ကာဗွန်မိုနော့ဆိုဒ်(CO)ဓာတ်ငွေ့ level 35 PPM တွင် ပြန်လည် စတင်မောင်းနှင်ရန် ဖြစ်သည်။

Singapore Standard 530(Code of Practice 13)အရ car park များ ၏ ventilation system ကို "Normal Mode" တွင် 6 air change ဖြင့် ဒီဇိုင်းပြုလုပ်ကြသည်။ ထို 6 air change သည် car park တစ်ခုလုံးအတွက် ကားအဝင်အထွက်များချိန်ကို ရည်ရွယ်၍ ဒီဇိုင်းပြုလုပ်ခြင်းဖြစ်သည်။ သို့သော် office building ၏ basement car park သည် ရုံးတက်ချိန်၊ ရုံးဆင်းချိန် နှင့် နေ့လည် ထမင်းစားချိန်၌သာ ကားအဝင် အထွက်များသည်။ ကျန်အချိန်များတွင် ကားအဝင်အထွက် မရှိသလောက် နည်းသည်။

ကာဗွန်မိုနော့ဆိုဒ်(CO)ဓာတ်ငွေ့ ပါဝင်မှု(level)လိုအပ်ချက်အရ basement car park fan များမောင်းရန် လိုအပ်သော အချိန်မှာ (၆)နာရီထက် နည်းသည်။ သို့သော် office building ၏ basement car park များသည် နံနက် ၆:၃၀ စတင်၍ ည ၉:၀၀ အထိ မောင်းကြသည်။ ထို့ကြောင့် လေထဲတွင် ကာဗွန်မိုနော့ဆိုဒ်(CO)ဓာတ်ငွေ့ ပါဝင်မှု(level) အရ မလိုအပ်သည့် အချိန်များတွင် basement car park fan ကို ပိတ်ဖြစ်ခြင်းဖြင့် စွမ်းအင်ချွေတာမှု (energy saving) ပြုလုပ်နိုင်သည်။

အချို့သော basement car park fan များတွင် Variable Speed Drive(VSD)တပ်ဆင်ထားကြသည်။ ထို Variable Speed Drive(VSD)တပ်ဆင်ထားသော basement car park fan ကို လုံးဝပိတ်ဖြစ်နိုင်သလို VSD ဖြင့် မြန်နှုန်း(speed) လျှော့ချခြင်း ပြုလုပ်နိုင်သည်။

သတိပြုရန်အချက်မှာ အဆောက်အဦး ၏ "Fire Mode" ဖြစ်သည်။ Fire code အရ "Fire Mode" တွင် basement car park fan အားလုံးသည် 9 air change ဖြင့်မောင်းရမည်ဖြစ်သည်။ ထိုအချက်သည် control strategies နှင့် wiring ပြုလုပ်သည့်အချိန်တွင် အလွန်အရေးကြီးသည်။ ထိုအချက်ကို သတိမပြုမိပါက မီးသတ်ဌာနက စစ်ဆေးမှု(fire inspection) ပြုလုပ်သည့်အချိန်တွင် ခွင့်ပြု(pass)လိမ့်မည် မဟုတ်ပေ။

၇.၈.၆ စွမ်းအင်ချွေတာနိုင်မှုကို တွက်နည်း (Energy Saving) ဥပမာ

အဆောက်အဦးတစ်ခု၏ basement car park တွင် car park supply air fan (၄)လုံး(15kW)နှင့် exhaust air fan (၄)လုံး(15kW)ရှိသည်။ ထို အဆောက်အဦးသည် တနင်္လာနေ့မှ သောကြာနေ့အထိ နံနက်(၇)နာရီမှ ည(၆)နာရီ အထိ fan များကို မောင်းရသည်။(11 hrs)။ ထို basement car park သည် ကာဗွန်မိုနော့ဆိုဒ်(CO)ဓာတ်ငွေ့ monitoring system မတပ်ဆင်ရသေးချိန်တွင် နံနက်(၇)နာရီမှ ည(၆)နာရီ အထိ အချိန်ပြည့် fan များကို မောင်းရသည်။

Carbon monoxide monitoring system တပ်ဆင်လိုက် ခြင်းကြောင့် တစ်နေလုံးတွင် ပျမ်းမျှ(၆)နာရီသာ မောင်းရန် လိုအပ်လျှင် တစ်နှစ်အတွင်း kWh မည်မျှချွေတာ(save) နိုင်မည်နည်း။ 1 kWh လျှင် $0.2369/kWh ဖြစ်လျှင် ကုန်ကျစရိတ် မည်မျှ သက်သာမည်နည်း။

Week Days

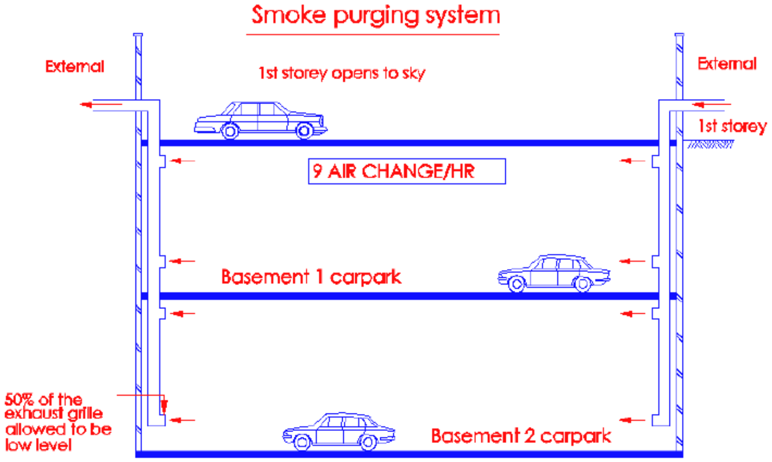
4 No of car park supply air fan	15 kW
4 No of car park exhaust air fan	15 kW
Existing Load	30 kW
Existing kWh	30kW x 11 hrs x 5 days x 52 Weeks
	85,800kWh
Estimated kW after complementation	23.5kW x 6 hrs x 5 days x 52 Weeks
	46,800kWh
Estimated kWh Saving	67,219kWh - 24,449kWh
	39,000kWh per year
Estimated kWh Cost Saving	39,000kWh x $0.2369/kWh
	9,239 S$ per year

စွမ်းအင်ချွေတာမှု(energy saving) မည်မျှ ဖြစ်သည်ကို တွက်ရန် sensor များတပ်ဆင်ပြီးသား car park အတွက် မခက်ခဲပါ။ Car park fan များ တစ်နေ့လျှင် အချိန်မည်မျှ(နာရီမည်မျှ)မောင်းသည်ကို တိုင်းတာနိုင်သည်။

သို့သော် car park တစ်ခုကို CO sensor monitoring system မတပ်ဆင်မီ တစ်နှစ်လျှင် သို့မဟုတ် တစ်လလျှင် စွမ်းအင်ချွေတာမှု(energy saving) မည်မျှရနိုင်သည်ကို ခန့်မှန်းရန်နှင့် system ကို တပ်ဆင်ခ

ကုန်ကျစရိတ်ကို စွမ်းအင်ချွေတာမှု(energy saving)မှ ပြန်ရရန် နှစ်ပေါင်း မည်မျှကြာအောင် (pay back period) စောင့်ရမည်ဟု အာမခံပေးရန် အလွန်ခက်ခဲသည်။

