Sunday, June 8, 2008

၁.၁ ၊ ဆောက်လုပ်ရေး လုပ်ငန်း နဲ့ MEP Systems

မျက်မှောက်ခေတ် အဆောက်အအုံ တွေ ဟာ မိုးဒဏ်၊ နေဒဏ်၊ လေဒဏ်၊ ဆီးနှင်းဒဏ်၊ အစရှိတဲ့ ရာသီဥတုဒဏ် တွေ ကနေ အကာအကွယ်၊ အမိုးအကာ ပေးတဲ့ ခိုလှုံရာ လောက်သက်သက် မဟုတ်တော့ပါဘူး။

ပိုပြီး တိတိကျကျ ပြောရရင်တော့ လူတွေ သက်တောင့် သက်သာ စိတ်ချမ်းမြေ့စွာ နေထိုင်နိုင်ဘို့ နဲ့ တွင်တွင်ကျယ်ကျယ် အလုပ်လုပ်နိုင်ဘို့ရာ ပိုပြီး ကောင်းမွန် တဲ့၊ ပိုပြီး စံနစ်ကျ အဆင့်အတန်းမီ တဲ့၊ ပိုပြီး အလုပ်တွင်ကျယ် စေနိုင် တဲ့၊ ပတ်ဝန်းကျင် ကို ဖန်တီးပေးနိုင်အောင် ဆောက်လုပ် လာကြတာ ဖြစ်ပါတယ်။ ပူလို့၊ အိုက်လို့ ယပ်ခတ် ချွေးသုတ် စိတ်ရှုပ်နေ ရတာမျိုး၊ ချမ်းလို့ တုန်လို့ အလုပ် မတွင်တာမျိုး၊ နားငြီးလွန်းလို့ စိတ်ရှုပ်ရတာ မျိုး၊ မှောင်လွန်းလို့ အလုပ်လုပ်မရတာမျိုး တွေ မဖြစ်ပဲ အလုပ်မှာပဲ ပိုပြီး အာရုံ စိုက်နိုင်လာလို့ အလုပ် ပိုတွင်ရတာပါ။

အဆောက်အအုံ တွေကို ဒီဇိုင်း လုပ်တဲ့အခါ မပါမဖြစ် အခြေခံ အင်္ဂါရုပ်တွေ ကတော့

- Better Lighting & Visual Comfort အလင်းရောင် လုံလုံလောက်လောက် ရနိုင်ဘို့၊
- Thermal Comfort :သက်တောင့်သက်သာရှိစေမဲ့ မျှတတဲ့ Temperature (အပူအအေး)၊ Humidity (လေရဲ့စိုထိုင်းဆ) တွေကို ပြုပြင် ထိန်းသိမ်း ထားနိုင်ဘို့၊
- Indoor Air Quality လေရဲ့သန့်ရှင်းလတ်ဆတ်မှု တွေရအောင် ထိန်းသိမ်း ထားနိုင်ဘို့၊
- Acoustical Quality အသံဆူညံ မှု ကနေ ကာကွယ်နိုင်ဘို့၊
- Convenient Power လျှပ်စစ်မီး၊ လိုအပ်တဲ့ ပါဝါတွေ အဆင်သင့် လွယ်လင့်တကူ ရနိုင် ဘို့၊
- Communication Capability ဆက်သွယ်ရေးစံနစ် တွေ (တယ်လီဖုန်း၊ Network, Internet, etc.) အဆင်သင့် လွယ်လင့်တကူ ရနိုင် ဘို့၊
- High-quality Sanitation ကျန်းမာရေးနှင့် ညီညွတ်သော အဆင့်မြင့် ရေသန့်ဖြန့်ဝေ၊ အညစ်အကြေး နဲ့ ရေဆိုး (မိလ္လာ) နုတ်စံနစ်တွေ ပါဝင်ဘို့၊
- Reliable Systems for Life Safety and Property Protection လူတို့၏ အသက်နှင့် ပစ္စည်းဥစ္စာ ကို ကာကွယ်ရန် စိတ်ချရတဲ့ စံနစ်တွေ (မီးဘေးကာကွယ်ရေး စံနစ် တွေ၊ လုံခြုံရေး စံနစ်၊ အရေးပေါ် လမ်းညွှန် စံနစ်) တွေ ပါဝင်ဘို့၊

တို့ ဖြစ်ကြပါတယ်။ အဆောက်အအုံ ရဲ့ သုံးစွဲမှု အတိုင်းအတာ ကို လိုက်လို့ အခြား စံနစ်တွေ၊ ပိုပြီး သိမ်မွေ့နက်နဲ တဲ့ နည်းပညာ တွေ၊ လိုအပ် လာနိုင် ပါသေးတယ်။

ဒီလို လူတွေ အလိုရှိတဲ့ တောင့်တရတဲ့ အင်္ဂါရုပ်တွေ လက်တွေ့ ဖြစ်လာနိုင်တာ ဟာ ပြောင်းလဲတိုးတက် လာတဲ့ MEP (Mechanical, Electrical & Plumbing) Systems လို့ခေါ်တဲ့ အဆင့်မြင့် နည်းပညာတွေ ကြောင့်ပါပဲ။ ဒီစနစ်တွေ ကိုပဲ M&E (Mechanical and Electrical Systems) လို့လည်း ခေါ်ကြပါသေးတယ်။

ဒီလို MEP system ရဲ့ပြောင်းလဲတိုးတက်မှု တွေဟာ Architectural Design (ဗိသုကာ ဒီဇိုင်း) သစ်တွေ ၊ ပုံစံသစ်တွေ၊ အခွင့်အလမ်းသစ်တွေ၊ ပေးခဲ့ ပါတယ်။ ပြူတင်းပေါက် မရှိတဲ့ ကုန်တိုက်တွေ စူပါမတ်ကက် တွေလို နေရာမျိုးတွေမှာ Electrical Lighting, Ventilation နဲ့ Space Air Conditioning တွေပေါ်မှာ လုံးလုံး မှီခို အားထား နေရတာပါ။ High-rise building လို့ခေါ်တဲ့ အထပ်မြင့် အဆောက်အအုံတွေ မှာဆိုရင်လည်း အလွန်မြန်တဲ့ High-speed vertical transportation system (မြန်နှုန်းမြင့် ဓါတ်လှေခါး စံနစ်) တွေ၊ သောက်ရေ၊ သုံးရေ နဲ့ မီးအန္တရာယ် က ကာကွယ်ဘို့အတွက် ပါ high-pressure water supply systems (ဖိအားမြင့် ရေပေးဝေရေး စံနစ်) တွေ ဟာ မပါမဖြစ် ပါကိုပါ ရပါတယ်။

ဒီ MEP systems တွေ က စွမ်းဆောင်ပေးမဲ့ အကျိုး ကျေးဇူးတွေ ကို အလကားသက်သက် ရနိုင်တာတော့ မဟုတ်ပါဘူး။ ထိုက်တန်တဲ့ ပေးဆပ်မှုတွေ လည်း ရှိရပါတယ်။ ထည့်သွင်းစဉ်းစားရမယ့် အချက်တွေထဲမှာ လိုအပ်တဲ့ အခန်းနေရာ အကျယ်အဝန်း နဲ့ ကုန်ကျမဲ့ စရိတ် တွေလည်း ပါဝင် ပါတယ်။ တကယ့် လက်တွေ့မှာလည်း MEP systems တွေတတ်ဆင်ဘို့ အတွက် Floor နဲ့ Ceiling Space နေရာ တွေ ပြောပလောက်အောင်ကို တော်တော်များများ လိုအပ်ပါတယ်။ ပဏာမအစီအစဉ်ချ တဲ့ Preliminary Planning Phase မှာထဲက လိုအပ်တဲ့ နေရာတွေကို ကြိုတင်လျာထား မထားနိုင်ခဲ့ရင် ဒီဇိုင်းကို ထပ်တလဲလဲ ပြန်လုပ်နေရ ပါလိမ့်မယ်။ တစ်ခါတစ်ရံ system performance (စွမ်းဆောင်ရည်) ကိုတောင် စတေးလိုက် ရပါလိမ့်အုံးမယ်။

တစ်ချို့နေရာ တွေမှာဆိုရင်လည်းMEP system တွေရဲ့ ကုန်ကျစားရိတ် က အဆောက်အအုံ တစ်ခုရဲ့ စုစုပေါင်း ကုန်ကျစားရိတ် ရဲ့ တစ်ဝက်လောက်ကို ရှိတာပါ။ ဥပမာ ပြရရင် သိမ်မွေ့နက်နဲ တဲ့ ခေတ်မီ အဆောက်အအုံ တွေဖြစ်တဲ့ သုတေသနပြု လုပ်ငန်းသုံး Research & Development (R&D) Buildings တွေ၊ ဆေးရုံတွေ၊Computer Center တွေ၊ စသည်ဖြင့် ပေါ့လေ။

MEP System တွေ လည်ပတ်ဘို့ရာ အတွက် Energy (စွမ်းအင်) လည်း လိုပါတယ်။ စက်မှုထွန်းကား တဲ့ နိုင်ငံတွေ မှာဆို လူတွေ အသုံးပြုတဲ့ အဆောက်အအုံတွေဖြစ်တဲ့ လူနေအိမ်တွေ၊ ဟိုတယ်၊ ရုံးခန်းအစ ရှိတဲ့ စီးပွားရေးလုပ်ငန်းသုံး အဆောက်အအုံ တွေ၊ စာသင်ကျောင်း၊ ဆေးရုံ၊ အကျဉ်းထောင် နှင့် အခြား လူမှု အဖွဲ့အစည်း ဆိုင်ရာ အဆောက်အအုံ တွေက အသုံးပြုတဲ့ စွမ်းအင်ဟာ နိုင်ငံရဲ့ စုစုပေါင်း အသုံးရဲ့ တစ်ဝက် လောက်ကို ရှိနိုင် ပါတယ်။ ဒါ့အပြင် အဲသည့် အဆောက်အအုံ တွေရဲ့ Operating Costs (လည်ပတ် စရိတ်တွေ) ရဲ့ အစိတ်အပိုင်း တော်တော်များများ ကိုလည်းယူထားတာပါ။

"စွမ်းအင် (Energy) ကို ထိထိရောက်ရောက်၊ အကျိုးရှိရှိ မဟုတ်ပဲ အကြီးအကျယ် သုံးစွဲ နေခြင်းဟာ ကျနော်တို့ အမှီပြု နေရတဲ့ သဘာဝ ပတ်ဝန်းကျင်ကို ပျက်စီးစေမဲ့ အဓိကအချက် တစ်ချက်ပါဘဲ။"

သေသေချာချာ ကျကျနန ဒီဇိုင်း လုပ်ထားတဲ့ MEP Systems တွေဟာ လိုအပ်တဲ့ နေရာကို သင့်တော်သလောက် ပဲ ယူပြီး စွမ်းအင်ကို လည်း အကျိုးရှိရှိ အသုံးချ ထားလို့ အဆောက်အအုံရဲ့ ကုန်ကျစားရိတ် ကို လျော့ချနိုင် ရုံမျှမက ကျနော်တို့ ရဲ့ သဘာဝ ပတ်ဝန်းကျင် အပေါ် မှာလည်း ထိခိုက်ပျက်စီးမှု နည်းပါးစေပါတယ်။

နောက် လာမဲ့ Post မှာ MEP systems တွေရဲ့ Scope (နယ်ပယ်) နဲ့ Impact (အကျိုးသက်ရောက်မှု) တွေကို ခြုံငုံတင်ပြပါမယ်။ Space Planning (နေရာ စီစဉ် လျာထားခြင်း)၊ Architectural Design (ဗိသုကာ ဒီဇိုင်း)၊ Construction & Operating Costs (ဆောက်လုပ်ရေး နှင့် လည်ပတ်ရေး ကုန်ကျစားရိတ် များ)၊ Greater environment (ပိုမိုအရေးပါလာတဲ့ ပတ်ဝန်းကျင်)၊ စသည်ဖြင့်ပေါ့လေ။

Sunday, June 15, 2008

၁.၂ ၊ MEP Systems ဆိုတာ ဘာတွေလဲ။ (What are Building MEP Systems?)

Building MEP Systems ကို အုပ်စု သုံးမျိုး ခွဲခြား သတ်မှတ်နိုင် ပါတယ်။ Mechanical Systems, Electrical Systems နဲ့ Building Operation Systems တို့ ဖြစ်ကြပါတယ်။

A. Mechanical Systems in Buildings
   1. Heating, Ventilation and Air Conditioning (HVAC)
   2. Plumbing and Sanitary (P&S) , Swimming Pool & Water Features,
   3. Fire Protection (FP)
   4. Industrial Utilities
   5. Specialty or Auxiliary Systems
   6. HVAC: Heating, Ventilation, and Air Conditioning : တိုက်ရိုက် ဘာသာ ပြန်မယ် ဆိုရင်တော့ အပူပေး၊ လေဝင် လေထွက် (လေသန့် လှယ်) နဲ့ လေကို ပြုပြင် ထိန်းသိမ်းခြင်း (လေအေးစက် တပ်ဆင် ပေးခြင်း) လို့ဆိုပါတော့။ အပူပေး စံနစ် မလိုအပ် တဲ့ အရှေ့တောင်အာရှ နိုင်ငံ တွေမှာတော့ ACMV (Air Conditioning and Mechanical Ventilation) လို့ခေါ် လေ့ ရှိပါသေးတယ်။ အဓိကပါဝင်တဲ့ အစိတ်အပိုင်းတွေ ကတော့
      - Temperature Adjustment (Heating / Cooling) : အပူချိန်ညှိ (အပူပေး၊ အအေးပေး)
      - Humidity Adjustment (Humidification / Dehumidification) : စိုထိုင်းဆညှိ (ရေငွေ့ထည့်၊ ရေငွေ့ဖယ်)
      - Air Filtration : လေထဲ က အမှုန်အမွှား စစ်ဖယ်ခြင်း။
      - Ventilation : လေသန့်လှယ်ပေးခြင်း။ သဘာဝ (Natural Ventilation) သို့ စက် (Fan Powered) သုံး (Mechanical Ventilation)
      - Smoke Control : မီးခိုးထိန်းချုပ်ခြင်း (Fire Protection Systems နှင့်ပေါင်းစပ်ညှိနှိုင်း၍)
   7. Plumbing (ပိုက်သွယ်၊ ပိုက်ဆက် စံနစ်) မှာ
      - Water Distribution (သောက်ရေ၊ သုံးရေ ဖြန့်ဝေခြင်း)၊
      - Water Treatment (ရေသန့်စင်ခြင်း)၊
      - Sanitary Facilities (ကျန်းမာသန့်ရှင်းရေး အတွက် လိုအပ်တဲ့ ရေချိုးခန်းသုံးပစ္စည်းတွေ၊ ရေညစ် ထုတ်စနစ် နဲ့ ရေဆိုး (မိလ္လာ) နတ်စံနစ်တွေ)၊ ပါဝင်ပါတယ်။
      - Town Gas Supply Systems (ချက်ပြုတ်ရန် ဓာတ်ငွေ့၊ သဘာဝဓာတ်ငွေ့ အစရှိသည်.)
      - Swimming Pool / Water Feature Filtration Systems (ရေကူးကန် နဲ့ ရေပန်းတွေက ရေတွေ ကို အချိန်ပြည့် သန့်စင်တဲ့စံနစ်တွေ) ပါဝင်ပါတယ်။

8. Fire Protection (မီးဘေး ကာကွယ်ရေး စံနစ်) မှာ
    - Water Supply (မီးသတ်ရန် ရေ ဖြန့်ဝေခြင်း)၊
    - Automatic Sprinklers (အလိုအလျောက် ရေဖြန်း မီးသတ်စနစ်)၊
    - Stand pipe (Wet/Dry Risers) (အထပ်အလိုက် မီးသတ်သမားသုံးရန် မီးသတ် ရေဘုံဘိုင် ခေါင်း)
    - Fire Hydrants (ခြံဝင်းအတွင်း နှင့် လမ်းဘေး တစ်လျောက် တွေ့ရလေ့ ရှိသော အဆောက်အအုံ ပြင်ပသုံး မီးသတ် ရေဘုံဘိုင် ခေါင်းများ၊)
    - Fire Hosereels (အဆောက်အအုံ တွင်းသုံး မီးသတ် ရေပိုက်)
    - Fire and Smoke Detection (မီး၊ အပူ နဲ့ မီးခိုး တို့ကို အာရုံခံ အချက်ပေးစနစ်),
    - Smoke Control : မီးခိုးထိန်းချုပ်ခြင်း (HVAC Systems နှင့်ပေါင်းစပ်ညှိနှိုင်း၍)
    - Gas Fire Suppression Systems (မီးသတ် ဓာတ်ငွေ့သုံးစနစ် များ၊ Pyrogen, CO2, Inergen, Halon XXX, FM-200, NN100, etc. စသည်၊)
    - Potable Fire Extinguishers (အသင့်သုံး မီးသတ်ဘူးများ၊)
    - Fireman Intercom (မီးသတ်သမား အချင်းချင်း ဆက်သွယ်ရန် အင်တာကွမ်း)၊
    - Public Address (PA) အရေးပေါ် အခြေအနေ တွင် အဆောက်အအုံ မှ စနစ်တကျ စွန့်ခွာနိုင်စေရန် ညွှန်ကြား ပေးသော စနစ်)

    Fireman Intercom နဲ့ PA Systems တွေကို Electrical အောက်မှာ ထားလေ့ရှိပါတယ်။ ဒါတွေအပြင် Applications ရဲ့ လိုအပ်ချက် ကို လိုက်လို့ Special Fire Extinguisher Systems တွေ လည်း ရှိနိုင်ပါ သေးတယ်။

9. Industrial Utilities / Facilities တွေအနေနဲ့ ကတော့
    - Steam / Clean Steam Supply (ရေနွေးငွေ့) ဖြန့်ဝေပေးပို့ တဲ့ စနစ်
    - Compressed Dry Air (ဖိအားမြင့် လေ) ဖြန့်ဝေပေး တဲ့စနစ်။
    - High Purity Gases: သန့်စင်ထားတဲ့ Oxygen, Nitrogen, Argon & Hydrogen အစရှိတဲ့ ဓာတ်ငွေ့တွေ ဖြန့်ဝေ တဲ့ စနစ်တွေ။
    - Vacuum Systems (Process / House) ကုန်ထုတ်လုပ်မှု လုပ်ငန်း သုံး လေစုတ်စနစ် များ။
    - RO: Reverse Osmosis System လို့ခေါ်တဲ့ RO membrane သုံး ရေသန့် ရေစစ် စနစ်တွေ၊
    - UPW: Ultra Pure Water / DI: DeIonized Water (အလွန်သန့်စင် သောရေ။) ထုပ်လုပ် ဖြန့်ဝေ တဲ့ စနစ်တွေ။ အမှုန်အမွှား သန့်စင်ထား သည့်အပြင် ရေထဲတွင် ပျော်ဝင်နေသော Ions များကို ထုတ်နုတ် ထားသော ကြောင့် Resistivity မြင့်မား သဖြင့် လျှပ်မကူး နိုင်သော ကြောင့် အီလက်ထရောနစ် Parts များ ဆေးကြောရန် သင့်တော်သည့် အတွက် Electronics Industry များတွင် သုံးစွဲ သည့် အပြင်၊ သန့်ရှင်းမှု ကိုလိုအပ်သော Pharmaceutical Industry များတွင် လည်း သုံးလေ့ ရှိကြသည်။
    - Industrial Waste Treatment တွေဖြစ်တဲ့ Acid/Alkaline Waste Neutralization (စွန့်ပစ်ရေ တွင် အက်ဆစ်၊ ကော့စတစ် ဓာတ်ပြယ်စေ သောစနစ်)၊ Scrubber (လေထဲတွင်ပါဝင်သော ဓါတု အညစ်အကြေး များ သန့်စင် ပေးသောစနစ်)
    - Grey Water (စွန့်ပစ်ရေ ကိုပြန်လည် အသုံးခြတဲ့ စံနစ်တွေ) ပါဝင်နိုင်ပါတယ်။
10. Other Systems

    ဒါတွေအပြင် Special Systems တွေအမျိုးမျိုး လည်း ရှိနေနိုင် ပါသေးတယ်။
    ဒါ့အပြင် ခု နောက်ပိုင်း ခေတ်စား လာတာ ကတော့ အမှိုက်ပုံး တွေက အမှိုက်တွေကို ပင်မအခန်းထိ စုတ်ယူ၊ ဖိသိပ်ပြီးမှ စွန့်ပစ်ဘို့ သယ်ထုတ်တဲ့ Pneumatic Waste Collection System လည်း ပါဝင်နိုင် ပါသေးတယ်။
    ဒါကလည်း Airports လို နေရာမျိုးမှာ အမှိုက်ပုံးထဲ Terrorists လူရမ်းကား တွေ ပုံး ထဲ့ ထားခဲ့ရင် အမှိုက်ပုံးထဲ ကြာကြာ ရှိမနေပဲ ပင်မ အမှိုက်ခန်း ထဲ ရောက်သွားမယ် ပေါ့လေ။ ၁၀၀% ကံသေကံမ ပြောလို့ ရတာတော့ ဘယ်ဟုတ် ပါ့မလဲနော။ နောက် အမှိုက်ပုံး တစ်ခုစီက လိုက်သိမ်း ရ တဲ့ ဒုက္ခ က နည်းသွားတာရယ်၊ တစ်ခါထဲ

Compress လုပ်ထားလို့ အမှိုက်တွေ ကျစ်လစ်သွားပြီး နေရာယူ နည်းသွား တာတွေ ကြောင့် Condominium (ကွန်ဒို အဆင့်မြင့်အိမ်ယာ) တွေမှာ လည်းသုံး လာကြတာ တွေ့ရပါတယ်။

B. Electrical Systems in Buildings

1. Power
2. Lighting
3. Lightning Protection Systems
4. Communication, Life Safety and Security Systems (or) Extra Low Voltage Systems (ELV)
5. Special Systems
6. Power ဆိုတာကတော့ ပါဝါပေါ့လေ။
   အဓိက ပါဝါသုံးဘို့ လိုအပ်တဲ့နေရာ တွေကို လျှပ်စစ် ဓာတ်အား ပေးပို့ရ တဲ့ စနစ်ပါ။ အသုံးအဆောင် လျှပ်စစ်ပစ္စည်းတွေ အတွက်ရယ်၊ စက်ပစ္စည်းတွေ အတွက်ရယ် သာမက MEP Systems တွေအတွက် လိုအပ်တဲ့ ပါဝါ ကို လည်း ပေးရ ပါတယ်။ Normal Power Supply (ပုံမှန် စနစ်) အပြင် Standby, Essential and Emergency Power Supply Systems (အရံ နဲ့ အရေးပေါ် စနစ်တွေ) ပါပါဝင်ရပါတယ်။ အများအားဖြင့် Standby, Essential and Emergency Power Supply Systems တွေအတွက် Diesel Generator (ဒီဇယ် သုံး ဂျင်နရေတာ) ကို သုံးကြပါတယ်။ Emergency Lightings လို အရေးပေါ် လိုအပ်ချက် တွေအတွက် Diesel Generator Backup Power မရနိုင်ရင် Battery / UPS Backup ကိုသုံး နိုင်ပါတယ်။

7. Lighting ဆိုတာကတော့ မီးထွန်း ဘို့ပါ။
   Internal Lighting (အဆောက်အအုံ အတွင်းပိုင်း ထွန်းရတဲ့မီး)၊ External Lighting (အဆောက်အအုံ အပြင်ပိုင်း ထွန်းရတဲ့မီး)၊ Emergency Lighting (အရေးပေါ် အတွက် ထွန်းရတဲ့မီး)၊ တွေ ပါဝင် ပါတယ်။ လိုအပ်တဲ့ အလင်းရောင်ရ ဘို့ သာမက အလှဆင်ဘို့ အတွက် Decorative Lighting တွေလည်း ပါဝင်ရလေ့ ရှိပါတယ်။

8. Lightning Protection Systems ဆိုတာကတော့ မိုးကြိုးလွှဲ စနစ်ပါ။
   မိုးကြိုးလွှဲ စနစ် ဆိုလို့ အဆောက်အအုံ ကို လျှပ်ပြက်တာ မထိအောင် မိုးကြိုး မပစ်နိုင်အောင် လုပ်တာ မဟုတ် ပါဘူး။ မိုးကြိုးပစ်ချင် ပစ်နိုင်အောင်၊ ပစ်ချင်စရာ နေရာ သီးသန့် လုပ်ပေးထား ရတာပါ။ အဲဒီလို နေရာတွေက မှ လျှပ်စီးကြောင်းကို မြေကြီး ထဲ လွတ်လွတ်လပ်လပ် သွားခွင့် ရအောင်လုပ်ပေး ရတာ ပါ။ ဒီစနစ် ကို လူတွေရှိ နေတဲ့နေရာ၊ ပစ္စည်းတွေ နဲ့ ခပ်ကင်းကင်း လုပ်ပေးပြီး အဆောက်အအုံ ထဲက လူတွေ၊ လျှပ်စစ် ပစ္စည်းတွေ အန္တရာယ် ကင်းအောင် လုပ်ရတာပါ။
   စနစ်တွေအနက် Australian (AS1768), British (BS6651), Singaporean (CP33), European (IEC) and USA (NFPA780) တွေကဆင်ဆင်တူပြီး ၊ French Systems (ပြင်သစ်)၊ EF System တွေက တစ်မျိုး ထူးခြားပါတယ်။ ကိုယ့်စနစ် ကိုယ်အကောင်းပြော တတ်ကြသလို တစ်ဖက် နဲ့တစ်ဖက် လက်ညှိုး ထိုးကြတာတော့ ရှိတာပေါ့လေ။

9. ELV Systems ဆိုတာက ဗို့အား နိမ့်နိမ့်တွေ ကိုပဲ အသုံးပြု ထားတဲ့ စနစ်တွေကို ခေါ် တာပါ။
   ဒီစနစ် တွေကတော့
   - Telephone / Communication / IT (တယ်လီဖုန်း၊ အီလက်ထရွန်းနစ် သတင်း အချက်အလက်)
   - Public Address, Fire Alarm (Mechanical: Fire Systems အောက် မှာဖော်ပြထားပါတယ်)
   - MATV / CATV (တီဗီ အင်တီနာ ပင်မ၊ ကေဘယ်)
   - Security Systems (လုံခြုံရေးစနစ် များ)
   - Building Automation System: (MEP Systems များကို အလိုအလျောက် ထိန်းချုပ်ခြင်း၊ စီမံခန့်ခွဲခြင်း)
   - Audio/Video Communications (အသံ၊ ဗီဒီယို ဆက်သွယ်ရေး စနစ်များ။)
10. Special Electrical Systems: အခြား ထူးခြားတဲ့ Electrical Systems အမျိုးမျိုး လည်း ပါဝင် နိုင်ပါတယ်။

C. Building Operation Systems (အဆောက်အအုံ လည်ပတ်ရန် လိုအပ်သောစနစ်များ)

1. Vertical Transportation Systems: (အပေါ်၊အောက်၊ သယ်ယူ ပို့ဆောင်ရေး စနစ်များ): Lifts (or) Elevators: (ဓာတ်လှေကား) နဲ့ Escalators (စက်လှေကား) တွေ ပါဝင် ပါတယ်။ ဒီစနစ် တွေဟာ Specialists Manufacturers တွေက ထုတ်လုပ် တပ်ဆင် လေ့ရှိပါတယ်။ Project ကို လိုက်လို့ တစ်ခါတစ်ရံ Mechanical အောက်မှာရှိတတ်ပြီး များသောအားဖြင့်တော့ Electrical အောက်မှာ ထားလေ့ရှိပါတယ်. (မှတ်ချက်။ ။ ဓာတ်လှေကား အခေါ်အဝေါ် : Lift က British အခေါ်ဖြစ်ပြီးElevator က American အခေါ်ဖြစ်ပါတယ်)
2. Building Automation Systems
အဆောက်အအုံ ရဲ့ လိုအပ်ချက် ကို လိုက်လို့ MEP Systems တွေကို အလိုအလျောက် ထိန်းချုပ် လည်ပတ် ပေးနိုင်ဘို့ အတွက် Building Automation Systems (BAS) (ဝါ) Building Management Systems (BMS) တွေ လည်း ပါဝင် ရလေ့ရှိ ပါတယ်။High-Tech Industrial Plant မှာတော့ Facility Management Systems (FMS) လို့ ခေါ်တတ် ပါသေးတယ်။ ဒီ စနစ်တွေ ဟာ များသော အားဖြင့် Electrical အောက် မှာ ရှိတတ် ပေမဲ့ MEP Systems အားလုံး အသေးစိတ် ဆွေးနွေး ညှိနှိုင်း ရတာမို့ စနစ် တစ်ခုစီ အတွက် လိုအပ်တဲ့ Control / Automation Requirements တွေကို အသေးစိတ် သိရှိ နားလည်ထား ဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။
3. ဒါတွေအပြင် Processing (ကုန်ထုပ် စနစ်၊ အစားအသောက် ဝန်ဆောင်မှု စနစ်တွေ)၊ အခြား Automation (ပတ်ဝန်းကျင် ထိန်းချုပ်ခြင်း၊ စီမံခန့်ခွဲခြင်းစနစ်) တွေလည်း ပါဝင်နိုင် ပါသေးတယ်။

တစ်ခုချင်းစီရဲ့ အကြောင်းအရာ အကြမ်းဖျင်း နဲ့ အသေးစိတ် ကို တတ် နိုင်သလောက် အလျင်းသင့်သလို ဆက်လက် တင်ပြ ပေးပါမယ်။

Tuesday, June 24, 2008

၁.၃ ၊ Building M&E Systems တွေရဲ့ Scope (နယ်ပယ်အတိုင်းအတာ)

M&E Systems တွေရဲ့ နက်နဲသိမ်မွေ့မှု အတိမ်အနက် ဟာ ဒေသရဲ့ လူနေမှုအဆင့်အတန်း၊ ရာသီဥတု အခြေအနေ နဲ့ နေထိုင်သုံးစွဲသူ အမျိုးအစား နဲ့ အဆောက်အအုံ ရဲ့ အဆင့်အတန်း တွေပေါ် မူတည်ပြီး အမျိုးမျိုး ပြောင်းလဲ နိုင်ပါတယ်။ ဥပမာ အားဖြင့် ရာသီဥတု သမမျှတတဲ့ နေရာက အိမ်တွေမှာ အပူပေး စံနစ်ရော၊ အအေးပေး စံနစ်ပါ လိုချင်မှ လိုပါမယ်။ ဘယ်လို အဆင့်အတန်း ပဲဖြစ်ဖြစ် ပေါ့လေ။
ကုန်တွေ အများကြီး လှောင်တဲ့ ဂိုထောင် အကြီးစားတွေ မှာဆိုရင်လည်း အပြင်မှာ ရေခဲနေဒဏ်းတော့ အပူပေးစံနစ် လိုချင်မှလိုပါမယ်။ ခေတ်မီဆေးရုံ တွေမှာ ဆိုရင်တော့ လက်ရှိ ကျန်းမာရေးစောင့်ရှောက်မှု စံချိန်စံညွှန်း တွေနဲ့အညီ ဆေးရုံသုံး ခါတ်ငွေ့တွေ၊ အရံ လျှပ်စစ်မီး ပေးစံနစ် (အရေးပေါ် မီးစက်) တွေ၊ ဆက်သွယ်ရေး စံနစ်တွေ အစရှိသဖြင့် ပါဝင်ရ ပါတယ်။
သာမန်ရုံးခန်း အသေးလေး တွေမှာ Window Type, Split Type Air Conditioners (လေအေးစက် အသေးစား လေးတွေ) သုံးလို့ ရပေမဲ့ Intelligent High-rise office building (အထပ်မြင့် အဆင့်မြင့် ရုံးခန်း) တွေမှာတော့ building automation and management control (အလိုအလျောက် ထိန်းချုပ်ရေး နဲ့ စီမံခန့်ခွဲရေး စံနစ်တွေ) ပါဝင်ပြီးဖြစ် တဲ့ Central HVAC system (ပင်မစက်ခန်း ကနေ ခွဲဝေ ပေးရတဲ့ HVAC စံနစ်) တွေကို ဒီဇိုင်းလုပ်ရ ပါလိမ့်မယ်။ M&E Systems ဆိုတာ ဘာတွေလဲလို့ အရင် Post မှာ တင်ပြခဲ့ ပြီးပါပြီ။
အရေးကြီးတာ ကတော့ Scope တွေ သတ်သတ် မှတ်မှတ် ခွဲနိုင်ဘို့၊ Demarcation Point တွေ ကို ရှင်းရှင်းလင်းလင်း ဖော်ပြ နိုင်ဘို့ ပါ။ ဒါမှ ဘယ်ဟာက ဘယ်သူ့ တာဝန်၊ ဘာတွေက Contract ထဲမှာပါတယ် စသည်ဖြင့် ရှင်းရှင်းလင်းလင်း နားလည်နိုင်မှာပါ။ ဒီ Scope of Work တွေပေါ် မူတည်ပြီး မှသာ Budget (ဘတ်ဂျက်) ကို အနီးစပ်ဆုံး ခန့်မှန်း တွက်ချက် နိုင်မှာပါ။ Project အသစ်တစ်ခု မစခင် M&E Feature & Design Criteria (ပါဝင်ချင်တဲ့ အင်္ဂါရုပ်တွေ နဲ့ ဒီဇိုင်း စံညွှန်း)တွေကို လျာထားဘို့ အသေးစိတ် Check List တွေ အရင် လုပ်ရပါတယ်။ Check List တွေ ပေါ်မူတည် ပြီး Architect/Engineer တွေ ဟာ ဘတ်ဂျက်တို့၊ နေရာ အထားအသိုတို့ကို လျာထား၊ ပြီးတော့ Architectural Concept တွေ ကို ဆက်လက် လုပ်ဆောင် နိုင်မှာပါ။
အောက်မှာ ဒီလို Scope တွေ ကို ခွဲဘို့ အတွက် လိုအပ်တဲ့ Check List (အချက်အလက်) တွေ စာရင်းပြုစု ဖော်ပြ ပေးထား ပါတယ်။

I. Project Location

Project ရဲ့ တည်နေရာ၊ နိုင်ငံ၊ ပြည်နယ်၊ မြို့ ၊ လမ်း၊ အစရှိတဲ့ အခြေခံ ကိုသိရပါမယ်။ ဒါမှ ဆက်စပ်တဲ့

- Climate Conditions ရာသီဥတု အခြေအနေ။
- Rules & Regulations Codes of Practices / Bylaws သက်ဆိုင်ရာ ဒေသရဲ့ လုပ်ထုံး၊ လုပ်နည်း၊ စည်းမျဉ်း စည်းကမ်းတွေ၊ သက်ဆိုင်တဲ့ ဥပဒေ တွေ၊ (အများပြည်သူ ကို အန္တရာယ်မဖြစ်စေဘို့၊ မထိခိုက်စေဘို့၊ အဓိကရည်ရွယ်တဲ့ ဥပဒေတွေ)
- Infrastructure တွေ ကရော ဘာတွေ အဆင်သင့်ရနိုင်လဲ။
- Materials & Equipments ရော အဆင်သင့်ရနိုင်ရဲ့လား၊ နိုင်ငံခြားက သွင်းရဘို့ လိုမှာလား။
- Economic Prospect / Political Situation စီးပွားရေး အခွင့်အလန်းရှိ ရဲ့လား၊ နိုင်ငံရေးအခြေ အနေကရော ၊ ငွေကြေး ရဲ့တည်ငြိမ်မှုကရော ဘယ်လိုရှိသလဲ။
- Local Operation ကရော၊ ကိုယ့်ရဲ့ ကုမ္ပဏီ၊ လူခံ၊ ရှိပြီးသားလား။ ဘယ်လိုစတင်ရမှာလဲ
- ပညာရှင် နဲ့ ကျွမ်းကျင် လုပ်သား တွေရော အဆင်သင့် ရနိုင် ရဲ့လား

ဒီ မေးခွန်းတွေရဲ့ အဖြေပေါ်မူတည်ပြီး ကုန်ကျစရိတ်တွေ နဲ့ အခွင့်အလန်း တွေကို ခန့်မှန်းလို့ ရမှာပါ။

II. Infrastructure

Building M&E System တွေရဲ့ Scope ကိုသတ်မှတ်တဲ့ အခါ ပထမဆုံး သိသင့်သိထိုက် တာကတော့ Infrastructure တွေအကြောင်း ပါ။ Infrastructure ဆိုတာ အဆောက်အအုံ နေရာရဲ့ လိုအပ်ချက်အတွက် တည်ဆောက်ထားလို့ အဆင်သင့် ရှိနေ တတ်တဲ့ Site Utilities တွေကို ဆိုလိုပါတယ်။ အဆောက်အအုံ အတွက် လိုအပ်တဲ့ သောက်ရေ သုံးရေ၊ လောင်စာဓာတ်ငွေ့၊ လျှပ်စစ်မီး၊ တယ်လီဖုန်း၊ Data နဲ့ Cable TV တွေ သွယ်ယူဘို့ စနစ်တွေ။ မိုးရေ နဲ့ ရေဆိုး (မိလ္လာ) နဲ့ အမှိုက်တွေ စွန့်ထုတ်ဘို့၊ အစ ရှိတဲ့ စနစ်တွေပါ။ ဘယ် စနစ်တွေက အဆင်သင့် ရှိနေတယ်။ ဘယ် Autority (ဌာန ဆိုင်ရာ၊ အာဏာပိုင်)၊ ဘယ်အဖွဲ့အစည်း က လုပ်ပိုင်ခွင့် ရှိသလဲ အရင်ဆုံး လေ့လာရပါမယ်။ စည်ပင်သာယာ တို့၊ လျှပ်စစ်ဌာန တို့၊ ဆက်သွယ်ရေး တို့လို၊ ဌာနဆိုင်ရာ အဖွဲ့အစည်း တွေ၊ Telephone, Internet Service Providers နဲ့ Cable TV Providers အစရှိတဲ့ ကုမ္ပဏီကြီးတွေ က ဝန်ဆောင်မှု ပေးလေ့ရှိပါတယ်။ အဆောက်အအုံ ရဲ့ လိုအပ်ချက်ကို ခန့်မှန်း တွက်ချက် ပြီး သက်ဆိုင်ရာ ဌာန ဆိုင်ရာတွေနဲ့ ဆွေးနွေး ညှိနှိုင်းပြီး Approval (သဘောတူညီချက်၊ အတည်ပြုချက်) ရယူ ရလေ့ရှိ ပါတယ်။ ဒါမှလည်း အဆောက်အအုံ ဆောက်ပြီးတဲ့ အခါ အဆင်သင့် အသုံးပြု နိုင်မှာ ဖြစ်ပါတယ်။
ဒီ Infrastructure တွေသာ မရှိရင် Deep Well ရေတွင်း (အဝီစိတွင်း) တူးရတာ တို့၊ ပြီးရင် Water Treatment ရေသန့်စင်ရတာတို့၊ Waste Water Treatment Plant (မိလ္လာကန်) ဆောက်ရတာ တို့ နဲ့ ရှုပ်ရှက် ကို ခပ်နေပါ လိမ့်မယ်။ နောက်လျှပ်စစ်မီး အတွက်တွေ၊ ဆက်သွယ်ရေး နဲ့ အခြား လိုအပ်ချက်တွေကို လည်းထည့် စဉ်းစားရ ပါလိမ့် အုံးမယ်။

1. **Domestic Water Supply** သောက်သုံးရေသွယ်ယူဘို့ပါ။ ရနိုင် မရနိုင်နဲ့ လက်ရှိ ပိုက်လိုင်းက ဘယ်နားမှာ ရှိတယ်။ အနီးစပ်ဆုံး နဲ့ အသင့်တော်ဆုံး ဘယ်နေရာကနေ ခွဲယူရမယ် စုံစမ်း ထားရပါတယ်။
2. **Non-potable Water Supply** သောက်ရန်မဟုတ်သော သုံးရေပါ။ အစားအသောက် အတွက် မဟုတ်တဲ့ Industrial Water (စက်ရုံသုံးရေ) ကိုဆိုလိုပါတယ်၊ သောက်ရေမဟုတ်တဲ့ Cooling Tower / Fire Fighting Sprinkler Systems / Irrigation Systems တွေမှာ သုံးဘို့ ရေပါ။ စင်္ကာပူနိုင်ငံက NEWater လိုရေမျိုးကို ဆိုလိုပါတယ်။
3. **Foul Water (Sewerage) Discharge** မိလ္လာ၊ ရေဆိုး စွန့်ထုတ်ဘို့ပါ။ Infrastructure ကောင်းကောင်းရှိတဲ့ နိုင်ငံတွေမှာ Public Sewer Lines တွေအဆင်သင့် ရှိနေလေ့ ရှိပါတယ်။ စွန့်ထုတ်မဲ့ ရေရဲ့ Allowable Limits (ဓါတု ဇီဝ ပါဝင်မှုနှုန်း ကန့်သတ်ချက်) တွေကတော့ ရှိလေ့ ရှိပါတယ်။ မိလ္လာ၊ ရေဆိုး တွေကို အနီးစပ်ဆုံး နဲ့ အသင့်တော်ဆုံး Public Manhole အထိ သွယ်ထုတ်ရမှာပါ။ ဒါကြောင့် စစချင်း မဟုတ်တောင် Detail Design မစခင် Public Manhole ရဲ့ အတိမ်အနက် နဲ့ Direction of Public Sewer Lines ကိုသိနေဘို့ လိုအပ် ပါတယ်။
4. **Storm Water Drainage Discharge** မိုးရေ ကိုစွန့်ထုတ်ဘို့ အတွက် စနစ်တကျ တွက်ချက်တည်ဆောက်ထားတဲ့ ရေနုတ်မြောင်းတွေ
5. **Refuse Disposal** အမှိုက် စွန့်ပစ်ရန်စနစ်၊ အများအားဖြင့်တော့ Municipal စည်ပင်သာယာ ကလာသိမ်းပေးတတ်ပြီး တစ်ချို့နိုင်ငံ တွေမှာတော့ အစိုးရက ခွင့်ပြုထားတဲ့ ကုမ္ပဏီ တွေကတာဝန်ယူလေ့ ရှိပါတယ်။ အများအားဖြင့် အမှိုက်တွေ ကို Incinerator တွေ ကိုပို့၊ မီးရို့၊ ထွက်လာတဲ့ ပြာတွေကို Land Fill မြေဖို့ ဘို့ အတွက် အသုံးပြုပါတယ်။

6. **Town Gas Supply** ချက်ပြုတ်ရန် ဂက်စ် ကိုဘယ်လိုရနိုင်မှာလဲ။ ပိုက်နဲ့ပေးတာကို လွယ်လွယ်နဲ့ ရနိုင်တယ် လို့တော့မထင်ပါနဲ့။ Town Gas Supply Companies တွေကလည်း သူတို့ပိုက်လိုင်း အနီးအနားမှာ အဆင်သင့်ရှိနေတာ တောင် မှ စီးပွားရေး အရ ရေရှည် တွက်ခြေကိုက်မကိုက် တွက်ချက်ပြီးမှ ပိုက်လိုင်းကို အဆောက်အအုံအထိ ဆက် Install လုပ်ပေးတာပါ။ အမျိုးအစားကရော ဘာလဲ [CNG, SNG, LPG (Liquefied Petroleum Gas), LNG (Liquefied Natural Gas)] အစရှိသည်..
7. **Chilled Water / Steam** တစ်ချို့ နိုင်ငံတွေမှာ District Cooling / Heating စနစ်တွေ ရှိနေ တတ်ပါတယ်။ ပြီးမှ Chilled Water / Steam ကို ဖြန့်ဝေပေး တာကို Subscribe လုပ်ရုံပါပဲ။ အားသာချက်ကတော့ Plant Space နေရာ သက်သာ သွားတာပါ၊ Cooling Towers, Boilers, Chillers စတာတွေ မလိုတာမို့ အသံဆူညံမှု ကို ထိန်းရတာ လည်း ပိုလွယ်ပါတယ်။ စီးပွားရေး တွက်ခြေ ကိုက်၊ မကိုက် ကတော့ Life Cycle Cost နဲ့ နှိုင်းယှဉ် ရမှာပေါ့လေ။
8. **Electrical Power** လျှပ်စစ်မီး၊ ပါဝါ ကိုလျှောက်တဲ့ အခါ အနီးစပ်ဆုံး ပါဝါလိုင်း က ဘယ်မှာလဲ။ Voltage က HT (High Tension) / Medium Voltage လား LT (Low Tension) လား၊ ဘယ်နှ ဗို့အားတွေ ရနိုင်လဲ။
ဗို့အား အမြင့် ကိုသုံးရင် ကိုယ်လိုချင်တဲ့ ဗို့အား ရဘို့အတွက် Transformers လိုပါတယ်။ နောက် Power Company's အတွက် Switch Gear ထားဘို့ အခန်းနေရာ ဆောက်ပေးရတတ်ပါတယ်။ ကိုယ်သုံးချင်တဲ့ ဗို့အား (ဥပမာ အိမ်သုံးဗို့အား) တန်းရနိုင်ရင် Transformers မလိုပါဘူး။ နေရာလည်းသက်သာပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ Tariff ယူနစ်တစ်ခု (per VA) အတွက် ကုန်ကျငွေတော့ ပိုနိုင်ပါတယ်။ Power Company's ရဲ့ပေးနိုင်တဲ့ ဗို့အားက က ကိုယ်လိုချင်တဲ့ Load/ Maximum Demand ပေါ်မှာ လည်း မူတည် တာမို့ ကိုယ်လိုချင် သလို ပေးမှာ တော့ မဟုတ်ပါဘူး။ Negotiation တော့ အနည်း နဲ့ အများ လုပ်ကြည့် နိုင်ပါတယ်။
နောက် ပိုစိတ်ချချင် Source နောက်တစ်ခု ရနိုင်၊ မရနိုင် (ငွေတော့ပိုကုန်မယ်)။ Power Company's တွေက ထုံးစံ ဖြစ်တဲ့ Maximum Demand vs Source Voltage Schem နဲ့ သူတို့ ပေးနိုင်တဲ့ Power Quality ကိုလည်း ဖော်ပြလေ့ ရှိပါတယ်။ မီးအားမမှန် ရင်၊ မီးပြတ်ရင် ပြည်သူတွေရဲ့ စီးပွားရေး သာမက နိုင်ငံရဲ့ စီးပွားရေး ပါ ထိခိုက်မှာမို့ တိုးတက်လိုတဲ့ နိုင်ငံတိုင်း မှာ လိုအပ်တဲ့ ပါဝါပေးနိုင်အောင်၊ မီးမပြတ်ရ အောင်နဲ့ မီးအားမှန်အောင်ပါ လုပ်ထားလေ့ ရှိပါတယ်။ အပြန်အလှန် အားဖြင့် မီတာခ တွေ ကောက်ယူ ရရှိနိုင်မှာ ဖြစ်ပါတယ်။ ဌာန ဆိုင်ရာ အသုံးအစွဲ ကိုလည်း လိုတာထက် ပိုမသုံးအောင် ဘတ်ဂျက်ပေးပြီး ချင့်ချိန်ကြရပါတယ်။ အမေရိကန် နိုင်ငံ မှာ ဆို Federal Government' s Agencies တွေရဲ့ Energy Consumption ကိုလျှော့ချဘို့ နဲ့ Energy Efficient ဖြစ်ဘို့ Federal Energy Management Policy ကိုချမှတ် ထားပြီး ဒီစနစ် ရဲ့ထိရောက်မှု နဲ့ အကျိုးရှိမှု ကို သမတ ကိုယ်တိုင် ကွန်ဂရက် မှာ တင်ပြရပါတယ်။
9. **Telecom / Data / Internet** တယ်လီဖုန်း၊ အင်တာနက်၊ အချက်အလက်။ အခုခေတ် အဆောက်အအုံ တွေမှာ IT လိုအပ်ချက် ကများသည်ထက် များလာပါတယ်။ Telephone Service Providers တော်တော်များများ က လိုအပ်ချက် ကိုဖြည့်ဆီး ပေးနိုင် အောင် Infrastructure တွေကို အဆက်မပြတ် ပြင်ဆင်မွန်းမံ နေကြပါတယ်။ လိုအပ်ချက်ကို ကြည့်ပြီး Telephone Service Providers တွေနဲ့ ညှိနှိုင်းယူရပါတယ်။ လိုအပ်တဲ့ တယ်လီဖုန်း၊ Data အတွက် Cables တွေသွယ်ယူ နိုင်ဘို့ သာမက Cell Phone တွေအတွက် Signal Boosters တွေပါ တတ်ဆင်ပေး ဘို့ရယ်။ လိုအပ်တဲ့ အခန်းနေရာ နဲ့ Power / Air-con လိုအပ်ချက် တွေကိုပါ ညှိနှိုင်းယူရ ပါတယ်။
10. **Cable TV** ကေဘယ် တီဗီ အတွက် ပါ။ ခုနောက်ပိုင်း IT နည်းပညာ တိုးတက်လာတာ မို့ Telephone Service Providers က Cable TV ပေးနိုင်လာ သလို Cable TV Providers ကလည်း Telephone/Internet Service ပေးနိုင်လာတာ တွေ့ရပါတယ်။ ရှုတ်ထွေး နေတာပါပဲ။
11. **Alternative Energy Source (Fuel: Coal)** စွမ်းအင်အတွက် အခြားရွေးစရာရှိ မရှိ (Gas, oil, electrical power, coal, central (steam, hot water, chilled water), alternative energy, etc.)

စက်ံပူ လို နိုင်ငံမှာ တော့ ကိုယ့် Project ရဲ့ အနီးတစ်ပိုက် မှာ ရှိနေတဲ့ Existing Infrastructure Utilities Plan ကို သက်ဆိုင်ရာ PUB (Public Utilities Board) ကနေဝယ်ယူ ရရှိနိုင်ပါတယ်။ မလေးရှား နိုင်ငံမှာ တော့ ဒီ သက်ဆိုင်ရာ အာဏာပိုင်တွေဆီ ချဉ်းကပ် ရယူနိုင်ပါတယ်။ ဒါတွေကို မျက်စေ့မှိတ် ယုံရမှာ တော့ မဟုတ်ပါဘူး၊ တကယ့် အပြင်မှာ ရှိနေတာတွေကို Verify (ပြန်စစ်ဆေး အတည်ပြု) လုပ်ရပါတယ်။
ဒီ Infrastructure တွေကို ရအောင် လျှောက်တဲ့ အခါ ကုန်ကျမဲ့ Application Fees / Connection Fees (လျှောက်လွှာကြေး၊ မီတာကြေး၊ ဘာကြေး ညာကြေး တွေ) ကို Client / Owner ကနေကျခံ ရမှာ ဖြစ်ကြောင်း Scope of Works မှာ Demarcation

ထည့်ရေးထားရမှာ ဖြစ်ပါတယ်။ Demarcation ဆိုတာက တာဝန် ကို တိတိကျကျ ခွဲခြား သတ်မှတ်ထားတဲ့ နယ်နမိတ် (ဝါ) စည်း ကိုဆိုလိုပါတယ်။

III. **Environmental Features** ပတ်ဝန်းကျင် နဲ့ သက်ဆိုင်တဲ့ အင်္ဂါရုပ်တွေ။
ပတ်ဝန်းကျင် နဲ့ ဆက်နွယ် နေတဲ့ အချက်တွေ ပါ၊ မပါ စစ်ဆေးနိုင် ဘို့ပါ။ ဒီအချက်တွေ ကတော့၊

0. **Green Building** : Green ဆိုတာက တော့ သဘာဝ ပတ်ဝန်းကျင် ကို ရေရှည် ဂရုစိုက် ထိန်းသိမ်း စောင့်ရှောက် နိုင်စွမ်းတဲ့ sustainable development ကို ဆိုလို ပါတယ်။ စီးပွားရေး အရလည်း တွက်ခြေကိုက်ပြီး၊ နေထိုင်သုံးစွဲသူ တွေ အတွက် လည်း ကျန်းမာရေး နဲ့ ညီညွတ် စေမယ့် အဆောက်အအုံ တွေလို့ ဆိုပါတယ်။ ပတ်ဝန်းကျင် ထိန်းသိမ်းရေးက မရှိမဖြစ် လိုအပ်လာတာမို့ လက်ရှိ ဆောက်လုပ်ရေး မှာ အရေးပါ လာတဲ့ အချက်တစ်ခု ပါပဲ။ ဒီ အဆောက်အအုံ တွေရဲ့ အကျိုးရှိမှု ကို Life Cycle Cost နဲ့ တိုင်းတာ တာမို့ Initial Cost ပို သက်သာ လေ့တော့ မရှိပါဘူး။ Green Building Certification Process တွေပါ လိုအပ် ခဲ့ရင်တော့ Project Schedule & Project Duration တွေပေါ်မှာ သက်ရောက်တဲ့ Impact ကိုလည်း ထည့်သွင်း စဉ်းစားရမှာဖြစ်ပါတယ်။
1. **Indoor Environmental Conditions** အဆောက်အအုံ အတွင်းပိုင်း ပတ်ဝန်းကျင် အခြေအနေ ထိန်းသိမ်းမှု လိုအပ်ချက်
   i. Temperature အပူအအေး ထိန်းသိမ်းရမဲ့ လိုအပ်ချက်။ ဥပမာ 23±1.1ºC, 75±2ºF etc.
   ii. Relative Humidity စိုထိုင်းဆ လိုအပ်ချက်။ ဥပမာ RH 55±2.5%
   iii. Pressure Cascading (Positive, Negative, Pa) လေ၏ ဖိအား ဇုန်သတ်မှတ်ချက်
   iv. Acoustic Criteria (dbA, NC) အသံ ဆူညံမှု သတ်မှတ်ချက်
   v. Lighting (Lux Level) အလင်းရောင် အား
   vi. Air Cleanliness လေ၏ သန့်ရှင်းမှု အတိုင်းအတာ
   vii. Vibration Criteria တုန်ခါမှု အတိုင်းအတာ

   ဒီလိုအပ်ချက် တွေ ဟာ သာမန် ရုံးခန်း တွေမှာ သိပ်ပြီး တင်းကျပ် လွန်းမှာ မဟုတ်လှ ပေမဲ့ High-Tech Factories တွေလို Stringent Indoor Environmental Conditions တွေ လိုအပ် လာတဲ့ အခါ Design Process တွေရော Control Strategies တွေပါ ပိုမို ရှုတ်ထွေးလာ တာ တွေ့ရပါမယ်။ ဥပမာ Temperature နဲ့ RH Control နှစ်ခုလုံး ဘောင်အတွင်း ဝင်ဘို့ ထိန်းရတာ အတော်ခက်ပါတယ်။ ဒါကြောင့် TDB 75±2ºF, RH 55±2.5% ရနိုင်ဘို့ဟာ TDB 75±5 ºF, RH 55±5% ရဘို့ထက် အဆပေါင်း များစွာ ပိုမို ခက်ခဲ ပါတယ်။
   Air Cleanliness ကိုသေချာ ထိန်းသိမ်းဘို့ လိုအပ် တဲ့ Cleanrooms (High-Tech Fabs / Bio) တွေ မှာဆိုရင် လည်း သူတို့ရဲ့ လိုအပ်တဲ့ Air Cleanliness Class ကိုသိ ရဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။

2. **Natual Ventilation** (သဘာဝ လေဝင် လေထွက်)
3. **Daylighting** (နေ့ အလင်းရောင် အသုံးခြခြင်း။)
4. **Solar Shading** (နေရိပ် လုပ်ပေးခြင်း)
5. **Intelligent Buildings** အခြေအနေ လိုအပ်ချက်ကို Monitor (စိစစ် တွက်ချက်) ပြီး M&E Systems များကိုအလိုအလျောက် Control (ထိန်းသိမ်းလည်ပတ်) နိုင်စွမ်းရှိသော Building Automation Systems တတ်ဆင် ထားသည့် အဆောက်အအုံများ

အောက်မှာ M&E Systems တွေအတွက် လိုအပ်တဲ့ အခြေခံ Checklists တွေကို ဖော်ပြထားပါတယ်။ တစ်ခုစီ ရဲ့ အကြောင်းအရာ အသေးစိတ် ကိုတော့ နောက် အချိန် ရတဲ့ အခါ တင်ပြ ပေးပါ အုံးမယ်။

IV. **Mechanical Systems**

0. **HVAC**
   A. **Indoor Environmental Conditions** အထက်မှာ တင်ပြခဲ့ တဲ့ လိုအပ်ချက်တွေ ဖြစ်တဲ့ Temperature, RH, Acoustic Criteria, Cleanliness and Vibration Criteria တွေ ကိုသေချာ စစ်ဆေးဘို့ လိုပါတယ်။

B. **System Composition and Heating / Cooling Distribution** ဘယ်စနစ် တွေသုံးမှာလဲ စစ်ဆေး နိုင်ဘို့ပါ။
   - **Centralized Systems:**
     i. Water-Cooled / Air-Cooled
     ii. **Heating / Cooling Distribution**:
       - All Air System
       - Air and Water Systems
       - All Water Systems
       - VAV (Variable Air Volume) / CAV (Constant Air Volume) Systems
   - **Decentralized Systems** အများစု ကတော့ DX Systems: DX unit တွေပါ၊ ဒီ တွေမှာ Compressors တွေပါရှိ တတ်တာမို့ Unitary Systems လို့လည်းခေါ်ကြပါတယ်။ အများအားဖြင့် Air-Cooled Condensers တွေ ဖြစ်လေ့ရှိပြီး အချို့ကတော့Water-Cooled လည်း ဖြစ်နိုင်ပါတယ်။ Cooling Only Units (လေအေးပေးစက် သက်သက်) တွေ ဖြစ် နိုင်သလို ရာသီဥတု အရလိုအပ်ရင် အပူရော အအေးပါ ပေးနိုင်တဲ့ Heat-Pumps တွေလည်း ဖြစ်နိုင်ပါတယ်။ ပါဝင် နိုင်တာ တွေ ကတော့
     i. Windows Units: (အသံဆူ လို့ ခုခေတ် အိမ်တွေမှာ သိပ် မသုံးတော့ ပါဘူး။)
     ii. Split Systems (Split FCUs) တွေ၊
     iii. Multi-Splits တွေ၊
     iv. Variable Refrigerant Flow Muti-Split Units တွေ
     v. Packaged Terminal Air Conditioners (PTACs) လား
     vi. Water-Cooled လား စသည်စသည်။
   - **DCS / DHS** : District Cooling / Heating System တွေရ နိုင်လား။

C. **Central Plant Location**
   - Capacities and locations, etc. စွမ်းအား ကဘယ်လောက် ဆို အရွယ် က ဘယ်လောက်ရှိမယ် ဆိုတာ နဲ့ ဘယ်မှာ ထားမယ် ဆိုတာ၊ အစရှိသည်။ ...

D. **Heat rejection**
   - အပူတွေ ကို မှုတ်ထုတ်ဘို့ လိုအပ် တဲ့ Cooling towers or condensers (water, air-cooled) တွေ ဘယ်နေရာမှာ ထားရမယ် ဆိုတာ။

E. **Ventilation and exhaust** လေကောင်းလေသန့် ရအောင် ဘယ်လိုလုပ်ရမလဲ။
   - Natural Ventilation သဘာဝ အတိုင်း ရနိုင်မှာလား။
   - Outside air rate (minimum, 50% or 100%); ပြင်ပလေ ဘယ်နှုန်း နဲ့ ထည့်ပေးရမလဲ။
   - Exhaust Air Rate အထဲကနေ ဘယ်နှုန်း နဲ့ စုတ်ထုတ်ရမှာ လဲ။ (အိမ်သာ၊ ရေချိုးခန်း၊ စက်ခန်း၊ မီးဖို၊ စားသောက်ဆိုင်ခန်း၊ ကော်ရစ်ဒါ တွေ အပြင် စပါယ်ရှယ် လိုအပ် တဲ့ Toxic Gas, Acid/ Alkaline/ Solvent Exhaust, Hospital/Bio Exhaust တွေ။
   - Fresh / Exhaust Air Treatments လိုအပ်ချက်တွေ။ Hazardous Exhaust တွေ ပါဝင်လာရင် တော့ Treatment / Filtering / Sterilization တွေအပြင် Handling Protocol ကိုပါထည့်သွင်းစဉ်းစား ရမှာ ဖြစ်ပါတယ်။

F. **Automation** BAS or BMS,
   - Monitor / Control Requirements & Strategy
   - BMS Points Schedule
   - Field Instruments, Hardware Equipments, Cabling
   - Communication Protocol, Software Modules

1. Plumbing Systems
    . Water source (potable)
        - Pressure,
        - capacity,
        - size,
        - location, etc

    A. Water source (non-potable)
        - Pressure,
        - capacity,
        - size,
        - Usage (sanitary; irrigation), etc.

    B. Mode of Supply
        - System Supply Pressure Zones
        - Tank Location, Material (RC / FRP/ GI etc.) & Sizes (capacities)
        - Pump Location, Purpose (Transfer / Booster), Type (Centrifugal (In-Line, Split-Case, Single/Multi-Stage) & Capacities (Flow rate & head)
        - Usage Points : Locations, Pressure required and Demand, etc.

    C. Hot water
        - Hot Water Generators : Electric, Steam Powered, Heat Pump or heat exchangers
        - Storage Method
        - Supply Mode
        - Usage Points : Locations, Pressure required and Demand, etc.

2. Sanitary
    . Sewage disposal
        - Storm, sanitary, sewage treatment (on site or in building),
        - Public sewers, etc.

    A. Storm water
        - Roof,
        - ground,
        - discharge locations,
        - sewer, etc.

    B. Subsoil Drainage
        - Drainpipes, sumps, pumps, discharge, location, etc.

    C. Sanitary facilities
        - Sanitary Fixtures,
        - Soil, waste and venting, etc.

3. Fire Protection Systems
    . Fire Fighting / Extinguishing Systems
        - Fire Fighting Systems:
            i. Fire Hydrants
            ii. Fire hose (hose-reels) and
            iii. Standpipe (Wet / Dry Riser),
            iv. Siamese, etc

- Fire Extinguishing Systems:
  i. Portable Fire Extinguishers,
  ii. Automatic Sprinkler Systems, Hazard Classes & Types,
  iii. Gas Suppression Systems etc.

A. **Fire Protection water storage**
- Lake, pond, Tanks,
- Tank Material (RC / GRP etc.)
- Location, and Capacities

B. **Fire Pumps**
- Single or cascading,
- energy (gas, diesel, or electric), etc,

C. **Fire and smoke detection**

Thermal (Heat) and smoke detectors, etc.

D. **Fire and smoke containment (*)**
- Fire shutters
- building compartmentation (by zone or by floor)
- Smoke exhaust, floor pressure controls,
- stair pressurization, etc."

E. **Fire Annunciation (Public Address)**
- Fire Alarm
- Public address,
- Automatic Notification to Fire Department, etc.

4. **Industrial Utilities**

. Equipments & Utilities Matrix
- Utility Grade
- Utility Consumption Rates of each equipments

A. Systems Composition (Systems / Equipments) Required
B. Utilities Distribution
C. Equipments Hook-Up Scope

V.

VI. **Checklist of Electrical Systems**

0. **Electrical Power Systems**

. **Normal power source**
- Utility or on-site power (capacity, phase, and voltage)
- service entrance
- substations
- vaults, etc.

A. **Emergency power source**
- Separate service,
- on-site generation, etc.

B. **Power distribution**
   - Primary or secondary voltages
   - panels and substation locations

C. **On-floor distribution**
   - Under floor ducts
   - cellular floors,
   - raised floors,
   - ceiling conduit network,
   - poke-thru, etc.

D. **Emergency power distribution**
   - Critical equipment load,
   - emergency lighting. etc.
   - Critical building loads
   - power source (batteries. UPS, etc.)
   - Critical building loads, power source (batteries. UPS, etc.)

E. **Power for building equipment**
   - Mechanical
   - food services
   - process
   - Vertical Transportation (Elevator, escalators), etc.

1. Lighting Systems

. **Major lighting systems**
   - Light sources and
   - method of mounting (surface, lay-in, pendent), etc.

A. **Lighting Design and Layout**
   - Light sources
   - fixture selections
   - layout and controls, etc.

B. **Emergency lighting**
   - Exit
   - exitway
   - critical and emergency, etc.

C. **Feature lighting**
   - Architectural expression and
   - building features, etc.

D. **Daylighting**
   - Fenestration
   - skylight
   - controls, etc.

E. **Exterior lighting** Site, landscape, building facade, security, etc.
   - Landscape
   - building facade
   - security, etc.

2. Lightning Protection Systems
    . Air Terminals
    A. Groundings, etc.
3. ELV Systems
    . Telephone communications
        - Type,
        - lines
        - stations
        - switchboard
        - features
        - facsimile, modem, etc.
    A. Data distribution
        - Cables
        - wire closets,
        - LAN. etc.
    B. Public address (PA)
        - Intercom
        - paging and
        - music systems, etc.
    C. Audio video (A/V)
        - Radio, TV and signal distribution systems, etc.
    D. Satellite dishes (.)
        - Number
        - diameter orientation and location, etc.
    E. A/V Transmission towers
        - Radial TV
        - microwave, etc.
    F. Time and signal
        - Time and signal Clock and program systems, etc
    G. Fire alarm
        - Interface with FP, HVAC, BAS, etc.
    H. Security systems (.)
        - CCTV monitoring
        - detecting,
        - alarming, etc.
    I. Automatic controls
        - interface with HVAC, elevators, fire protection, lighting, security, etc.
    J. Specialty systems
        - Numerous specialty systems

Wednesday, June 25, 2008

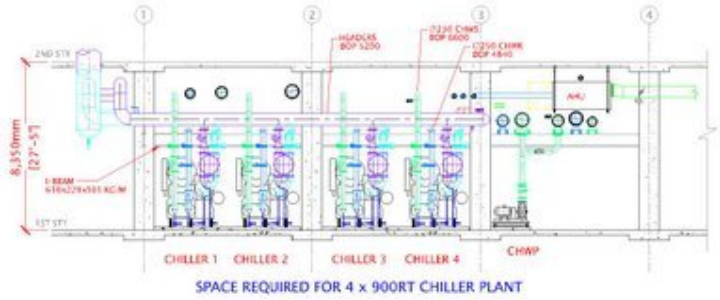
၁.၄ ။ M&E vs Space Planning (နေရာ လျာထားသတ်မှတ်ခြင်း)

M&E Systems တွေရဲ့ နေရာ အကျယ်အဝန်း လိုအပ်ချက် ဟာ အသုံးပြုမဲ့သူတွေ (ဝါ) နေထိုင်သူတွေ၊ ဒေသရဲ့ရာသီဥတု အခြေအနေ၊ လူနေမှု အဆင့်အတန်း၊ အဆောက်အအုံ ရဲ့ အဆင့်အတန်း နဲ့ Architectural Design (ဗိသုကာ ဒီဇိုင်းတွေ) ပေါ် မူတည်ပြီး အမျိုးမျိုး ပြောင်းလဲနိုင်ပါတယ်။

ဒီလိုအပ်ချက်တွေ ဟာ GFA (Gross Floor Area: စုစုပေါင်း နေရာ အကျယ်အဝန်း ဧရိယာ) , footprint (အဆောက်အအုံ ရဲ့ မြေညီထပ် မှာ ရှိတဲ့ အရွယ်အစား နဲ့ ပုံစံ)၊ floor to floor height (အထပ် တစ်ခုစီ ရဲ့ အမြင့်)၊ Geometry အချိုးအစား နဲ့ Architectural Expression တွေပေါ်မှာ အကျိုးသက်ရောက်မှု ရှိပါတယ်။

Space Planning Phase မှာထဲက M&E space (လိုအပ်တဲ့ နေရာတွေ) ကို မျှမျှတတ ကြိုတင်လျာထား သတ်မှတ်ထား နိုင်ခဲ့မယ် ဆိုရင် လိုအပ်တဲ့ အရွယ်အစား နဲ့ သင့်တော်တဲ့ နေရာ ရစေနိုင်ပါတယ်။ နေရာ လိုအပ်ချက် စီစဉ်လျာထား တဲ့ Space Planing for M&E systems ဟာ Architectural Design Process မှာ အခက်ခဲဆုံးဖြစ် စိန်ခေါ်မှု တစ်ရပ် ဖြစ်ပေမဲ့ တိုးတက်မှု သိပ်မရှိသေး တဲ့ လုပ်ငန်းစဉ် တစ်ခုပါ။

အဆောက်အအုံ အကြီးစားတွေ မှာ သုံးလေ့ရှိ တဲ့ Central Equipments (ပင်မ စက်ပစ္စည်းတွေ၊ ကိရိယာတွေ။) ဟာပုံမှန် အားဖြင့် ကြီးလည်းကြီး၊ မြင့်လည်းမြင့်လေ့ရှိပါတယ်။ ဒါတွေတပ်ဆင်ထားရှိ ဘို့ရာ အခန်းတွေ၊ နေရာတွေ မှာ မျက်နှာကျက် အမြင့်က ပုံမှန် အထပ်တွေ ထက် တစ်ဆခွဲ နှစ်ဆ လောက် ပိုမြင့်ဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။



SPACE REQUIRED FOR 4 x 900RT CHILLER PLANT

ပုံစံပြထားတဲ့ Chiller နဲ့ Pump တွေအတွက် အခန်းဟာ 8.35m (၂၇ ပေ ကျော်) အမြင့် ဆိုတော့ ပုံမှန်ထက် နှစ်ဆလောက် တောင်မက တဲ့ လိုအပ်ချက်ပါ။ Chiller Plant ထဲမှာ Chiller အတွက် သာမက Condenser/Chilled Water Pipe Header တွေ၊ Pumps တွေအတွက် လုံလောက် မျှတ တဲ့နေရာတွေ လိုအပ်ပါတယ်။ ဒီနေရာ မှာ လိုအပ်တဲ့ Structural Support တွေ၊ Logistic Path ပစ္စည်းတွေ သယ်ယူတပ်ဆင် ဘို့၊ လဲလှယ်ဘို့ တွေ အတွက် လမ်းကြောင်း၊ ပိုက်တွေ၊ Electrical Control Panel တွေ၊ Pump တွေ စနစ်တကျ ထားသို့ နိုင်ဘို့၊ Operating & Maintenance (လည်ပတ်ဘို့၊ ပြုပြင် ထိန်းသိမ်းထားနိုင်ဘို့) အစရှိ သဖြင့် .. လိုအပ်တဲ့နေရာ တွေကို ကြိုတင် လျာထား သတ်မှတ်ထား ရမှာဖြစ်ပါတယ်။

Commercial Building တွေမှာ ရှိတဲ့ Ductwork တွေ lighting နဲ့ Wiring တွေ run ဘို့ ကလည်း ခက်ခဲ ရှုပ်ထွေးပြီး Ceiling Void Space 600mm to 900mm (ပျမ်းမျှ ၂ ပေ ၃ ပေ လောက်) လိုအပ် ပါတယ်။ Ceiling Cavity ထဲမှာ Beam (ရက်မ၊ ထုပ်) တွေ ပါလာ တာမို့ ဒါတွေကို လည်း ထည့်သွင်းစဉ်းစားရ မှာ ဖြစ်ပါတယ်။ ဒါ့အပြင် ပိုက်အမျိုးမျိုး (HVAC ပိုက်၊ ရေသန့်ပိုက်၊ ရေဆိုးပိုက် ၊ မီးသတ် Sprinkler ပိုက်၊ စသည် .) ဟာလည်း ပဲရှိနေ တတ်ပါသေးတယ်။ ဒီပိုက်တွေ အတွက်လည်း နေရာ လိုတာပါပဲ။ တစ်ချို့နေရာ တွေမှာ Beam ကိုဖောက်သွားခွင့် ရနိုင်တာမို့ Ceiling Void Space လိုအပ်ချက် ကိုအထိုက်အလျောက် လျော့ချနိုင်မှာပါ။ ဒီလို Beam ကို ဖောက်သွားခွင့် ရဘို့ကလည်း ကန့်သတ်ချက်တွေက များပါတယ်။ Structural Strength ကိုလုံးဝ ထိလို့ မရပါဘူး။ ဥပမာ ပြောရရင် ပထမ ဒီလို Penetration ဖောက်တာကို လက်ခံနိုင်တဲ့ Beam ဖြစ်ရမယ်။ Pre-stressed Beam လိုအထိ မခံတဲ့ Beam ဖြစ်လို့မရဘူး။ နောက့် Beam ရဲ့ အလယ် 1/3 အတွင်းမှာပဲဖြစ်ရမယ် (ဒါက Stress နည်းတဲ့ Neutral Axis နဲ့ နီးတဲ့နေရာ ကို ဆိုလိုပါတယ်။ ဒီအတွင်းမှာ ဝင်ဆန့်လောက်အောင် တဲ့အရွယ်ဖြစ်ရမယ်ပေါ့)။ ဒါ့အပြင် Penetration တစ်ခုနဲ့ တစ်ခု ကြားအနည်းဆုံး 2D (2 x Diameter Gap or 3xDia Center to Center) ကွာရမယ်၊ Column (or) Beam Joint ကနေအနည်းဆုံး ဘယ်လောက်ကွာရမယ်၊ စသည်စသည် ပေါ့လေ။ ဒီနေရာမှာ M&E Pipe တွေကို Center-to-Center 3D နဲ့သာ ဆင်ရရင် ကျဲတောက်တောက် နဲ့ အရှုပ်ဆိုး ရုံသာမက Support လုပ်ရလည်း ခက်တာ မမေ့ပါနဲ့။

အရင်က Post တွေမှာ M&E System တွေရဲ့ ရှုပ်ထွေးမှု ကိုတင်ပြ ခဲ့တာဟာ ဒီ System တွေက Overall Planning ကို

ဘယ်လောက်အထိ အကျိုး သက်ရောက်မှု ရှိမှာလဲ ဆိုတာ သတိပြုမိစေချင် လို့ပါ။ Conceptual Planning နဲ့ Budgetary Purpose မှာ သုံးဘို့ရာ နေရာ ဧရိယာ တွေကို စိတ်ကူး ခန့်မှန်းရာ နိုင်ဘို့ အကြမ်းဖျင်း လိုအပ်ချက် တွေကို အောက်က Table မှာ စာရင်းလုပ်ပေး ထားပါတယ်။

Table ၁.၄.၁. M&E Floor Area လိုအပ်ချက် အမျိုးမျိုး

အသုံးပြုမှု (Type of Occupancy)	% of Gross Building Area		
	နည်း	လတ်	များ
ကွန်ပြူတာ စင်တာများ	၈	၂၀	၃၀
ကုန်တိုက် (ကုန်ပဒေသာဆိုင်)များ	၃	၅	၇
ဆေးရုံများ	၅	၁၀	၁၅
အဆောင်၊ ဘော်ဒါဆောင်များ	၄	၇	၁၀
ရုံးခန်းများ	၂	၄	၆
သုတေသန Laboratories များ	၅	၁၀	၁၅
လူနေအိမ် (မိသားစု)	၁	၂	၃
အထပ်မြင့် တိုက်ခန်းများ	၁	၃	၅
စတိုးဆိုင်၊ လက်လီဆိုင်များ	၁	၂	၃
မူလတန်း ကျောင်းများ	၂	၃	၄
အလယ်တန်း ကျောင်း	၂	၄	၆
တက္ကသိုလ်၊ ကောလိပ် များ*	၄	၆	၈
* စာသင်ကျောင်း ဆောင်များ အတွက်သာ ဖြစ်ပါသည်။ အခြား Laboratories လက်တွေ့ ခန်းများ၊ ကွန်ပြူတာ စင်တာ၊ ဘော်ဒါဆောင်များ ကိုသက်ဆိုင်ရာ နာမည်နှင့် ကြည့်ပါ။			

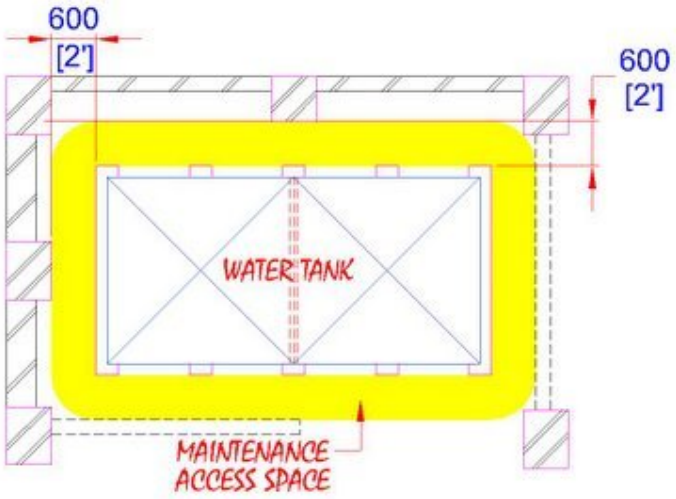
လိုအပ်ချက်တွေ ဟာ အမျိုးမျိုး နဲ့ သိပ်ယေဘုယျဆန် ပေမဲ့လို့ အစတစ်ခု အနေနဲ့ တော့ ကောင်းကောင်း အထောက်အကူ ပြုပါလိမ့်မယ်။ ပြီးမှ အဆောက်အအုံ ရဲ့အသေးစိတ် လိုအပ်ချက်တွေ ပိုသိလာတဲ့အခါမှာ တကယ့် လိုအပ်ချက်တွေ ပေါ် မူတည်ပြီး ပြင်သင့်တာလေး ပြင်၊ စံနစ်တကျလေး ဖြစ်အောင်လုပ်၊ ပိုပြီး ရှင်းလင်းအောင် မွမ်းမံ ရပါတယ်။
လိုအပ်ချက်တွေ အကွဲကွဲ အပြားပြား ဖြစ်နေ ရခြင်း ရဲ့ အခြေခံ အကြောင်းရင်း တစ်ခု ကတော့ Centralized Systems တွေသုံးတာနဲ့ Decentralized Systems သုံးတာ ရဲ့ ကွာခြားချက်ပါ။ ဥပမာ Window Type (or) Split Type FCU (Air-Con Fan Coil Unit), တွေ Cooling အတွက် Window Type (or) Split Type FCU (Air-Con Fan Coil Unit), ကိုသုံးမယ်၊ Heating & Cooling အတွက် Unitary Window (or) Through-the-wall Heat Pumps တွေကို သုံးရင် ပင်မ စက်ခန်း သုံးစရာ မလိုပါဘူး။ ဒါပေမဲ့ အသံ ပိုဆူညံပါတယ်။ အပြင်ပန်း ကလည်း သိပ်လှပတာ မဟုတ်ပါဘူး။ ပြီးတော့ Less Energy Efficient မို့ စွမ်းအင်လည်း ပိုကုန်ပါတယ်။
ဒါကြောင့် အဆင့်မြင့် အဆောက်အအုံ တွေမှာ နေရာလိုအပ်ချက်တွေ ပိုများနေတာတောင် Central System အမျိုးမျိုး ကိုပဲ အသုံးပြု နေကြတာပါ။

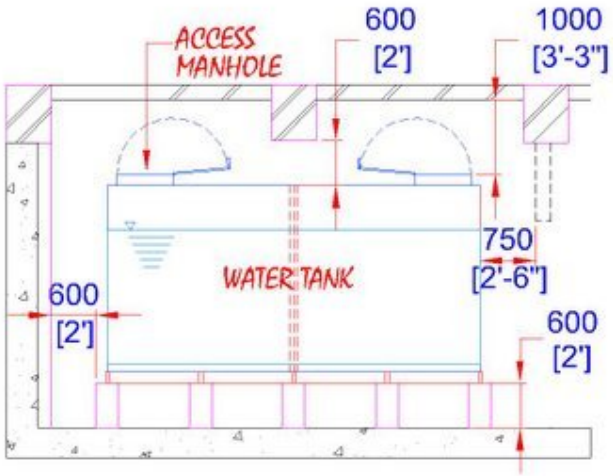
Typical Space Planning Considerations for M&E Equipments

1. **General (for all equipments)**
   - Maintenance Passageways, Catwalks ပြုပြင်ထိန်းသိမ်း တဲ့ အခါ သုံးဘို့ လမ်းကြောင်း၊
   - Maintenance Access Space ပြုပြင် ထိန်းသိမ်း မှု လုပ်ဘို့ အတွက် လုံလောက် တဲ့ နေရာ။

- Logistic: Equipment Move-In / Move-Out Space စက်ပစ္စည်း တွေ့ရှေ့ဘို့ ၊ အထဲကို သွင်းဘို့၊ ပြင်စရာ ရှိရင် အပြင်ကို ထုတ်ဘို့ လိုရင် ထုတ်နိုင်ဘို့ နေရာ။
- Access to Control Components (Valves, Actuator, etc.)