၇.၉ Mechanical Smoke Purging System for Basement Car Park



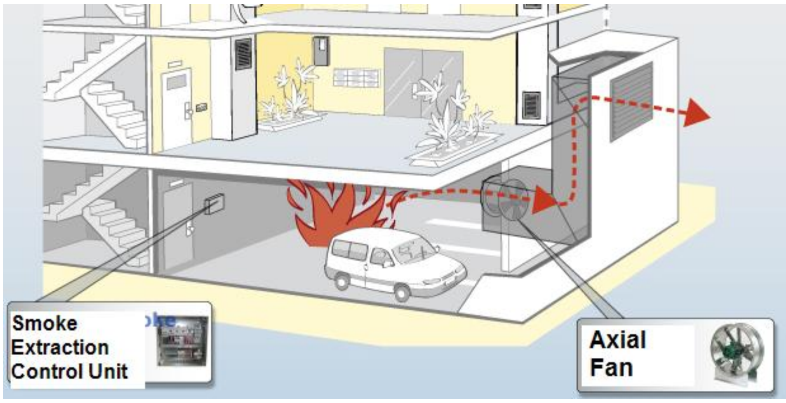
ပုံ ၇-၆၁ Smoke purging system

မြေအောက်ကားရပ်နားရန်နေရာ(basement car park)အတွက် natural ventilation နှင့် မလုံလောက်ပါ။ ထို့ကြောင့် mechanical ventilation system တပ်ဆင်ရန် လိုအပ်ပါသည်။ သာမန်အချိန်တွင် mechanical ventilation system သည် တစ်နာရီလျှင် အခန်းထုထည်၏(၆)ဆနှင့် ညီမျှသော လေလည်ပတ်နှုန်း(6 air change per hour)ဖြစ်ရန် လိုအပ်သည်။ 6 air change per hour ဆိုသည်မှာ တစ်နာရီလျှင် အခန်း သို့မဟုတ် basement car park နေရာ၏ ထုထည်(volume) (၆)ဆ နှင့် ညီမျှသော လေကိုလည်ပတ်ပေးရန် လိုအပ်သည်ဟု ဆိုလိုသည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် basement car park B1 ၏ ထုထည်မှာ 30,000 m^3 ရှိလျှင် ထို B1 အတွက် 180,000 CMH လိုအပ်သည်။

Centrilized air conditioning တပ်ဆင် ထားသည့် အဆောက်အဦးများတွင် ACMV Service အတွက် “Normal Mode” နှင့် “Fire Mode” ဟူ၍ operation mode နှစ်မျိုး ရှိသည်။ အဆောက်အဦး M&E service များ ထုံးစံအတိုင်း ပုံမှန်လည်ပတ်နေသည့် အချိန်ကို “Normal Mode” ဟုဆိုလိုသည်။ “Fire Mode” ဆိုသည်မှာ အဆောက်အဦး၏ main fire alarm panel activated ဖြစ်သည့်အခါကို ဆိုလိုသည်။ အဆောက်အဦးတစ်ခု “Fire Mode” ရောက်သည့်အခါ သို့မဟုတ် main fire alarm panel မှ activated ဖြစ်သည့် အခါ ACMV Service တွင် လုပ်ဆောင်စရာများစွာ ရှိသည်။ အဆောက်အဦးတစ်ခု “Fire Mode” ရောက်သည့်အခါ သို့မဟုတ် main fire alarm panel မှ activated ဖြစ်သည့်အခါ ACMV service တွင် မီးဘေးကာကွယ်ရေး၊ မီးခိုးများမပျံ့နှံ့ရေး စသည့် လုပ်ဆောင်စရာများစွာ ရှိသည်။

Fire Alarm System activated ဖြစ်သည့် အခါ လုပ်ဆောင်ရမည့် ကိစ္စများ

- Shutting down of Air Handling Units of the affected areas
- Closing of smoke check doors for segregation of affected areas from non-affected areas
- Start-up of pressurization fans
- Start-up of smoke extraction fans (mechanical smoke control)
- Public Address System
- Grounding of all elevators



Smoke purging system သည် အဆောက်အဦး၏ main fire alarm panel မှ activated ဖြစ်သည့်အခါ လေလည်ပတ်နှုန်းကို 6 air change per hour မှ 9 air change per hour ပြောင်းလဲရန် လိုအပ်သည်။

ပုံ ၇-၆၂ Basement car park smoke extraction system

ကြမ်းခင်းဧရိယာ (၁၉၀၀)စတုရန်းမီတာ [1,900 m^2] ထက်ပိုများသည့် basement car park များတွင် smoke purging system ကို မဖြစ်မနေ တပ်ဆင်ထားရန် လိုအပ်သည်။

Smoke purging system မှ fan များကို အနီး၌ရှိသော FCC room အတွင်းရှိ remote panel မောင်းနှင်နိုင်ရမည်။ FCC room မရှိသည့် အဆောက်အဦးများတွင် smoke purging system မှ fan တို့ကို မောင်းရန်အတွက် panel များကို gurad hosue တွင်ထားနိုင်သည်။ ထို့အပြင် smoke purging system မှ fan မောင်းနေသည် သို့ ရပ်နေသည်ကို သိရှိရန် အတွက် မီးလုံးငယ်ကလေးများ(indication lights)ဖြင့် ဖော်ပြသည်။ Smoke purging system မှ duct များကို အထူ 1.2 mm ရှိသော သတ္တုပြား(heavy gauge sheet metal) များဖြင့် ပြုလုပ်ထားရမည်။

Exhaust fan rating သည် အပူချိန် 250°C ၌ နှစ်နာရီကြာအောင် မပျက်မစီးဘဲ မောင်းနေနိုင်ရမည်။ (exhaust fan rating : 250°C @ 2 hrs)

Smoke purging system fan မောင်းရန်အတွက် လိုအပ်သော လျှပ်စစ်ဓာတ်အား(electrical power supply)ကို generator power supply သို့မဟုတ် emergency power supply ဖြင့် ဆက်သွယ်ထားရမည်။

Smoke purging system တွင် supply air fan နှင့် exhaust air fan ဟူ၍ fan နှစ်မျိုးရှိသည်။ Supply air fan သည် basement car park အတွင်းသို့ ပြင်ပမှလေများကို မောင်းထည့်သည့် fan များ ဖြစ်ကြသည်။

Exhaust air fan သည် basement car park အတွင်းမှ လေများကို ပြင်ပသို့ စုပ်ထုတ်သော fan များဖြစ်ကြသည်။ Exhaust air fan များကို မမောင်းဘဲ supply air fan များကို မောင်း၍ မရအောင် ဝါယာကြိုး(hardwire)ဖြင့် inter-locking ပြုလုပ်ထားရမည်။ ထိုသို့ inter-locking ပြုလုပ်ထားရသည့် အကြောင်းမှာ မီးလောင်ခြင်း မတိုးပွားအောင် ကာကွယ်တားဆီးရန်ဖြစ်သည်။ Exhaust air fan များကို မမောင်းဘဲ supply air fan များသာ မောင်းနေသည့် မြေအောက်ကားရပ်နားရန်နေရာ(basement car park) တစ်ခုတွင် မီးစတင် လောင်သည့်အခါ ငြိမ်းသတ်ရန် အလွန်ခက်ခဲသည်။ မီးသည် ခဏအတွင်း၌ပင် အရှိန်ပြင်းစွာ လောင်ကျွမ်းသည်။ Supply air fan က မီးလောင်လွယ်သည့် အောက်စီဂျင်ဓာတ်ငွေ့(လေ)ကို မီးတောက်ကောင်းအောင် မှုတ်ပေးသကဲ့သို့ ဖြစ်လိမ့်သည်။

၇.၁၁ ပြင်ပလေလိုအပ်ချက်(Outdoor Air Requirement)