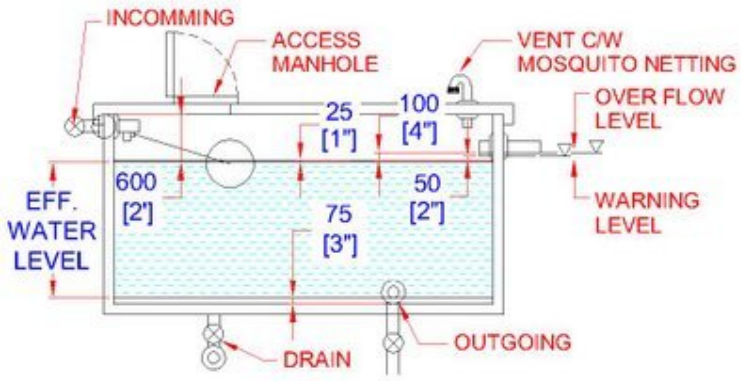
2. **Water Tanks** ရေလှောင်ကန် များ
   - Space for Access Manhole Openings (min 3ft (or) 900mm. Clear) ကန် အပေါ်က Manhole (လူဝင်ပေါက်) ကိုသွားနိုင်ဘို့ အတွက် အနည်းဆုံး ၃ပေ၊
   - For Panel Tanks: Parameter Maintenance Access (2 ft (or) 600mm Net min.), and Bottom of the Tank (2 ft (or) 600mm Net min.) Panel Tanks: တွေ့ တပ်ဆင်ဘို့ နဲ့ ပြုပြင်ထိန်းသိမ်း နိုင်ဘို့အတွက် ဘေးပတ်ပတ်လည် မှာ အလွတ် သက်သက် အနည်းဆုံး ၂-ပေ စီ။





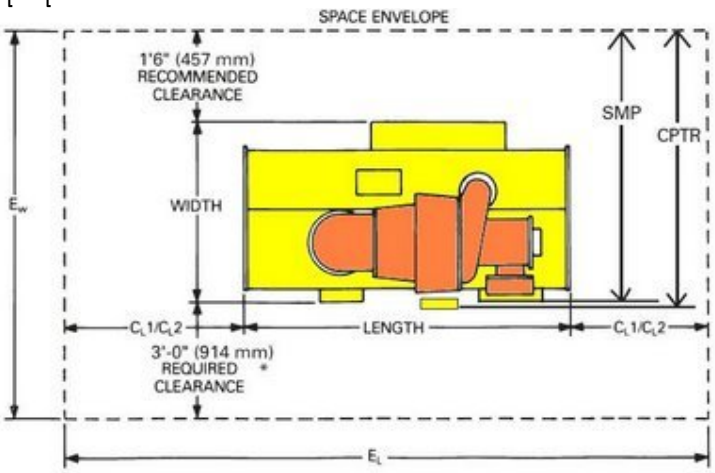
   - Actual Active Height (တကယ်ရနိုင်တဲ့ ရေထုထည် ကိုတွက်ဘို့ အမြင့်) ကို စဉ်းစားတဲ့ အခါ ရေမျက်နှာပြင် အပေါ်မှာ ရောဘက်မပြန်အောင် (ရေဝင်ပေါက် ထဲ ရေပြန် မစီးအောင်) Free board Requirements (to prevent back flow to incoming က 600mm (၂ပေ ခန့်) နဲ့ အောက်ဘက်မှာ Gravity Tank ဆိုရင် အနည်းဆုံး 75mm (၃ လက်မ)လောက်Pump Suction Tank ဆိုရင် အနည်းဆုံး 300mm (၁-ပေ)လောက် ထည့်သွင်း စဉ်းစား ပေးဘို့ လိုပါတယ်။ Fire Tank ဆိုရင် ဒီဇိုင်ပိုနိုင်တာမို့ ၂ခုပေါင်း 1000mm (၃-ပေ ၄-လက်မ)လောက်

ထည့်စဉ်းစားပေးဘို့လိုပါတယ်။



- တကယ်လို့ Manhole (လူဝင်ပေါက်) ကဘေးဘက်မှာ ထားရမယ်ဆိုရင် Manhole အရွယ်ကို 750mm(၂-ပေခွဲ) x 750mm (၂-ပေခွဲ) လောက်ထားရပါမယ်။ 600mm(၂-ပေ) x 600mm (၂-ပေ) ဆိုရင် အဝင်အထွက် အလွန်ခက် လို့ပါ။ ဒီအခါ Freeboard လိုအပ်ချက်က 1,200mm (၄-ပေ) လောက်ဖြစ်သွားပါလိမ့်မယ်။

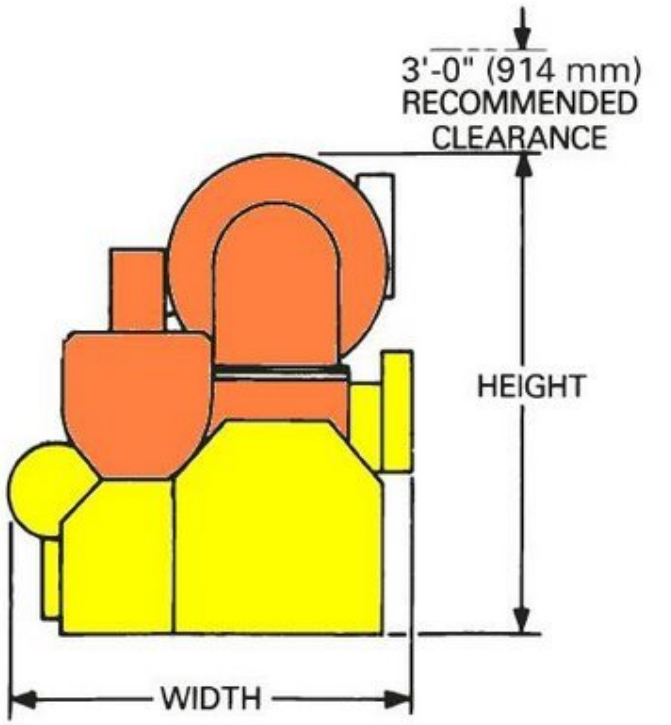
3. **Pumps**
   - Access Passageway (for Maintenance and Overhaul / Repair)
   - Access for Control Components (Valves, see pressure gauge etc.)
4. **Chillers**
   - Chillers တွေ အတွက် လိုအပ်တဲ့ နေရာ သတ်မှတ်တဲ့ အခါ အဓိက သိသင့်တာက တော့ Manufacturer' s Recommended Maintenance Space ပါ။ Water-Cooled ထက်စာရင် Air-Cooled ရဲ့အရွယ်အစား က အများကြီး ပိုကြီးပါတယ်။
   - Water-Cooled Chiller အတွက်နေရာ လိုအပ်ချက် ကို အောက်မှာ နမူနာ ပြထားပါတယ်။ ဒီနမူနာ ကို မှီငြမ်းထားတာ ကတော့ Trane Brand ပါ။ ဒီနမူနာ ကို Trane EarthWise™ CenTraVac™ Chillers Catalogue မှာ Download လုပ် နိုင်ပါတယ်။



   - Chiller ရဲ့ဘေး ပတ်ပတ်လည် လိုအပ်ချက်တွေ ။
     i. အပေါ်က ပုံမှာ Chiller ရဲ့ဘေး ပတ်ပတ်လည် မှာ လိုအပ်ချက်တွေ ကိုပြထားပါတယ်။ ဒီနေရာ မှာ Unit Mount Starter အတွက် ထည့်မစဉ်းစားရသေးပါဘူး။ Unit Mount Starter လိုအပ်ရင် သူ့ရဲ့ အရွယ်အစား ကိုပါ ထည့်သွင်းစဉ်းစား ပေးရမှာ ဖြစ်ပါတယ်။

ii. CL1 က Tube Pull Clearance အတွက် လိုအပ်ချက် ဖြစ်ပြီး Chiller ရဲ့ အစွန် တစ်ဘက်ဘက် (Either End Of The Machine) မှာ ထားပေးရမှာ ဖြစ်ပါတယ်။ ပုံမှာ ဖော်ပြထားတာ စကေးကိုက် မဟုတ်တဲ့ အတွက် ခပ်နည်းနည်း လေးပဲ လို့ မထင် စေချင်ပါ ဘူး။ သူ့အတွက် လိုအပ်ချက် က Chiller ရဲ့ Length (အရှည်) ထက် ၆လက်မ (300mm) လောက်တောင် ပိုနိုင် ပါသေးတယ်။

iii. CL2 ကတော့ CL1 အတွက်မဟုတ်တဲ့ အခြားတစ်ဖက် အတွက် လိုအပ်တာ ဖြစ်ပြီး Service လုပ်ဘို့အတွက် လိုအပ်ချက်ဖြစ်ပါတယ်။



- Chiller ရဲ့ အပေါ် အောက် လိုအပ်ချက်တွေ ။
  - i. Chiller ရဲ့ အပေါ်မှာ Clearance ၃ -ပေ (914mm) လောက်ထားသင့် ပါတယ်။ (ပိုက်တွေ၊ Support တွေ ကို ဒီ နေရာ အတွင်း မထားသင့်ပါဘူး)။
  - ii. အောက်ဘက်မှာတော့ Plinth အတွက် နဲ့ Vibration Isolator လိုအပ်ရင် နောက်ထပ် ၆ -လက်မ (150mm) လောက် လျာထား ထားရမှာ ဖြစ်ပါတယ်။
- Chiller Plant ထဲမှာ Chiller အတွက် သာမက Condenser/Chilled Water Pipe Header တွေ၊ Pumps တွေအတွက် လုံလောက် မျှတ တဲ့နေရာတွေ လိုအပ်ပါတယ်။
- ဒီနေရာ မှာ လိုအပ်တဲ့ Structural Support တွေ၊ Logistic Path ပစ္စည်းတွေ သယ်ယူတပ်ဆင် ဘို့၊ လဲလှယ်ဘို့ တွေ အတွက် လမ်းကြောင်း၊ ပိုက်တွေ၊ Electrical Control Panel တွေ၊ Pump တွေ စနစ်တကျ ထားသို့ နိုင်ဘို့၊ Operating & Maintenance (လည်ပတ်ဘို့၊ ပြုပြင် ထိန်းသိမ်းထားနိုင်ဘို့) တွေကိုပါ စဉ်းစားရ မှာ ဖြစ်ပါတယ်။
- Air-Cooled Chiller တွေက တော့ အရွယ်အစား ကြီးရုံမက အပြင်ဘက် လွတ်လွတ်လပ်လပ် လေမှုတ်ထုတ် နိုင်တဲ့၊ လေသွား လေလာ ကောင်းတဲ့ နေရာ ကို ရွေးရပါမယ်။ ဒီနေရာ မှာ Water-Cooled Chiller လိုလိုအပ် ချက်တွေ အပြင် Hot Air Short Circuit လေပူတွေ ပြန် လည်မနေစေဘို့ နေရာစီစဉ် ရမှာမို့ သတိထား စဉ်းစား စေချင် ပါတယ်။

5. Cooling Towers
   - အခြား HVAC equipments တွေမှာ လိုအပ်တဲ့ Capacity နဲ့ Specification တူပြီး Brand / Model မတူရင် အရွယ်အစား ကွာခြားမှု ရှိတယ်ဆိုပေမဲ့ Cooling Towers တွေ လောက် လိုအပ်ချက် ကွာခြားမှု ရှိမယ်မထင်ပါဘူး။ ဒါကြောင့် Cooling Towers တွေအတွက် နေရာ လျာထားတဲ့ အခါ အရမ်း ဂရုစိုက် ရပါလိမ့်မယ်။
     i. အမျိုးအစား၊ (Open/Close, Counter-Flow/Cross Flow)
     ii. ဒီဇိုင်း (Cylinder / Rectangular Cube)
     iii. လိုအပ်ချက်၊ (Specifications, Condenser Water Temperatures)
     iv. ရာသီဥတု (Outdoor Conditions)
     v. Brand / Model: Brand တူရင် တောင် မှ Model မတူရင် နေရာလိုအပ်ချက်မတူပါဘူး။
   - ဘယ် Cooling Tower ပဲဖြစ်ဖြစ် လိုအပ်တဲ့ လေ လွတ်လွတ်လပ်လပ် စုတ်ယူ နိုင်ဘို့ နဲ့ လွတ်လွတ်လပ်လပ် မှုတ်ထုတ် နိုင်ဘို့ လိုအပ်တဲ့ နေရာ နဲ့ အစီအစဉ် လိုအပ်ပါတယ်။
     i. လေပူတွေ Short Circuit မဖြစ်ဘို့
     ii. အပေါ်၊အောက်၊ဘေး ပတ်ပတ်လည် မှာ Manufacturer's Recommended Spaces (ထုတ်လုပ်သူ တွေ သတ်မှတ် ပေးထားတဲ့ လိုအပ်တဲ့ နေရာ) တွေ၊ Clearances တွေရဘို့။
     iii. တစ်ခု နဲ့ တစ်ခုကြားမှာ လိုအပ်တဲ့ Clearances တွေရဘို့။ Obstruction တွေမရှိဘို့

     ဒီအချက် တွေက Architects တွေရဲ့လိုအပ်ချက် နဲ့ ထိတ်တိုက် တွေ့နေကြ အချက်တွေ ဖြစ်ပါတယ်။ Architects တွေ ကလည်း အရင် Projects တွေမှာ သူတို့ ကို လိုက်လျောဘူး တဲ့ သူတွေ ရှိခဲ့ဘူးရင် ဖင်ထောင် ငြင်းဘို့ ကျိုးစား ပါလိမ့်မယ်။ Cooling Tower ရဲ့ Performance က Chiller Plant ရဲ့ Performance ကို တိုက်ရိုက် ထိခိုက် မှာ မို့ လိုအပ်ချက်တွေ ကို Architects နဲ့ Client တွေကို နားလည်အောင် Professionally ရှင်းပြ သင့်ပါတယ်။ နားအေးပြီးရော လုပ်တဲ့ အကျင့်မလုပ်စေ ချင်ပါဘူး။ မဟုတ်ရင် အရမ်းစိတ် တဲ့ Louvers တွေ Trellis တွေ နဲ့ အလုံပိတ် ထားတာ ခံရ ပြီး Cooling Tower ကို အလုံပိတ်ပစ်လို့ Chiller Plant အလုပ် ကောင်းကောင်း မလုပ်ဖြစ် ပါလိမ့်မယ်။
     Louvers & Trellis တွေပါလာရင် Architects ဆီက Opening Ratio ကိုတောင်းပြီး Manufacturer နဲ့ ပြန်ညှိပါ။ ကိုယ့် ဖာသာ ဆုံးဖြတ်ချက် မချပါနဲ့။ Manufacturer နဲ့ ညှိဘို့ လိုတယ် ပြောတာ Professional Reply ပါ။ ရှက်စရာ မလိုပါဘူး။ဒါတွေအပြင် Piping Headers, Connection Spaces and Chemical Treatment Equipments Space တွေကိုပါထည့် လျာထားထားပါ။

6. Condensing Units
   - Obstruction Clearance
   - Space between adjacent units
   - Piping Connection Spaces and Chemical Treatment Equipments Space
7. Boiler Plant and Chimney Flue
   - Boiler ခန်းအတွက် လိုအပ်တဲ့ နေရာတွေ အမိုးအထိ တက်ရမဲ့ Flue အတွက် ပြဿနာတွေ...
8. AHU
   - Piping & Ducting Connection Spaces
   - Maintenance Access: min. 600mm Clear All round
   - Repair / Replace for Filters, Fan Motor, Coil etc.
   - Location: Ceiling Void ပေါ်မှာ ထားမယ် ဆိုရင် တော့ အသည်းအသန် ကန့်ကွက် သင့်ပါတယ်။ အထူးသဖြင့် လူတွေ နေထိုင်အသုံးပြု မဲ့ နေရာ တွေက Ceiling Void ကို ရှောင်ရပါမယ်။ ရှောင် လို့မရတဲ့ အဆုံးမှာ ရေယိုရင် ကာကွယ်ဘို့ Secondary Drain Pans သက်တောင့် သက်သာ Maintenance လုပ်နိုင်ဘို့ Access Panel, Ladders and Catwalks တွေကို မရမက တောင်းဆို ရပါလိမ့်မယ်။
   - Accessible Space for all control components
   - Accessible Space between AHU and Air Intake Louvers

9. Electrical Control Panels / Motor Control Centers
    - Maintenance Access (1200mm in front)
    - Cabling/ Wiring Access (may require back access, if require 750mm clear)

Sunday, June 29, 2008

၁.၅. ၊ Architectural ဒီဇိုင်းပေါ် အကျိုး သက်ရောက်မှု

"သဘာဝအတိုင်း လေဝင်လေထွက် ရဘို့ နဲ့ အလင်းရောင်ရဘို့အတွက် အခန်းတိုင်း အခန်းတိုင်း မှာ၊ ဖွင့်လို့ ပိတ်လို့ရတဲ့ ပြူတင်းပေါက် ရှိရမယ်။"

၁.၅.၁ ခေတ်ဟောင်းက အဆောက်အအုံ များ

အထက်မှာဖော်ပြထားတဲ့ စည်းမျဉ်း လေးဟာ ရိုးစင်းလှ ပေမဲ့ ခေတ်ဟောင်းက အဆောက်အအုံ တွေအတွက် အဓိက လိုအပ်ချက်ပါ။
ယုံကြည်စိတ်ချ အားထား ရပြီး ကုန်ကျစရိတ် ကလည်း လူတွေ တတ်နိုင်လောက်အောင် တဲ့ M&E Systems တွေ မထွန်းကားလာခင် အချိန်တုန်းက လူတွေ နေဘို့၊ သုံးဘို့ အဆောက်အအုံ တွေကို ဒီဇိုင်း လုပ်တဲ့အခါ လိုက်နာရမယ့် အဓိက စည်းမျဉ်းလေး တစ်ခုပါပဲ။
အခြေအနေ နဲ့ လိုက်လျော ညီထွေ ဖြစ်တယ်လို့ ဆိုရအောင်ပဲ အရင်တုန်းက အဆောက်အအုံ တွေ ဆောက်တဲ့ အခါ အများအားဖြင့် အလင်းရောင် နဲ့ လေဝင်လေထွက် ကောင်းကောင်း ရနိုင်တဲ့ E ပုံ၊ H ပုံ၊ I ပုံ၊ L ပုံ၊ U ပုံ စသည် ဖြစ်လေ့ ရှိပြီး အတွင်းပိုင်းမှာ Corridor (လူ သွား စင်္ကြံ) ပါလေ့ရှိပါတယ်။
ကျယ်ကျယ် နက်နက် ဘူး ပုံဆောက်ထားတဲ့ အဆောက်အအုံ တွေမှာ ဆိုရင်လည်း နေ့အလင်းရောင် နဲ့ ပြင်ပလေကောင်းလေသန့် ရရှိနိုင်ဘို့ရာ အတွင်းပိုင်းမှာ Court yard လို့ခေါ်တဲ့ ကစားစရာ၊ အပန်းဖြေစရာ ကွက်လပ်နေရာ တွေ ပါရလေ့ ရှိပါတယ်။
Cathedrals (ဘရင်ဂျီ ဘုရားရှိခိုးကျောင်း) တွေလို ဘာသာရေးဆိုင်ရာ အထွတ်အမြတ် အဆောက်အအုံ တွေမှာတော့ အပေါ်က ပြောခဲ့တဲ့ စည်းမျဉ်းက နေ ခြွင်းချက် လို့ ပြော ရမှာပါ။ ဒါပေမဲ့ အဲဒီ အဆောက်အအုံ တွေ အားလုံး မှာ လေဝင်လေထွက် ကောင်းဘို့အလွန်မြင့် တဲ့ Atrium (ခန်းမဆောင် ကြီး) တွေ ရယ်၊ နေရဲ့ အပူရှိန် ကို ကာကွယ်နိုင်ဘို့ နံရံ အထူကြီးတွေ၊ Thermal Energy ကိုထိန်းနိုင်ဘို့ Heavy Mass တွေ ပါရှိ ကြပါတယ်။ အတွင်းပိုင်း မှာလည်း လျှပ်စစ်မီး မသုံးပဲ မီး ခပ်မှိန်မှိန် ထွန်းထား လေ့ရှိပါတယ်။
သမိုင်းကြောင်း တစ်ပတ်လည် လာလို့ Energy တွေသိပ်ရှားပါးလာရင် ဒီလို ပုံစံတွေပြန် ခေတ်မစား ဘူးလို့ ဘယ်သူ ပြောနိုင်ပါ့မလဲ နော်။

၁.၅.၂ အဆောက်အအုံ ၏ အမြင့် နှင့် နေရာ အသုံးချမှု

Building တွေကို Low-Rise, High-Rise စသည်ဖြင့် အမျိုးမျိုး ခွဲခြားနိုင်ပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ ဘယ်အမြင့်ကို ဘာလို့ ခေါ်မလဲ ဆိုတဲ့ တကယ့် သတ်မှတ်ချက် ကို ရှာတဲ့ အခါ အမျိုးမျိုး ကွဲပြားနေတာကို တွေ့ရပြန်ပါတယ်။ အကြမ်းအားဖြင့် ပြောရလွယ်အောင်

Class (အဆင့်)	ပျမ်းမျှ အထပ်ရေ	ပျမ်းမျှ အမြင့်
Low-Rise	Upto 7 stories	< 23m (၇၅ ပေ အောက်)
High-Rise	7-29 stories	23 m to 100 m (၇၅ပေ မှ ၃၂၈ပေ၊)
Super High-rise	30-50 stories	100 m to 150 m (၃၂၈ပေ မှ ၄၉၃ပေ၊)
Skyscrapers	> 51 stories	>150m (၄၉၃ပေ အထက်၊)

ဒါက ခွဲခြားရတာ လွယ်ကူအောင် သက်သက် အတွက်ပဲ ပြောရတာပါ။
အထပ်မြင့် တွေနဲ့ စာရင် အထပ်နိမ့် အဆောက်အအုံ တွေ ကို ပို သက်သက်သာသာ နဲ့ ဆောက်နိုင်ပြီး ပိုပြီးအရာရောက် အသုံးချ နိုင်မှန်းသိသာပါတယ်။ သို့ပေမဲ့ မြို့ပြ မြေနေရာတွေ ရှားပါးလာတာနဲ့ အမျှ High-Rise Building တွေတင် မကပဲ Skyscrapers တွေပါ ဆက်လက် ရေပန်းစား နေအုံး မှာပါ။ High-Rise Buildings တွေနဲ့ သက်ဆိုင်တဲ့ ထူးခြားတဲ့ အမှတ်အသား၊ သင်္ကေတ အဆောင်အယောင်၊ ဂုဏ်ရှိန် ဂုဏ်ဝါ တွေ ကလည်း Economic Terms နဲ့ပြဘို့ ခက်ခဲ ပေမဲ့၊ တကယ့်ကို အရေးပါလှတဲ့ အချက်တွေပါ။

ရာဇဝင် ကို ပြန်ကြည့်ရင် အဆောက်အအုံ ရဲ့အမြင့်ဟာ လူတွေရဲ့ လှေကား ကို ဘယ်လောက်တက်နိုင်၊ ဆင်းနိုင်တယ် ဆိုတဲ့ စွမ်းရည် နဲ့ပဲ အဓိက ကန့်သတ်ထား တာပါ။ ဒါပေမဲ့ ခုခေတ် High-Rise Building တွေမှာကတော့ လှေကားတွေ ဟာ အရေးပေါ် အခြေအနေ နဲ့ တစ်ထပ်နဲ့ တစ်ထပ်ကြား ကူးဘို့လောက်ပဲ သုံးကြပြီး ဓာတ်လှေကား ကိုပဲ အဓိက အသုံးပြုကြ ပါတော့တယ်။ ခုလက်ရှိ Elevator တွေဟာ (150 to 750m/min) အတွင်း ဒီဇိုင်းလုပ်ထားကြပါတယ်။ ဒါဟာ တစ်မိနစ်ကို ပေ ၅၀၀ ကနေ ၂၅၀၀ အတွင်းပါ။ ဒီအမြန်နှုန်း နဲ့ဆိုရင် အထပ် ၃၀ လောက်အမြင့်ကို စက္ကန့် ၃၀ အတွင်း ရောက်သွား နိုင်ပါတယ်။ စောင့်ရတဲ့ အချိန်တို့၊ လူအတက်အဆင်း၊ တံခါး အဖွင့်အပိတ် အချိန်တို့ မပါပေါ့လေ။ ကမ္ဘာပေါ်မှာ အမြင့်ဆုံးဖြစ် လာမဲ့ Burj Dubai Tower မှာ တော့ ကမ္ဘာပေါ်မှာ အမြန်ဆုံးဖြစ် တဲ့ 18 m/s (1080m/min) Speed: Observation Elevator ကိုတတ်ဆင် မယ်လို့ဆိုပါတယ်။ Architectural Concept Design အဆင့်မှာ ထဲက Traffic Analysis လို့ခေါ်တဲ့ Elevator Performance ကို ခန့်မှန်း တွက်ချက်ပြီး လူတွေ ပျမ်းမျှ ဘယ်နှစ်မိနစ် ပဲ စောင့်ရအောင် Elevators က ဘယ်နှစ်စင်း၊ Zones က ဘယ်နှစ်ခု လိုမယ် အစရှိသဖြင့် လျာထားရ ပါတယ်။

၁.၅.၃ Building Efficiency Factors (အဆောက်အအုံ ၏ ထိရောက်စွာ အသုံးပြု နိုင်မှု အချက်များ)

Theoretically ပြောရရင် အတွင်းပိုင်း နေရာအားလုံး ကို အသုံးပြု နိုင်ရင် ရာနှုန်းပြည့် ထိရောက်ပါတယ်။ ဒါကလည်း တစ်ထပ်အဆောက်အအုံ သေးသေး၊ M&E Equipments တွေကို အမိုးပေါ် (သို့) အပြင်ဘက် ထုတ်ထားနိုင် တဲ့ အခြေအနေ မျိုးမှာမှ ရနိုင်တာ မျိုးပါ။

အဆောက်အအုံ ရဲ့ အထပ်တွေ များလာတာ နဲ့အမျှ လှေကားတွေ၊ Structural Elements တွေ၊ Elevators နဲ့ Elevator Lobbies တွေ၊ M&E System shafts တွေ၊ စသည် စသည် တွေ အတွက် နေရာ လည်း ပိုမို လိုအပ် လာမှာ မို့ လူတွေ အသုံးပြုစရာ Net Usable Space မှလျော့သွားမှာ ဖြစ်ပါတယ်။

အဆောက်အအုံ ဒီဇိုင်း လုပ်တဲ့အခါ၊ ဦးတည်ချက်ပေါ် မူတည်ပြီး ဘယ်လောက် ထိထိရောက်ရောက် အသုံးချ နိုင်လဲဆိုတာကို တိုင်းတာတဲ့ အချက်တွေကတော့၊

- Net-to-Gross Ratio (NGR)
- Floor-Efficiency Ratio (FER)
- Volume-to-Surface Ratio (VSR)
- Area-to-perimeter Ratio (APR)

ဒါတွေ နဲ့ ဆက်စပ်လို့ Architectural Term အချို့အကြောင်း ကို သိထားသင့် ပါသေးတယ်။ အဲဒါတွေကတော့

- Site Area
- GFA (Gross Floor Area)
- Plot Ratio
- NFA (Net Floor Area)
- NRA (Net Rentable Area)

- **Site Area** ဆိုတာကတော့ " Survey Boundary Lines" နဲ့ ဘောင်ခတ်ထား တဲ့ ခြံမြေအတွင်းမှာ တိုင်းတာ ရရှိတဲ့ ဧရိယာ " The Area of the Development Plot" ဖြစ်ပါတယ်။
- နောက်တစ်ခုက **GFA** (Gross Floor Area) ပါ။ အဆောက်အအုံ ရဲ့ အမိုးအကာအတွင်း ကင်းလွတ်ခွင့် မရထားတဲ့ Floor Areas အားလုံး၊ အပြင်ပိုင်း Commercial Use Area အားလုံး ပေါင်းကို GFA လို့ သတ်မှတ်ပါတယ်။ အသေးစိတ် သတ်မှတ်ချက် တွေကတော့ သက်ဆိုင်ရာ နိုင်ငံ ရဲ့ ဆောက်လုပ်ရေး အာဏာပိုင် ဌာနတွေ နဲ့ ဆိုင်ပါတယ်။ Singapore နိုင်ငံ ရဲ့ သတ်မှတ်ချက် အသေးစိတ် ကို Urban Redevelopment Authority (မြို့ပြ ပြန်လည် ဖွံ့ဖြိုးရေး အာဏာပိုင်) ရဲ့ Web Site: www.ura.gov.sg မှာ အခမဲ့ သွားရောက် ဖတ်ရှုနိုင်ပါတယ်။ DC Handbook Series ထဲမှာ Handbook on Gross Floor Area ကိုတွေ့ရပါလိမ့်မယ်။ မတွေ့ရင် အဲဒီ URA Web ရဲ့ Search မှာ GFA လို့ ရိုက်ရှာ ကြည့်ရုံပါပဲ။

တကယ်တော့ GFA ဆိုတာ M&E Engineer တွေ Equipments အတွက် M&E Systems တွေ ဆင်ဘို့ နေရာ လိုအပ်ချက်တွေကို တောင်းတိုင်း ရိုးအီနေအောင် ကြားရမဲ့ အတားအဆီး တစ်ခုပါ။ GFA က Owner တွေအနေနဲ့ Building Authority (အာဏာပိုင် ဌာနဆိုင်ရာ) တွေနဲ့ ပတ်သက် ရတာမို့ လွယ်လွယ်ကူကူ တိုးချဲ့တိုင်း တိုးလို့ရတာ မျိုး မဟုတ်ပါဘူး။ Owner ကလည်း သူ့နေရာ ဖဲ့ပေးရမှာ မလိုလားပါဘူး။ ဘယ်လိုပဲဖြစ်ဖြစ် M&E Engineer တွေအနေနဲ့ ကိုယ့် System ရဲ့ Performance ကို ရရှိဘို့ရာ လိုအပ်တဲ့နေရာ ရဘို့ Professionally တောင်းရဲရပါမယ်၊ တောင်းနိုင်ရပါမယ်။ လွယ်လွယ်ကူကူ နဲ့ အလျော့ပေး ဘို့မစဉ်းစား ပါနဲ့။ ဒီနေရာမှာ Owner ကို Provoke မလုပ်မိဘို့ အရေးကြီးသလို ကိုယ့် Professional Duty တာဝန်ကျေနိုင်ဘို့ လည်း အရေးကြီးပါတယ်။ အကြံပေး ခြင်တာကတော့ လိုအပ်တဲ့ Technical Data အချက်အလက်တွေ သေသေချာချာ စုပါ။ ပြီးရင် Client နားလည်လွယ်အောင် Technical Sketches တွေ ဆွဲပါ။ ကိုယ်တိုင်သေချာ စစ်ဆေး ပြီး ကျေနပ်လောက် မှ Present လုပ်ပါ။ အားလုံးက ပညာရှင်တွေ ပဲမို့ Please don't try to bluff ! သွားလှည့်စားဘို့တော့ မစဉ်းစားလိုက် ပါနဲ့။