လူများသည် အောက်စီဂျင်ကို ရှူသွင်း၍ ကာဗွန်ဒိုင်အောက်ဆိုဒ်ကို ရှူထုတ်ကြသည်။ အခန်းတစ်ခု အတွင်း၌ လူများအချိန်ကြာမြင့်စွာ ရှိနေကြလျှင် အခန်းအတွင်းရှိ လေထဲတွင် အောက်စီဂျင်ပါဝင်မှု(oxygen concentration) တဖြည်းဖြည်း နည်းပါးသွားကာ ကာဗွန်ဒိုင်အောက်ဆိုဒ်ပါဝင်မှု(carbon dioxide concentraion) တဖြည်းဖြည်းများလာလိမ့်မည်။ ထိုကြောင့် အခန်းအတွင်း၌ ရှိနေသူများ(occupants) အတွက်

ပြင်ပလေ ထည့်ပေးရန် လိုအပ်သည်။ ပြင်ပမှ ထည့်ပေးသည့် လေသည် သန့်ရှင်းလတ်ဆတ်သည့် လေများ (fresh air) ဖြစ်ရမည်။

ပြင်ပလေလိုအပ်ချက်(outdoor air requirement)သည် အခန်းအမျိုးအစားကို လိုက်၍လည်းကောင်း၊ အခန်းတခုတွင်း၌ ရှိနေသူများ(occupants) အနည်း၊ အများကိုလိုက်၍ လည်းကောင်း လုံလောက်သည့် ပမာဏ ဖြစ်စေရမည်။

လူတစ်ယောက်(per person) သို့မဟုတ် အခန်းဧရိယာ(per floor area)အတွက် ကို အခြေခံ၍ ပြင်ပလေ (outdoor air) လိုအပ်သည့် ပမာဏကို သတ်မှတ်ဆုံးဖြတ်ကြသည်။

(က) လူတစ်ယောက်အတွက်လိုအပ်သည့် ပမာဏ(air flow rate per person) ကို litres/second/person ဖြင့်ဖော်ပြသည်။ လူတစ်ယောက်လျှင် တစ်စက္ကန့်လျှင် ပြင်ပလေထုထည်လီတာ မည်မျှ လိုအပ်သည်ကို ဆိုလိုသည်။ ဤကဲ့သို့ လူတစ်ယောက်ကို အခြေခံ၍တွက်သည့်နည်း(per person နည်း) ကို ရုံးခန်း၊ ကျောင်းများ စသည်တို့ကဲ့သို့ အမြဲတမ်းရှိနေသည့် လူအရေအတွက်ကို အတိအကျနီးပါးသိလျှင် အသုံးပြုရန် အလွန်သင့်လျော်သည်။ ရုံးများ၊ ကျောင်းများသည့် လေအရည်အသွေး(air quality) ကောင်းကောင်းရရန် အလွန်အရေးကြီးသည်။
ဆေးလိပ်သောက်ခွင့်ပြုခြင်း၊ မပြုခြင်းပေါ်တွင် မူတည်၍ နှုန်းများ(rate)ကွဲပြားသည်။ အခန်းအတွင်းရှိ လေထဲတွင်ပါဝင်နေသည့် အညစ်အကြေး(contamination)များ အပေါ်မူတည်၍ ပြင်ပလေထည့်ပေးရမည့် နှုန်းများ(rate) ကွဲပြားသည်။

(ခ) အခန်းတစ်ခု၏ ကြမ်းခင်းဧရိယာ(per floor area) ကို အခြေခံ၍ လိုအပ်သည့် ပြင်ပလေ ပမာဏကို litres per second per metre squared($l/s/m^2$) ဖြင့်ဖော်ပြသည်။ ဤနည်းကို အခန်း သို့မဟုတ် နေရာ အတွင်း ရှိနေသည့် လူအရေအတွက် အတိအကျမသိနိုင်သည့် နေရာများ နှင့် လူအဝင်အထွက်များသည့် နေရာများ (အခန်းအတွင်း၌ ရှိနေကြသူများ ကြိုက်သလိုဝင်ထွက်ကြသည့်နေရာမျိုး နှင့် ထိုလူများရှိနေမည့် အချိန်ကို မသိနိုင်သည့်အခါမျိုး) အတွက်သင့်လျော်သည်။

(ဂ) အခန်းထုထည်(volume of the space)ကို အခြေခံ၍ လေစီးနှုန်း(air flow rate)ကို Air Change rate per Hour(ACH-1) ဖြင့် ဖော်ပြလေ့ရှိသည်။ Air change rate per hour ကို infiltration rate ဖော်ပြသည့် အခါတွင်လည်း အသုံးပြုသည်။ Ventilation နှင့် infiltration တို့ မှား၍ အသုံးမပြုမိစေရန် သတိထား သင့်သည်။

နွေးရာသီ(heating system)ဖြစ်စေ၊ ဆောင်းရာသီ(cooling system)ဖြစ်စေ လိုအပ်သည့် ပြင်ပလေ ပမာဏ(outdoor air requirements)သည် တူညီကြသည်။

၇.၁၀.၁ ASHRAE Standard 62.1 - 2004 (Minimum Ventilation Rates)

၂၀၀၄ ခုနှစ်တွင် ASHRAE မှ ပြဌာန်းသည့် ASHRAE Standard 62.1- 2004 (minimum ventilation rates) မှ အချက်အချို့ကို အလွယ်တကူ ကိုးကားနိုင်ရန် ကောက်နုတ်ဖော်ပြထားသည်။

Occupancy Category	Outdoor Air Rate (1)		Default Values (2)		
	People CFM/Person	Area CFM/SF	Occupant Density People/1,000 SF	CFM per Person	CFM per SF
Correctional Facilities					
Cell	5.0	0.12	25	10	0.25
Day Room	5.0	0.06	30	7	0.21
Guard Stations	5.0	0.06	15	9	0.14
Booking/Waiting	8.	0.06	50	9	0.44

Educational Facilities					
Daycare (through age 4)	10.0	0.18	25	17	0.43
Classrooms (ages 5 to 8)	10.0	0.12	25	15	0.37
Classrooms (ages 9 plus)	10.0	0.12	35	13	0.47
Lecture Classroom	8.	0.06	65	8	0.55
Lecture Hall (fixed seats)	8.	0.06	150	8	1.
Art Classroom	10.0	0.18	20	19	0.38
Science Laboratories	10.0	0.18	25	17	0.43
Wood/Metal Shop	10.0	0.18	20	19	0.38
Computer Lab	10.0	0.12	25	15	0.37
Media Center	10.0	0.12	25	15	0.37
Music/Theater/Dance	10.0	0.06	35	12	0.41
Multiuse Assembly	8.	0.06	100	8	0.8
Food and Beverage Service					
Restaurant Dining Rooms	8.	0.18	70	10	
Cafeteria/Fast Food	8.	0.18	100	9	0.93
Bars/Cocktail Lounges	8.	0.18	100	9	0.93
General					
Conference/Meeting	5.0	0.06	50	6	0.31
Corridors	-	0.06	-	-	0.06
Storage Rooms	-	0.12	-	-	0.12
Occupancy Category	Outdoor Air Rate (1)		Default Values (2)		
	People CFM/Person	Area CFM/SF	Occupant Density People/1,000 SF	CFM per Person	CFM per SF
Hotel, Motels, Resorts, Dormitories					
Bedroom/Living Room	5.0	0.06	10	11	0.11
Barracks Sleeping Areas	5.0	0.06	20	8	0.16
Lobbies/Prefunction	8.	0.06	30	10	0.29
Multipurpose Assembly	5.0	0.06	120	6	0.66
Office Buildings					
Office Space	5.0	0.06	5	17	0.09
Reception Areas	5.0	0.06	30	7	0.21
Telephone/Data Entry	5.0	0.06	60	6	0.36
Main Entry Lobbie	5.0	0.06	10	11	0.11
Miscellaneous Spaces					
Bank Vault/Safe Deposit	5.0	0.06	5	17	0.09
Computer (not printing)	5.0	0.06	4	20	0.08
Pharmacy (prep area)	5.0	0.18	10	23	0.23
Photo Studios	5.0	0.12	10	17	0.17
Shipping/Receiving	-	0.12	-	-	0.12
Transportation Waiting	8.	0.06	100	8	0.81
Warehouses	-	0.06	-	-	0.06

Public Assembly Spaces
Auditorium Seating Area 5.0 0.06 150 5 0.81

Occupancy Category	Outdoor Air Rate		Default Values		
	People CFM/Person	Area CFM/SF	Occupant Density People/1,000 SF	CFM per Person	CFM per SF
Places of Religious Worship	5.0	0.06	120	6	0.66
Courtrooms	5.0	0.06	70	6	0.41
Legislative Chambers	5.0	0.06	50	6	0.31
Libraries	5.0	0.12	10	17	0.17
Lobbies	5.0	0.06	150	5	0.81
Museums (children's)	8.	0.12	40	11	0.42
Museums/Galleries	8.	0.06	40	9	0.36
Retail					
Sales (except as below)	8.	0.12	15	16	0.23
Mall Common Areas	8.	0.06	40	9	0.36
Barber Shop	8.	0.06	25	10	0.27
Beauty and Nail Salons	20.0	0.12	25	25	0.62
Pet Shops (animal areas)	8.	0.18	10	26	0.26
Supermarkets	8.	0.06	8	15	0.12
Coin-Operated Laundries	8.	0.06	20	11	0.21
Sports And Entertainment					
Sports Arena (play areas)	-	0.30	-	-	0.30
Gym, Stadium (play area)	-	0.30	30	-	0.30
Spectator Areas	8.	0.06	150	8	1.
Swimming Pool (pool and decks)	-	0.48	-	-	0.48
Disco/Dance Floors	20.0	0.06	100	21	2.
Health Club/Aerobics Rooms	20.0	0.06	40	22	0.86
Health Club/Weight Rooms	20.0	0.06	10	26	0.26
Bowling Alley (seating)	10.0	0.12	40	13	0.52
Gambling Casinos	8.	0.18	120	9	1.
Game Arcades	8.	0.18	20	17	0.33
Sages, Studios	10.0	0.06	70	11	0.76
Healthcare Facilities					
Patient Rooms	25	-	10	25	-
Medical Procedure Rooms	15	-	20	15	-
Operating Rooms	30	-	20	30	-
Recovery and ICU	15	-	20	15	-

Autopsy Rooms	-	0.50	20	-	0.50
Physical Therapy	15	-	20	15	-
Residential Facilities (Single, Multiple)					
Living Rooms	0.35 AC/hr. or 15 CFM/Person whichever is greater				
Kitchens	100 CFM Intermittent 25 CFM Continuous				
Baths, Toilets	50 CFM Intermittent or 20 CFM Continuous				
Garages—separate for each dwelling unit	100 CFM per Car				
Garages—common for several units	1.5 CFM/SF				

၇.၁၁ Supply Air Rate

အခန်း သို့မဟုတ် air con ပေးမည့်နေရာကို ပို့ပေးရန်လိုအပ်သည့် လေပမာဏ(total amount of air flow) ကို "Supply Air" ဟုခေါ်သည်။ ထို supply air သည် 100% outdoor air လည်းဖြစ်နိုင်သည်။ ရာနှုန်းပြည့် ပြန်သုံးထားသည့်လေ(100% re-circulating air)လည်း ဖြစ်နိုင်သည်။ Outdoor air နှင့် re-circulating air တို့ရောနေသည့်လေ လည်းဖြစ်နိုင်သည်။

(က) Heating သို့မဟုတ် cooling load များအတွက် supply air rate ကို litres per second(l/s) သို့မဟုတ် cubic metres per second(m3/s) ဖော်ပြသည်။

(ခ) General ventilation များနှင့် extract system များအတွက် supply air rate ကို Air Changes per Hour(ACH) ဖော်ပြသည်။

Air volume flow calculation များမှ ရသည့်ရလာဒ်များကို စစ်ဆေး(checking)နိုင်သည်။ လေထုထည်(air volume) ကို air change rate သို့ပြောင်းပြီး ထို air change rate သည် ဖြစ်နိုင်ခြေရှိ၊ မရှိကို ပြန်စစ်ဆေးနိုင်သည်။

ဥပမာ - Cooling load အတွက် လေထုထည်(air volume) 2.0 m^3/s သည် 2 air changes per hour ဖြစ်လျှင် ဖြစ်နိုင်ခြေ ရှိသော်လည်း 20 air changes per hour ဆိုလျှင် အလွန် ပြဿနာများမည့် system ဖြစ်လိမ့်မည်။ Conventional ductwork system ဖြစ်လျှင် 20 air changes per hour နှုန်းမှ အလွန်ဆူညံသည့်အသံ(noise) များထွက်လာလိမ့်မည်။

Ventilation ဒီဇိုင်းလုပ်ရာတွင် အသုံးပြုရမည့်Guide line များကို Chartered Institution of Building Services Engineers(CIBSE) Guide B2 ၏ Table 2.9 in section 2.3.2.1 နှင့် Chartered Institution of Building Services Engineers(CIBSE) Guide B Table 2.9 in section 2.3.2.1 တို့တွင်ဖော်ပြထားသည်။

Ventilation Outdoor Air Requirement ကို တွက်ချက်ရန် လိုအပ်သော ဒီဇိုင်း အချက်အလက် (design information) များမှာ-

လူအရေအတွက် (Occupancy)

ထည့်ပေးရမည့် ပြင်ပလေပမာဏ(outdoor air rate)ကို ရရန်အတွက် air con နေရာတွင် ရှိနေမည့် လူများ အရေအတွက် နှင့် လူဝင်လူထွက်ပုံစံ(pattern) ကို သိရန် လိုသည်။

အသုံးပြုပုံ (Use of the Area)

အခန်းကို မည့်သည့်ကိစ္စအတွက် မည်ကဲ့သို့ အသုံးပြုသည်ကို သိရန်လိုသည်။ အခန်း အသုံးပြုပုံကို သိမှသာ လေကိုညစ်ညမ်းစေသည့်အရာများ(source of contamination) နှင့် လေအရည်အသွေး လိုအပ်ချက် (air quality requirements)ကို သိနိုင်သည်။

အခန်းအရွယ်အစား (Size of the Space)

အခန်းအရွယ်အစားကိုသိရန်လိုအပ်သည်။ ဒီဇိုင်းလုပ်ရန် နှင့် လေလဲနှုန်း(air change rate) နည်းဖြင့် ပြန်စစ်ရန်(checking) တို့အတွက် အခန်းအရွယ်အစား သိရမည်။

System design data

Heating load သို့မဟုတ် cooling load မှ တဆင့် လိုအပ်သည့် supply air စီးနှုန်း(flow)ကို သိနိုင်သည်။ Ventilation အတွက် design criteria နှင့်ကိုက်ညီစေရန် လေစီးနှုန်း(air flow) လိုအပ်ချက် မည်မျှရှိရမည်၊ toilet exhaust အတွက် လေလဲနှုန်း(air change) မည်မျှ ရှိရမည် စသည့် အချက်များကို သိထားရမည်။

Design approach

Outdoor air requirements

(က) လူအရေအတွက်(occupancy)ကို အခြေခံ၍ outdoor air rate ကိုတွက်လိုလျှင်

$$\boldsymbol{Required\ Outdoor\ Air\ flow\ Rate = \ Air\ volume(l/s\ per\ person)\ x\ number\ of\ occupants}$$