- **Plot Ratio** ဆိုတာက GFA / Site Area ပါ။ Building Control Authority တွေသတ်မှတ် ထားတဲ့ အချက်တစ်ခုပါ။ နောက် Building ရဲ့အမြင့်ကို ကန့်သတ်ထား တဲ့ Overall building height (AMSL) ကိုလည်းသတိပြုရပါမယ်။ AMSL ဆိုတာကတော့ Above Mean Sea Level ရဲ့ acronym ပါ။ ဒါကလည်း Authority နဲ့ ပတ်သက်တဲ့ အချက်တစ်ခုမို့ သတိထားခိုင်းရတာဖြစ်ပါတယ်။
- **NFA** (Net Floor Area) ဆိုတာကတော့ Occupants (နေထိုင်အသုံးပြုသူတွေ) အသုံးပြုနိုင် မဲ့ Floor Area ကို ဆိုလိုခြင်းဖြစ်ပြီး တစ်ခါတစ်ရံ " Net Assignable Area" လို့လည်း ခေါ်လေ့ ရှိပါတယ်။ NFA ဆိုတာ GFA ထဲကနေ တကယ်အသုံးမပြုနိုင်တဲ့ နေရာတွေကို နုတ်ထားတာပါ။ အသုံးမပြုနိုင်တဲ့ နေရာတွေထဲ stairs, circulation space, elevator, lobbies, structural columns, M/E equipments and shafts, etc. ပါဝင်ပါတယ်။
- NRA (Net Rentable Area) ဆိုတာက တော့ ငှားရမ်းနိုင်တဲ့ နေရာအကျယ်အဝန်း ကိုဆိုလိုပါတယ်။ Real Estate Agents (ပွဲစား) တွေသုံးတဲ့ အသုံးအနှုန်းပါ။ Net Leasable Space လို့လည်းခေါ်လေ့ ရှိပါသေးတယ်။ နေရာဒေသ ရဲ့ ဧလေ့ထုံးစံ ကိုလိုက်လို့ ကွဲပြားနိုင်ပါသေးတယ်။ အချို့ဒေသတွေမှာ Public Space လို့ခေါ်တဲ့ လူတွေ ဝေမျှ အသုံးပြု နိုင်တဲ့ Lobbies တွေ၊ Exterior Wall တွေ၊ M&E equipment room တွေကိုတောင် အချိုးကျ ထည့်သွင်း တွက်ချက် တတ်ပါသေးတယ်။

Net-to-Gross Ratio (NGR) ဆိုတာက သူ့အဓိပ္ပာယ်အတိုင်းပဲ NGR = (NFA / GFA) x 100 (%) ကို ခေါ်တာ ပါ။ ပုံမှန်အားဖြင့် ၆၀% ကနေ ၉၀% အတွင်း ရှိတတ်ပါ တယ်။ Objective (ရည်မှန်းချက်) ကတော့ Occupants ရဲ့ Comfort နဲ့ Productivity ရယ်၊ M&E Systems တွေရဲ့ Performance တွေရယ်၊ Initial and Operating Cost တွေရယ် ကိုပါ မျှမျှတတ ထည့်သွင်း စဉ်းစား ပြီး NGR ကို ပိုကောင်းအောင် လုပ်ဘို့ ပါ။ အဆောက်အအုံ မှာ စက်ပစ္စည်းတွေ၊ Circulation Spaces တွေ၊ Structural Elements တွေများလာလေ NGR ကျလာလေပဲ ဖြစ်ပါတယ်။ Highly Technical ဖြစ်တဲ့ Laboratories, Computer Centers and Hospitals တွေမှာ NGR ဟာ ၅၀% အောက်မှာ တောင် ရှိနိုင် ပါတယ်။

Floor-Efficiency Ratio (FER) ဆိုတာ ကို Office Building တွေက Typical Rental Floors တွေမှာ နေရာ ဘယ်လောက် ငှားစားနိုင်မလဲ ဆိုတာ တွက်ချက်ဘို့ ရာသုံးလေ့ရှိ ကြပါတယ်။ တွက်ချက်ပုံ ကတော့ FER = (NRA / GFA) x 100 (%) ပါ။ FER များတဲ့ အဆောက်အအုံတွေမှာ Central M&E Space ပိုလိုတာမို့ NGR နည်းလေ့ရှိ ပါတယ်။ ဒါကြောင့် မို့ FER နဲ့ NGR အကြား Trade-off (အလဲအလှယ်) လုပ်တဲ့အခါ Site ရဲ့ ကန့်သတ်ချက်၊ အဆောက်အအုံ ရဲ့အမြင့် ကန့်သတ်ချက်၊ နေရာ စီစဉ်မှု၊ နဲ့ Architectural Geometry အစရှိတဲ့ အချက်တွေ ပေါ် မူတည်ပါတယ်။ Centralized M&E Systems သုံးတဲ့ High-rise Office Building တွေမှာ FER ၉၀ % လောက်အထိ ရနိုင်ပါတယ်။ အကြမ်းအားဖြင့် FER ၈၅ % ကို ဒီဇိုင်းကောင်း လို့သတ်မှတ် နိုင်ပါတယ်။

VSR & APR နှစ်ခု လုံးက နာမည် အတိုင်းပဲ Geometrics Factors တွေ ဖြစ်ကြပါတယ်။

- **Volume-to-Surface Ratio (VSR)** VSR = V / S [V: The Total Volume of the Building ; S: Total Exterior Surface Area] ဖြစ်ပြီး VSR ကောင်းရင် More efficient Building Geometry ဖြစ်ပါတယ်။

- **Area-to-perimeter Ratio (APR)** ကတော့ APR = A / P ဖြစ်ပါတယ်။ [A: Typical or representative floor area of building ; P: Linear dimensions of a typical or representative floor ဖြစ်ပြီး။ သဘော သဘာဝ အရ VSR ကောင်းရင် More Energy Efficient ဖြစ်ပါတယ်။

Saturday, July 5, 2008

၁.၆ ၊ ကုန်ကျစရိတ် ပေါ်အကျိုးသက်ရောက် မှု (The Impact on Construction Cost)

- အဆောက်အအုံ မြင့်လာတာ နဲ့ အမျှ၊ Equipment တွေကို Hoisting လုပ်ဘို့၊ Material တွေ အပေါ်ထပ်ကို သယ်တင်ဘို့ရာ ပိုလည်းကြာ၊ စီစဉ်ရတာက လည်း ပိုလို့ ရှုတ်ထွေး လာလေလေ ဖြစ်ပါတယ်။
- ဆောက်လုပ်ရေး အလုပ်သမား အများစုဟာလည်း အပေါ်ရောက်ဘို့ ပြန်ဆင်းဘို့ နဲ့ တစ်နေကုန် အပေါ်ထပ်တွေမှာပဲ နေပြီး အလုပ်လုပ် နေရတာမို့ လုပ်ငန်းလည်း သိပ်မတွင်ပါဘူး။ Structural နဲ့ M&E Systems တွေကလည်း ပိုပြီး ရှုတ်ထွေး ပါတယ်။ ဆောက်လုပ်ရေး နည်းပညာတွေ လည်း ခြားနား ပါတယ်။
- ၁၀ ထပ် ထက် ပိုမြင့်တဲ့ အဆောက်အအုံ တွေ ရဲ့ Cost / Floor Area ကိုကြည့်မယ် ဆိုရင် ငါးထပ် တိုးတိုင်း၊ တိုးလာတဲ့ အထပ်တွေရဲ့ ကုန်ကျစရိတ် ဟာ ၁၀% ကနေ ၁၅% လောက်အထိ ပိုပိုတိုးလာတာ တွေ့ရပါလိမ့်မယ်။
- အထပ်မြင့် လာတာနဲ့ ကုန်ကျစရိတ် အမျိုးမျိုး ပိုတက်လာ မှာဖြစ်ပါတယ်။ မြေနေရာ အနေအထား၊ ပစ္စည်းပစ္စယ ကိုင်တွယ်ထိန်းသိမ်း မှု၊ Architectural Details နဲ့ ကျွမ်းကျင်လုပ်သား တွေ ၊ ကန်ထရိုက်တာ တွေရဲ့ အထပ်မြင့် အဆောက်အအုံ လုပ်ငန်းအတွေ့အကြုံ တွေ အစရှိတဲ့ လိုအပ်မှု အတိုင်းအတာ တွေကလည်း ကုန်ကျစရိတ် မြင့်စေတဲ့ အကြောင်းအရာ တွေ ပါပဲ။

I. M&E System တွေရဲ့ ဆောက်လုပ်ရေး ကုန်ကျစရိတ်

- အဆောက်အအုံ ရဲ့ အမျိုးအစား၊ နိုင်ငံ ရဲ့လူနေမှု အဆင့်အတန်း၊ Architectural Design နဲ့ ရွေးချယ်တဲ့ M&E systems ကို မူတည်ပြီး ကုန်ကျစရိတ် အမျိုးမျိုး ဖြစ်နိုင်ပါတယ်။
- အချို့နိုင်ငံတွေ မှာ ဒေသအလိုက် Construction Costs Manual ကုန်ကျစရိတ် ကို အလွယ်တကူ ခန့်မှန်း နိုင်ဘို့ အတွက် လက်စွဲ စာအုပ် ကို ဝယ်ယူရရှိ နိုင်ပါတယ်။ Quantity Surveyor Company တွေ မှာလည်း Projects အမျိုးမျိုး၊ အရွယ်အစား အမျိုးမျိုး အတွက် ကုန်ကျစရိတ် Benchmark တွေ ရှိလေ့ရှိပါတယ်။
- ဒီနေရာ မှာ ကုန်ကျစရိတ် တွေ အကြောင်း ကို အသေးစိတ် ပြောမှာ မဟုတ်ပဲ MEP Systems တွေ ရဲ့ ကုန်ကျ စရိတ် ကို အဆောက်အအုံ တစ်ခု လုံးရဲ့ ကုန်ကျစရိတ် နဲ့ နှိုင်းယှဉ် နိုင်ဘို့ နမူနာ ကို ဖော်ပြပေးမှာ ဖြစ်ပါတယ်။
- Fully Air-conditioned လုပ်ထားတဲ့ High Quality Building တွေရဲ့ ကုန်ကျစရိတ် ရာနှုန်းကို အောက်က ဇယားမှာ ဖေါ်ပြ ထားပါတယ်။ ဒီရာနှုန်း တွေဟာ အကြမ်းအားဖြင့် မှီငြမ်းဘို့သာ ဖြစ်ပြီး ဒီဇိုင်းလုပ်ရင်း နဲ့ ကုန်ကျစရိတ် တွေကို ဆက်လက်စိစစ် ပြုပြင်ဘို့ ဖြစ်ပါတယ်။
- **Table ၁.၆.၁. M&E Floor Area လိုအပ်ချက် အမျိုးမျိုး**

အသုံးပြုမှု (Type of Occupancy)	စုစုပေါင်း ကုန်ကျစရိတ် ၏ ရာနှုန်း		
	နည်း	**လတ်**	**များ**
ကွန်ပြူတာ စင်တာများ	၃၀	၄၅	၆၀
ကုန်တိုက် (ကုန်ပဒေသာဆိုင်ကြီး)များ	၂၀	၂၅	၃၀
ဆေးရုံများ (Research)	၃၀	၄၀	၅၀
ဆေးရုံများ (Clinical)	၂၀	၃၀	၃၅
အဆောင်၊ ဘော်ဒါဆောင်များ	၁၅	၂၀	၂၅
ဟိုတယ် (တည်းခို၊ နေထိုင်ရန်)	၂၀	၃၀	၃၅

ဟိုတယ် (Convention ညီလာခံ)	၂၅	၃၅	၄၀
ရုံးခန်းများ (အထွေထွေ)	၂၀	၂၅	၃၅
ရုံးခန်းများ (High-Tech)	၂၅	၃၅	၄၅
သုတေသန Laboratories များ	၃၀	၄၀	၅၀
လူနေအိမ် (မိသားစု)	၁၀	၁၅	၂၀
အထပ်မြင့် တိုက်ခန်းများ	၁၅	၂၀	၂၅
စတိုးဆိုင်၊ လက်လီဆိုင်များ (လုံးချင်း)	၁၀	၂၀	၂၅
စတိုးဆိုင်၊ လက်လီဆိုင်များ(ကုန်ပဒေသာဆိုင်)	၂၀	၂၅	၃၀
မူလတန်း ကျောင်းများ	၁၅	၂၀	၃၀
အလယ်တန်း ကျောင်း	၁၅	၂၅	၃၅
တက္ကသိုလ်၊ ကောလိပ် များ*	၂၀	၃၀	၄၀
* စာသင်ကျောင်း ဆောင်များ အတွက်သာ ဖြစ်ပါသည်။ အခြား Laboratories လက်တွေ့ ခန်းများ၊ ကွန်ပြူတာ စင်တာ၊ ဘော်ဒါဆောင်များ ကိုသက်ဆိုင်ရာ နာမည်နှင့် ကြည့်ပါ။			

o

II. **M&E System တွေရဲ့ Operating Cost (လည်ပတ်ရေး စရိတ်)**

- o အဆောက်အအုံ ရဲ့ Operating Costs တွေကတော့ ပြုပြင် ထိန်းသိမ်းစရိတ်၊ ပြင်ဆင်စရိတ်၊ ပစ္စည်းလဲလှယ် စရိတ်၊ ရေမီး၊ မီတာခ၊ အလုပ်သမားစရိတ် နဲ့ စီမံခန့်ခွဲ စရိတ် တွေပါဝင်ပါတယ်။ အဆောက်အအုံ တွေ ရဲ့ Architectural and Structural Components တွေ ဟာသက်တမ်းအကြာကြီး ခံတာမို့ ခနခန လဲပေးဘို့ မလိုအပ်ပါဘူး။ (အမိုးတွေကလွဲလို့ပေါ့လေ)။ M&E Systems တွေအတွက်က တော့ အဲသလိုမျိုး မဟုတ်တာမို့ စွမ်းအင်သုံးရရုံ သာမက အမြဲတမ်း ပြုပြင်ထိန်းသိမ်း ဘို့လည်း လိုအပ် ပါတယ်။ တကယ့်လက်တွေ့ မှာလည်းပဲ Life Cycle တစ်ခုမှာ Owning and Operating M&E systems ပိုင်ဆိုင်မှု နဲ့ လည်ပတ်မှု စရိတ် တွေက မူလ ရင်းနှီးမြှုပ်နှံ ထားတဲ့ စရိတ်ထက် ကို ပိုမို ကုန်ကျ နိုင်ပါတယ်။ ထိထိရောက်ရောက် အကျိုးရှိ တဲ့ Life Cycle တွေရဲ့ အရေးပါ မှုဟာ အလေးအနက် ထား ပြောနိုင်ဘို့ လွယ်လွန်း လှတာတော့ မဟုတ်ပါဘူး။
- o Tropical Weather Region မှာ 24/7 (တစ်ရက် ကို ၂၄ နာရီ၊ တစ်ပါတ် ကို ၇ ရက်) မနားတမ်း လည်ပတ် နေတဲ့ Data Centers တွေ အတွက် HVAC Systems တစ်နှစ်စာ Operation Cost က HVAC Systems ကို အပြီးအစီး တပ်ဆင်ပြီး Testing & Commissioning လုပ်ပြီးသည် အထိ ကုန်ကျတဲ့ စားရိတ် ရဲ့ တစ်ဝက်ကျော် လောက်ကို ရှိနိုင်ပါတယ်။
- o စကာ်ပူ နိုင်ငံ မှာ အိမ်သုံး Multi-Split Type Air Conditioners တစ်တွဲ ကို နေ့ရောညပါ မနားတမ်း သုံးစွဲ မယ်ဆိုရင် ကုန်ကျမဲ့ တစ်နှစ်စာ မီတာခ က သူ့ကို အသစ်ဝယ်ဆင် တဲ့ တန်ဘိုး နီးပါးလောက် ကုန်ကျ နိုင်ပါတယ်။

- o မှတ်ချက် ။ ။
  - o HDB အိပ်ခန်း သုံးခန်း အတွက် အကြမ်းဖျဉ်းကြည့် ရင် Master Bedroom အတွက် (3.51 kW (12,000 btu/h) x 1 နဲ့ Common Bedrooms တွေ အတွက် 2.93 kW (10,000 btu/h) x 2 စုစုပေါင်း 9.37 kW (32,000 btu/h) Cooling Capacity ရှိပါတယ်။ ပျမ်းမျှ COP က 2.5 လောက် ရှိပါတယ်။ COP = Cooling Capacity (kW) / Input Power (kW)
  - o ဒါကြောင့် Full Load မှာ Input Power 3.75kW လိုအပ်ပါတယ်။ Load က အမြဲ Full-Load မဟုတ်တဲ့ အတွက် Compressors တွေက အမြဲတမ်း လည်ပတ်နေမှာ မဟုတ်လို့ Load Factor ကို 0.6 လောက်ထားပြီး မီတာခ တစ်ယူနစ် 19¢/kWh နဲ့ စဉ်းစားမယ်ဆိုရင်။

    3.75 kW x 0.6 x 24 h x 19¢/kWh x 365 = $ 3,745

- မူလ ကုန်ကျစားရိတ် က ပျမ်းမျှ $ 2,100 လောက်ပဲ ရှိတာ မို့ နှိုင်းယှဉ် ကြည့်နိုင်ပါတယ်။
- ဒီနေရာ မှာ ဧည့်ခန်း အတွက် မဖေါ်ပြထားပါဘူး။ ဧည့်ခန်း အတွက် Cooling Capacity က ကြီးမား လေ့ရှိတာမို့ တော်ရုံ နဲ့ တတ်နိုင်ဘို့ မလွယ်ပါဘူး။ တတ်ပြီးရင် လည်း တန်အောင် သုံးမှ ဆိုတော့ ကိုယ်ပိုင် အိမ်ထိုင် ရုံးခန်းဖွင့် သုံးမယ်ဆိုမှပဲ....
- COP 4 ကျော်ကျော် အထိ ရနိုင်တဲ့ Energy Efficient Inverter Controlled Model တွေ ကို သုံးရင် ဒီကုန်ကျ စရိတ် ကို 50% လောက်အထိ လျှော့ချနိုင်ပါတယ်။
- စာရေးသူ အတွေ့အကြုံ အရ အားလုံး အပြင်ထွက် အလုပ်လုပ်တဲ့ Working class မိသားစု တစ်ခု အတွက် Air-con တစ်နေ့ ပျမ်းမျှ ၈ နာရီ (Weekday nights + Weekends) သုံးမယ် ဆိုရင်တော့ စုစုပေါင်း ကုန်ကျစားရိတ် ကို ခုလို ခန့်မှန်း နိုင်ပါတယ်။
  - Energy Efficient Inverter-Controlled Air-con: 1.0S$ / room.night
  - Window Unit Air-con: 1.5 to 2 S$/room.night)

Saturday, July 12, 2008

၁.၇ ၊ High-Rise Buildings တွေအတွက် M&E ဒီဇိုင်း

High-rise building တစ်ခုအတွက် ဒီဇိုင်း လုပ်တဲ့ အခါ ပြဿနာ တစ်ခု အတွက် အဖြေက တစ်ခုထဲ မဟုတ် နိုင်တော့ပါဘူး။ အရွယ်အစား နဲ့ Configuration တူနေရင် တောင် မှ Site Location မတူတာ နဲ့ပဲ သုံးသင့်တဲ့ M&E Systems နဲ့၊ Central Plant ထားသင့်တဲ့ နေရာ တူချင်မှ တူပါမယ်။ ရာသီဥတု အခြေအနေ နဲ့ ဒေသ ရဲ့ စီးပွားရေး အခြေအနေ နဲ့ ယဉ်ကျေးမှု ဓလေ့ထုံးစံ စတဲ့ အချက်တွေကလည်း M&E Systems တွေ ရွေးချယ်ရာ အကြောင်းရင်း တစ်ချို့ဖြစ်ပါတယ်။

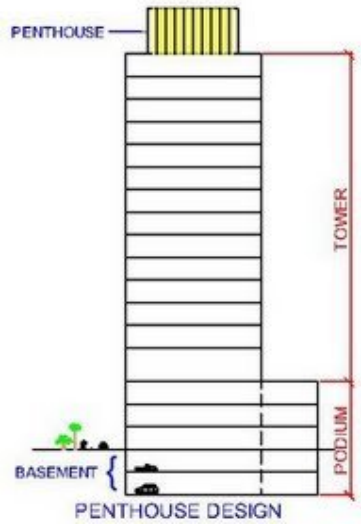
ထူးခြားတဲ့ အခက်အခဲ နဲ့ ထည့်သွင်းစဉ်းစား ရမဲ့ အချက် တွေကတော့

1. Architectural Design
2. Life Safety (အရေးပေါ် အခြေအနေ မှာ လူတွေ ဘေးမသီ ရန်မခ လွတ်မြောက် အောင် ဘယ်လိုလုပ်ထား ရမှာလဲ။ မီးသတ်စနစ် တွေ၊ မီးဘေး ကာကွယ်ရေး စနစ်တွေ က ရော ဘယ်လိုလုပ်ရမှာလဲ။)
3. Space Requirements (နေရာ လိုအပ် ချက်)
4. Ventilation
5. Water / Hydronic Systems Pressure(ရေဖိအား ကို ဘယ်လို ထိန်းမှာ လဲ။ ဒါက ရေသုံးတဲ့ စနစ် တိုင်း အတွက် စဉ်းစားရမှာပါ။)
6. Electrical Distribution, Wiring & Voltage Drops
7. ELV Signals
8. Lightning Protection

MEP Systems တွေကို ဒီဇိုင်းလုပ် သူတွေ အတွက် Architectural & Structural Design တွေကို ဒီဇိုင်းလုပ်ပေး စရာမလို ပေမဲ့ ကောင်းကောင်း ကြည့်တတ် ပြီး နားလည်နိုင်ဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။

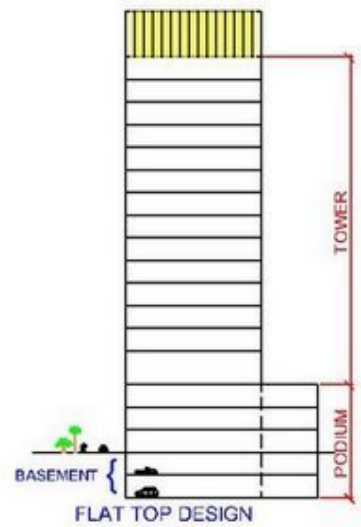
1. **Architectural Design**

I. Penthouse Design



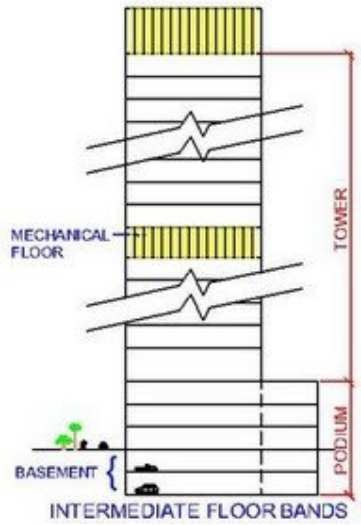
အပေါ်ဆုံး အမိုးပေါ် မှာ Elevator Equipments, နဲ့ Elevator overtravel, Cooling Towers, Exhaust Fans နဲ့ အခြား Equipment ကို ဝုံပြီး ကာထား တဲ့ အထပ် တစ်ထပ် ထည့်ဆောက် တာပါ။ Elevator Overtravel ဆိုတာ ကတော့ ဓာတ်လေကား လိုအပ်တဲ့ အတိုင်း အချိန်မီ မရပ်နိုင်ခဲ့ရင် အရှိန်လျော့ ဘို့ အတွက် ချန်ထားတဲ့ နေရာ (အမြင့်) ကိုခေါ်တာပါ။ ဒါက အခြေခံကျ တဲ့ ပုံစံ ဖြစ်ပြီး နိုင်ငံ အတော် များများ နဲ့ မြို့ အတော်များများ မှာ အာဏာပိုင် အဖွဲ့ အစည်းတွေ ရဲ့ လိုအပ်ချက်ဖြစ်ပါတယ်။

II. Flattop Design



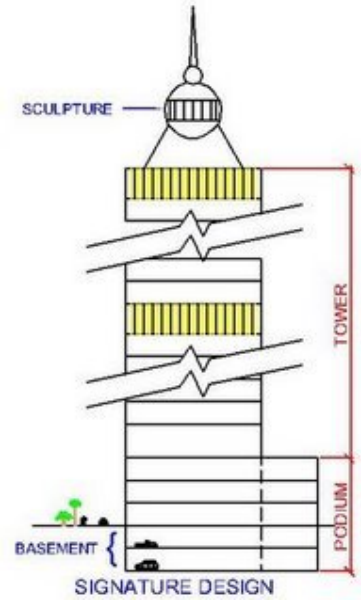
အပေါ်ဆုံး တစ်ထပ်၊ နှစ်ထပ် ကို Cooling Towers, Air Handling Units တွေနဲ့ Elevator Equipments စတဲ့ Upper-Level M&E equipments တွေ ထားဘို့ အတွက် ဒီဇိုင်းလုပ် ထားတာပါ။ ထင်ရှားတဲ့ အဆောက်အအုံ ကတော့ 9/11 တုန်းက ဖျက်ဆီး ခံခဲ့ရ တဲ့ New York -World Trade Center ဖြစ်ပါတယ်။

III. Intermediate Floor Bands Design



အထပ် ၃၀ ထက်မြင့်တဲ့ အဆောက်အအုံ တွေမှာ Central M&E Equipments တွေ ကိုထား ဘို့ အတွက် ကြားမှာ Intermediate Floor ထားရှိ ရပါတယ်။ M&E Systems တွေအတွက် အထပ်အမြင့် ပိုလိုတာမို့ ဒီ Intermediate Floors တွေ ရဲ့ Façade ကို အခြား အထပ်တွေ နဲ့ မတူခြားနား တာကို မြင်တွေ့ နိုင်ပါတယ်။

IV. Signature Design



၁၉၉၀ နောက်ပိုင်းမှာ အထိန်းအမှတ် ပုံစံ အနုပညာ အဆောင်အယောင် တွေနဲ့ သီးသန့် အလှဆင် ထားတဲ့ Sculpture-Type rooftops တွေ ခေတ်စား လာခဲ့ပါတယ်။ ဒီပုံစံ တွေမှာ Cooling Tower တွေကို မြေညီထပ် နဲ့ နီးတဲ့ နေရာ ပို့ချင်ပို့ ဒါမှမဟုတ် အဆောက်အအုံ ထဲမှာ ထည့်ထားချင် ထည့်ထား ရပါလိမ့်မယ်။

2. Life Safety

- အရေးပေါ် အခြေအနေ၊ လိုအပ်ချက် တွေပါဝင်ဘို့ လိုပါတယ်။ အဓိက ကတော့ မီးဘေးအန္တရာယ် ပါ။ မီးအန္တရာယ် ဆိုတာမှာ မီးသာ မက ဆက်နွယ် နေတဲ့ မီးခိုး၊ အဆိပ် အတောက် တွေ နဲ့၊ မီးကြောင့် ပြိုကျ ပျက်စီး မဲ့ အဆောက်အအုံ ရဲ့ အစိတ်အပိုင်း တွေ ကိုပါထည့်သွင်း စဉ်းစား ရပါမယ်။
- အများအားဖြင့် mixed occupancies ရုံးခန်းတွေ၊ ဆိုင်ခန်း၊ ဈေး (Office Premises, Shopping Malls, Retail Outlets, Amusement Arcade, Residents, Mass Transport Terminals) တွေ ပါရှိ နိုင်ပါတယ်။ အရွယ်အစား အလယ်အလတ် လောက် ရှိတဲ့ High-Rise Building တစ်ခုမှာ ရှိနေနိုင် တဲ့ Occupants (လူတွေ) ၅၀၀ ကနေ ၁၀၀၀ လောက်ရှိ နိုင်ပြီး အရွယ်အစား ကြီးမားတဲ့ City နာမည် တတ်ထားနိုင်တဲ့ အဆောက်အအုံ တွေမှာ ဆို လူထောင်ပေါင်း များစွာ ရှိနေနိုင် ပါတယ်။ ဒီအထဲ မှာ ပတ်ဝန်းကျင် နဲ့ စိမ်းနေသေးတဲ့ ဧည့်သည် တွေ၊ ကလေးတွေ၊ မစွမ်းမသန် တွေ၊ သက်ကြီးရွယ်အို တွေ ပါ ရှိနိုင်တာမို့ အားလုံးကို အန္တရာယ် ကင်းကင်း ထွက်ခွာ စေနိုင်ဘို့ နဲ့ ရွှေ့ပြောင်း ပေးနိုင်ဘို့ အခက်အခဲ တွေ ရှိနေနိုင် ပါတယ်။
- ဘယ်လို အခက်အခဲ ပဲရှိရှိ Occupants တွေရဲ့ Safety (အန္တရာယ် ကင်းရှင်းရေး) နဲ့ Well-Being (ကောင်းကျိုးချမ်းသာ ရရှိရေး) တွေ က မရှိမဖြစ် ပါဝင်ရမဲ့ အချက်တွေ ပါ။
- ဒီလို အန္တရာယ် ကင်းကင်း လွတ်မြောက်နိုင်ဘို့ အချိန်ကို တွက်ချက် တဲ့ အခါ ASET > RSET ဖြစ်ရပါမယ်။
  - ASET (Available Safe Egress Time) ရရှိနိုင် တဲ့ အချိန်
  - RSET (Required Safe Egress Time) လိုအပ် တဲ့ အချိန်

E. **Structural Safety (Passive Fire Protection)**

i. **Purpose Groups**

- လူတွေ အသုံးပြုတဲ့ အခြေအနေ ပေါ်မူတည် ပြီး Purpose Groups ခွဲပေးရပါတယ်။
- Compartments လို့ခေါ်တဲ့ မီးဒါဏ်ခံ နိုင်တဲ့ အခန်းတွေ ဖွဲ့တာ တို့၊ စီစဉ်တာ တို့လုပ်ရ ပါမယ်။

ii. **Fire Appliance Access**

- မီးသတ်တပ်ဖွဲ့ နဲ့ မီးသတ်ကားတွေ အချိန်မရွေး ဝင်လို့ရအောင်၊ မီးသတ်ကား ဝင်လို့ ရတဲ့ လမ်း နဲ့ ရပ်စရာ နေရာ တွေ၊
- မီးသတ်တပ်ဖွဲ့ အရံသင့် သုံးစရာ Fire Appliances တွေ ကို ထည့်သွင်း စဉ်းစားရ ပါမယ်။

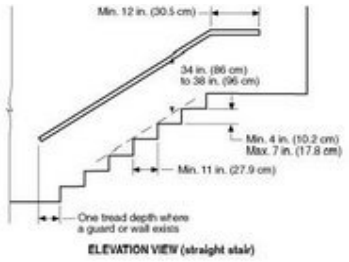
iii. **Walls & Floors**

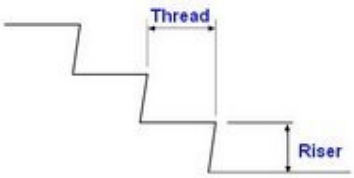
- အဆောက်အအုံ ရဲ့ အစိတ်အပိုင်း တွေ ကို လိုအပ်တဲ့ အချိန် အတိုင်းအတာ အထိ မီးဘေး၊ ဒါဏ်ခံ နိုင်ဘို့ FRR (Fire Resistance Rating,) ကို သတ်မှတ် ပြီး ၊ သတ်မှတ်ချက် အတိုင်း ဆောက်လုပ် ရပါမယ်။
- Purpose Group နဲ့ Dimension (အခန်း ရဲ့ အရွယ်အစား) ကို လိုက်ပြီး လိုအပ် တဲ့ minimum periods of fire resistance (hours) ကို သတ်မှတ် ရပါတယ်။

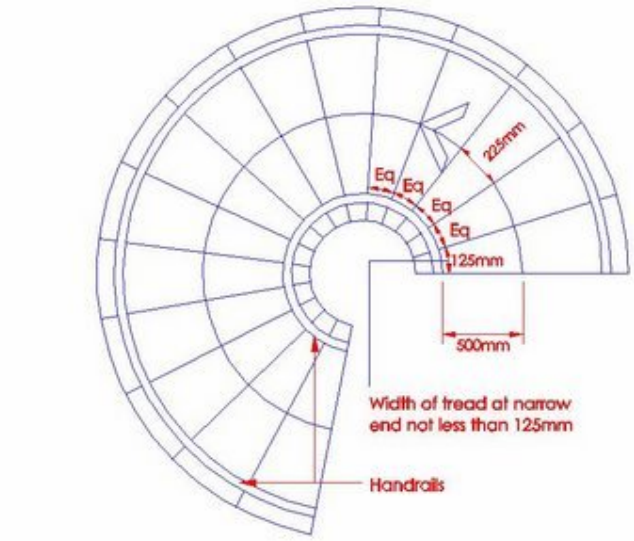
iv. **Means of Escape**

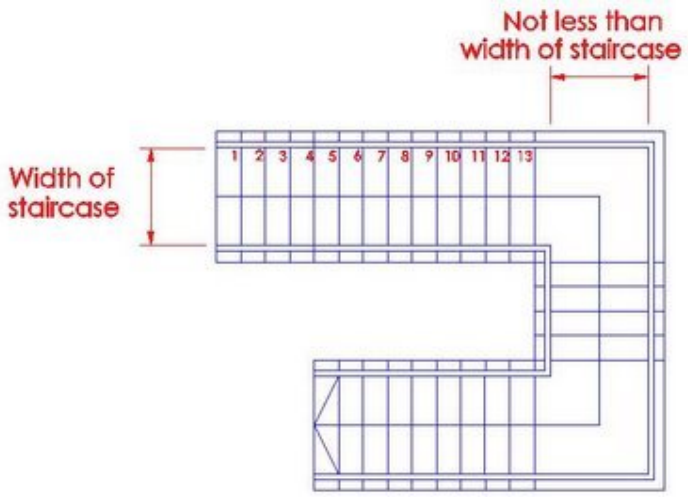
- ရှိနေနိုင်တဲ့ လူအရေအတွက် နဲ့ နေရာ အကွာအဝေး ကို မူတည်ပြီး လိုအပ်တဲ့ အရေးပေါ် Emergency Exits (ထွက်ပေါက်) တွေ Staircases (လှေခါး) တွေ ကို ထည့်သွင်း ရမှာ ဖြစ်ပြီး၊ အထူးသဖြင့် အဲဒီနေရာ တွေကို မီးဒါဏ် ခံနိုင်ဘို့ နဲ့ မီးခိုး မရောက် လာစေဘို့ ဒီဇိုင်းလုပ်ရ ပါတယ်။
- ရွေးစရာ Alternative Means of Escape ရှိထား ရပါမယ်။
- Mean of Escape ဆိုတာက အန္တရာယ်ကင်း တဲ့ နေရာ (ဥပမာ၊ အဆောက်အအုံ ရဲ့ အပြင်ဘက်၊ (သို့) အဆောက်အအုံ အတွင်း အန္တရာယ်ကင်းကင်း ခိုနားစရာ နေရာ) တွေဆီ လမ်းညွှန်ပေးနိုင်မဲ့ အနီးစပ်ဆုံး လမ်းကြောင်း ကိုဆိုလိုတာ ပါ။ အထပ်မြင့် တော့ Ground Floor မရောက်ခင်ကြားမှာ ခိုနားစရာ နေရာ Refuge Floor လိုအပ်ကောင်း လိုအပ် ပါလိမ့် မယ်။
- အဆောက်အအုံ အတွင်းပိုင်း လူရှိ နေနိုင်တဲ့ နေရာ အားလုံး ကနေ လွယ်လွယ်ကူကူ ထွက်ခွာ နိုင်ဘို့ Exit Path တွေ လိုပါတယ်။
- Unprotected Areas, leading direct to exit
- Protected Areas, leading direct to exit

- Protected Areas ဆိုတာကတော့ မီးအန္တရာယ် (အပူ၊ မီးခိုး) ကို အတိုင်းအတာ တစ်ခုထိ အကာအကွယ် ပေးနိုင်တဲ့ နေရာတွေ ကို ခေါ်တာပါ။
- သွားရမဲ့ အကွာအဝေး ဖြစ်တဲ့ Travel Distance ကို စဉ်းစားရပါမယ်။
- Staircase
  - လှေကား ဆိုရင်လည်း ဘယ်လောက်ကျယ်ရမယ်။ လှေကား ဆိုတာ လူတွေ အရွယ်မရွေး တက်နိုင်ဆင်းနိုင် တဲ့ ခပ်ပြေပြေ Staircase ကိုဆိုလိုတာ ပါ။ မတ်စောက်လွန်း တဲ့ Ladder ကိုဆိုလိုတာ မဟုတ်ပါဘူး။ Staircase ကိုလည်း လှေကားထစ် တစ်ခုနဲ့ တစ်ခု ညီညီညာညာ မျှမျှတတ ရှိရပါမယ်။ ခြေနင်း အကျယ် အမြင့် သင့်တော် အောင် ထားရပါတယ်။ မလေးရှား၊ စကာ်ပူ မှာ ခြေနင်းပြား အရွယ် Thread Width အနည်းဆုံး ၁၀" (255mm Min) လှေကားထစ် တစ်ထစ် အမြင့် ၄ - ၇" (102mm - 180mm Max) ရှိရပါမယ်။ NFPA အရတော့ Thread Width အနည်းဆုံး ၁၁" (279mm Min) လှေကားထစ် တစ်ထစ် အမြင့် ၄ - ၇" (102 to 178mm) ရှိရ မယ်လို့ ဆိုပါတယ်။ ကြောင်လိမ် လှေကား သုံးခွင့် ရရင်တော့ လိုအပ်ချက် ကို ထပ်မံစစ် ဆေး ရမှာ ဖြစ်ပါတယ်။
  - လှေကား မှာ ရွေးစရာ အရံ တစ်ခု အနည်းဆုံး ပါဝင်သင့်ပါတယ်။ ပြီးတော့ ဒီလှေကားတွေ အမိုးပေါ် အထိ ပေါက် ဘို့ လည်း လိုအပ် ပါတယ်။ ပြီးတော့ မြေပြင်ပေါ် အန္တရာယ် ကင်းကင်း ထွက်ခွာ နိုင်တဲ့ ထွက်ပေါက် လည်း ပါဝင်ရ ပါမယ်။ လူတွေ ယောင်ယောင်မှား မှာ မဖြစ် စေဘို့ မြေအောင် လှေကား နဲ့ မြေပေါ် လှေကား ကို သီးသန့် ခွဲ ထားပေးရပါမယ်။
  - ပြင်ပ လေထု နဲ့ တိုက်ရိုက် မထိနေတဲ့ အဆောက် အအုံ ရဲ့ အတွင်းပိုင်းဖြစ် နေရင် Pressurization (Inflation) System လို့ ခေါ်တဲ့ မီးခိုးမဝင် အောင် လေကို ဖိ မှုတ် ပေးနေနိုင် တဲ့ Blower (Fan) တွေ ကို တွက်ချက် တတ်ဆင် ပေးရပါမယ်။ အပြင်ဘက် မှာ ဆိုရင် တော့ လုံလောက်တဲ့ Natural Ventilation Louvers တွေပါဝင် ရပါမယ်။









v. **Elevator use for Evacuation**

- နိုင်ငံ တော်တော် များများ မှာ Elevator နဲ့ Evacuate လုပ်တာကို တားမြစ်ထား ဆဲပါ။ US က NFPA Code မှာတော့ အတိုင်းအတာ တစ်ခု အထိခွင့်ပြု ထားပါတယ်။ အမေရိကန် Architects တွေကတော့ Elevator သုံးနိုင်ဘို့ ကို အားသန် ကြပါတယ်။
  NFPA Code : An elevator complying with the requirements of Section (x.x) and (x.x.x) shall be permitted to be used as a second means of egress from towers, as defined in (x.x.xxx), provided that the following criteria are met:
  i. The tower and any attached structure shall be protected throughout by an approved, supervised automatic sprinkler system in accordance with Section (x.x.)
  ii. The tower shall be subject to occupancy not to exceed 90 persons.
  iii. Primary egress discharges shall be directly to the outside.
  iv. No high hazard content areas shall exist in the tower or attached structure.

v. One hundred percent of the egress capacity shall be provided independent of the elevators.
vi. An evacuation plan shall be implemented, specifically including the elevator, and staff personnel shall be trained in operations and procedures for elevator emergency use in normal operating mode prior to fire fighter recall.
vii. The tower shall not be used by the general public.