(ခ) ကြမ်းခင်းဧရိယာ(floor area) ကို အခြေခံ၍ outdoor air rate ကိုတွက်လျှင်

$$\boldsymbol{Required\ Outdoor\ Air\ flow\ Rate = \ Air\ volume(l/s\ per\ m2)\ x\ floor\ area(m^2)}$$

ဥပမာ

ပြတိုက်(museum) တစ်ခုအတွက် အောက်ပါ ဒီဇိုင်း criteria များကို အခြေခံ၍ ventilation rate ကို တွက်ပါ။

Design data

Outdoor air supply rate:	10 l/s/person(လူတစ်ယောက်လျှင် ၁၀ l/s နှုန်း)
Number of occupants:	200 people(လူအယောက် ၂၀၀ ရှိနေမည်ဟု ခန့်မှန်းသည်။)

Calculation procedure

Total outdoor air requirement သည်

$$\boldsymbol{10\ l/s/person\ x\ 200\ people\ =\ 2000\ l/s\ or\ 2.0\ m^3/s}$$

General mechanical ventilation တွက်ရန်ပုံသေနည်း

$$\boldsymbol{Ventilation\ rate(m^3/h) = Air\ Change\ Rate(ach)\ x\ Room\ Volume(m^3)}$$

Air change rate ကို CIBSE Guide B2 Table 3.1 မှ ရယူနိုင်သည်။

$$\boldsymbol{Ventilation\ rate(m^3/s) = Ventilation\ rate(m^3/h)\ /\ 3600}$$

Fresh Air Ventilation Rates တွက်ရန်ပုံသေနည်း

$$\boldsymbol{Fresh\ Air\ Rate(m^3/s)\ = Fresh\ Air\ rate\ per\ person(l/s\ /p)\ x\ number\ of\ occupants}$$

Fresh Air rate per person (l/s per person) ကို CIBSE Guide B2 Table 3.3. ရယူနိုင်သည်။

Design tip: ပုံ(drawing)၌ပါရှိသည့် dimension များအတိုင်း အတိအကျတွက်ပါ။ Drawing မှ length ကို တိုင်း၍တွက်လျှင် မတိကျနိုင်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် ကော်ပီကူးသည့်အခါတွင် စကေးချဲ့ခြင်း၊ ကျုံ့ခြင်းဖြစ် ထားနိုင်သည်။

လေအရည်အသွေး(air quality)ကောင်းရန် အလွန် အရေးကြီးသည့်နေရာမျိုးဖြစ်လျှင် outdoor air လုံလောက်စေရန် အတွက် လိုအပ်သော allowance ထားပေးပါ။ Variable Air Volume(VAV) system

များဖြစ်လျှင် supply air volume condition များအားလုံးအတွက် minimum outdoor air လိုအပ်ချက် ရနိုင်အောင် ပြုလုပ်ထားပေးပါ။

Natural Ventilation နည်း

Habitable room များသည် သဘာဝအတိုင်းလေဝင်ရန်အတွက် အနည်းဆုံးအပေါက်တစ်ပေါက်မက လိုအပ်သည်။ ထိုလေဝင်ပေါက်၏ ဧရိယာသည် ကြမ်းခင်းဧရိယာထက် အပုံ(၂၀) ပုံလျှင် (၁)ပုံထက် မနည်းစေရ။ (must not be less than 1/20 th of the floor area of the room) အချို့သော လေဝင်ပေါက်များသည် ကြမ်းခင်းမှ အနည်းဆုံး (၁.၇)မီတာ မြင့်ရမည်။

Mechanical Ventilation နည်း

Habitable room များအတွက် one air change per hour နှုန်းရှိရမည်။

Design Criteria

Ventilation system တစ်ခုကို ဒီဇိုင်းလုပ်ရန်အတွက် အောက်ပါ အခြေခံလိုအပ်ချက်(basic requirement) နှစ်ခုကို ဖြည့်ဆည်း ပေးရမည်။

(က) အခန်းအတွင်းရှိလူများ(occupants)အတွက် လေကောင်းလေသန့်(fresh air) ထည့်ပေးရမည်။

(ခ) အခန်းအတွင်းရှိ အနံ့ဆိုးများ(smells)၊ မီးခိုးများ(fumes)၊ နှင့် အညစ်အကြေး(contaminants) များကို ဖယ်ထုတ်ပြီး ထိုပမာဏနှင့်တူညီသည့် လေများဖြင့် လဲလှယ်ပေးရမည်။

၇.၁၁.၁ ပြင်ပလေဝင်ပေါက်များ (Outdoor Air Intake)

(က) Air con အတွက်လိုအပ်သော ပြင်ပလေများ(outdoor air)၊

(ခ) လှေခါးများ မီးလောင်သည့်အခါ မီးခိုးများ မဝင်ရောက်နိုင်ရန် အတွက် လှေခါးများ အတွင်း၌ positive လေဖိအားပေးထားရန်(staircase pressurization)အတွက် လိုအပ်သော ပြင်ပလေ(outdoor air)များ နှင့်

(ဂ) Ventilation အတွက် လိုအပ်သော ပြင်ပ(outdoor air)လေများ ရရန်အတွက်

ပြင်ပလေဝင်ပေါက်များ(outdoor air intake)ကို ဘေးနံရံများ(external wall) နှင့် ခေါင်မိုးများ(roof level) တွင်ထားရှိရမည်။ လေကောင်းလေသန့်များ ရရှိရန် အတွက်ဖြစ်သည်။

လေဝင်ပေါက်များ တပ်ဆင်ထားရမည့် အကွာအဝေး (ASHRAE Standard 62.1-2004—Air Intake Minimum Separation Distances)

၂၀၀၄ ခုနှစ်တွင် ASHRAE မှ ပြဋ္ဌာန်းသည့် ASHRAE Standard 62.1-2004 (Air Intake Minimum Separation Distances) မှ အချက်အချို့ကို အလွယ်တကူ ကိုးကားနိုင်ရန် ကောက်နုတ်ဖော်ပြထားသည်။

(၁) Significantly contaminated exhaust (high contaminant concentration, significant sensory--irritation intensity, offensive odor): 15 feet.

(၂) Noxious or dangerous exhaust air with highly objectionable fumes or gases and or exhaust air with potentially dangerous contaminants (laboratory exhaust, fumes, gases, potentially dangerous particles, bio--aerosols, gases at high concentrations to be harmful): 30 feet.

(၃) Vents, chimneys, flues, and other combustion appliance discharge: 15 feet.

(၄) Garage entry, automobile loading area, drive--in queue: 15 feet.

(၅) Truck loading area or dock, bus parking idling area: 25 feet.

(၆) Driveway, street, or parking area: 5 feet.

(၇) Street or thoroughfare with high traffic volume: 25 feet.

(၈) Roof, landscaped grade or other surface directly below intake: 1 foot (or expected aver-- age snow depth, whichever is greater).

(၉) Garbage storage/pickup area, dumpsters: 15 feet.

(၁၀) Cooling tower intake or basin: 15 feet.

(၁၁) Cooling tower exhaust: 25 feet.