- အဓိက စိုးရိမ်ကြတာ ကတော့ မီးလောင်တဲ့ အထပ်မှာ Elevator ရပ်ပြီး လူတွေပိတ်မိ နေမှာ ကိုပါ။ Elevator သုံးခွင့် ရဘို့ အတွက် Elevator Shaft ရော Elevator Lobby ကိုပါ Fire Compartment လုပ်ပြီး Pressurized လုပ်ရပါတယ်။ အရှိန် နဲ့ သွားနေတဲ့ Elevator ကြောင့် ဖြစ်ပေါ် လာတဲ့ Piston Effect ကိုထိန်းနိုင် ဘို့ ကလည်းမလွယ် ပါဘူး။
- လူကြီးတွေ၊ မသန်မစွမ်း တွေ အတွက် အထပ်မြင့် ကို ခြေကျဉ် လျှောက်ဆင်း ဘို့ ကလည်း မလွယ်တာ မို့ Elevator သုံးသင့်၊ မသုံးသင့် ဆိုတဲ့ အချက်က စဉ်းစားစရာ ဖြစ်လာ ပါပြီ။

F. Fire Protection Modes

M&E Systems တွေကို အကြမ်း ရှင်းပြထားတာ ကို အရင် တင်ပြခဲ့တဲ့ M&E Systems ဆိုတာ ဘာတွေလဲ။ မှာ လေ့လာနိုင်ပါတယ်။

. Fire Detection, Alarm and Communication Systems
  - Heat Detectors / Smoke Detectors
  - Heat Detectors: က အပူကို အာရုံခံတာ ပါ။ Smoke Detectors ကတော့ မီးခိုးကို အာရုံခံတာ ပေါ့၊ ဒါတွေ နဲ့ Fire Alarm (မီးလှုန့် အချက်ပေး စနစ်) ကို Activate လုပ်မှာ ပါ။

Communication Systems ဆက်သွယ်ရေး စနစ်တွေ ကတော့

- မီးသတ်တပ်ဖွဲ့ အချင်းချင်း ဆက်သွယ် နိုင်ဘို့ အတွက် Fire Brigade communication Systems
- အရေးပေါ် အခြေအနေ မှာ လူတွေ စနစ်တကျ Evacuate လုပ်နိုင်စေဘို့ ညွှန်ကြားပေးနိုင်ဘို့ အတွက်၊ Public Address Systems

i. Extinguishing Systems မီးကို ငြိမ်းသတ် ဘို့ အတွက် လိုအပ်တာ တွေကတော့
  - Portable Fire Extinguishers
  - Sprinkler Systems
  - Standpipes (Wet / Dry Rising Mains)
  - Fire Hoses (Hose reels)

High-rise Buildings တွေ အတွက် အထက်က မီးသတ်စနစ် ၄ -ခု လုံး လိုအပ်ပါတယ်။
အချို့နိုင်ငံ တွေ မှာ Residential High rise (လူနေအိမ်ခန်း) တွေ Sprinkler Systems
မပါတာ ကို လျှော့ပေါ့စဉ်းစားပေး တတ်ပါတယ်။ Sprinkler Systems က မီးသတ် ရာမှာ အထိရောက်ဆုံး မို့

ဖြစ်နိုင်ရင် ပါအောင် ထည့်ပေးရ ပါမယ်။ Data Center လိုနေရာ မျိုးမှာ Gas Suppression System ထည့်ပေးထား လို့ Sprinkler ကိုဖြုတ် မပစ်သင့် ကြောင်း Fire Engineer တွေက ဆိုပါတယ်။

ii. **Emergency Lighting and Standby Power**

အရေးပေါ် အခြေအနေ မှာ သုံးလို့ ရမဲ့ Standby Power (Usually by Diesel Generator) ကို စဉ်းစားတဲ့ အခါ အောက်မှာ ဖော်ပြထားတဲ့ စက်ပစ္စည်း တွေ နဲ့ အရေးပေါ် လိုအပ်ချက် တွေ အပေါ် မှီပြီး တွက်ချက် ရပါမယ်။

- Electric Fire Pumps
- Emergency Command Center / Fire Command Center Equipment & Lighting
- Fire Lifts (serving all floors)
- Mechanical Equipment for Smoke Proof Enclosure
- Power for Detection, Alarm, and Communication Systems
- Emergency Lightings

iii. **Emergency Command Center**

Emergency Command Center (အရေးပေါ် အခြေအနေ မှာ စီမံခန့်ခွဲ လမ်းညွှန် မဲ့ သူနဲ့ ပစ္စည်း တွေထားတဲ့ အခန်း) မှာ ဒါတွေ ထားရမယ်။

1. Voice fire alarm system panels and controls
2. Fire department two-way telephone communication (ဆက်သွယ်ရေး စနစ်) service panels and controls where required by another section of this Code
3. Fire detection and fire alarm system annunciation panels
4. Elevator floor location and operation annunciators (ဓာတ်လှေကား နေရာပြ)
5. Sprinkler valve and waterflow annunciators
6. Emergency generator status indicators
7. Controls for any automatic stairway door unlocking system
8. Fire pump status indicators
9. Telephone for fire department use with controlled access to the public telephone

G. မီးစလောင်ရခြင်း အကြောင်းရင်းများ

- Fire Ignition (အလိုအလျောက် မီးပွင့်)
- Faulty Electricity (လျှပ်စစ်လျှုံ့ခ်)
- Smoking (ဆေးလိပ်မီး)
- Arson (တိုမီး၊ ရှို့မီး)
- Cooking (ချက်ပြုတ် မီး)
- Renovations (အတွင်းပိုင်း ပြန်လည်ပြင်ဆင်မှု လုပ်နေစဉ်)

H. မီးဒါဏ်ခံ ရခြင်း အကြောင်းရင်းများ

- လုံလောက် တဲ့ မီးသတ်စနစ် မရှိခြင်း
- အချက်ပေးစနစ် ၊ အန္တရာယ်ကင်းသောလမ်းကြောင်း မရှိခြင်း
- လျှင်မြန်တိကျသော တုံ့ပြန် မှု မရှိခြင်း
- အချက်ပေးမှု ညံ့ဖျင်းခြင်း

I. High-rise Building Fire Tragedies (အထပ်မြင့် အဆောက်အအုံ မီးဘေးသင့်မှုများ။)

. Dupont Plaza, Puerto Rico

- o December 1986 New Year' s Eve (နှစ်သစ်ကူး အကြိုည) မှာဖြစ်ခဲ့တဲ့ မီးလောင်မှုပါ။
- o ဟိုတယ် အလုပ်သမား သုံးယောက် က လစာ နဲ့ ကျန်းမာရေး ခံစားခွင့် တွေကို မကျေနပ် ရာက အလုပ်သမား အဖွဲ့ နဲ့ တိုင်ပင် အချို့ က အပြင်မှာ ဆန္ဒပြ နေတဲ့ အချိန် အချို့ က Ballroom နဲ့ Ground Floor မှာ ဆီလောင်း မီးရှို့ ကြပါတော့တယ်။ အမှန်က Tourists တွေကို မတည်းအောင် ကြောက်လန့်အောင် လုပ်ချင်တာပါ။ ဒါပေမဲ့ မီးက လူ ၉၇ ယောက် ကိုသေဆုံးစေခဲ့ ပြီး လူ ၁၄၀ လောက် ကို ဒါဏ်ရာရစေခဲ့ ပါတယ်။
- o အများစု က မီးခိုးမွှန် လို့ သေဆုံး ရတာပါ။
- o မီးသတ်စနစ် မလုံလောက် တာရယ်။ ထွက်ပေါက် က တံခါး တွေက အပြင်ကိုဖွင့်တာ မဟုတ်ပဲ အတွင်းကို ဖွင့်တာတွေ ဖြစ်နေပြီး လူတွေ က ကြောက်လန့် တကြား တိုးကြ တွန်းဖွင့်ကြ တော့ ဘယ်လိုမှ ဖွင့်လို့ မရတော့ ပဲ ပိတ်မိ ကုန်ပါတယ်။
- o ဒီ မီးမှာ Rescue Effort တွေ အကြောင်းကို ကြည့်ချင်ရင် တော့
  - o Dupont Plaza fire/San Juan, PR-12.31.86 (Part 1)
  - o Dupont Plaza fire/San Juan, PR-12.31.86 (Part 2)

i. MGM Grand fire (November 21, 1980)

ii. Fire at Las Vegas Hilton (February 10, 1981)

3. နေရာလိုအပ်ချက်

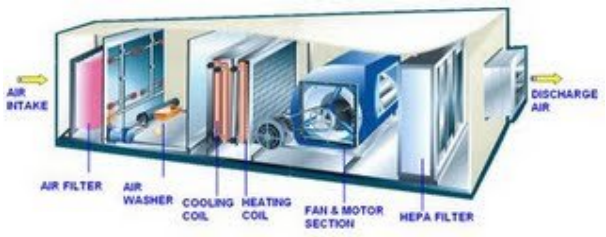
M&E Space လိုအပ်ချက်တွေ ကို အရင် တင်ပြခဲ့တဲ့ ၁.၄ ၊ နေရာ လျာထားသတ်မှတ်ခြင်း။ မှာ လေ့လာနိုင်ပါတယ်။

- o အရင်တုန်းက Post မှာ တင်ပြခဲ့သလို M&E Systems တွေဟာ နေရာ အတော်ယူပါတယ်။ အလယ်အလတ် တန်းစား Office Building (ရုံးခန်း အဆောက်အအုံ) တစ်ခုမှာ နေရာ ဧရိယာ ၄% လောက် လိုအပ်ပါတယ်။ ၂၅ ထပ်ရှိရင် တစ်ထပ်စာ လောက်လိုအပ်တာပါ။ ဒီလိုပဲ အထပ် ၅၀ ရှိရင် ၂ ထပ်၊ အထပ် ၁၀၀ ရှိရင် ၄ ထပ် စာ လိုအပ်ပါလိမ့်မယ်။ Initial Planning Stage မှာထဲ က နေရာကို ယူမထားခဲ့ ရင် နောက်မှ လိုချင်သလို ထပ်တိုး ချင်တိုင်း တိုးလို့ ရနိုင်တာမျိုး မဟုတ်တာ ပြောစရာတောင် မလိုတော့ပါဘူး။
- o ရွေးချယ်ထားတဲ့ systems တွေကို မူတည်ပြီး M&E Equipment Spaces တွေဟာ Centralized (သို့မဟုတ်) Decentralized ဖြစ်နိုင်ပါတယ်။ နှစ်ခုလုံး အထပ်တိုင်းမှာ Local Equipments အတွက် နဲ့ Distribution Shafts တွေအတွက် On-Floor (Local Space) နေရာ လိုအပ် ပါတယ်။ အဓိက ကွာခြားချက် ကတော့ Centralized Systems တွေမှာ အဓိက Equipments တွေ အထပ် တစ်ထပ် နှစ်ထပ်မှာ စုစည်းတပ်ဆင် ထားပြီး On-Floor နေရာလိုအပ်ချက် နည်းပါမယ်။ Decentralized Systems တွေမှာ ကတော့ပြောင်းပြန်ပေါ့။
- o High-rise Building အားလုံးလိုလို မှာ Basement Floor (မြေအောက်ထပ်) တစ်ထပ် အနည်းဆုံး ပါလေ့ ရှိပါတယ်။ Underground Parking (ကားရပ်နားရန် နေရာ) Utility Service အတွက်၊ Delivery of Supplies, Fuel Storage
- o Underground Levels က Foundation အတွက် ပိုပြီး ကောင်းမွန် ခိုင်မာတဲ့ Structural Stability ကိုပေးပါတယ်။ သတ်မှတ် ထားတဲ့ Car Parking အရေအတွက် ပါဘို့ City Codes တွေမှာ ပြဋ္ဌာန်းထား လေ့ရှိတာမို့ လည်း Underground Parking က ရှောင်လွှဲလို့ မရနိုင်တဲ့ လိုအပ်ချက် ဖြစ်ပါတယ်။
- o ပုံမှန်အားဖြင့်တော့ M&E Central Plant တွေကို Underground Level မှာ ထားသင့်ပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ အမြဲတမ်း ဖြစ်နိုင်တာ မဟုတ်ပါဘူး။ M&E systems risers တွေဟာ Building Core နဲ့ နီးတဲ့ နေရာတွေမှာ ရှိရမှာ မို့ တစ်ခါတစ်ရံ Parking နဲ့ အကူးအသန်း လုပ်ဘို့ ရာမှာ အတားအဆီး ဖြစ်နေတတ်ပါတယ်။ ဒါကြောင့် M&E Central Plant တွေကို Roof (သို့မဟုတ်) Intermediate Level မှာ ထားရနိုင်ပါတယ်။
- o Equipments တွေရဲ့သဘာဝ အရ လည်း နေရာ ကို ရွေးရပါတယ်။ ဥပမာ Cooling Tower ဆိုရင် လေသွားလေလာ ကောင်းတဲ့ အဆောက်အအုံ ရဲ့ အပြင် (သို့) အမိုးပေါ်မှာပဲ ထားလို့ရပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ အမိုး ပေါ် တင်ထားဘို့ ဆိုတာကလည်း High-rise Building တွေမှာ လွယ်လှတာ မဟုတ်ပါဘူး။

- Central Plant Location
  - Central Plant Room လိုအပ်ချက်တွေ ကို ၁.၄ ၊ နေရာ လျာထားသတ်မှတ်ခြင်း။ မှာပြခဲ့ပါတယ်။ သတိထားရမှာ က ဒီနေရာလို အပ်ချက်တွေ စဉ်းစားတဲ့ အခါ Structural Column နဲ့ Architectural Detail တွေကို ထည့် စဉ်းစား ပေးဘို့ပါ။
    - i. Loading / Unloading (ပစ္စည်းတွေ အတင်အချ လုပ်ဘို့နေရာ) ကို လွယ်ကူစွာ သွားနိုင်၊ ရောက်နိုင် ဘို့၊
    - ii. M&E Equipments တွေ ပြင်ဆင်ဘို့ လိုအပ်လို့ လဲရမယ်၊ ဖြုတ်ရမယ် ဆိုရင် လည်း သယ်ထုတ်၊ ပြန်သွင်း လုပ်နိုင်ဘို့။
    - iii. လေဝင်လေထွက် ကောင်းနိုင်ဘို့ Outside Air Supply နဲ့ Exhaust Air Discharge တွေနဲ့ နီးနီးနားနားဖြစ်ဘို့။ (ဒီနေရာ မှာ Outside Air Supply နဲ့ Exhaust Air Discharge ကြားမှာ လုံလောက် တဲ့ အကွာအဝေး ရှိရမယ် ဆိုတဲ့ အချက်ကိုလည်းစဉ်းစား ရမှာပါ။ အနည်းဆုံး 5m (16.5 ft) နဲ့ တစ်ခါတစ်ရံ 8m (26.2 ft) လောက်အထိ လိုအပ်နိုင်ပါတယ်။)
    - iv. လုံလောက် တဲ့ Floor Height (အထပ် အမြင့်) ရနိုင်ဘို့
    - v. အဆင်ပြေပြေ Car Parking Plan (ကားရပ်နား စရာ နေရာတွေ) နဲ့ သင့်တော်စွာ ဆက်စပ်နိုင်ဘို့။
    - vi. Safety (အန္တရာယ် ကင်းဝေး စေဘို့) - ဥပမာ Boilers, Chillers, Liquid Filled Transformers တို့လို M&E Equipments တွေမှာ Stored Energy နဲ့ Toxic Material တွေ ပါဝင်ပါတယ်။ ဒါကြောင့် ဒီ Equipments တွေကို Fireproof Walls တွေနဲ့ ကာရံထားရ ပါမယ်။
    - vii. M&E System Components တစ်ခု နဲ့ တစ်ခု ကြား နီးနီးနားနား ဖြစ်စေဘို့။ ဥပမာ Chiller ရဲ့ Condenser နဲ့ Cooling Towers ကြား၊
    - viii. Piping System Pressure - Hydrostatic Pressure ကို လိုအပ်ချက် လည်းရအောင် ခံနိုင်ရည် ထက် လည်း မလွန်အောင် ဘယ်လိုလုပ် မှာလဲ၊
    - ix. Ease of Maintenance ထိန်းသိမ်းဘို့
    - x. Vibration and Noise from Equipment စက်ခန်းတွေ နဲ့ နီးတဲ့ နေရာမှာ တိတ်ဆိပ်ငြိမ်သက် မှုကို လိုအပ်တဲ့ အခန်းမျိုး ရှိရင် အတော် ခက်ခဲပါတယ်။
    - xi. Aesthetics : Architects အများစု က M&E Plants တွေကို ဖုံးကွယ်ထားချင် ကြပါတယ်။ အချို့ Architects တွေကတော့ M&E Plants တွေကို မြင်ကွင်းမှာ ပြသထားလိုကြပါတယ်။ ဒါကြောင့် M&E Plant တွေက Architect's Concept ကို လိုက်ပြီး အနုပညာ အားဖြည့်ပေး နိုင်တာ ရှိသလို၊ အားပျော့ စေနိုင်တာ လည်း ရှိပါတယ်။
    - xii. Code and Authority Requirements တချို့ နိုင်ငံတွေမှာ လည်း Authorities တွေရဲ့ လိုအပ်ချက်ကလည်း Fire Water Tank နဲ့ Fire Fighting Equipments တွေကို Ground Floor (or) Basement 1st Storey မှာပဲ ထားရပါတယ်။ သောက်ရေ ပေးတဲ့ Utilities Authorities တွေကလည်း Storage / Transfer Tank (ရေကန်) တွေကို Basement Floor တွေမှာ Flood (ရေလွှမ်း) ခဲ့ရင် ရေညစ်တွေ ဝင်မှာစိုးလို့ ပါ။
- Cooling Towers
  - တစ်ခါတစ်ရံ Podium လို့ခေါ်တဲ့ Tower အောက်ခြေမှာ ပိုပြီး ကျယ်တဲ့ အထပ်တွေ ပါခဲ့ရင် Podium Roof ကို သုံးလို့ရကောင်း ရနိုင်ပါတယ်။
  - Cooling Tower ရဲ့ Exhaust က Moisture Saturated Air ဖြစ်တဲ့ အပြင် Fresh Air အနေနဲ့ သုံးဘို့မသင့်တော် တာမို့ Fresh Air Intake တွေကို Cooling Tower နဲ့ဝေးရာ မှာပဲထားရပါတယ်။
- AHU
  - AHU မှာ ဘာ components တွေထည့်မှာလဲ။
  - AHU Components
    - Mixing Box – Fresh Air (with or without pre-cool) နဲ့ Return Air ကို သမအောင် ရောစပ်ဘို့ ပါ။ တစ်ခါတစ်ရံ Room Plenum လုပ်ခွင့်ရရင် Mixing Box မလိုပါဘူး။ Room Plenum ဆိုရင် AHU အခန်းက Plenum ဖြစ်သွားတာပါ။ AHU အခန်းထဲက လေကို တိုက်ရိုက် စုတ်ယူတဲ့အခါ

Negative Pressure ဖြစ်သွားတာမို့ Drainage Pipe တွေ အခြား Contaminants တွေ ကိုစုတ်ယူနိုင်တာ ကြောင့် သိပ်မကြိုက်ပါဘူး။

- Air Washers - အချို့နေရာတွေ မှာ Air Washers ထည့်တတ်ပါတယ်။ အဓိက ကတော့ Humidify လုပ်ဘို့ပါ။ Evaporative Cooling လည်း လုပ်လို့ရပါတယ်။ လေထဲမှာ ပါလာတဲ့ အမှုန်အမွှား ကိုအတိုင်းအတာ တစ်ခုထိလည်း သန့်စင်ပေးနိုင်ပါတယ်။
- Filter Sections - သုံးမဲ့ Application ပေါ်မူတည်ပြီး Filter Section တစ်ခု (သို့) တစ်ခုထက်ပိုပြီး ပါနိုင်ပါတယ်။ သိပ်ပြီး အမှုန်အမွှားကင်း၊ သန့်ရှင်း ခြင်ရင် HEPA Filter Section တောင် ပါနိုင်ပါသေးတယ်။
- Coil Sections - သုံးမဲ့ Application ပေါ်မူတည်ပြီး Cooling Coil (or) Heating Coil (or) BOTH ပါနိုင်ပါတယ်။ တစ်ခါတစ်ရံ Run Around Coils လို့ခေါ်တဲ့ Pre-Cool နဲ့ Re-Heat Loop Coil လည်း ပါနိုင်ပါတယ်။ ဒီ Run Around Coils အစား Heat Pipe Loop Coils ကိုလည်း သုံးနိုင်ပါတယ်။
- Fan Section – AHU fan နဲ့ Motor ကို တတ်ဆင်ဘို့ အတွက် Fan Section လိုအပ်ပါတယ်။
- ခုနောက်ပိုင်း Environment Issue တွေကို စဉ်းစားလာတဲ့ အခါ Indoor Air Quality ကလည်း အဓိက ဖြစ်လာပါတယ်။ Indoor Air ထဲမှာ ပါတဲ့ ပိုးမွှားတွေ၊ ကပ်ပါးတွေ၊ မှိုတွေ ကို နှိမ်နင်းဘို့ UV Sterilizer Lamp ေတွထည့်ပေးလာတာ တွေ့ရပါတယ်။ အရင်တုန်းက တော့ အရေးကြီးတဲ့ Bio-Hazard ဖြစ်နိုင်တဲ့ အခန်းတွေမှာ ပဲ UV sterilizer တွေသုံးခဲ့ ကြတာပါ။

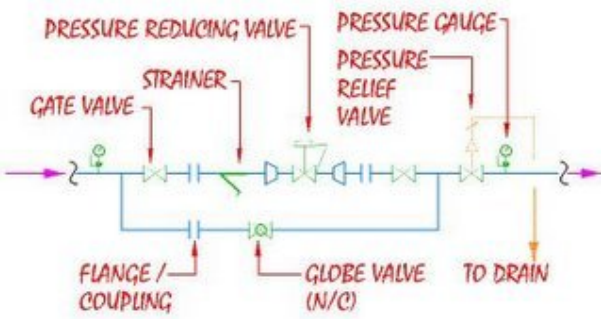


- **Water Tanks and Pumps**
  - High rise building တွေ မှာ Mechanical Engineer တွေ အဓိက တွေ့ရမဲ့ အခက်အခဲ ကတော့ ရေလျှောင်ကန် တွေ ထားဘို့ နေရာတွေ ပါ။ အထပ်မြင့် လာတာနဲ့ ရေကန်တွေ၊ pumps တွေ ကလည်း အဆင့်ဆင့် လိုအပ်လာပါတယ်။ domestic water သောက်ရေသုံးရေ သာမက fire fighting tanks တွေ အတွက် ပါ စဉ်းစားစရာ လိုအပ်လာတာ ဖြစ်ပါတယ်။ နေရာသာ မက အလေးချိန် က လည်း စီးတာမို့ structural load မှာလည်း အဓိက စဉ်းစားရမဲ့ အချက် တစ်ခု အနေနဲ့ ပါဝင်ပါတယ်။ အချို့နိုင်ငံ တွေ မှာ အမြင့်ဆုံး သုံးနိုင်တဲ့ Pump head ကို ကန့်သတ်ထား တတ်တာကြောင့် လိုအပ်ချက် က နည်းလှတာတော့ မဟုတ်ပါဘူး။ ဥပမာ၊ မလေးရှား နိုင်ငံ၊ Kuala Lumpur မြို့မှာ သောက်သုံးရေဖြန့်ပေးတဲ့ SYABAS ရဲ့ သတ်မှတ်ချက် အရ End Suction Pump head ကို 75m maximum ထားရမယ် လို့ဆိုပါတယ်။ ဒါကြောင့် အမြင့် မီတာ ၃၆၀ လောက် ရှိတဲ့ အဆောက်အအုံ တစ်ခု အတွက် (မြေညီ (သို့) မြေအောက်၊ တစ်ကန် နှင့် အမိုးပေါ် တစ်ကန် အပါအဝင်) ရေကန် ၆ ဆင့် အနည်းဆုံး လိုပါတယ်။ တစ်ဆင့် ကနေ တစ်ဆင့် ကို ပို့ပေးဘို့ Transfer Pumps တွေလည်း လိုအပ်ပြန်ပါတယ်။
  - Fire Protection အတွက် လည်း အလားတူ ပါပဲ။ Wet riser tanks, Sprinkler tanks, Hosereel tanks စသဖြင့် အမျိုးမျိုး လိုအပ်ပါတယ်။ ဒီစနစ်တွေ အတွက် သီးသန့် လိုအပ်တဲ့ Fire Pumps တွေ အပြင် တစ်ဆင့် ကနေ တစ်ဆင့် ကို ပို့ပေးဘို့ Transfer Pumps တွေလည်း လိုအပ်ပြန်ပါတယ်။

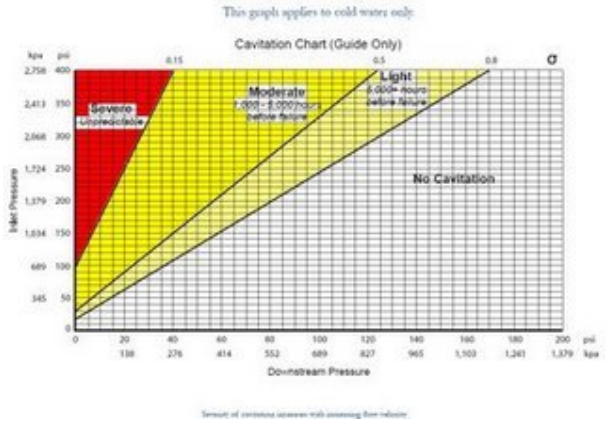
4. အောက်က ရေးလက်စ အကြမ်းပါ။ အပတ်စဉ် ဆက်ရေး နေတုန်း ပါ။
5. **Ventilation**(လေကောင်းလေသန့်)
   - **Temperature Stack Effect**

- အဆောက်အအုံ ရဲ့ အပြင်နဲ့ အတွင်း အပူချိန် သိပ်ကွာနေရင်၊ ပြီးတော့ အမြင့်လည်းရှိ၊ လေဝင်၊ လေထွက် ပေါက်လည်းရှိမယ် ဆိုရင် Stack effect ကို ထည့်သွင်း စဉ်းစား ပေးရပါမယ်။ ဒီ stack effect က တံခါးဖွင့်တဲ့ ပိတ်တဲ့ အခါ အရှိန် နဲ့ မူတ်ထုတ်သလို ဖြစ်တတ်ပါတယ်။ အထူးသဖြင့် ဆောင်းတွင်းဘက် အအေးပြင်းတဲ့ တိုကျို လို နယူးယောက် လို မြို့တွေ က High-rise Buildings တွေမှာ ဒီ Stack effect အခြေအနေ ကို ထည့်သွင်း စဉ်းစားပေးရပါတယ်။ ဒါကြောင့် ဒီဒါဇင် ကို ခံနိုင်အောင် တံခါးတွေ က ဆွဲဖွင့်ရတဲ့ တံခါးတွေ အစား ဆုံလည်တံခါးတွေ ဖြစ်နေတတ်ပါတယ်။ စကာ်ပူ၊ မလေးရှား လို တစ်နှစ်ပတ်လုံး အပူချိန် အပြောင်းအလဲ သိပ်မရှိ၊ Indoor temperature နဲ့ outdoor temperatureအလွန်မကွာ တဲ့ နေရာတွေ မှာ တော့ ဒီပြဿနာ က သိပ်မကြီး လှပါဘူး။
- Stack effect ကိုတွက်ချက်တာ က တော့ CFD (Computational Fluid Dynamics) specialist တွေရဲ့ အလုပ်ပါ။

6. **Water / Hydronic Systems Pressure**(ရေဖိအား ထိန်းခြင်း)



- Cavitation ဆိုတာက စီးနေတဲ့ ရေထဲ မှာ ပလုံစီ လာတာ ကို ခေါ်တာပါ။
- Pump တွေမှာ Cavitation ဖြစ်တာ ကိုတော့ တော်တော်များများ သိကြပေ မဲ့ valve တွေမှာ Cavitation ဖြစ်တာ ကိုတော့ သိပ်သတိ မထားမိ တတ်ကြပါဘူး။ အထူးသဖြင့် Pressure Reducing Valve တွေမှာ Cavitation မဖြစ်အောင် အရမ်း ဂရုစိုက် ရပါတယ်။
- High pressure drop နဲ့ Low outlet pressure ဆိုတဲ့ Factors (အချက်) နှစ်ချက် ပေါင်းလိုက် တဲ့ အခါ Cavitation ဖြစ်လာပါတယ်။ အဲဒီ အခြေအနေ မှာ Fluid ရဲ့ Pressure က သူ့ Vapor Pressure အောက် ရောက်သွားတာ မို့ Bubbles လေးတွေ ပလုံစီ လာပါတယ်။ ဒီ Fluid Flow Stream မှာပဲ Pressure က Vapor Pressure အထက်ပြန် တက်လာတဲ့ အခါ ပလုံစီ နေတဲ့ Bubbles လေးတွေ ပြန် အရည်ထဲ ပျော်ဝင် ဘို့ ဖြစ်လာတဲ့ အခါ ဒီ Bubbles နေရာ ကို အရည်က အရှိန် နဲ့ ဝင် extremely high impact forces တွေ ဖြစ်ပေါ်လာပါတယ်။ ဒီအခါ Valve ကိုသာမက အနီးအနား က Pipe တွေကို ပါ ပြင်းပြင်းထန်ထန် တိုက်စားပါတော့ တယ်။ Pump တွေမှာ Cavitation ဖြစ်တဲ့ အခါ Impellers တွေ တွန့်လိမ် ကောက်ကွေး၊ လိပ်၊ ပျက်စီး သွားတာ တွေ့ ရပါတယ်။
- ဒီလို Cavitation ဖြစ်တဲ့ အခါ ပိုက်ထဲ မှာ ကျောက်စရစ် ခဲ တွေ စီးသွား သလို အသံ နဲ့ တုန်ခါ မှု ကို ပါ ဖြစ်စေပါတယ်။
- Pressure Reducing Valve က ဖြစ်နိုင်တဲ့ Cavitation Chart နမူနာ ကို အောက် မှာ ဖော်ပြ ထားပါတယ်။



7. Electrical Distribution, Wiring & Voltage Drops
8. ELV Signals
9. Lightning Protection

Sunday, July 6, 2008

Singapore: M&E and AutoCAD

ဒီတစ်ပါတ်တော့ မြန်မာ ပြည်ကနေ စက်ာပူမှာ AutoCADနဲ့ အလုပ် လာရှာတဲ့သူတွေ အတွက် သိသင့်တာလေးတွေ ကို ရေးဖြစ်ဘို့ ကြိုးလာပါတယ်။

- ဒါကြောင့် Units တွေ Paper Sizes တွေ မှာ စက်ာပူ ရဲ့ အသုံးနဲ့ပဲ ရေးထားပါတယ်။ ဒီစာ က AutoCAD ကိုသိပြီး Construction Industry မှာ အသုံးချ လိုတဲ့ သူတွေ အတွက် မိတ်ဆက် သက်သက် ပဲ ရည်ရွယ် ပါတယ်။ M&E Systems တွေအတွက် အဓိက ရေးထားပေမဲ့ အခြား သူတွေ အတွက် လည်း အထိုက်အလျောက် အသုံးတည့် မယ်လို့ယူဆပါတယ်။ နောက် Basics ကို ကောင်းကောင်း နိုင်ပြီးသား သူတွေ အတွက် ရည်ရွယ်တာ မို့ AutoCAD ရဲ့အကြောင်းကို အသေးစိတ် ပြောမနေ တော့ပါဘူး။ အလုပ်လျှောက်တာတို့ အင်တာဗျူး ရဘို့တို့၊ အလုပ်လုပ်ခွင့် S-Pass တွေအကြောင်းကို တော့ နီးစပ်ရာ မှာ စုံစမ်းနိုင်ပါ လိမ့်မယ်.....
- အဓိက ပြောချင်တာ ကတော့ Engineering Drawing ကို နားလည်ဘို့ အရေးကြီးပါတယ်။ ဆိုလိုတာက ကိုယ် ဘာကို ဆွဲနေတယ် ဆိုတာ ကိုယ်တိုင်သိရပါမယ်။ လက်နဲ့ ဆွဲရမယ် ဆိုရင်လည်း ဆွဲတတ် ရပါမယ်။ Engineering Drawing ကို စနစ်တကျ နားမလည်ပဲ AutoCAD ဆွဲရင် Draftsman အဆင့်မှာတောင် အဆင်ပြေဘို့ မလွယ်ပါဘူး။ Draftsman ဆိုတာကတော့ ကူးဆွဲတတ်ဘို့ အဓိကပါ။ Human Scanner ပေါ့လေ။ အလုပ်ရဘို့လည်းလွယ်ပါတယ်။ ဒါကြောင့် မြန်မာ အင်ဂျင်နီယာ တွေ အတွက် Stepping Stone ခေတ္တ ခိုနားဘို့ ထမင်းစား အလုပ်ပါ။ စနစ်တကျ ဖွဲ့စည်းထားတဲ့ ကုမ္ပဏီကြီးတွေ မှာ တော့ Scope of Works ကိုသေချာ သတ်မှတ်ပေးထား တာမို့ ပုံဆွဲ ရုံပဲ ဆွဲရလေ့ ရှိပေမဲ့ ကုမ္ပဏီအများစု မှာတော့ အခြားတာဝန်တွေ ကို ပါ ယူကောင်းယူရပါလိမ့်မယ်။ Draftsman (cum) Q.S (cum) Site Supervisor, etc. အစရှိသဖြင့် ပေါ့။ လီဆင်လုံး ဝန်ကြီးချုပ် မဖြစ်ခင် အရင်တုန်းက တော့ Draftsman Position ကို Employment Pass ပေးလေ့ မရှိလို့ ရဘို့ အရမ်းခက်ပေမဲ့ ခုနောက်ပိုင်း S-Pass ရနိုင်တာ မို့ နေရဘို့ လည်း အဆင်ပြေ နိုင်ပါတယ်။ Company မှာ Quota ရှိဘို့တော့လိုတာပေါ့လေ။
- အင်ဂျင်နီယာ ဘွဲ့ရ အင်ဂျင်နီယာ တွေကိုတော့ (စာတွေကို လည်း ကျောင်းမှာ မထားခဲ့ ဘူးဆိုရင်) Cad Operator (or) CAD Designer ဘဝမှာပဲ ကျေနပ် တင်းတိမ် နေဘို့ ကိုတော့ အားမပေး လိုပါဘူး။ တစ်ခု တော့ သတိပေး လိုပါတယ်။ ဘွဲ့ရ တာ နဲ့ တင် မလုံလောက် ပါဘူး။ Good Engineering Practices, Industrial Knowledge & Experiences ကောင်းတွေ နဲ့ ပေါင်း မှ အင်ဂျင်နီယာ ကောင်း ဖြစ်နိုင်ပါတယ်။