၇.၁၂ Contamination မပါသောလေများ၊ အနံ့ဆိုးများ မပါသော လေကောင်းလေသန့်

ပြင်ပလေဝင်ပေါက်များ(outdoor air intake)ကို အင်းစက်ပိုးမွှားများ မဝင်ရောက်နိုင်စေရန်(insect screen)ဖြင့် ကာကွယ်ထားရမည်။ မိုးရေမှုန်များ၊ မိုးရေစက်များ မဝင်ရောက်နိုင်အောင် ပြုလုပ် ထားရမည်။ ပြင်ပလေဝင်ပေါက်များ(outdoor air intake)ကို လေဆိုးလေပုတ်များ ထုတ်ပစ်သည့်(exhaust discharge) နေရာမှ အနည်းဆုံး (၅) မီတာ အကွာအဝေးတွင် တပ်ဆင်ရမည်။

မီးဖို(kitchen) နေရာများ ၊ အိမ်သာ(toilet)များ၊ ကားရပ်နားရန်နေရာ(car park)များ၊ cooling tower များ၊ အမှိုက်များသိမ်းဆည်းထားသည့်နေရာများ(rubbish dumps) နှင့် စက်ခန်း(plant room)များက စုပ်ထုတ်၊ မှုတ်ထုတ်လိုက်သော exhaust discharge များအားလုံး ပါဝင်သည်။ (၅ မီတာ ထက်မနီးစေရ။) (၅)မီတာ အကွာအဝေးကို cooling tower အောက်ခြေနေရာမှ တိုင်းယူရမည်။ ပြင်ပလေဝင်ပေါက်များ(outdoor air intake) အတွင်းသို့ cooling tower မှ ရေမှုန်ရေစက်များ(water droplet) မဝင်ရောက်နိုင်အောင် ကာကွယ် ထားရမည်။

ပြင်ပလေဝင်ပေါက်များ(outdoor air intake)၏ အောက်ခြေအနားသည် ကြမ်းပြင်မှ(၂.၁) မီတာထက် ပိုမြင့်သည့် နေရာတွင်တပ်ဆင်ရမည်။

၇.၁၂.၁ လေများကို အဆင့်အတန်းခွဲခြားသတ်မှတ်ခြင်း နှင့် ပြန်လည်အသုံးပြုခြင်း (Air classification and recirculation)

Return Air = Air con အခန်းသို့ space မှ AHU ဆီသို့ ပြန်လာသောလေ

Transfer Air = အခန်းတစ်ခုမှ အခြားအခန်းနေရာ တစ်ခုဆီသို့ ရောက်ရှိသွားမည့် လေ

Exhaust Air = အခန်းတစ်ခုသို့ နေရာတစ်ခုမှ ပြင်ပသို့ ထုတ်ပစ်လိုက်သော air classification

Return air၊ transfer air နှင့် exhaust air တို့ကို ထိုလေ၏ အရည်အသွေး(air quality) နှင့် အညစ်အကြေးပါဝင်မှု(contaminant concentration) အပေါ်မူတည်၍ အမျိုးအစား ခွဲထားသည်။

၇.၁၂.၂ Return Air ၊ Transfer Air နှင့် Exhaust Air တို့ကို အဆင့်အတန်းခွဲခြင်း

A. ASHRAE Standard 62.1--2004: Return Air, Transfer Air, or Exhaust Air Classifications

လေများကို ပြန်လည်အသုံးပြုရန် သင့်၊ မသင့်ဆုံးဖြတ်ရန်အတွက် လေများကို အဆင့်အတန်း ခွဲခြားထားရန် လိုသည်။

Class 1 အဆင့်ရှိသော လေအမျိုးအစား

Contaminant concentration အနည်းငယ်သာ ပါဝင်သည်။ မျက်စေ့၊ နား၊ နှာခေါင်း တို့ကို ယားယံစေတတ်သော အရာများ(sensory – irritation intensity)အနည်းငယ်သာ ပါဝင်သည်။ မကောင်းသော အနံ့ဆိုးများ လုံးဝ မပါဝင်ပေ။ ထိုကဲ့သို့ အမျိုးအစား လေ(air) သည် class 1 အမျိုးအစားဖြစ်သည်။

(၁) Offices.

(၂) Reception/waiting areas.

(၃) Telephone/data entry.

(၁၂) Electrical/telephone closets.

(၁၃) Elevator machine rooms.

(၁၄) Laundry rooms within dwelling units.

(၄) Lobbies.
(၅) Conference/meeting rooms.
(၆) Corridors.
(၇) Storage rooms.
(၈) Break rooms.
(၉) Coffee stations.
(၁၀) Equipment rooms.
(၁၁) Mechanical rooms.
(၁၅) Sports arena.
(၁၆) Correctional facility day room and guard station.
(၁၇) Computer rooms.
(၁၈) Photo studios.
(၁၉) Shipping/receiving rooms.
(၂၀) Transportation waiting rooms.
(၂၁) Mall common areas.
(၂၂) Supermarkets.
(၂၃) Hotels, motels, resorts, dormitories: bedrooms, living rooms, barracks, sleeping quarters, lobbies, prefunction spaces, multipurpose assembly.
(၂၄) Public assembly spaces: auditorium seating area, places of religious worship, court--rooms, legislative chambers, libraries, lobbies, museums/galleries (all types).
(၂၅) Educational facilities: classrooms, lecture classrooms, lecture halls, computer lab, media center, music/theater/dance studios, multiuse assembly.
(၂၆) Sports and entertainment: sports arena (play area), spectator areas, disco/dance floors, bowling alleys, gambling casinos, game arcades, stages, studios.

Class 1 အဆင့်ရှိသော လေအမျိုးအစားကို ပြန်လည်အသုံးပြုခြင်း

Class 1 အဆင့်ရှိသောလေများကို မည်သည့်နေရာအတွက် မဆို ပေးပို့(transfer)နိုင်သည်။ ပြန်လည်အသုံးပြု(recirculate) လုပ်နိုင်သည်။

Class 2 အဆင့်ရှိသောလေအမျိုးအစား

Moderate contaminant concentration, mild sensor-irritation နှင့် mild offensive odor တို့ အသင့်အတင့် ပါဝင်သည့်လေမျိုးသည် class 2 ဖြစ်သည်။

(၁) Kitchens and kitchenettes.
(၂) Toilet/bath rooms
(၃) Locker rooms.
(၄) Locker/dressing rooms.
(၅) Central laundry rooms.
(၆) Science laboratories.
(၇) University and college laboratories.
(၈) Art classrooms.
(၉) Retail sales areas.
(၁၀) Barber shops.
(၁၁) Beauty and nail salons.
(၁၂) Prison cells with toilets.
(၁၃) Darkrooms.
(၁၄) Pet shops (animal areas).
(၁၅) Copy printing rooms.
(၁၆) Wood/metal shop classrooms.
(၁၇) Correctional facility booking/waiting areas.
(၁၈) Bank vaults/safe deposit vaults.
(၁၉) Pharmacy preparation areas.
(၂၀) Warehouses.
(၂၁) Coin operated laundries.
(၂၂) Gym/stadium (play areas).
(၂၃) Swimming pools and decks.
(၂၄) Health club/aerobics rooms.
(၂၅) Health club/weight rooms.
(၂၆) Food and beverage services: restaurant dining rooms, cafeterias, fast food establish ments, bars, cocktail lounges.