- အင်ဂျင်နီယာ အနေနဲ့ လည်း AutoCAD က အဓိက မဟုတ်တောင် အတိုင်းအတာ တစ်ခုအထိတော့ လိုအပ်လေ့ ရှိပါတယ်။ ဒီဇိုင်း လုပ်မဲ့သူ ဆို တတ်ထားသင့်ပါတယ်။ မြန်မာပြည်ကနေ ထွက်လာခါစ အင်ဂျင်နီယာ ဘွဲ့ရ တွေ အင်ဂျင်နီယာ အနေနဲ့ တန်းလုပ်ရအောင် အခွင့်အရေးရဘို့ က လည်း လွယ်လှတာ တော့ မဟုတ်ပါဘူး။ အင်ဂျင်နီယာ ဆိုတာ ကလည်း အလုပ်နဲ့ဆိုင်တဲ့ အကြောင်းအရာ မိတ်ဆက်ပေးမဲ့သူ၊ အနီးကပ် တွဲခေါ်မဲ့သူ လိုပါတယ်။ Team works လုပ်ရတာမို့ ပူးပေါင်းဆောင်ရွက် လိုတဲ့စိတ် နဲ့ သည်းခံတတ်တဲ့ အကျင့် ရော Professional Conducts ပါရှိဘို့လည်း လိုအပ်ပါတယ်။ အမြဲတမ်း Continual Improvements လုပ်နိုင်ဘို့ လည်းလိုအပ်ပါတယ်။ မကျွမ်းကျင်တဲ့ နေရာ လက်တဲ့မစမ်း ပဲ သေချာနားလည်အောင် အရင် လုပ်ဘို့ အရမ်းကို အရေးကြီးပါတယ်။ ခပ်အေးအေးပဲ နေချင်လို့ ပုံပဲဆွဲ စားချင်ရင်တော့ တစ်မျိုးပေါ့လေ။ ဘယ်လို အကြောင်းကြောင့် ပဲ ဖြစ်ဖြစ် Construction Industry မှာ AutoCAD နဲ့ လုပ်စား ရဘို့ အကြောင်း ဖန်လာခဲ့ရင်တော့
  - Basic AutoCAD for Construction Industry: အခြေခံတွေကို သိရပါမယ်။ အောက်မှာ ရေးထားတာတွေ ကို Self-Learning လုပ်တာထက် ဒါတွေကို မှီငြမ်းပြီး လက်ရှိ လုပ်နေနှင့် ပြီးသား ကိုယ်နဲ့ ခင်မင်ရင်းနှီး သူတွေ ဆီက လေ့လာတာ က ပို အဆင်ပြေပါလိမ့်မယ်။
  - လိုအပ်တဲ့ Drawing တွေကို လည်း ခင်မင်တဲ့ သူတွေဆီက အကူအညီတောင်း ငှားကြည့်ပါ။ M&E Systems Services တွေက များတာ မို့ အဓိက ဆွဲရမဲ့ Servicesကို သိရင် ပို အဆင်ပြေပါလိမ့်မယ်။ ဥပမာ။ ။ Plumbing & Sanitary ဆွဲရမှာလား၊ Fire Protection Systems ဆွဲရမှ လား
  - Familiar with Construction Drawings and Terms : ဆောက်လုပ်ရေး အခေါ်အဝေါ်တွေ ပုံတွေနဲ့ လည်း ရင်းနှီးနေရပါမယ်။
  - Interview မှာ ဘယ်လို လုပ်သင့်လဲ ဆိုတဲ့ ဆောင်ရန် ရှောင်ရန် တွေကို လည်းသိထားရပါမယ်။

I. Basic AutoCAD

A. Basic Commands

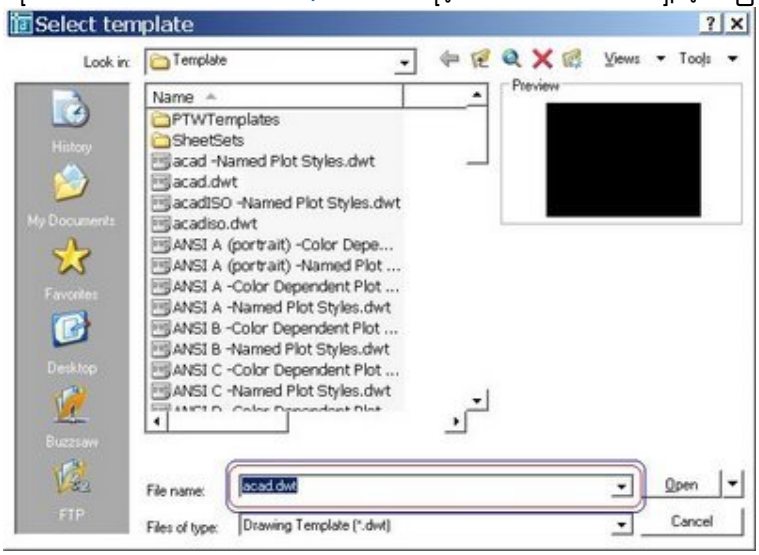
အခြေခံ Line, Cycle, Text, Arc, Polyline, Rectangle, Polygon တွေနဲ့ အတူ Snap ဘယ်လို ဖမ်းမလဲ သိရပါတယ်။ Point ကိုတော့ မဆွဲစေချင် သလို သုံးလည်းမသုံးစေချင်ပါဘူး။ အကြမ်းအားဖြင့် Snap ဖမ်းတဲ့အခါ။

- Nea: Line, Arc, Cycle, Polyline
- Cen: Arc, Cycle
- End: Line, Arc, Polyline
- Mid: Line, Arc, Polyline
- Per: Line, Polyline
- Ins: Block, Text
- Tan: Arc, Cycle
- Reference
- Mid between two points

နောက် Modify Command တွေဖြစ်တဲ့ Erase, Copy, Mirror, Offset, Array, Move, Rotate, Scale, Stretch တွေ ကို သေချာ အသုံးချတတ်ဘို့ လိုသလို ဒါတွေ မလုပ်ခင် Selection ဘယ်လိုလုပ်မလဲ သေချာသိရပါမယ်။ Trim, Extend (Break) Chamfer, Fillet တွေကို သုံးတတ်ရပါမယ်။ AutoCAD မှာ Modify Commands ကို ကျွမ်းကျွမ်းကျင်ကျင် သုံးနိုင် လေ အချိန်ကုန် သက်သာလေ ပါပဲ။
Inquiry Command တွေဖြစ်တဲ့ List, Dist (Distance) တွေကို လည်း အသုံးချတတ်ရပါမယ်။
ပြီးတော့ Block: (Wblock, Xrefs) တွေသုံးတတ် ရပါမယ်။ အထူးသဖြင့် Architectural Drawings ပုံတွေကို Xref ယူသုံးတတ် ဘို့ လေ့ကျင့်ထား ရပါမယ်။ Hatch: အကြောင်းလည်းသိထားသင့်ပါတယ်။

B. **Drawing Template**

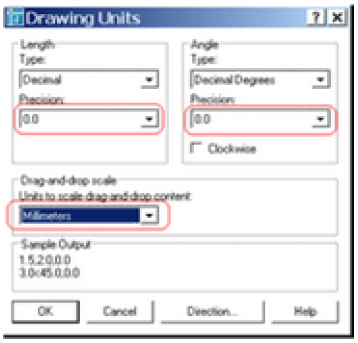
New Drawing ဖွင့်တဲ့အခါ "acad.dwt" ကိုပဲ သုံးပါ။ AutoCAD LT ကို သုံးရမယ် ဆိုရင်တော့ "aclt.dwt" ကိုပဲ သုံးပါ။ "acad -Named Plot Styles.dwt" တို့ "acadiso.dwt" အစရှိတဲ့ တခြား Drawing Templates မသုံးပါနဲ့။



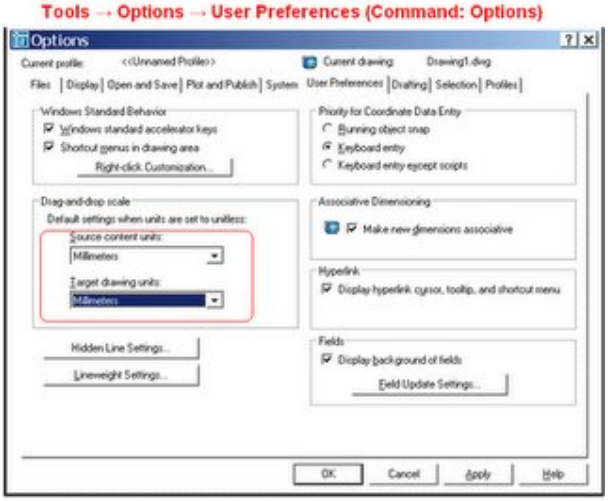
C. **Units**

စက်ာပူ မှာ သုံးတာက SI units တွေ ဖြစ်တဲ့ အတွက် Length ရဲ့ Units က mm ပါ။ အရေးကြီး တာက စစချင်း Units ကိုပြောင်းရပါမယ်။

Format → Units (Command :Units)



Tools → Options → User Preferences (Command: Options)



D.

ဒီနေရာမှာ ပြင်စရာ နှစ်ခုရှိပါတယ်။

- Units
- Options

Command Prompt မှာ ddunits လို့ ရိုက်ချလိုက်ပါ။ Menu ကနေသွားရင် Format အောက်က Units ပါ။ Length: Decimal နဲ့ Angle: Decimal Degrees ကိုသုံးပါ။ 0.00 လောက်ဆိုရပါပြီ။ Insertion Scale မှာတော့ Milimeters

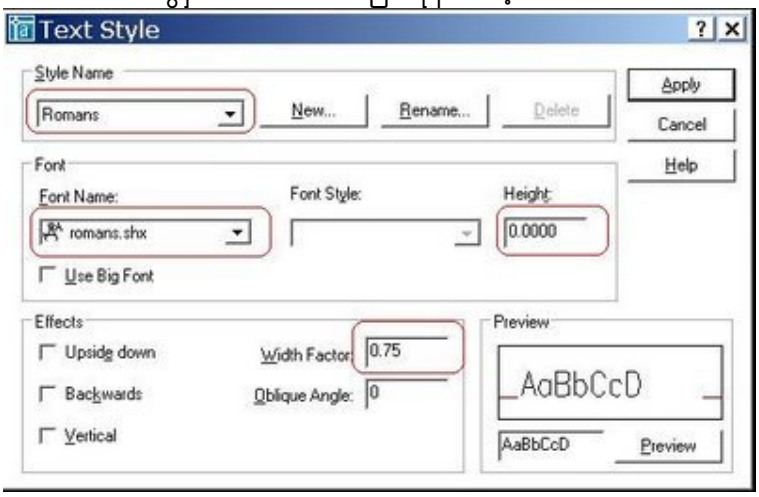
ကိုသုံးပါ။ နောက် Options အောက်က User Preference - Tab အောက်မှာရှိတဲ့ Insertion Scale Source Content Units & Target Drawing Units တွေမှာလည်း Milimeters လို့ပြင်ပေးပါ။

E. **Scale**

ဆွဲရမဲ့ ပုံရဲ့ လိုအပ်ချက် ကိုလိုက်လို့ Scale အမျိုးမျိုး ဖြစ်နိုင်ပါတယ်။
Computer Programs တွေရဲ့ အားသာချက်တွေ ကတော့ ဆွဲတဲ့အခါ တကယ့် အတိုင်းအတာ အတိုင်း ၁း၁ (1:1) နဲ့ ဆွဲနိုင်တာ ပါပဲ။ ပုံထုတ်တဲ့ အခါကျမှသာ လိုချင်တဲ့ စာရွက် အရွယ်အစား ကိုလိုက်လို့ Scale ကိုချင့်ချိန်ရပါတယ်။ အဲဒါကြောင့်ပဲ ကိုယ်ထုတ်ရမဲ့ Scale ကိုခန့်မှန်း နိုင်ဘို့ အရေးပါလာတာပါ။ မဟုတ်ရင် Text တွေက illegible (ဖတ်လို့မရတာ)၊ Linetypes တွေကမပေါ်တာ၊ Symbol မသဲကွဲတာ တွေကြုံတွေ့ ရမှာ ဖြစ်သလို သိပ်ကြီးလွန်းရင်လည်း အရုပ်ဆိုးပါတယ်။
Text Size မြင်သာတဲ့ အရွယ်ဖြစ် ရပါမယ်။ ထုတ်ပြီးသားပုံတွေမှာ 2.5 mm ကကောင်းကောင်းမြင်ရပါတယ်။ 1.5mm အောက်ဆို မြင်ရ ဘို့ မလွယ်တော့ပါဘူး။ အထူးသဖြင့် စာလုံး သေးပြီး ထူနေရင်လည်း မသဲကွဲ ပါဘူး။ Dimensions နဲ့ Symbols တွေမှာ လည်း ဒီသဘောတရား အတိုင်း ပါပဲ။ အဓိက Print Out ထုတ်ပြီးသား ပုံမှာ သဲသဲကွဲကွဲ ဖြစ်နေဘို့ ရာလိုအပ်ပါတယ်။

F. **Text Style**

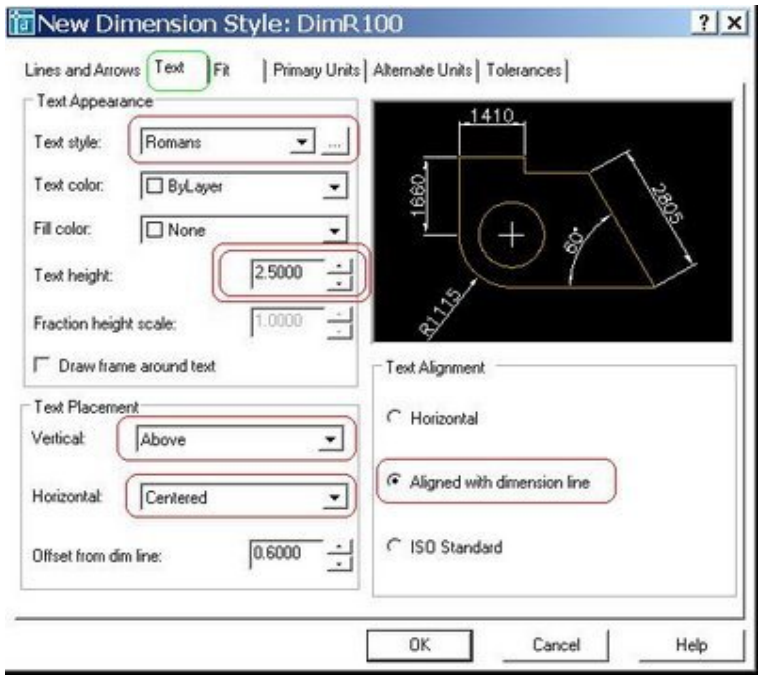
Text Style Name တွေ ကို ရိုးရိုးရှင်းရှင်း ပဲ ပေးပါ။ အများဆုံး သုံးတာ က Romans ပါ။ Width Factor ကို 0.75 လောက်ထားပါ။ သတိထားဘို့ ကတော့ Height ကို တန်ဘိုး တစ်ခုခု မပေးမိဘို့ ပါ။ 0.0 ပဲထား ပါ။ မဟုတ်ရင် Dimensions တွေမှာ ကမောက် ကမ ဖြစ်ကုန်ပါ လိမ့်မယ်။



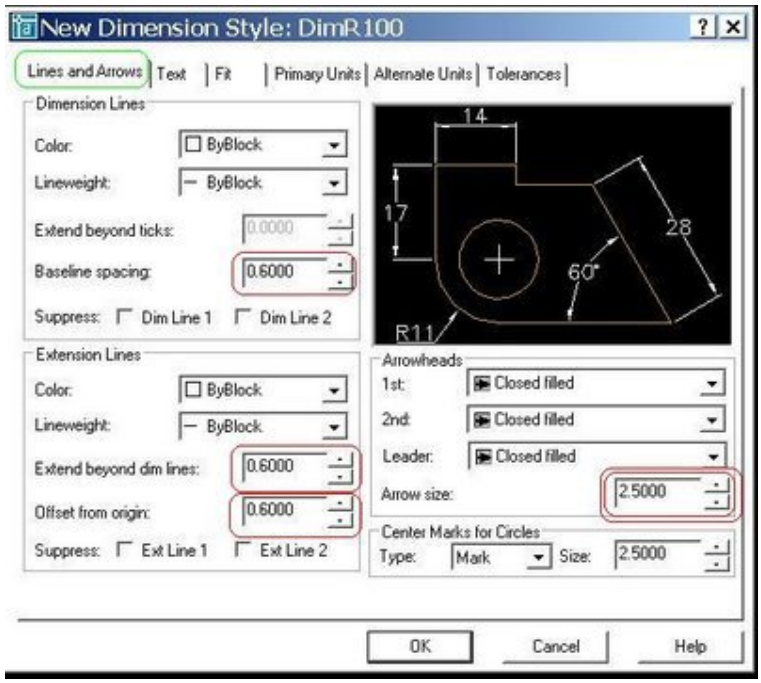
G. **Dimensions**

Dimension Style Name တွေ ကို ရိုးရိုးရှင်းရှင်း နဲ့ လူတိုင်း သိလွယ်၊ မှတ်မိလွယ် တဲ့ အမည် ပဲ ပေးပါ။ ဥပမာ DimR100 ဆိုရင် Text Style: Romans ကိုသုံး ပြီး 1:100 အတွက် သုံးမဲ့ Dimensions လို့ ကိုယ် ကသတ်မှတ်ထားရင် သုံးစွဲ ရတာ ရှင်းလင်းတာ တွေ ရပါလိမ့်မယ်။

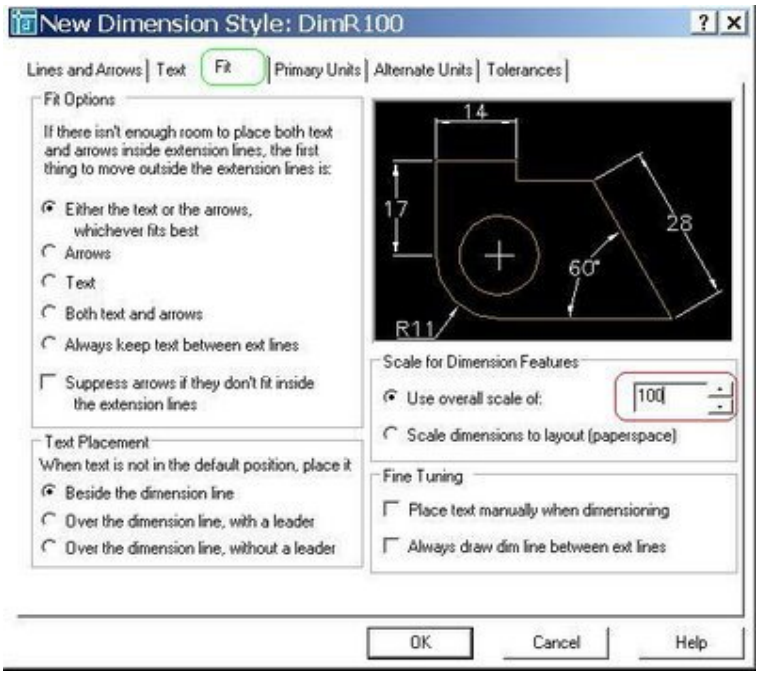
- Text Style: Romans (or အခြားသင့်တော်ရာ) Text Height: 2.5 (2.5mm က အနေတော်၊ 1.5mm အောက်ဆို သေးလွန်းသည်)



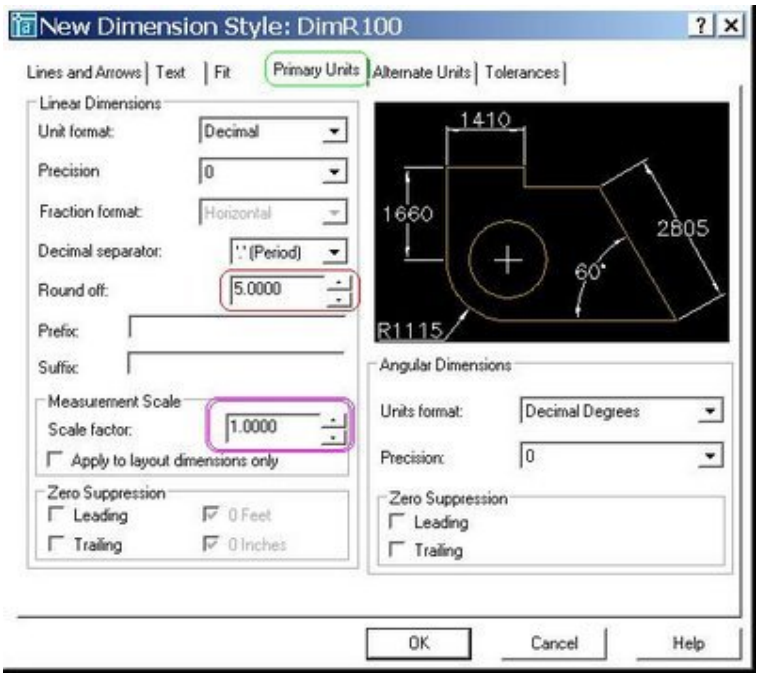
- Arrow Sizes များကို မြင်သာသော အရွယ် 2.5 ထားပါ။
- Offset များကို 0.6 ထားပါ။



- Overall Dimension Scale ကိုလိုအပ်သော Scale ကို လိုက်၍ ပြင်ရန်။ ဥပမာ 1:100 ဆိုလျှင် 100 ထားရပါမယ်။



o သတိထားဘို့ ကတော့ Primary Unit Scale Factor (1) ကို မပြောင်း မိစေဘို့ ပါပဲ။ ၁း၁ နဲ့ ဆွဲထားတဲ့ ပုံတွေမို့ ပါ။ မဟုတ်ရင် Dimensions တွေမှာ ကမောက် ကမ ဖြစ်ကုန်ပါ လိမ့်မယ်။



H. **Linetype Scale**

Engineering Drawings တွေမှာ Linetype က အရေးပါ ပါတယ်။ Hidden, Center အစရှိသဖြင့်ပေါ့လေ။ ပုံထုတ်တဲ့ အခါ Linetypes တွေကို မြင်သာဘို့ အတွက် Linetype Scale ကို နိုင်နင်းဘို့ အရေးကြီး ပါတယ်။
Global Scale ကိုပဲသုံး တာက ထိန်းရသိမ်းရ လွယ်ပါတယ်။ Entity တစ်ခုချင်း မှာ လိုက်ပြောင်းထားရင် Manage

လုပ်ရတာ ခက်ပါတယ်။
အဓိက " acad.lin" ကိုသုံးပါ။ LTscale ကို scale ရဲ့ ၁၀ ဆ လောက်ထားရပါတယ်။ အနည်းဆုံး ၅ ဆလောက်ထားရင် သဲသဲကွဲကွဲ ရှိပါလိမ့်မယ်။
PSLTscale က Viewport ထဲက scale ကို overwrite လုပ်ဘို့ပါ။
မှတ်ချက်။ ။ တကယ်တော့ "acadiso.lin" က "acad.lin" နဲ့ စကေးချင်း ယှဉ်ရင် ၂၅.၄ ဆရှိပါတယ်။ ဆိုလိုတာက သူကို (mm: millimeter) အတွက် သုံးဘို့ ဖြစ်ဟန် တူပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ "acad.lin" က အသုံးများတော့လည်း...

I. Layers

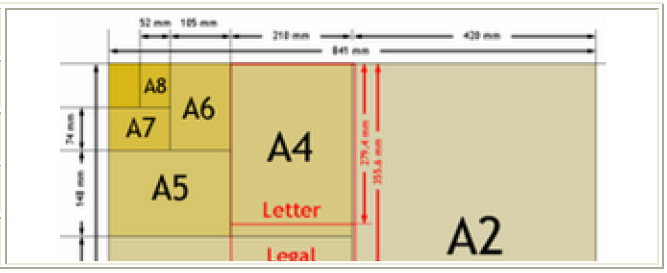
Construction Drawing AutoCAD (or) Any other Cad Programs တစ်ခုခု မှာ Manage လုပ်တဲ့အခါ Layer ခွဲရပါတယ်။ ဒါမှ ပုံဆွဲ၊ ပုံထုတ်တဲ့ အခါ ဖွင့်၊ ပိတ်၊ ဖေါ်၊ ဖျောက်၊ လုပ်လို့ ရမှာပါ။ တစ်ခုသတိထားဘို့ က သက်ဆိုင်ရာ Services ရဲ့ နာမည်ဖြစ်ဘို့လိုပါတယ်။ ကိုယ့်နာမည် သွားမပေးပါနဲ့။ တကယ်သုံး ဘို့လည်း လိုပါတယ်။ Layer ကို Service + Type တွေကို စဉ်းစားပြီး စနစ်တကျ သုံးထားရင် ပုံကို Print out ထုတ်ဘို့ Style Setup လုပ်တဲ့ အခါလည်း ပိုမိုလွယ်ကူတာတွေ့ရပါလိမ့်မယ်။
Archi ကို ခပ်မှန်မှန် ပါးပါးလေးပဲ ထားပြီး M&E services တွေ ကို ထင်းထင်းဖြစ် အောင် ဂရုစိုက် ရပါတယ်။ ဒါက Layer Control နဲ့ Plot Style ကို Manage လုပ်နိုင် မှ ရတာပါ။
Layer Control နဲ့ ပတ်သက် လို့ ကုမ္ပဏီ တိုင်းမှာ In-house Standard ကိုယ်ပိုင်စနစ် ရှိလေ့ ရှိပါတယ်။ ကမ္ဘာပေါ်မှာ Layer Standard အမျိုးမျိုး ကွဲနေသလို စင်္ကာပူမှာ လည်း Singapore Standard CP83 ရှိပေမဲ့ ကုမ္ပဏီတိုင်း က လိုက်နာ နေကြတာ တော့ မဟုတ်သေး ပါဘူး။ LTA (Land Transport Authority) လို အလုပ်ရှင်မျိုး လောက်ကပဲ Original Contract မှာ Specify လုပ်ထား လို့ လိုက်လုပ် ပေးတတ်ကြတာပါ။
Interview မှာ တော့ Layer ခွဲခိုင်းချင် မှ ခွဲခိုင်းပါလိမ့်မယ်။ ဒါပေမဲ့ စနစ်တကျ Layer ခွဲဆွဲ ပြ နိုင်ရင် အမှတ်ရကောင်း ရပါလိမ့်မယ်။
Layer On/Off ကိုသိပ်မသုံးပါ နဲ့။ Off လုပ်ထားတဲ့ အချိန် Modify Commands တွေသုံး ရင် ဆိုးကျိုး ပေးတတ်လို့ပါ။ Freeze/Thaw နဲ့ ဆွဲနေရင်း မြင်လည်းမြင်ချင် ရွေးလို့လည်း မရချင်ရင် Lock ကို သုံးပါ။
ဒါ့အပြင် Layouts ထဲက MSpace တွေထဲမှာ Layer Control ဘယ်လိုသုံး ရမှာလဲ နားလည်အောင် ကြိုးစားပါ။

J. Paper Sizes (စာရွက် အရွယ်အစားများ)

အဓိက ISO sizes ထဲက A series တွေကို သုံးပါတယ်။ A0, A1, A2, A3, A4, A5 စသည်ဖြင့်ပေါ့လေ။ နေ့စဉ် အများဆုံး သုံးနေကျ အရွယ်က A4 ဖြစ်ပါတယ်။
အကြီးဆုံး က A0 ပါ။ Golden Ratio 1:√ 2 ကိုသုံးထား ပြီး 1m² နဲ့ ညီမျှတဲ့ (841mm × 1189mm) အရွယ်ပါ။ A0 ကို အနားရှည် ဘက်ကနေ ထက်ခြမ်းခွဲရင် A1 ရပါတယ်။ အောက်ကပုံမှာ ကြည့်ပါ။ ဒါကတော့ Golden Ratio 1:√ 2 သုံးထားတာမို့ ဖြစ်နိုင်တာပါ။

ISO 216 size

A Series	(mm × mm)
A0	841 × 1189
A1	594 × 841
A2	420 × 594
A3	297 × 420



A Series	(mm × mm)	
A4	210 × 297	

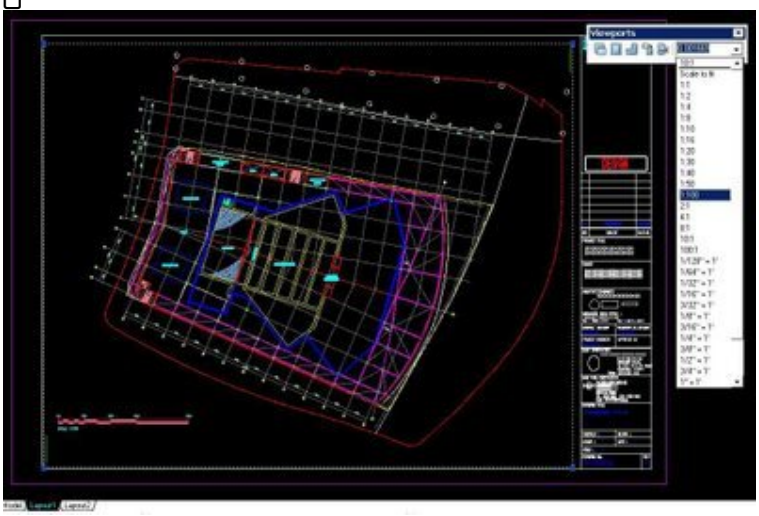
K.

Scale အနေနဲ့ ပြောရင်တော့ A0 ကို 0.5 နဲ့ လုပ်ရင် A2 ရပါတယ်။ Scale ကို တစ်ဝက်လျော့ရင် အလျား ရော အနံပါ တစ်ဝက်လျော့ သွားတာ မို့ Area က (0.5x0.5 0.25) လေးပုံတစ်ပုံ ဖြစ်သွားပြီး Size က နှစ်ခု ကွာသွားတာ ဖြစ်ပါတယ်။ အဓိက သုံးကြတာ က Printer/ Plotter အကြီး မှာထုတ်ရင် A1, A0 အသေးမှာ ထုတ်ရင်တော့ A3, A4 ပါ။ A4 ထက်သေးတဲ့ (A5 to A10) ကိုတော့ Construction မှာ သုံးလေ့မရှိပါဘူး။ နောက် B နဲ့ C sizes တွေကို သုံးတာလည်း မတွေ့ရပါဘူး။

Printer / Plotter ကထုတ် တဲ့အခါ အနားသားချန်ရပါတယ်။ ဒါက လည်း ဖိုင်တွဲတဲ့ အခါ အဆင်ပြေအောင်ပါ။ Printer / Plotter တွေက လည်း အနားသား အပြည့် (Boderless) ရအောင် ထုတ်ပေးနိုင်တာ သိပ်မရှိ ပါဘူး။ အပေါ်အောက် နဲ့ ညာဖက်မှာ 10mm လောက်နဲ့ ဘယ်ဖက်မှာ 20mm လောက်အနားစာ ချန်ထားရပါတယ်။ ဘယ်ဖက်က ဖိုင်တွဲရတဲ့ ဖက်မို့ နဲနဲ ပိုချန်ရတာပါ။ ဖိုင်တွဲရတဲ့ အနားအနေ နဲ့ A4 မှာတော့ ရှည်တဲ့ အနားကို ထားလေ့ရှိ ပြီး ကျန်တဲ့ (A3 to A0) တွေမှာ တိုတဲ့အနားကို ထားလေ့ရှိပါတယ်။
Scale တွက်တဲ့အခါ၊ ဒီအနားသားတွေကို နတ်ဘို့ မမေ့ပါနဲ့။

L. **Title Block, Layouts, Paper Space & Model Space**

Title Block ထဲက Title Panel ထဲမှာ Project Title, Subject of Drawing, Scale, Issue Date, Revisions တွေနဲ့ သက်ဆိုင်ရာ Clients, Consultants, Main Contractor Sub-Contractor တွေရဲ့ လိပ်စာ တွေပါဝင်ရပါတယ်။ အများအားဖြင့် Title Block ကို Layout Spaces မှာ 1:1 နဲ့ ထည့်လေ့ရှိပါတယ်။ ဒါမှ Print လုပ်တဲ့ အခါ လွယ်ကူမှာ ဖြစ်ပါတယ်။



- ပထမ Layout Space/ Layout Tab ကိုသွား၊ MView Command နဲ့ Model Veiw ကို လိုသလို ကွက်ယူ ပြီးရင် MSpace Command နဲ့ Model Veiw ထဲကို ဝင်ပြီး Scale ချိန်ရပါတယ်။
- Model Space မှာ 1:1 နဲ့ ဆွဲထားတာ ကို ကိုယ်လိုချင်တဲ့ ပြောင်းယူ တဲ့ သဘောပါ။ Mspace Window တစ်ခုမက ထားနိုင်တာ မို့ Print တစ်ခုထဲမှာ scale အမျိုးမျိုး နဲ့ ပါဝင်အောင် လုပ်နိုင်ပါတယ်။ ပုံမှာပြထား တာကတော့ Mspace Window ကို ဘယ်လို Scale ပြောင်းရမလဲ ဆိုတာပါ။ နောက်တစ်နည်း ကတော့ Zoom Command နဲ့ 1/[scale]XP နဲ့လည်းလုပ်လို့ ရပါတယ်။ ဥပမာ 1/100 XP ဆိုရင် 1:100 Scale ပေါ့။
- ပြီးရင် MView Command နဲ့ Vports ကို Lock လုပ်ပါ။ Properties ကနေလည်း Vports ကို Lock လုပ်လို့ ရပါတယ်။ ဒါမှ Viewport ထဲမှာ Pan / Zoom လုပ်တဲ့ အခါ Scale ကို မထိခိုက် မှာပါ။

သူ နဲ့ သက်ဆိုင် တဲ့ Command တွေကတော့

- PSLTscale & LTScale Command : Linetype တွေကို ပြတ်ပြတ်သားသား မြင်ရအောင် Control လုပ်နိုင်ဘို့ ဒီနှစ်ခု ရဲ့ ဆက်စပ်ချက် ကို သိရပါမယ်။ PSLTscale က 0 or 1 Toggle ပါ။ 1 ထားပြီး LTScale ကို 10 ရင် Scale အမျိုးမျိုး လုပ်ထားတဲ့ Viewports အားလုံးထဲက Linetypes တွေ အားလုံး တစ်ပြေးညီ Consistence ဖြစ်နေတာ တွေ့ရပါလိမ့်မယ်။ ဒီနေရာ မှာ PSLTscale ကို 1 ထားတဲ့ အချိန် LTScale ကို 10 x SCALE ၁၀ ဆ မလုပ်တာ သတိထားပါ။
- Model / Paper Toggle လုပ်တတ်ပါစေ။ အလွယ်ဆုံး ကတော့ ကိုယ်သွားချင်တဲ့ Model ViewPorts ပေါ်မှာ Mouse နဲ့ Double Click လုပ်တာပါ။ Tag နဲ့ သာမက MSpace, PSpace Commands တွေနဲ့လည်း လုပ်နိုင်ပါတယ်။
- နောက်တစ်ခုက Model View Layer Control ပါ။ Model View တစ်ခုချင်းမှာ ဖျောက်ထား ချင်ရင် သုံးလို့ရပါတယ်။

II. Basics for Construction Services

A. Services

Building Services Drawings တွေကို ကြည့်ရင် အုပ်စု လေးခု ရှိပါတယ်။

- Architectural Services
- Structural Services
- Mechanical Services
- Electrical Services

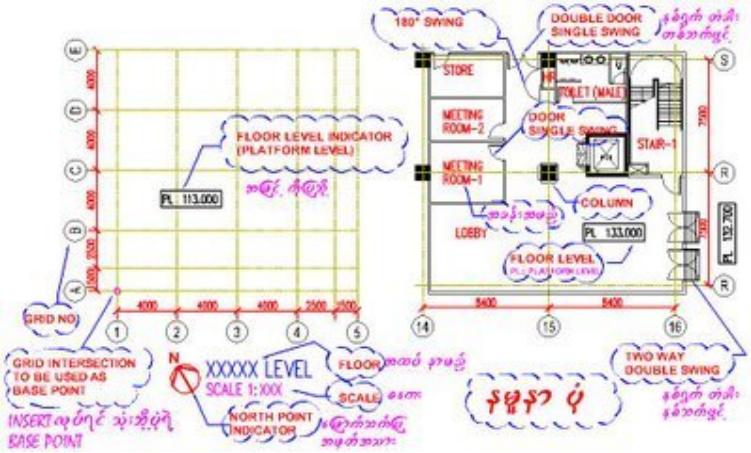
ဘယ်အုပ်စု မှာပဲဖြစ်ဖြစ် ပါဝင်တဲ့ အဓိက Drawings အမျိုးအစား တွေကတော့၊

- Plans
- Details
- Sections
- Schematics

နောက် Drawing Development Stage အဆင့်ဆင့်ကိုလိုက်ပြီး၊

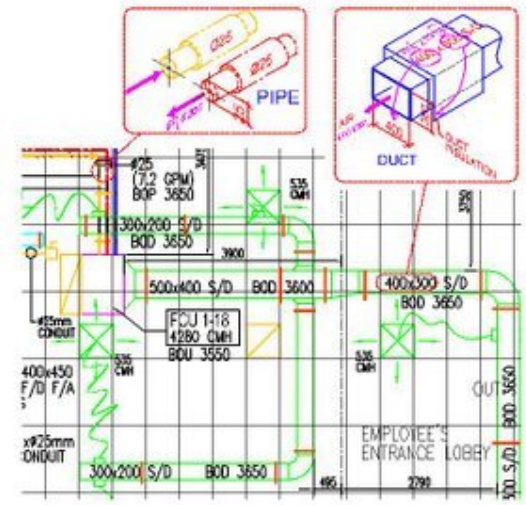
- Design Drawings (Preliminary, Concept, Schematics, Detail, For Construction)
- Shop Drawings / Coordination Drawings
- As-Built / As-Installed Drawings

M&E Systems တွေကို ဆွဲတဲ့အခါ အဓိက Background (နောက်ခံ) အနေနဲ့ Architectural တွေကို အဓိကအသုံးပြုရ ပြီး ရံဖန်ရံခါ Structural Drawing တွေကိုလည်းအသုံးပြုရ လေ့ရှိ ပါတယ်။ ဒီပုံတွေမရှိရင် တောင်းယူရပါတယ်။ Architectural Drawing အနေနဲ့ Layouts ပုံတွေ , Finishing Drawings တွေကို အဓိကသုံးရပါတယ်။ ဒါကြောင့်မို့ Xrefs တွေကို နိုင်နိုင်နင်းနင်း သုံးစွဲတတ်ဘို့ အရေးပါ လာတာပါ။ Insertion Point နဲ့ Layer Control ကို Xrefs မှာ ဘယ်လိုသုံးရမလဲ သိထားရပါမယ်။
Floor level, ceiling location and types, type of walls, အစရှိသဖြင့် ပတ်သက်ရာ ပတ်သက်ကြောင်း တွေကို သိထားသင့်ပါတယ်။



Plan ပုံတွေမှာ Grid Lines လို့ခေါ်တဲ့ Reference Line တွေပါ ရပါတယ်။ ဒါတွေကို Architectural Drawings တွေမှာ စတင်သတ်မှတ် ထားတာ ဖြစ်ပြီး ကျန်တဲ့ တွေကပါ လိုက်နာရပါတယ်။ နေရာတွေကို ရည်ညွှန်းဘို့ အတွက်၊ အပေါ်ထပ် အောက်ထပ် နှိုင်းယှဉ်ကြည့်ဘို့ အတွက်၊ အတိုင်းအတာ ခန့်မှန်းဘို့ အတွက် အစရှိသဖြင့် အမျိုးမျိုး အသုံးပြုနိုင်ပါတယ်။

အရှေ့အနောက် တောင် မြောက် သိဘို့အတွက် North လမ်းညွှန်အမှတ်အသား လည်းပါလေ့ ရှိပါတယ်။ Floor Levels တွေကို ရှာပါ။ Standard Datum (Reference Mean Sea Level) က 100.000 m ပါ။ Standard Datum ကို reference မလုပ်တဲ့ Levels တွေကိုတော့ RL (Reduced Level) လို့လည်း ခေါ်ကြပါတယ်။ အဆောက်အအုံ ရဲ့ အမြင့် သတ်မှတ်ချက် ကိုတော့ AMSL (Above Mean Sea Level) နဲ့ ပြလေ့ရှိ ပါတယ်။ ပုံတွေမှာ Scale ကိုလည်းပြထားလေ့ရှိပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ ပြန်တိုင်း တတ်တဲ့ အကျင့် လုပ်ထားပါ။ Verify လုပ်ရတာပါ။ Mechanical Systems Plan တွေမှာ အဓိကကတော့ Pipes တွေ နဲ့ Ducts တွေပဲ ရှိတာပါ။ Equipments တွေ Fixtures ကလွဲရင်ပေါ့လေ။ Section (ဘေးတိုက်) ဖြတ်ကြည့်ရင် စက်ပိုင်း နဲ့ စတုဂံ တွေပဲ များပါတယ်။



Layout Drawings တွေမှာ Pipes တွေကို Single Lines တွေနဲ့ ဆွဲလေ့ရှိပြီး Ducts တွေကိုတော့ Double Lines တွေနဲ့ပြလေ့ ရှိပါတယ်။ Design Concept Drawings တွေနဲ့ Schematics ကလွဲလို့ပေါ့လေ။ သိသင့်တာတစ်ခု ကတော့ (Insulated / Un-insulated), Insulation ပါရင် သူ့ရဲ့အထူကို ထည့်စဉ်းစား ရမှာပါ။ နောက် Elevation (Height above Floor Level) ကြမ်းခင်းအထက် ဘယ်လောက်မြင့်လဲ အစရှိတဲ့ BOP (Bottom of Pipe), BOD (Bottom of Duct), BOT (Bottom of Trunking / Cable Tray) တွေကိုလည်းသိသင့်ပါတယ်။ တစ်ခါတစ်ရံ မှာတော့ TOD, Top of Duct, COP (Center of Pipe) တွေပေးတတ် ပေမဲ့ ရှားပါတယ်။

Mechanical Systems Draftings တွေ အတွက် သိထားသင့်တာ ကတော့

- Symbols
- Ducting
- Pipings
- Fittings
- Equipments
- Controls

တို့ ဖြစ် ကြပါတယ်။
ဘယ်ပုံကို ပဲဆွဲရ ဆွဲရ သိသင့် တာကတော့ **Symbols** တွေ အကြောင်း ပဲ ဖြစ်ပါတယ်။ HVAC Industry မှာ နာမည် ကျော်ကြားတဲ့ SMACNA Website မှာ

- SMACNA CAD Symbols - DWG Format
- SMACNA CAD Standard (PDF file)

တွေကို Free Download လုပ်ပြီး လေ့လာနိုင်ပါတယ်။ Symbols တွေသာ မက Layer Standard ကိုပါ လေ့လာ နိုင်ပါတယ် (Layer Standard ကို အလွတ်ကျက်ရန် မဟုတ်ပါ၊ သဘောသိရန်သာ ဖြစ်ကြောင်းသတိပြုပါ။)

Electrical မှာဆိုရင်လည်း Trunking, Tray, Conduit, Cable Ladders တွေပဲ အဓိက ပါတာပါ။ Equipments တွေ Fixtures ကလွဲရင်ပေါ့လေ။
Electrical Systems Draftings တွေ အတွက် သိထားသင့်တာ ကတော့

- Symbols
- Single Lines (for all electrical services)
- Power & Lighting Layouts
- Fittings
- Equipments
- Distributions

တို့ ဖြစ် ကြပါတယ်။
M&E Systems တွေအကြောင်းကို M&E Systems ဆိုတာ ဘာတွေလဲ။ (What are Building M&E Systems?) ဆိုတဲ့ Post မှာ လေ့လာ နိုင်ပါတယ်။

B. **Design Drawings**

အင်ဂျင်နီယာ ဒီဇိုင်းလုပ်ထားတဲ့ ပုံတွေပါ။ အဓိကလို ချင်တဲ့ အချက်တွေကို ဖော်ပြ ထားတာ ဖြစ်ပါတယ်။ Design Development Stage အဆင့်ဆင့်ကိုလိုက်ပြီး

- Programming Phase
- Schematic Design Phase
- Preliminary Design
- Final Design Phase: Construction Documents

C. **Construction Drawings (Shop Drawings)**

တကယ် တတ်ဆင်တဲ့နေရာ မှာ သုံးဘို့ပါ။ Coordination လို့ခေါ်တဲ့ "အခြား Services တွေနဲ့ ညှိနှိုင်း နေရာချထားခြင်း" ကိုလုပ်ပြီးမှ သတ်မှတ်ထားတဲ့ နေရာ မှာ တတ်ဆင် ရတာမို့ တည်နေရာ ကိုပြဘို့ လိုအပ်တဲ့ Dimensions တွေ လိုအပ်တဲ့ အသေးစိတ် တွေ ပါရှိ ရပါတယ်။ Site ထဲမှာ အသုံးမပြုခင် တာဝန်ရှိ Engineer/

Consultant ရဲ့ Approval ကိုရယူရလေ့ရှိပါတယ်။ Drawings တွေ ပေါ်မှာ အဲသည့် Approved လက်မှတ်ထိုးထားမှသာ သုံးခွင့်ရှိပါတယ်။

D. As-Built Drawings

တကယ်တပ်ဆင်ထားတဲ့ အတိုင်း ရေးဆွဲ ရတာပါ။ Construction Drawing တွေကို On-Site Coordination နဲ့ လိုအပ်လို့ ပြင်ဆင်ခဲ့တဲ့ Information ဖြည့်ပြီး ပေးရပါတယ်။ ဒါက အဆောက်အဒုံ အတွက် Operating & Maintenance (လည်ပတ်ဘို့ နဲ့ ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းဘို့) အတွက် လိုအပ်တဲ့ အခါ မှီငြမ်းနိုင်အောင်ပါ။

III. Interview အကြောင်း တစ်စေ့တစ်စောင်း ။

အလုပ်ရဘို့က ကံလည်း ပါပါတယ်။ အပေါ်ယံ လောက်ပဲ အမေးခံ ရပြီး အလုပ်ခန့်တတ် တဲ့သူရှိသလို၊ ခရေစေ့ တွင်းကျ အမေးခံရတာ လည်း ရှိနိုင်ပါတယ်။ လက်တွေ့ ပုံဆွဲ ခိုင်းတတ်တဲ့ သူ ရှိသလို ဆွဲတတ်လား ပဲမေးတတ် တဲ့သူလည်း ရှိပါတယ်။ များသောအားဖြင့် ကုမ္ပဏီကြီးတွေ ကခန့်တဲ့ အလုပ်ကောင်းကောင်း တွေမှာ ခရေစေ့ တွင်းကျ မေးလေ့ရှိ ပြီး လက်တွေ့ သေသေချာချာ အဆွဲ ခိုင်းတတ်တာ ကြောင့် သေချာပြင်ဆင် ထားစေ ချင်ပါတယ်။ ဘယ်လိုပဲ ဖြစ်ဖြစ် အလုပ်ရတဲ့ အခါ တကယ်လုပ်ရ မှာက ကိုယ်ပဲ မို့ မိမိ ရော အလုပ်ရှင် ပါ ဒုက္ခ မရောက်ရ လေအောင် သေချာပြင်ဆင် ထားဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။

A. Interview (လူတွေ့) သွားစဉ် ကျင့်ဝတ်။

1. ဒါလေးတွေပါ ပါစေ။
   i. CV / Resume and Supporting Documents ကိုယ်ရေး ရာဇဝင် နဲ့ စာရွက်စာတမ်း များ [ဘွဲ့လက်မှတ်၊ သင်တန်းဆင်း လက်မှတ်များ၊ အရင် အလုပ်မှ ထောက်ခံစာ (ရှိလျှင်)]။ မှတ်ချက်။ ။ဘွဲ့လက်မှတ် က မြန်မာလိုသာ ပါတယ် ဆိုအုံးတော့ မူရင်း (အစစ်) ဖြစ်ပါတယ်။ Notary မှာ ဘာသာပြန်သာဖြစ်ပြီး မူရင်းမရှိ လျှင် အနှစ်မရှိ သော စာရွက်သက်သက် ဖြစ်တာ မို့ သူများ ဖတ်တတ်တာ မဖတ်တတ်တာ ထား၊ Notary သာမက ဘွဲ့လက်မှတ် မူရင်း ၏ မိတ္တူများ ပါ ပါစေ။
   ii. ဘောပင် တစ်ချောင်း၊ ပေတံ တစ်ချောင်း
   iii. Calculator
   iv. Mechanical Pencils
   v. မှတ်စုစာအုပ်ငယ်၊
2. အင်တာဗျူး ချိန်းတဲ့နေ့ အချိန်မီရောက်ဘို့ ကြိုတင်ပြင်ထားပါ။ အချိန် ကိုပိုပြီးယူထားပါ၊ သွားရမဲ့ လမ်းကိုလည်း စောစော ထဲက ရှာထားနိုင်ရင် ကောင်းပါတယ်။ အင်တာဗျူး ချိန်းတိုင်း နေ့ (ရက်စွဲ + ဘာနေ့လဲ)၊ အချိန်၊ နေရာ နဲ့ ဘယ်လို လာရမလဲ ပါမေးထားပါ၊ အနီးဆုံး MRT ကဘာလဲ ပေါ့။
3. ရုံးတိုင်း လိုလို က သူတို့ မူပိုင် ကိုယ်ရေး ရာဇဝင် ပုံစံ Form ကို ဖြည့်ခိုင်းလေ့ ရှိပါတယ်။ ဒါကြောင့် CV / Resume ကိုယ်ရေး ရာဇဝင် ယူသွားဘို့ သတိပေး ရတာပါ။ သေသေချာချာ စစ်ဆေးပြီးဖြည့်ပါ။
4. နောက် Hearing Aid လိုတဲ့သူ မဟုတ်ရင် နားထဲမှာ ဘာမှ ထည့်မထားပါနဲ့။ ရုံးမရောက်ခင် ထဲက Hands-free ဖြစ်ဖြစ်၊ MP3/4 Head Sets ဘာ နားကြပ်ပဲဖြစ်ဖြစ် ကြိုသိမ်းထားပါ၊ ပြီး အာရုံ သေသေချာချာ စူးစိုက်ထားပါ။
5. အသက်မှန်မှန် ရှူပြီး တည်တည်ငြိမ်ငြိမ် စောင့်ပါ။ စိတ်ထဲကနေ ဘုရားစာ ရွတ်နေရင် လည်း စိတ်ကို အေးချမ်းစေတာမို့ ကောင်းပါတယ်။ တွေဝေငေးငိုင် တွေးတော မနေမိဘို့ သတိထားပါ။ သန်းဝေ၊ ငိုက်မြည်း မလုပ်ပါနဲ့။ ပျင်းတိပျင်းတွဲ ခွေခေါက် မနေမိပါစေနဲ့။ First Impressions က အမြဲတမ်း အရေးကြီးပါတယ်။
6. အင်တာဗျူး မစမီထဲက ဖုန်းကို ပိတ်ထားတာ အကောင်းဆုံး ပါပဲ။ အမြင်မတော်လို့ပါ။
7. ကိုယ့်အကြောင်း ကို ရိုးရိုးရှင်းရှင်း မိတ်ဆက်ပါ။ အင်တာဗျူး မဲ့သူတွေ နဲ့ Eye Contact ရှိပါစေ။ အသံကို မတိုးလွန်း၊ မကျယ်လွန်း ချင့်ချိန်ပါ။
8. အဓိက အင်တာဗျူး သူ ရဲ့ နာမည် ကို အတတ်နိုင်ဆုံး မှတ်မိအောင် ကြိုးစားပါ၊
9. နားမလည် ရင်သေချာ ပြန်မေးပါ။ စိတ်ဝင်စားမှု ကိုပြပါ။
10. ယဉ်ကျေးပါ၊ တည်ငြိမ်ပါ။ ဒူးနှံ့ နေတာတို့ စည်းချက်လိုက်နေတာ တို့ လုပ်မနေမိဘို့ သတိပြုပါ။

11. အင်တာဗျူး အဆုံး မသတ်ခင် ဗျူးတဲ့သူက ဘာသိချင်သေးလဲ မေးတတ်ပါတယ်။ ဒီ အခွင့်အရေး ကို အသုံးချပါ။ ကိုယ်သိချင်တာတွေ နဲ့အတူ အရေးကြီးတဲ့ မေးခွန်း When can I expect to hear from you with a decision? (ဆုံးဖြတ်ချက် ဘယ်တော့သိရမှာလဲ) မေးပါ။ အင်တာဗျူး ပြီးရင် ဟန်လုပ်တာ မဟုတ်တဲ့ ကျေးဇူးတင် စကား Thank you! ပြောဘို့ မမေ့ပါနဲ့။

B. **ပုံစံ မဆွဲမီ။**

0. မေးသော မေးခွန်း ကို သေချာ အောင် ဂရုစိုက်နားထောင် ပါ။ မရှင်းတာ သေချာမေးပါ။
1. ပုံကို လေ့လာပါ။ ပြင်ဆင်ပါ။ မရှင်းတာ သေချာမေးပါ။
2. ဘာလုပ် ရမှာလဲ မှတ်စု မှာ သေသေချာချာ မှတ်ပါ။ ခေါင်း နဲ့ပဲ မှတ်ဘို့ မစဉ်းစား ပါနဲ့။

C. **လက်တွေ့ ပုံဆွဲရန်။**

0. Phone ကို Silent Mode မှာထားပါ။ ဖုန်းအဝင်ကို ဖြေဘို့ လုံးဝ မစဉ်းစားပါနဲ့။ လိုအပ်ရင် ဖုန်းဆက်မေးလို့ ရအောင်သာပါ။ ဖြစ်နိုင်ရင် ပိတ်ထားတာ အကောင်းဆုံးပါပဲ။
1. Units ပြင်ပါ။ Decimal ကိုထားပါ။
2. ဘောင်လိုက်ရှာပါ။ Grids, Wall, Floor, Column / Beam တွေထဲက သင့်တော်ရာ နဲ့ ဘောင်သတ်မှတ် နိုင်ပါတယ်။ Grids တွေနဲ့ References တွေကို ဆွဲပါ။ (မရှိသေးရင် ပေါ့လေ၊)
3. ပြီးရင် Scale Rule ကိုသုံး Calcualtor နဲ့ Paper Sizes တွေ ကနေ Scale ကိုချင့်ပြီး Text Sizes ကိုပြင်ပါ။ Scale ကိုမှတ်ထားပါ။
4. Layer ခွဲပါ။ Services အလိုက်ပေါ့။
5. ပုံတွေကို Layer အလိုက်ဆွဲပါ။
6. Dimension တပ်ပေးရမယ်ဆိုရင် အဆင့် ၂ မှာ သိထားတဲ့ Scale အတိုင်း Dimension Style တွေကို ပြင်ပါ။
7. ပုံထုတ်ပေးဘို့ ပြင်ဆင်ရရင် လုပ်တတ်ပါစေ။
   Plot Dialogue ကိုဖွင့်ပြီး Printer Drop Down Menu ကို Mouse နဲ့ ထောက်၊ ပြီးမှ ဘယ် Printer ကိုထုတ်ရမလဲ မေးပါ။

D. **အင်တာဗျူး ပြီး နောက်။**

0. သတ်မှတ်ထားတဲ့ အကြောင်းပြန်မယ် ဆိုတဲ့ ရက် ကျော်သွားရင် အင်တာဗျူးတဲ့ သူဆီ ဖုန်းဆက်ကြည့်ပါ။ တစ်ချို့ ပုဂ္ဂိုလ်တွေ က အလုပ်များလွန်းတာ မို့ ကိုယ့်ကို ခေါ်ဘို့သတိ ရချင်မှ ရပါမယ်။ ခေါ်တဲ့ အခါ မိမိဘယ်သူ၊ ဘယ်တုန်းက အင်တာဗျူးထားခဲ့ ပါတယ်။ အခြေအနေ သိချင်လို့ခေါ်ကြည့်တာပါ ပေါ့လေ။
1. S-Pass / Work-Pass တင်တဲ့ အခြေအနေ၊ ကို စောင့်ကြည့်ပါ။ Pass မရခင် အလုပ်ဆင်း ဘို့မကြိုးစား ပါနဲ့။ ဒီအချိန် မှာ နောက်အလုပ် (သို့) အင်တာဗျူး ကိုအရံ သွားနိုင်ပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ Pass ရပြီး မှ Cancel လုပ်ပြီး ချက်ချင်း ခုန်ဘို့ တော့ အားမပေး ပါဘူး။

E. **အလုပ်ရ ပြီး နောက်။**

0. ရုံးချိန်စတဲ့ အချိန် ကိုယ့်စားပွဲ မှာ အလုပ်အတွက် အဆင်သင့် ဖြစ်နေပါစေ။ ရုံးချိန် အမှီ နေ့တိုင်း သွားပါ။ ဘယ်သူနောက်ကျ နောက်ကျ ကိုယ်နောက်မကျ ပါစေနဲ့၊ အကျင့်ဆိုး ဝင်သွားရင် ပြင်ရခက်ပါတယ်။။ အနည်းဆုံး ၁၀-၁၅ မိနစ်လောက် ကြိုရောက် နိုင်ရင် လိုအပ်တဲ့ ကော်ဖီခွက်ဆေးတာ တို့၊ ကော်ဖီဖျော်တာ တို့၊ ကိုယ့်ခုံကိုယ် သန့်ရှင်းရေး လုပ်တာတို့ လုပ်နိုင်ပါလိမ့်မယ်။ ရုံးချိန်စမှ Breakfast စားတတ်တဲ့ အကျင့်ဆိုး ကိုလည်း မမွေးစေ ချင်ပါဘူး။
   မနက်ပိုင်း အစာဟောင်း ရှင်းတဲ့ ကိစ္စ လည်းအတူတူပါပဲ။ အန္တရာယ် လွယ်ထားလို့ မရပေမဲ့ အိပ်ယာ စောမထချင်လို့ တမင်တကာ ရုံးအထိအောင် နေ့တိုင်း သယ်လာတတ်တဲ့ အကျင့်ကိုလည်း မမွေးစေချင်ပါဘူး။
1. မှောက်ထားတဲ့ အိုးလို မကျင့်ပါနဲ့။ သင်တတ်၊ မြင်တတ်ဘို့ ကြိုးစားပါ။ ရေသာခိုမဲ့ အစား အလုပ်ပြီးတာ ကို ဂုဏ်ယူတတ် တာက ကိုယ့်ရှေ့ရေး အတွက် ပိုကောင်းပါတယ်။
2. ရုံးချိန်မှာ Chit-Chat လုပ်မနေ ဘို့သတိပြုပါ။ အလုပ်လုပ်နေ တဲ့သူတွေကို လည်း အပျော်ဖုန်း လိုက် ခေါ်ခြင်း ဖြင့် မနှောင့်ယှက် နေမိပါစေနဲ့။ အင်တာနက်၊ ဂျီတော့ သုံးခွင့် ရရင်တောင် Chat တဲ့ အကျင့် မလုပ်ဘို့ သတိပြုပါ။ (အရေးကြီးလွန်းမှ လိုရင်း၊ တိုရှင်း) အချိန်ကို အသုံးချတတ် ဘို့လိုပါတယ်။

3. Be Efficient & Effective: အလုပ်မှာ အာရုံစိုက်ပါ။ အကျိုးရှိရှိ၊ အလုပ်ပြီးဘို့ အလေးထားပါ။ အလကား ယောင်နေပြီး ကိုယ့်ဘဝ ရှေ့ရေး ကိုယ်ဖျက်ဆီးသလို မဖြစ်ဘို့သတိရှိပါစေ။ ကိုယ်ယောင်ချင်တာ၊ သဝေထိုးချင်တာ နဲ့ အလုပ်ကို ပြီးစလွယ် လုပ်၊ ဆင်ခြေများ တတ်တဲ့ အကျင့်ဆိုး ကိုလည်း မမွေးစေချင်ပါဘူး။
4. Cad Operator အနေနဲ့ ပဲ လုပ်ရလုပ်ရ ပညာရှင် စိတ်မွေးပါ။ ဖြစ်သလို၊ ပြီးပြီးရော မလုပ်ပါနဲ့။ ကိုယ့် အလုပ်အတွက် ဂုဏ်ယူ နိုင်တဲ့သူ ဖြစ်ပါစေ။
5. အလုပ်ကို နားလည်သည် အထိ မစောင့်ပဲ ခန ခန ခုန်ဘို့ပဲ စိတ်မကူးပါ နဲ့။
6. သူ့ဘက် ကိုယ့်ဘက် ကြည့်တတ်ပါစေ။ ကိုယ့်အခွင့်အရေး ကိုယ်ရဘို့ အရေးကြီး သလို အခွင့်အရေး အယူလွန်ရင် လည်း မတရားတာ သတိပြုပါ။

IV. ဆက်လက် လေ့လာဘို့

- Singapore မှာ တက်လမ်းရှာဘို့၊ ဆက်လက်ရပ်တည် နိုင်ဘို့ အတွက် အဆက်မပြတ် လေ့လာသင်ယူမှုတွေ လုပ်ရ ပါလိမ့်အုံးမယ်။ လုပ်ထုံးလုပ်နည်း တွေဖြစ်တဲ့ Code of Practices တွေကို သိနေဘို့ ရာ လိုအပ်ပါတယ်။ ကိုယ်လုပ်ရတဲ့ Service ပေါ်မူတည်ပြီး ဘယ် Code ကို ဘယ်လို သုံးရမယ် ဆိုတာ ကို လေ့လာနေ ရပါမယ်။
- Code တွေက ဒီဇိုင်း လုပ်တဲ့ အခါ မပါမဖြစ် ပါရမဲ့ အချက် တွေ၊ လိုက်နာ ရမဲ့ စည်းကမ်းတွေ ကို ပြဋ္ဌာန်း ထားတာ ဖြစ်ပါတယ်။ Code တွေက အချိန် နဲ့ အမျှ အပြောင်းအလဲ ရှိနိုင်တာမို့ နောက်ဆုံး ထွက်တဲ့ Code ကို မှီငြမ်းနိုင်ရင် အကောင်းဆုံးပါပဲ။
- အများပြည်သူ ကျန်းမာရေး နဲ့ လုံခြုံရေး အတွက် အရေးကြီးတဲ့ Sanitary / Sewerage Systems နဲ့ Fire Code တွေကို တော့ Free Download ရနိုင်ပါတယ်။ အတော်များများ က ကိုယ်ပိုင်ဝယ်နိုင်ဘို့ ဈေးကြီးပါတယ်။
- ကုမ္ပဏီ တွေမှာ သူတို့ လုပ်နိုင်တဲ့ Services တွေနဲ့ ဆိုင်တဲ့ Code of Practices တွေ ရှိမှာမို့ ရှာဖွေ မှီငြမ်းနိုင်ပါတယ်။
  - PUB (Singapore Public Utilities Board - http://www.pub.gov.sg) : Publications Website ဒီမှာ Sanitary, Sewerage, Storm Water Drainage Code တွေကို Free Download ရနိုင်ပြီး Water Service ကတော့ ဝယ်ယူမှပဲ ရနိုင်ပါမယ်။
  a. Singapore Defence Force (http://www.scdf.gov.sg/) - Publications Website မီးသတ်ဌာန ရဲ့ လိုအပ်ချက် တွေကို ပြဋ္ဌာန်း ပေးထား တာပါ။ မီးသတ်စနစ် တွေကို ဒီဇိုင်း လုပ်တဲ့ အခါ ပါဝင်ရမဲ့ လိုအပ်ချက်တွေပါ။
  b. Singapore Standards eShop Website (http://www.singaporestandardseshop.sg): Code of Practices တွေ ဈေးကြီပေး ဝယ်နိုင်ရင် (သို့) ကုမ္ပဏီ ကို ဝယ်ခိုင်းလိုရင် ရနိုင်တဲ့ နေရာပါ။
- စာရေးသူ ရဲ့ အခြား Post တွေကို လည်း ဝင်ရောက် လေ့လာ နိုင်ပါတယ်။
  - MEP Design
  - MEP Systems
  - Introduction to Sanitary Plumbing Systems (Singapore)

V. Communication Skill

- ခုတစ်လော စိတ်မချမ်းသာ စရာကြား နေရတာ က တော့ မြန်မာ တွေ ကို Communication Problem ရှိတယ် ဆိုတဲ့ အပြောတွေ ပါ။ နိုင်ငံရဲ့ အခြေအနေ အရ မူလ Exposure နည်းလေ့ရှိ တာ မို့ ဝမ်းနည်းစရာ အပြစ် တစ်ခု တော့ မဟုတ် ပါဘူး။ ဒါပေမဲ့ လိုအပ်တဲ့ လေ့ကျင့် မှု မရှိပဲ ဆက်နေတာ ကတော့ မဖြစ်သင့် ပါဘူး။ အဓိက အရေးကြီး တာက Communication ပါ။ အလုပ်ထဲမှာ အချင်းချင်း လုံးဝေ့ပတ်စေ့ နားလည်ဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။ ကိုယ်ပြောချင်တာ ကို လည်း အခြားသူ သေသေချာချာ နားလည်အောင် ထိထိရောက်ရောက် ပြောနိုင်ဘို့ လည်း လိုအပ်ပါတယ်။ English, American, Australian တွေလောက် ကောင်းအောင် ပြောစရာ မလိုပေမဲ့ ဖြစ်နိုင်ရင် တော့ Standard English ကိုသုံးစေချင် ပါတယ်။ Local တွေနဲ့ စကားပြောတဲ့ အခါ Local အသုံး ပါတာ ကလွဲ ရင်ပေါ့လေ။ ပြောလို့ ရနေတာ ပဲ ဆိုပြီး တော့ ရပ်မနေပါနဲ့။
- အရေးအသား က လည်း သိပ်ညံ့မနေဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။ လေ့ကျင့်ရင် ဖြစ်ပါတယ်။ ရေလိုက် ငါးလိုက်ပဲ ပြီးပြီးရော မနေကြပါနဲ့။ Communication Skills က လည်း အလုပ်မှာ အဆင်ပြေဘို့ နဲ့ တက်လမ်း ရဘို့ အတွက် လိုအပ်ချက် တစ်ခုပါ။ မြန်မာဆို အလုပ်ကြိုးစားပြီး တော်လို့ ကြိုက်ကြတယ် ဆိုတဲ့ အပြော ပြောင်းပြန် ဖြစ်လာတာ တာကို

ကာကွယ်ချင်ရင် နောက်လူတွေ အတွက် လမ်းကြောင်း ကို အမှိုက်ပုံ ပေးသလို မဖြစ်စေ ချင်ရင် အတတ် နိုင်ဆုံး လေ့လာကြပါ။

- Radio ပါတဲ့ Mp3 Player ဖြစ်ဖြစ် Mobile Phone ပဲဖြစ်ဖြစ် တစ်ခုလောက် ရှိ ရင် Communication Skill Improve ဖြစ်ဘို့ BBC ဖြစ်ဖြစ် Singapore Channels တွေဖြစ်ဖြစ် နားထောင် နိုင်ပါတယ်။ BBC World Service (UK) ကလည်း ၂၄ နာရီလွှင့် နေတာပါ။

- National Library ရဲ့ Branch တွေကလည်း နေရာ အနှံ့ မှာရှိပါတယ်။ လူစည်ကား တဲ့ နေရာတွေ မှာ လည်း ရှိလေ့ရှိပါတယ်။ member ဝင်ထားရင် အခြားစာအုပ် တွေ၊ Language Literature စာအုပ် တွေ ကို သာမက Language CD တွေ ကိုပါ ငှားရမ်း နိုင်ပါတယ်။ Premium Membership ဆိုရင် Multi-Media DVD/CD တွေတောင် ငှားလို့ ရပါသေးတယ်။ Language Literature / CD တွေကို ငှားပြီး mp3 rip လုပ်ထားရင် MRT / Bus စီးရင်း လည်း နားထောင် လို့ ရတာပေါ့။

VI. ကျောင်းဆက်တက် ဘို့

- ဖြစ်နိုင်ရင် အချိန်ပိုင်း ကျောင်းဆက်တက် နိုင်ပါတယ်။ တက်သင့်တယ် လို့လည်း ထင်ပါတယ်။
- အလုပ် နဲ့ ကျောင်းကို တစ်ပြိုင်တည်း Manage လုပ်ဘို့က လွယ်လှတာ တော့ မဟုတ်ပါဘူး။ အထူးသဖြင့် စက်ှပူ က အလုပ်တွေ အားလုံး လိုလို က Very Demanding ပါ။ အချိန်မီ မပြီးရင် မပြီးမချင်း လုပ်ရတာ များပါတယ်။ သိပ်ပြီး အလုပ်ချိန် များတဲ့ နိုင်ငံ ပါ။
- အချိန်ပိုင်း ကျောင်းတက် မယ် ဆိုရင် တော့ ဒဏ်ခံ နိုင်ဘို့ လိုပါတယ်။ အလုပ်ရှင် နဲ့ လည်းပြေလည် ဘို့လိုပါတယ်။ ဥပမာ ကျောင်းမရှိ တဲ့ နေ့ အလုပ် ပိုလုပ်ပေးတာ မျိုး၊ အလုပ် ကို လည်း ဦးစားပေး မလျော့ တာ ပြသ ဘို့ လိုပါတယ်။
- ဒီလို အခက်အခဲ တွေကြား ကကျောင်းပြီး သွားတဲ့ သူတွေ အများကြီးပါ။ ကိုယ့်တက်လမ်း ကိုယ်ရှာ ကြတာပဲလေ။ ကျောင်းဆက် တက်ဘို့ ဆုံးဖြတ် ခဲ့ရင် ပထမ ကျောင်းကို သေချာ ရွေး၊ ကိုယ်ဝင်ခွင့် ရနိုင်၊ မရနိုင် ချင့်ချိန်၊ ကျောင်းလခ၊ စရိတ် အချိန် နဲ့ အကျိုးရလာဒ် ကိုတွက်။ ဆုံးဖြတ် ပြီးရင်တော့ နောက် မဆုတ်နဲ့ ပေါ့။
- စက်ှပူ မှာက သင်တန်းတွေ အမျိုးမျိုး ရနိုင်ပါတယ်။ ဆောက်လုပ်ရေး မှာဆိုရင် လည်း အလုပ်သမား တွေ ကျွမ်းကျင်လုပ်သား ဖြစ်စေဘို့ သင်တန်းတွေ ရှိသလို၊ အင်ဂျင်နီယာ တွေ အတွက်လည်း Training Courses အမျိုးမျိုးရှိပါတယ်။
- ပထမ ဦးစားပေး တက္ကသိုလ်များ။
  - NUS (National University of Singapore): http://www.nus.edu.sg/
  - i. NTU (Nanyang Technological University): http://www.ntu.edu.sg/

  ဒီ တက္ကသိုလ် တွေမှာ Post-Graduation (Masters/Phd) Programs, Diploma Programs, Part-Time Degree (Bachelor) Programs တွေရှိပြီး လိုအပ်ချက် တွေကို သူတို့ရဲ့ WebSites တွေမှာ သွားရောက် လေ့လာ နိုင်ပါတယ်။

- Construction Industry အတွက် သင်တန်း တွေပေး နေတာ ကတော့ BCA (The Building and Construction Authority) ရဲ့ BCA Academy ပါ။ အဲဒီမှာ နာရီပိုင်း သင်တန်း၊ ရက်တို သင်တန်းတွေ အပြင် Specialist Diploma in M & E Co-ordination လို Diploma သင်တန်းတွေ လည်းရှိပါတယ်။
- တခြားနိုင်ငံ တွေ (U.S, U.K, Australia) က လာဖွင့်တဲ့ သင်တန်းတွေ လည်းရှိပါတယ်။ နိုင်ငံတကာ အသိမှတ် ပြု၊ မပြု။ အထူးသဖြင့် သက်ဆိုင်ရာ နိုင်ငံ မှာ ဘယ်အဆင့် အတန်းရှိတယ် ဆိုတာ သေချာ စုံစမ်း ပြီးမှ တက်ဘို့ကြိုးစားပါ။ အစိုးရ ကျောင်းတွေလောက် ဝင်ခွင့်မခက် ပေမဲ့ ကျောင်းလခ တော့ မြင့် နိုင်ပါတယ်။ ဥပမာ U.S က Kaplan University http://www.kaplan.com.sg/ လိုမျိုးပါ။ Accreditation ကိုတော့ မိမိဖာသာ သေချာစစ်ဆေး ရမှာ ဖြစ်ပါတယ်။
- Polytechnics (စက်မှုသိပ္ပံ ကျောင်းများ)
  - Singapore Polytechnic (SP) (http://www.sp.edu.sg/)
  - i. Ngee Ann Polytechnic (NP) (http://www.np.edu.sg/)
  - ii. Temasek Polytechnic (TP) (http://www.tp.edu.sg/)
  - iii. Nanyang Polytechnic (NYP) (http://www.nyp.edu.sg/)

iv. Republic Polytechnic (RP) (http://www.rp.edu.sg/)

- ပိုသိချင်ရင် Ministry of Education (ပညာရေး ဝန်ကြီးဌာန) က Website (http://www.moe.gov.sg/) ကို သွားရောက် လေ့လာ ပါ။

VII. CAD Softwares

- Construction Industry မှာ အဓိက သုံးတာ ကတော့ AutoDesk's AutoCAD® (Full (or) LT) ဖြစ်ပြီး Singapore Government အစိုးရ နဲ့ ပတ်သက်တဲ့ Mega-Projects အကြီးကြီး တွေ နဲ့ Plant /Process Engineering Construction တစ်ချို့မှာ Bentley' s MicroStation ကိုသုံးကြပါတယ်။
- Plant /Process Engineering Construction မှာ PDS Intergraph's PDS® နဲ့ Plantcon's PDMS တို့ ကို လည်း အဓိကသုံးကြပါတယ်။
- အခြား Industries တွေမှာ တော့ AutoDesk ရဲ့ 3D modeling softwares တွေအပြင် PTC' s Pro/ENGINEER နဲ့ Solid Works တွေကို လည်း သုံးကြပါတယ်။

Web-Links

1. SMACNA Website [http://www.smacna.org/technical/index.cfm?fuseaction=papers]
   - SMACNA CAD Symbols - DWG Format [http://www.smacna.org/pdf/technical/dwg.zip]
   - SMACNA CAD Standard (PDF file) [http://www.smacna.org/technical/download.cfm?download_file=CAD2ed%2Epdf]

2. Author's Posts [http://chawlwin.blogspot.com/]
   - M&E Systems ဆိုတာ ဘာတွေလဲ။ (What are Building M&E Systems?) [http://chawlwin.blogspot.com/2008/06/what-are-building-m-systems-m-systems_53.html]
   - MEP Design[http://chawlwin.blogspot.com/search/label/MEP Design]
   - MEP Systems[http://chawlwin.blogspot.com/search/label/MEP Systems]
   - Introduction to Sanitary Plumbing Systems [http://chawlwin.blogspot.com/2008/09/introduction-to-sanitary-plumbing.html]
3. Code References
   - PUB (Singapore Public Utilities Board) : Publications Website [http://www.pub.gov.sg/general/code/Pages/default.aspx]
   - Singapore Defence Force: Publications Website [http://www.scdf.gov.sg/Building_Professionals/Publications/index.html]
   - Singapore Standards eShop Website [http://www.singaporestandardseshop.sg/Product/Home.aspx]
4. Universities
   - NUS (National University of Singapore): [http://www.nus.edu.sg/]
   - NTU (Nanyang Technological University) [http:/www.ntu.edu.sg/]
5. Polytechnics
   - Singapore Polytechnic (SP) [http://www.sp.edu.sg/]
   - Ngee Ann Polytechnic (NP) [http://www.np.edu.sg/]
   - Temasek Polytechnic (TP) [http://www.tp.edu.sg/]
   - Nanyang Polytechnic (NYP) [http://www.nyp.edu.sg/]
   - Republic Polytechnic (RP) [http://www.rp.edu.sg/]