Class 2 အဆင့်ရှိသောလေအမျိုးအစားကို ပြန်လည်အသုံးပြုခြင်း

Class 2 အဆင့်ရှိသောလေကို ထွက်လာသည့်အခန်းအတွက် ပြန်လည်အသုံးပြု(recirculate) နိုင်သည်။ Class 2 လေထဲတွင် အသက်အန္တရာယ် နှင့် ကျန်းမာရေးကို ထိခိုက်စေသည့် လေများ မပါဝင်သော်လည်း တခြားသောနေရာ များတွင် ပြန်လည်အသုံးပြုရန်(recirculate) မသင့်လျော်။ Class 2 အဆင့်ရှိသော လေကို class 2 နှင့် class 3 အဆင့်ရှိသော နေရာများအတွက် ပြန်လည် အသုံးပြုနိုင်သည်။ သို့သော် similar purpose နှင့် same pollutant source အတွက်သာ ဖြစ်ရမည်။ Class 4 အဆင့်ရှိသော နေရာများသို့ ပေးပို့(transfer)နိုင်သည်။ recirculate လုပ်နိုင်သည်။ သို့သော် class 1 အဆင့်ရှိသော နေရာများသို့ transfer လုပ်ခြင်း ၊ recirculate လုပ်ခြင်းမပြုရ။

Class 3 အဆင့်ရှိသောလေအမျိုးအစား

Contaminant concentration မြင့်သည့်လေများ၊ နား၊ နာခေါင်း၊ လည်းချောင်းတို့ကို ယားယံစေသည့်လေများ (sensory irritation) နှင့် အလွန်ဆိုးဝါးပြင်းထန်သည့် အနံ့အသက်(offensive odor) ပါဝင်သည့်လေများသည် class 3 အမျိုးအစား ဖြစ်သည်။ ထိုလေများကို ထွက်သည့် အခန်းအတွက် ပြန်သုံးနိုင်သည်။

(၁) Commercial kitchen hoods other than grease hoods.
(၂) Residential kitchen vented hoods.
(၃) Refrigeration machinery rooms.
(၄) Boiler rooms.
(၅) Soiled laundry storage areas.
(၆) Janitor closets.
(၇) Trash/recycle rooms.
(၈) General chemical/biological laboratories.
(၉) Daycare sick rooms.

Class 3 အဆင့်ရှိသောလေအမျိုးအစားကို ပြန်လည်အသုံးပြုခြင်း

Class 3 အဆင့်ရှိသောလေကို class 3 အဆင့်ရှိသော နေရာများအတွက် ပြန်သုံးနိုင်သည်။ (recalculate လုပ်နိုင်သည်)။ တစ်ခြားမည်သည့် နေရာအတွက်မှ ပြန်လည် အသုံးမပြုရ။

Class 4 အဆင့်ရှိသောလေအမျိုးအစား

Fume နှင့် gases တို့ပါဝင်သော လေအမျိုးအစား၊ အသက်အန္တရယ် ကိုဖြစ်စေသည့် အမှုန်များ အမှိုက်များ(potentially dangerous particles)များ၊ ဇီဝ အန္တရာယ်ရှိသောလေများ၊(Bio aerosols) နှင့် လူ၏ ကျန်းမာရေးကို ထိခိုက်စေနိုင်သောလေများသည် class 4 အမျိုးအစား လေများဖြစ်သည်။

Recirculation

(၁) Commercial kitchen grease hoods.
(၂) Laboratory hoods.
(၃) Paint spray booths.
(၄) Diazo printing equipment discharges.
(၅) Chemical storage rooms.
(၆) Auto repair rooms.
(၇) Parking garages.

Class 4 အဆင့်ရှိသော လေအမျိုးအစားကို ပြန်လည်အသုံးပြုခြင်း

Class 4 အဆင့်ရှိသော လေများကို မည်သည့်နေရာတွင်မှ ပြန်လည်အသုံးမပြုရ။

Ventilation အတွက်အသုံးပြုမည့် ပြင်ပလေ(outdoor air)များနှင့် indoor air များ(recalculate လုပ်ခြင်း) ပြန်သုံးရန်အတွက် ထိုလေများကို လေစစ်(filter) များဖြင့် သန့်စင်ရမည်။ ရေချိုးခန်းများ၊ အိမ်သာ နှင့် သန့်စင်ခန်းတို့ မှ လေများကို ပြန်၍ အသုံးမပြုရ။

မီးလောင်လွယ်သော ဓာတ်ငွေ့များ(flammable vapor) ၊ ဖုန်များ(dust) ၊ အနံ့ဆိုးများ(odours) နှင့် မီးခိုးကြောင့် ဖြစ်ပေါ်လာသောဓာတ်ငွေ့များ(noxious gases)ပါသော လေများကို ပြန်မသုံးရ။

၇.၁၃ Exhaust Air

၇.၁၃.၁ Toilet Ventilation Rates

အဆောက်အဦးအဖြစ် အသုံးပြုရန်အတွက် လိုအပ်သောစည်းမျဉ်း(building regulations) များအရ habitable rooms နှင့် အိမ်သာ(toilet)များ၊ သန့်စင်ခန်းများအတွင်းရှိလေများကို သဘာဝအတိုင်း (natural means) သို့မဟုတ် စက်တစ်မျိုးမျိုးကို အသုံးပြု၍(mechanical means) လဲလှယ်(vent) ပေးရမည်။ သဘာဝအတိုင်း လေဝင်လေထွက်ကောင်းအောင် ပြုလုပ်ခြင်းကို "Natural Ventilation" ဟုခေါ်သည်။ စက်တစ်မျိုးမျိုးကို အသုံးပြု၍ လေဝင်လေထွက်ကောင်းအောင်ပြုလုပ်ခြင်းက "Mechanical Ventilation" ဟုခေါ်သည်။

၇.၁၃.၂ Minimum Exhaust Rates

Occupancy Category	Exhaust Rate		Comments
	CFM/Unit	CFM/SF	
Art Classrooms	-	0.70	
Auto Repair Rooms	-	1.50	Engine exhaust should be provided separately.
Barber Shop	-	0.50	
Beauty Shop and Nail Salons	-	0.60	
Cell with Toilet	-	1.00	
Darkrooms	-	1.00	
Arena	-	0.50	Additional ventilation may be required in arenas where combustion equipment is expected.
Kitchen—commercial	-	0.70	
Kitchenettes	-	0.30	
Locker Rooms	-	0.50	
Locker/Dressing Rooms	-	0.25	
Parking Garages	-	0.75	Exhaust is not required if 50% of the sides are open.
Janitor, Trash, Recycle	-	1.00	
Pet Shops (animal areas)	-	0.90	
Copy, Printing Rooms	-	0.50	
Science Lab Classrooms	-	1.00	
Toilets—Public	50/70	-	Rate is per water closet or urinal. Provide higher rate where periods of heavy use are expected (theaters, schools, sports facilities). Use lower rate where use is intermittent.
Toilets—Private	25/50	-	Single occupancy toilets. Lower rate is for continuous operation; higher rate is for intermittent operation.
Woodwork Shop/Classroom	-	0.50	

၇.၁၃.၃ Exhaust Air Rates and Pressure Relationship

Area Designation	Pressure Relationship	Minimum OA AC/hr.	Minimum Total AC/hr.	All Air Exhaust to Outdoors
Obstetrical Facilities				
Delivery Rooms	Pos	3	15	-
Labor/Delivery/Recovery	-	2	6	-
Labor/Delivery/Recovery/Postpartum	-	2	6	-
Emergency, Surgery, and Critical Care				
Operating/Surgical Cystoscopic Rooms	Pos	3	15	-
Recovery Rooms	0	2	6	-
Critical and Intensive Care	0	2	6	-
Intermediate Care	0	2	6	-
Newborn Intensive Care	0	2	6	-
Treatment Rooms	0	-	6	-
Trauma Rooms	Pos	3	15	-
Bronchoscopy	Neg	2	12	Yes
Triage	Neg	2	12	Yes
ER Waiting Rooms	Neg	2	12	Yes
Procedure Rooms	Pos	3	15	-
Laser Eye Rooms	Pos	3	15	-
X-Ray (Surgical/Critical Care and Catheterization)	Pos	3	15	-
Anesthesia Gas Storage	Neg	-	8	Yes
Support Areas				
Medication Rooms	Pos	-	4	-
Clean Workrooms or Clean Holding	Pos	-	4	-
Soiled Workrooms or Soiled Holding	Neg	-	10	Yes
Diagnostic and Treatment Areas				
Examination Rooms	0	-	6	-
Treatment Rooms	0	-	6	-
Physical Therapy and Hydrotherapy	Neg	-	6	-
Gastrointestinal Endoscopy Rooms	0	2	6	-
Endoscopic Instrument Processing Rooms	Neg	-	10	Yes
Imaging: X-Ray (Diagnostic and Treatment)	0	-	6	-
Imaging: Darkrooms	Neg	-	10	Yes
Imaging: Waiting Rooms	Neg	2	12	Yes
Laboratory: General	0	-	6	-
Laboratory: Biochemistry	Neg	-	6	Yes
Laboratory: Cytology	Neg	-	6	Yes
Laboratory: Glass Washing	Neg	-	10	Yes
Laboratory: Histology	Neg	-	6	Yes

Laboratory: Microbiology	Neg	-	6	Yes
Laboratory: Nuclear Medicine	Neg	-	6	Yes
Laboratory: Pathology	Neg	-	6	Yes
Laboratory: Serology	Neg	-	6	Yes
Laboratory: Sterilizing	Neg	-	10	Yes
Autopsy Rooms	Neg	-	12	Yes
Non-Refrigerated Body-Holding Rooms	Neg	-	10	Yes
Service Areas				
Pharmacies	Pos	-	4	-
Food Preparation Centers	0	-	10	-
Area Designation	Pressure Relationship	Minimum OA AC/hr.	Minimum Total AC/hr.	All Air Exhaust to Outdoors
Warewashing	Neg	-	10	Yes
Dietary Day Storage	Neg	-	2	-
Laundry, General	0	-	10	Yes
Soiled Linen (Sorting and Storage)	Neg	-	10	Yes
Clean Linen Storage	Pos	-	2	-
Soiled Linen and Trash Chute Rooms	Neg	-	10	Yes
Bedpan Rooms	Neg	-	10	Yes
Bathrooms	Neg	-	10	-
Housekeeping Rooms	Neg	-	10	Yes
Sterilizing and Supply				
ETO Sterilizer Rooms	Neg	-	10	Yes
Sterilizer Equipment Rooms	Neg	-	10	Yes
Central Medical and Surgical Supply: Soiled or Decontamination Rooms	Neg	-	6	Yes
Central Medical and Surgical Supply: Clean Workrooms	Pos	-	4	-
Central Medical and Surgical Supply: Sterile Storage	Pos	-	4	-

Note (1) Pos = Positive Pressure Relationship

Note (2) Neg = Negative Pressure Relationship

Note (3) 0 = Neutral Pressure Relationship

-End-

Contents

၇.၁ လေအရည်အသွေး (Indoor Air Quality [IAQ])....................1

၇.၁.၁ လေအရည်အသွေး မကောင်းခြင်း၏ အကြောင်းများ (Causes of Poor IAQ)....................

၇.၁.၂ လေအရည်အသွေး ထိန်းသိမ်းနိုင်သည့်နည်းများ (IAQ Control Methods)....................

၇.၁.၃ လေအရည်အသွေး အပေါ်အကျိုးသက်ရောက် နိုင်သည့် အချက်များ (IAQ Factors)....................

၇.၁.၄ လေထဲတွင် ကာဗွန်ဒိုင်အောက်ဆိုဒ်ပါဝင်မှု(CO_2 Levels) နှင့် လေအရည်အသွေး (IAQ)....................

၇.၂ သဘာဝအတိုင်း လေဝင်လေထွက်ကောင်းအောင်ပြုလုပ်ခြင်း(Natural Ventilation)....................3

၇.၂.၁ Stack Effect....................

၇.၂.၂ ဒီဇိုင်းလုပ်ရန်လိုအပ်သောအချက်အလက်များ (Design Information)....................

၇.၂.၃ Design outputs....................

၇.၂.၄ တွက်နည်း (Calculation Approach)....................

၇.၂.၆ Design Watch Points....................

၇.၃ Mechanical Ventilation....................8

၇.၃.၁ အခန်းအတွင်း၌ Positive Pressure ဖြစ်ပေါ်ခြင်းနှင့် Negative Pressure ဖြစ်ပေါ်ခြင်း....................

၇.၄ Hospital Operation Room Ventilation....................8

၇.၄.၁ Ceiling Construction....................

၇.၅ အဆောက်အဦးတိုင်း၏ မရှိမဖြစ်လိုအပ်သောအခန်းများ(essential rooms) ၏ MV System....................13

၇.၅.၁ (က)လှေခါးများ နှင့် အရေးပေါ်ထွက်ပေါက်သို့သွားလမ်းများ (Exit Staircase နှင့် Internal Passageway)....................

၇.၅.၂ (ခ) Smoke stop lobby....................

၇.၅.၃ (ဂ) Fire Command Center (FCC Room)....................

၇.၅.၄ (ဃ) Smoke Stop Lobby နှင့် Fire Fighting Lobby....................

၇.၅.၅ (င) Fire Pump Room နှင့် လျှပ်စစ်ဓာတ်အားပေးစက်အခန်း(Generator Room)....................

၇.၅.၆ (စ) Flammable and Explosive Substances Rooms....................

၇.၅.၇ (ဆ) ချက်ပြုတ်ရာနေရာများ(Kitchen)....................

၇.၆ Air handling systems များ၊ mechanical ventilation....................30

၇.၆.၁ Smoke Tripping of AHU....................

၇.၇ Engineered Smoke Control System - Design Consideration and Over View....................33

၇.၇.၁ Designed Fire Size....................

၇.၇.၂ Smoke Extraction System တွက်နည်း ဥပမာ ....

၇.၈ Basement Car Park Carbon Monoxide Monitoring and Ventilation Fan Control System 42

၇.၈.၁ Safe Level of ကာဗွန်မိုနော့ဆိုဒ်ဓာတ်ငွေ့(CO) ဓာတ်ငွေ့...

၇.၈.၂ Understanding of basement car park Mechanical Ventilation System Design ....

၇.၈.၃ Basement Car Park Carbon Monoxide Monitoring System's Design Consideration ....

၇.၈.၄ ကာဗွန်မိုနော့ဆိုဒ်(CO)ဓာတ်ငွေ့ Sensor ....

၇.၈.၅ Control Strategies နှင့် သတိပြုရန်အချက်များ...

၇.၈.၆ စွမ်းအင်ချွေတာနိုင်မှုကို တွက်နည်း (Energy Saving) ဥပမာ ....

၇.၉ Mechanical Smoke Purging System for Basement Car Park 50

၇.၁၀ ပြင်ပလေလိုအပ်ချက်(Outdoor Air Requirement)..51

၇.၁၀.၁ ASHRAE Standard 62.1 - 2004 (Minimum Ventilation Rates) ....

၇.၁၁ Supply Air Rate..55

၇.၁၁.၁ ပြင်ပလေဝင်ပေါက်များ (Outdoor Air Intake) ....

၇.၁၂ Contamination မပါသောလေများ၊ အနံ့ဆိုးများ မပါသော လေကောင်းလေသန့် 58

၇.၁၂.၁ လေများကို အဆင့်အတန်းခွဲခြားသတ်မှတ်ခြင်း နှင့် ပြန်လည်အသုံးပြုခြင်း ....

Return Air, Transfer Air နှင့် Exhaust Air တို့ကို အဆင့်အတန်းခွဲခြင်း ....

၇.၁၃ Exhaust Air...61

၇.၁၃.၁ Toilet Ventilation Rates...

၇.၁၃.၂ Minimum Exhaust Rates ....

၇.၁၃.၃ Exhaust Air Rates and Pressure Relationship ....