6. **Other Education Sources**
    - BCA (The Building and Construction Authority) ခဲ့ BCA Academy [https://www.bca.gov.sg/academy/Courses_Tests.aspx]
    - Kaplan University [http://www.kaplan.com.sg/]
    - Ministry of Education Singapore Website (http://www.moe.gov.sg/) [http://www.moe.gov.sg/education/private-schools/edp-list/]
7. National Library Board Singapore [http://www.nlb.gov.sg/]
8. **CAD / Modeling Software**
    - AutoDesk' s AutoCAD® (Full (or) LT) [http://usa.autodesk.com/]
    - Bentley' s MicroStation [http://www.bentley.com/en-US/]
    - PDS Intergraph' s PDS® [http://www.intergraph.com/pds/]
    - Plantcon' s PDMS [http://www.plantcon.dk/uk/index.htm]
    - PTC' s Pro/ENGINEER [http://www.ptc.com/appserver/mkt/products/home.jsp?k=403]
    - Solid Works [http://www.solidworks.com/]

Saturday, October 11, 2008

HVAC Systems: Introduction to Design

HVAC အခြေခံ လိုအပ်ချက်တွေ ကို မိတ်ဆက်ပေး ဘို့ရည်ရွယ်ချက်နဲ့ တင်ပြထားတာပါ။

I. **Introduction**

- ဒီဇိုင်း ရေးရာပြဿနာ တွေကို အဖြေရှာတဲ့ အခါ၊ အဖြေကို သတ်သတ်မှတ်မှတ် ပြောနိုင်ဘို့ ခက်ပါတယ်။ အထူးသဖြင့် ခုမှလုပ်ငန်းခွင်ထဲ ရောက်လာတဲ့ အင်ဂျင်နီယာ အဖို့ ဘယ်နေရာ ကနေ စရှင်းရမလဲ ဆုံးဖြတ်နိုင်ဘို့ ဆိုတာ အင်မတန် ခက်ခဲ တဲ့ အလုပ်တစ်ခုပါ။
- ပြဿနာ ကိုက တိတိကျကျ သတ်မှတ်ချက် ရှိချင်မှ ရှိမယ်။ လိုအပ်တဲ့ Design Parameters (ဒီဇိုင်း အချက်အလက်) အချို့ ပျောက်ချင်ပျောက် နေမယ်။ အဖြေတွေ ကလည်း တစ်ခုမက။ အခြေအနေ၊ ပိုင်ရှင်၊ နေရာပေါ် လိုက်ပြီး တချို့အဖြေတွေက အခြား အဖြေတွေ ထက် ပိုကောင်းချင် ကောင်းပါမယ်။ မှားတယ်၊ မှန်တယ် ပြောလို့ရတာ မဟုတ်ပါဘူး။ တစ်ချို့လူတွေ အတွက် တစ်ချိန်ချိန် မှာ အဖြေ တစ်ခုက အခြား အဖြေ တွေထက် ပိုကောင်း ချင်ကောင်း နေတာကိုး။
- ဘယ်အချိန်၊ ဘယ်သူ့အတွက် ဘယ်ဟာ က အသင့်တော်ဆုံးလဲ၊ ဘာကို ရွေးချယ် သင့်လဲ ဆုံးဖြတ် နိုင်ဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။ တစ်ခါတစ်ရံ လုပ်ဖော်ကိုင်ဖက် တွေဆီက ရဲ့ အမြင် ကို တောင်း ခြင်း ဖြင့် ကိုယ့်ရဲ့ တွေဝေ မှုကို လျော့ချ နိုင်ပါတယ်။ ပြဿနာ တစ်ခုစီအတွက် တွေ့ထားတဲ့ အဖြေတွေရဲ့ အကောင်းအဆိုး အနည်းအများ ကို ချင့်ချိန် ပြီး အသင့်တော်ဆုံး အဖြေကို ရွေးရပါတယ်။
- တချို့ အချက်အလက် တွေက ဒီဇိုင်း စဘို့ပေးထား ပေမဲ့ Iterative Design Process တစ်လျှောက်မှာ modification လုပ်ဘို့ ရှိနိုင်ပါတယ်။ ဥပမာ။ ။ Clients (ပိုင်ရှင်၊ အလုပ်ရှင်) နဲ့ Architects တွေက မှန်အပြည့်ကပ် ဘို့ ပြင်ဆင်ထား ပေမဲ့လို့ energy implication လိုအပ်ချက် ကြောင့် မှန် အရွယ်အစား လျော့ပေး ရတဲ့ အခြေအနေမျိုး လည်းရှိနိုင်ပါတယ်။ Mechanical Engineer ကိုယ်တိုင်လည်း ကိုယ်လိုချင်တဲ့ အခြေအနေ အတွက် ဘယ်စနစ် က အကောင်းဆုံးဖြစ်မလဲ ရှာဖွေတွေ့ရှိစေဘို့ System Components အမျိုးမျိုး နဲ့ Control Strategies အဖုံဖုံ ကိုပေါင်းစပ်ပြီး ကြည့်နိုင်ပါတယ်။ ဒါကြောင့်မို့ ဒီဇိုင်း မှာ အဆက်မပြတ်၊ ရှေ့တိုးနောက်ဆုတ်၊ ထပ်တစ်လဲလဲ ဆန်းစစ်၊ လက်တွေ့ ရနိုင်တဲ့ Component နဲ့ Control Option တွေကို ပါင်းစပ်ပြီး Constraints (ကန့်သတ် ထားတဲ့ ဘောင်) တွေ အားလုံးထဲ ဝင်မဲ့ အသင့်တော်ဆုံး၊ အကောင်းဆုံး အဖြေကို ရှာရပါတယ်။ ဒါကြောင့် ဒီဇိုင်း လုပ်တဲ့ အထဲမှာ ထပ်တလဲလဲ ဆန်းစစ်ရတဲ့ Engineering Analysis သဘောတရား တွေပါဝင်တာ တွေ့နိုင်ပါတယ်။
- ဒီဇိုင်း ရဲ့ ပထမခြေလှမ်း က အဖြေတွေတွေ့ နိုင်တဲ့ ဘောင်ကို အကြမ်း သတ်မှတ်ဘို့ ဖြစ်တာ ကြောင့် နောက်ခံ မရှိခဲ့တဲ့ သူတွေအတွက် ဘယ်ကစရမှန်း မသိဖြစ်တတ်ပါတယ်။ ဒီအခက်အခဲ ကို ကျော်လွှား နိုင်ဘို့ အတွက် Initial Assumption တွေကို အရင်လုပ်၊ ပြီးမှ Analysis ထပ်ထပ်လုပ် ပြီး Improve လုပ်ရပါတယ်။

Building MEP system တွေကို Design ကောင်းကောင်း လုပ်နိုင်တဲ့ Design Engineer ကောင်းတစ်ယောက် အချိန်တိုတို အတွင်း ဖြစ်နိုင်တာ မဟုတ် သလို လွယ်လွယ်နဲ့ ဖြစ်နိုင်တာ လည်း မဟုတ်ပါဘူး။

- ကောင်းမွန် သင့်တော်တဲ့ Theoretical Knowledge (စာတွေ့ ဗဟုသုတ) တွေ သာမက အမှန်တကယ် Practical Field Experiences (လက်တွေ့ လုပ်ငန်း အတွေ့အကြုံ ကောင်း) တွေ ရှိရပါမယ်။
- လိုအပ်တဲ့ Engineering Design Capability သာမက ဒေသဆိုင်ရာ Governing Rules, regulations and Standard Code of Practices (ဥပဒေ စည်းမျဉ်း စည်းကမ်းတွေ၊ လုပ်ထုံး လုပ်နည်း) တွေ ကို သိနားလည် နေရပါမယ်။
- Design Team ဓလေ့ ထုံးစံ Coordination Design Processes လုပ်ငန်း အဆင့်ဆင့် တွေနဲ့ ရင်းနှီး နေဘို့ လည်း လိုအပ်ပါတယ်။ Team အတွင်း မှာ သာမက ပတ်သက်တဲ့ Clients နဲ့ရော Other Related Parties တွေနဲ့ပါ Interaction / Coordination (ညှိနှိုင်းရတာ၊ အထပ်ထပ် အခါခါ ဆွေးနွေးရတာ၊) တွေ ရှိတာ မို့ Communication

Skill လည်း အထိုက်အလျောက် လိုအပ်ပါတယ်။ နောက် ထပ်တလဲလဲ ပြန်လုပ်ရတာ ရယ်။ သေသေချာချာ ပြီးပြီ ဆိုမှ Client ဆီက မီးနီ အပြဲခံရတာတွေ ကလည်း မရိုးနိုင်တာ မို့ သီးခံ ရည်ရှိဘို့နဲ့ စိတ်ရှည်ဘို့လည်း လိုအပ်ပါတယ်။

- Public Safety လူတွေ့ အန္တရာယ် မဖြစ်အောင် ကာကွယ် နိုင်တဲ့ ဗဟုသုတ နဲ့ အတွေ့အကြုံ ရှိပြီး အမြဲ တမ်း ထည့်သွင်း စဉ်းစားနေ လည်း လိုအပ်ပါတယ်။
- ကိုယ် မလုပ်ဘူးသေး တဲ့ စနစ်အသစ် တစ်ခု စတင် ဒီဇိုင်း လုပ်ရမဲ့ အချိန်မှာ အတွေ့အကြုံ ရှိတဲ့ အင်ဂျင်နီယာ တွေနဲ့ တွဲ လုပ်ခွင့် ရဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။ လုပ်ငန်း အတွေ့အကြုံ ရှိလာ လေလေ၊ မြန်ဆန်လာလေလေ၊ အမှားနည်းလေလေ ဖြစ်ပါတယ်။(အစ ထဲက အမှားလုပ်ထားဘူးတာ ကို အမှန်လို့ မြင်ပြီး ထပ်မှားနေတာ မဟုတ် ခဲ့ရင် ပေါ့ လေ။) ဒါကြောင့် မို့ ကိုယ်တိုင် မကျွမ်းကျင် သေးတဲ့၊ လုပ်ငန်း အတွေ့အကြုံ မရှိသေးတဲ့ အလုပ်မှာ လက်တဲ့ မစမ်းကြဘို့ သတိပေးရတာပါ။ ဒါဟာ Professional Ethic Code: ထဲက ကျင့်ဝတ် တစ်ခု လည်း ဖြစ်ပါတယ်။

II. Psychrometry

- ကျနော် တို့ နေ့စဉ်ရှုရှိုက် နေရတဲ့ လေထဲ မှာ ရေခိုးရေငွေ့ တွေပါဝင်ပါတယ်။ ဒီလို ရေခိုးရေငွေ့ ပါတဲ့ အတိုင်းအတာ က လူတွေ့အတွက် ရော ကုန်ထုတ်လုပ်မှု နဲ့အခြား HVAC Applications တွေမှာ အလွန် အရေးကြီးပါတယ်။ ဒါကြောင့်မို့ HVAC ဒီဇိုင်းတွေ အကြောင်း ကိုမစခင် သိသင့်တဲ့ လေ နဲ့ ရေငွေ့ mixture ရဲ့ Physical And Thermodynamic Properties တွေကို လေ့လာရတဲ့ Psychrometry ကိုအရင် ကြည့်ကြရအောင်။

i. **Dry-Bulb Temperature** (Tdb) လေထဲမှာ သာမိုမီတာ ရိုးရိုးထားပြီး တိုင်းလို့ရတာ။ (radiation and moisture ကနေ ကာထားပြီးတော့ ပေါ့။ သာမိုမီတာ ရဲ့ Bulb ကခြောက်သွေ့နေရတာ မို့ Dry-Bulb Temperature (Tdb)လို့ ခေါ်ပါတယ်။

ii. **Wet-Bulb Temperature** (Twb): ရေစိုနေတဲ့ အဝတ်ပတ်ထား တဲ့ Bulb ပါတဲ့ သာမိုမီတာ ကို လေထဲမှာ အသားကုန် မျှပြီး တိုင်းလို့ ရတာကတော့ Wet-bulb temperature ပါ။ Dry-Bulb နဲ့ Wet-bulb temperature ရဲ့ ခြားနားချက် က လေထုရဲ့ ခြောက်သွေ့မှု ဘယ်လောက်ရှိမလဲ ပြပါတယ်။ ခြားနားချက် များလေ ပိခြောက်သွေ့လေပါပဲ။

iii. **Water Vapor Saturation**: လေဟာ အပူချိန်တစ်ခုမှာ ရေငွေ့ ကို အတိုင်းအတာတစ်ခု အထိပဲ လက်ခံနိုင်ပါတယ်။ (Standard Atmospheric Pressure & Temperature နဲ့လည်းပတ်သက်တာ မို့ ပင်လယ်ပြင် အထက်အမြင့် ဘယ်လောက် လဲ ဆိုတာ နဲ့ လည်းဆိုင်ပါတယ်။) အပူချိန် တစ်ခုမှာ အများဆုံး ထိန်းသိမ်း နိုင်တဲ့ ပမာဏ ကိုရောက်တာ ကို Water Vapor Saturation လို့ခေါ်ပါတယ်။ ဒီအခြေအနေ မှာ Fog (မြူဆိုင်း) တာကိုတွေ့ရပါမယ်။
လေရဲ့အပူချိန်များလေ၊ ရေငွေ့ ကို ပိထိန်းနိုင်လေ ဖြစ်ပါတယ်။
အပူချိန် လျော့လာလို့ ထိန်းနိုင်တဲ့ ပမာဏ ထက်နည်းလာရင် Condense ဖြစ်ရပါတယ်။ (တိမ်ကနေ မိုးဖြစ်သလိုပေါ့။)

iv. **Air Pressure** ကိုကြည့်ရင် Dry Air (ခြောက်သွေ့လေ) နဲ့ Water Vapor (ရေငွေ့) နှစ်ပိုင်း ခွဲ လို့ ရပါတယ်။

$$P = Pa + Pv$$

Pa = Partial Pressure of Dry Air

Pv = Partial Pressure Of Water Vapor

v. **Saturation Pressure** (Pg) လေထုထဲမှာ Water Vapor Saturation (ရေငွေ့ ပြည့်ဝ) ဖြစ်နေတဲ့ အချိန် မှာရှိတဲ့ Pressure ကို တော့ Saturation Pressure (Pg) လို့ခေါ်ပါတယ်။

vi. **Humidity ratio** (ω) ဆိုတာကတော့ လေထဲမှာ တကယ်ရှိ နေတဲ့ ရေငွေ့ အလေးချိန် နဲ့ အဲဒီ လေ လုံးဝ ခြောက်သွေ့ နေစဉ် ရှိမဲ့ အလေးချိန် နှစ်ခု ကို အချိုးချ ထားတာပါ။

$$\omega = mv / ma \quad (or) \quad \omega = 0.622\ Pv / Pa = 0.622\ Pv / (P - Pv)$$

mv = Mass of Water Vapor

ma = Mass of Dry Air

vii. **RH (relative humidity)** ဆိုတာကတော့ လေထဲ မှာ ရှိနေတဲ့ Partial Water Vapor Pressure (Pv)နဲ့ ဒီလေ ဒီ dry-bulb temperature မှာ အများဆုံး ထိန်းထား နိုင်မဲ့ Saturation Pressure (Pg)တို့ကို အချိုးချ ထားတာပါ။ ရာနှုန်း (%) နဲ့ပြလေ့ရှိပါတယ်။

$RH = P_v / P_g \ (\times 100\%)$

viii. **Dew Point** (Tdp) ရေခဲ ထည့်ထားတဲ့ ဖန်ခွက်ထဲ အပြင်ဘက်မှာ ရေငွေ့လေးတွေ တွဲလောင်းခိုနေတတ်တာ တွေ့ဘူးကြမှာပါ။ ဒီလို ရေ Condense စဖြစ်နိုင်တဲ့ အပူချိန် ကိုတော့ Dew point လို့ခေါ်ပါတယ်။ အရာဝတ္ထု တစ်ခုရဲ့ အပူချိန် ဟာ လေ ရဲ့ Dew point ထက်လျော့တဲ့ အခါမှာ ရေငွေ့ တွေ condense ဖြစ်လို့ သူမှာ ချွေးထွက်သလို ရေတွေကပ် လာပါတယ်။ မနက်စောစော အပင်က အရွက်တွေ မှာ နှင်းပေါက်လေးတွေ ကပ်နေတာ နဲ့ တူတာမို့ Dew Point လို့ခေါ်တာပါ။

$T_{dp} = T_{sat}$ at $P_g = P_v$

ix. **Specific Volume** (v) ဆိုတာကတော့ လေ 1 unit mass မှာရှိတဲ့ Volume (ထုထည်) ကိုခေါ်တာပါ။

x. **Enthalpy**(h) ဆိုတာက သုံးလို့ရတဲ့ Total Useful Energy ကိုခေါ်ပါတယ်။

xi. **Sensible Heat** ဆိုတာ အပူချိန် မတူညီမှုကြောင့် စီးဆင်း၊ ကူးပြောင်းတဲ့ Heat ကိုခေါ်ပါတယ်။ Heating Process နဲ့ Cooling Process တွေက Sensible Processes တွေပါ။

$Q_S = m \times c \times \Delta T$

xii. **Latent Heat** လေထဲက ရေငွေ့ ကိုဖယ်တာ (သို့) ထပ်ထည့်တာ လုပ်တဲ့ အခါ ရေငွေ့ကနေ ရေ (သို့) ရေကနေ ရေငွေ့ ဖြစ်အောင် ပြောင်းရပါတယ်။ Latent Heat ဆိုတာက အပူချိန်မပြောင်းပဲ ပုံစံပြောင်းဘို့ လိုအပ်တဲ့ Heat ပါ။

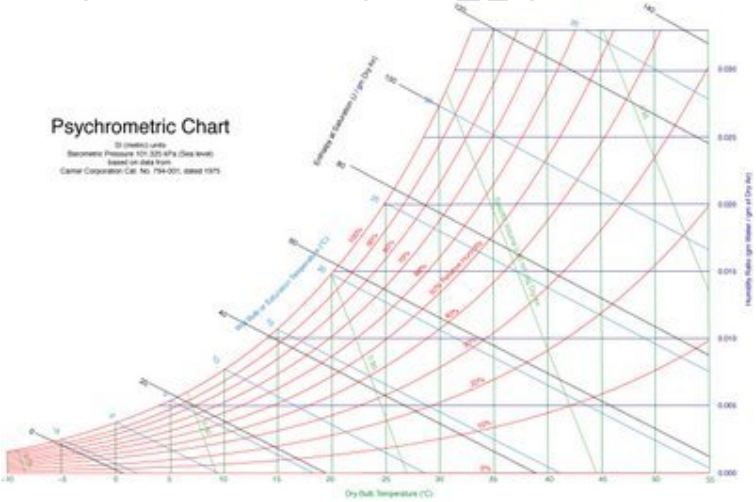
a. Fusion (အခဲ အရည်ပျော်)
b. Evaporation (အရည်ကနေ အငွေ့ပဲ ပြောင်း)
c. Condensation (အငွေ့က နေ အရည် ပြောင်း)
d. Freezing (အရည်ခဲခြင်း)

အရည် -အငွေ့ အပြန်အလှန် ပြောင်းတာကို Air Conditioning မှာ အဓိက တွက်ချက်ရပြီး အရည် -အခဲ အပြန်အလှန် ပြောင်းတာကို Refrigeration မှာအဓိက တွက်ချက်ရပါတယ်။ ရေရဲ့ Latent Heat က Sensible Heat ထက် အဆပေါင်းများစွာ ပိုပါတယ်။ ဥပမာ Std Atm Pressure မှာ ရေ 0°C မှာပျော်ဘို့ လိုအပ်တဲ့ Heat Quantity (Latent Heat of Fusion) ဟာ Sensible Temperature 1 °F ပြောင်းဘို့လိုတဲ့ Specific Heat Capacity (cp) ရဲ့ ၁၄၄ ဆရှိပါတယ်။ Latent Heat of Vaporization ကတော့ ၉၇၀.၃ ဆတောင်ရှိပါတယ်။ ဒါကြောင့် Latent Heat ပါလာရင် သတိထားရပါတယ်။

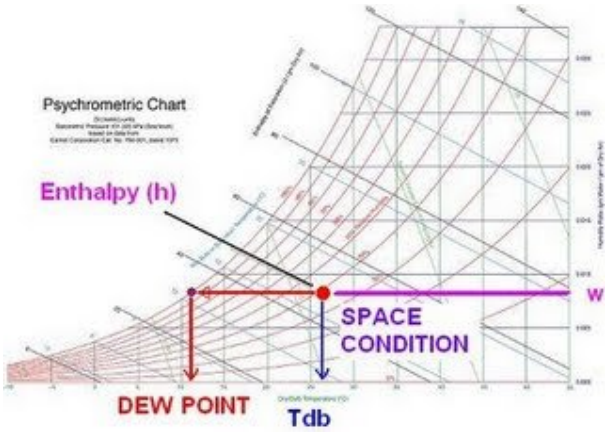
$Q_L = m \times \Delta h_{fg}$

xiii. **Psychrometric Chart**

အောက်မှာ Psychrometric Chart ကိုလေ့လာကြည့်ဘို့ ပေးထားပါတယ်။



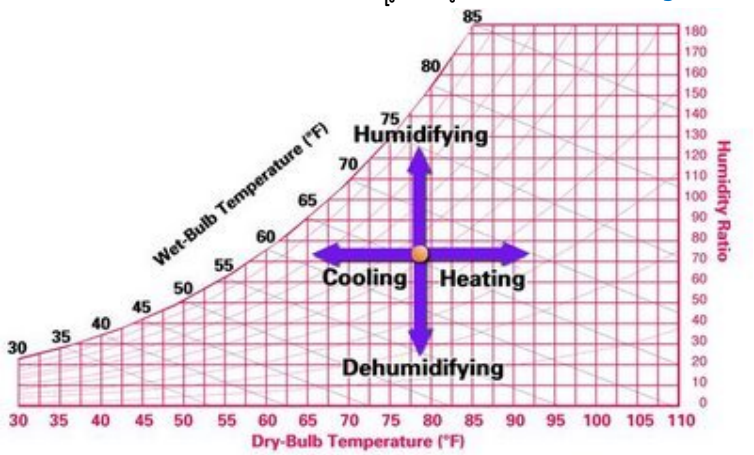
- HVAC Engineer တွေအတွက် ဒီ Chart က အမြဲတန်း လိုသုံးစွဲ ရပါတယ်။ Solution တစ်ခုအဖြေရှာတိုင်း Psychrometric Chart ပေါ်တင် ကြည့်နိုင်ပါတယ်။ HVAC Processes အားလုံး ကို ဒီနည်းနဲ့ Analyse လုပ်ရတာပါ။
- S.I Unit နဲ့ ရှိသလို I.P Unit နဲ့လည်း ရှိပါတယ်။ အများဆုံး သုံးတာ က Sea Level Chart ဖြစ်ပြီး လိုအပ်လို့ Other Altitute က Chart တွေကို လိုချင်ရင် တော့ ASHRAE (www.ashrae.org) ကနေမှာယူနိုင်ပါတယ်။
- အများဆုံး သုံးကြတာ က "ω-t" (omega-t) chart ပါ။ Dry Bulb Temperature (T_{db}) က abscissa (x-axis) မှာမှတ်ထားပြီး humidity ratios (ω) ကို ordinates (y-axis) မှာတင်ထားတာပါ။
- ဒီ Chart ကိုသုံးဘို့ six independent properties (T_{db}, T_{wb}, RH, humidity ratio, specific enthalpy, and specific volume) ထဲက နှစ်ခုကို သိဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။
- **Space Condition** တစ်ခု ကိုသိရင် သူကို Psychrometric Chart ပေါ်တင်ကြည့်ရင်



- Dew Point: T_{dp}: Space Condition ကနေ Horizontal အတိုင်း ဘယ်ဘက် တည့်တည့် သွားပြီး Saturation Line ကိုထိတဲ့ နေရာ က အဲဒီ Space ရဲ့ Dew point temperature ပါ။ အဲဒီ Space ထဲမှာ Condensate ဖြစ်နေတဲ့ အရာဝတ္ထု ရဲ့ အပူချိန် ဟာ Dew Point အောက် မှာ ရောက်နေလို့ ပါ။

- Humidity ratio (or) absolute humidity **W** Space Condition ကနေ Horizontal အတိုင်း ညာဘက် တည့်တည့် သွားပြီး Vertical Coordinate ကိုထိတဲ့ နေရာ မှာဖတ်လို့ ရပါတယ်။ ပုံမှန်အားဖြင့် Dry Air ကို Reference လုပ် ပေးထားလေ့ရှိပါတယ်။ HVAC Engineer တွေ ဒီ Humidity Ratio နဲ့ Relative Humidity ဆက်စပ်ချက် နဲ့ ဒီ Humidity Ratio တစ်ခုထဲ မှာ ပဲ T_{db} ပြောင်းတာနဲ့ RH အကြီးအကျယ် ပြောင်း နိုင်တာ ကို သေချာ သိဘို့ လိုပါတယ်။ ဒါမှ Humidity Control Application တွေကို ဖြေရှင်းနိုင်မှာ ဖြစ်ပါတယ်။
- Enthalpy(h) ကိုလိုချင် ရင်တော့ ပုံမှာပြထားတဲ့ အတိုင်း ဘယ်ဘက်အပေါ် ကို ခပ်စောင်းစောင်း တက်သွားပြီး ဖတ်ရပါတယ်။ သတိထားဘို့ ကတော့ Wet Bulb Temperature နဲ့ Enthalpy နှစ်ခု က တစ်ထပ်တည်း ကျတာ မဟုတ်တာ သတိပြု ဘို့ပါ။

- **Psychrometric Calculations**
  - x-scale က (Tdb: Dry Bulb Temperature) ဖြစ်တာမို့ ဒီ Scale မှာ အပြောင်းအလဲ က Sensible Heating and Cooling Process တွေပါ။
  - y-scale (Humidity Ratio) w: Absolute Humidity မို့ ဒီ Scale မှာ အပြောင်းအလဲ က Humidification/ Dehumidification လို့ခေါ်တဲ့ Latent Heat Change Process ပါ။



  - **S.I Unit Calculations**
    - m^3/s = A (m^2) x V (m/s)
    - q_S(kW) = 1.23 x Q(m^3/s) x ΔT(°C)
    - q_L(kW) = 3.0 x Q(m^3/s) x ΔW (g/kg_{da})
    - q_T(kW) = 1.2 x Q(m^3/s) x Δh
  - **I.P Unit Calculations**
    - cfm = A (in2) x fpm / 144
    - q_S(Btu/h) = 1.10 x Q (cfm) x Δt (°F)
    - q_L(Btu/h) = 4,840 x Q (cfm) x ΔW (lb/lb_{da})
      q_L(Btu/h) = 0.68 x Q (cfm) x ΔG (gr/lb_{da})
    - q_T(Btu/h) = 4.5 x Q (cfm) x Δh
  - Enthalpy နဲ့ တွက်လို့ ရတဲ့ Total heat က Re-heat မပါတဲ့ Process အတွက် Sensible, Latent နှစ်ခုပေါင်း တွက်တာ နဲ့ ညီမျှပါတယ်။
  - HVAC Psychrometric Equation တွေ ကို သုံးတဲ့ အခါ Standard Air Value တစ်ခုကို အခြေခံ တွက်ချက် ကြ လေ့ရှိပါတယ်။ Dry Air Density ကို 1.2 kg/m3 (0.075 lb/ft3) [0.833 m3/kg (13.33 ft3/lb)] လို့ ယူတွက်လေ့ ရှိတာ ပါ။

- This density corresponds to about 16°C (60°F) at saturation and 21°C (69°) dry air [at standard atmospheric pressure 101.325 kPa (14.696 psia)].
- လေကပုံမှန် အားဖြင့် coils, fans, ducts, etc., တွေကို ဖြတ်တဲ့ အခါ မှာ ရှိတဲ့ density က standard နဲ့ သိပ်မကွာ တာ မို့ ပုံမှန်အားဖြင့် correction လိုအပ်လေ့ မ ရှိပါဘူး။.
- When airflow is to be measured at a particular condition or point, such as at a coil entrance or exit, the corresponding specific volume can be read from the psychrometric chart.

III. Air Conditioning မိတ်ဆက်။

A. Air Conditioning ဆိုတာ ဘာလဲ။

Air Conditioning ဆိုတာ လိုအပ်ချက် အပေါ်မူတည်ပြီး သင့်လျော်တဲ့ ပတ်ဝန်းကျင် အခြေအနေ တစ်ခုကို ဖန်တီးပေး နိုင်ဘို့ အတွက် လေကို Process လုပ်ပေးတဲ့ စနစ် ကို ခေါ်ပါတယ်။ Process တွေကတော့

1. Treatment (လေ ရဲ့ အပူ၊ အအေး၊ စိုထိုင်းဆ၊ စတာတွေကို လိုအပ် တဲ့ အခြေအနေ ရအောင် ပြုပြင်မွမ်းမံခြင်း)၊
2. Handling (မွမ်းမံ ပြီးသား လေကို လိုအပ်တဲ့ နေရာ ရောက်အောင် ပို့နိုင်ဘို့ လေကို ထိန်းကြောင်း၊ ဖြန့်ဝေခြင်း)

တွေ ပါ။

B. ဘာ အတွက် Air Conditioning ကို လိုအပ် ရတာလဲ။

ဒီစနစ် က ဖြည့်ဆီးပေး ရမဲ့ Applications (အသုံးချမှု၊ လိုအပ်ချက်တွေ) ကတော့၊

0. Comfort Applications : နေထိုင်၊ အလုပ်လုပ်သူ တွေ သက်တောင့်သက်သာ ရှိစေမဲ့ ပတ်ဝန်းကျင် အခြေအနေ တစ်ခုကို ဖန်တီး ပေး နိုင်ဘို့ အတွက် သော်လည်းကောင်း။
1. Industrial Applications: for Manufacturing Processes, Food, Bio-Chemical Applications or Other Industrial Applications စက်ရုံ အလုပ်ရုံ ကုန်ထုတ်လုပ်မှု၊ နဲ့ အခြား လိုအပ်ချက် တွေအတွက် သင့်လျော် လျောက်ပတ်တဲ့ ပတ်ဝန်းကျင် အခြေအနေ တစ်ခုကို ဖန်တီး ပေး နိုင်ဘို့ အတွက် သော်လည်းကောင်း။
2. Special Applications စပါယ်ရှယ် လုပ်ငန်းစဉ် လိုအပ်ချက် တွေကို ဖြည့်ဆီးပေးဘို့ သော်လည်းကောင်း။

စသည်ဖြင့် ဖြစ်နိုင်ပါတယ်။

IV. Air Conditioning Processes

0. Treatment of Air (လေကိုပြုပြင် မွမ်းမံခြင်း)။
   - . Temperature Control (အပူချိန် ထိန်းညှိခြင်း)
     - Cooling (အအေးပေး)
     - Heating (အပူပေး)
   - i. Humidity Control (စိုထိုင်းဆ ထိန်း ညှိခြင်း)
     - Dehumidification (လေထဲမှ အစိုဓာတ် ကို လျှော့ချခြင်း၊ ပိုမို ခြောက်သွေ့စေခြင်း)
     - Humidification (လေထဲသို့ အစိုဓာတ် (ရေငွေ့) ထည့်ပေးခြင်း)
   - ii. Air Cleanliness Control
     - Filtration and Contamination Control (လေကို သန့်စင်အောင် စစ်ခြင်း၊ ညစ်ညမ်းမှုကိုထိန်းချုပ်ခြင်း)
     - Provide sufficient Outside (fresh) air (ပြင်ပလေ (လေသန့်) ကိုလိုအပ်သလို ထည့်သွင်းပေးခြင်း။)
1. Handling of Air
   - . Air Movement Equipments (လေကို တွန်းပို့ ရွှေ့ပြောင်းပေး မဲ့ စက်ပစ္စည်း များ)

- Fan, (ပန်ကာ)
- AHU (Air Handling Units)
- FCU (Fan Coil Units), etc.

i. **Air Transportation Equipments** (လေကို သယ်ဆောင်၊ ပို့လွှတ်ပေး မဲ့ ပစ္စည်းကိရိယာများ။)

- Duct
- Flow Control Devices
- Terminal Devices, etc.

V. **Air Conditioning Applications**

0. **Comfort for Occupants** (နေထိုင်သူ တွေ သက်တောင့်သက်သာ ရှိစေရေး။)

လူတွေ သက်တောင့်သက်သာ ရှိစေဘို့ နဲ့ စိတ်ချမ်းမြေ့ စေနိုင်ဘို့ က လူတွေရဲ့ အာရုံငါးပါး နဲ့ရော စိတ္တအာရုံ နဲ့ပါ ဆိုင်ပါတယ်။ လူအမျိုးမျိုး၊ အကြိုက် အထွေထွေ မို့ လူတွေ အားလုံး (ရာနှုန်းပြည့်) နှစ်သက် မဲ့၊ သက်တောင့် သက်သာ ရှိ နိုင်မဲ့ အခြေအနေ ကို ဖန်တီး နိုင်ဘို့ က မလွယ်ပါဘူး။ ဒါကြောင့် အများစု (၈၀% နဲ့ အထက်လောက်) လက်ခံနိုင်မဲ့ (ဝါ) နှစ်သက်မဲ့၊ သက်တောင့်သက်သာ ရှိစေမဲ့ ပတ်ဝန်းကျင် အခြေအနေ ကို ဖန်တီး နိုင်ဘို့ပဲ ကြိုးစား ရပါတယ်။ ဒီ အထဲ က Thermal Comfort အကြောင်း ကို အသေးစိတ် သိချင်ရင် တော့ ASHRAE Standard 55: *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy* မှာ လေ့လာနိုင်ပါတယ်။ ASHRAE Online Learning က Short Courses ထဲ မှာ ASHRAE 55 ကနေထုတ်နုတ် ထားတဲ့ HVAC Systems: Thermal Comfort (I-P) ကို Free ပေးထားပါတယ်။ ပို့က်ဆံ ပေးစရာ မလိုပဲ Free လေ့လာနိုင်ပါတယ်။

. **Activity Level** (လှုပ်ရှားမှု၊ လုပ်ဆောင်မှုများ။)

- အိပ်နေတာလား၊ စာဖတ်နေတာလား၊ ထိုင်ပြီး နားနားနေနေ နေမှာလား၊ အေးအေးဆေးဆေး လုပ်မှာလား၊ လှုပ်လှုပ်ရှားရှား များများ လုပ်ဘို့လိုအပ်လား၊ အင်အားစိုက်လုပ်ရမဲ့ အလုပ်လား၊ အားကစား လုပ်တာလား၊ ပေါ်မူတည်ပြီး ခန္ဓာကိုယ် ရဲ့ Metabolic Heat Generation နဲ့ Thermal Comfort က ဆက်စပ်ချက် ရှိပါတယ်။
- ဥပမာ။ ။ ကပွဲ အခန်းတစ်ခု ထဲမှာ ထိုင် စကားပြောနေတဲ့ သူက ချမ်းလို့ Temperature နိမ့်တယ်လို့ ထင်နေတဲ့ အချိန်မှာ Dancing လုပ်နေတဲ့ လူတွေ က Temperature ချပေးရင် ပိုကောင်းမယ် လို့ ခံစားချင် ခံစားရပါမယ်။

a. **Clothing** (အဝတ်အစား အထူအပါး။)

- ဝတ်ဆင် ထားတဲ့ အဝတ်အစား အထူအပါး ကလည်း Thermal Comfort နဲ့ဆက်စပ်ချက် ရှိပါတယ်။
- ဒါကြောင့် ASHRAE 55-2004 မှာ ရာသီဥတု နဲ့ ခွဲခြားခဲ့ရာ ကနေ Clothing Insulation Value (clo) နဲ့ပြောင်းလဲ သတ်မှတ်လာတာ တွေ့ရပါတယ်။

b. **Occupants' Expectations** (လူတွေ ရဲ့ မျှော်လင့်ချက်၊)

လူတွေရဲ့ မျှော်လင့်ချက် က လည်း အခန်း၊ နေရာ ရဲ့ သက်တောင့်သက်သာ ရှိနိုင်မှု အပေါ်မှာ အကျိုးသက်ရောက်မှု ရှိပါတယ်။ ပူပြင်းတဲ့ နေ့တစ်နေ့ မှာ ဖြစ်လာနိုင် တဲ့ ဖြစ်ရပ် သုံးခု ကို စဉ်းစား ကြည့်ရအောင်။

. လေအေးစက် တတ်ထားတဲ့ ရုံးခန်းထဲ ကို လျောက်ဝင်လာတဲ့ သူ တစ်ယောက် ဟာ သူ့မှာ Thermally Comfortable ဖြစ်ရမယ် လို့ မျှော်လင့်ပါ လိမ့်မယ်။

i. ခန်းနားတဲ့ ဟိုတယ်ထဲ ကို ဝင်ရောက် လာတဲ့ သူ အတွက်တော့ အပြင်မှာ ဘယ်လောက်ပူပူ အထဲ မှာ အေးနေရမယ် လို့ မျှော်လင့်မှာပါပဲ။

ii. ပြူတင်းပေါက် တွေ ဖွင့်ထား ပြီး Natural Ventilation ပဲရှိတဲ့ သာမန် လူနေအိမ် တစ်ခု ထဲ ကို လျောက်ဝင် လာတဲ့ သူကတော့ အေးစိမ့်နေတဲ့ အခြေအနေ ကို မျှော်လင့်မှာ မဟုတ်ပါဘူး။ အပြင်ကထက် စာရင် ပိုအေးမှာ ပဲ ဆိုတဲ့ ခံစားချက် ရှိကောင်းရှိနိုင်ပေမဲ့ လေအေးစက် တတ်ထားတဲ့ ရုံးခန်း လို၊ ခန်းနားတဲ့ ဟိုတယ်လို မျိုး မျှော်လင့်ချက် တော့ ထားမှာ မဟုတ်ပါဘူး။

c. **Air Temperature** (အပူ အအေး မျှတ ရမယ်။)
အပူအအေး လိုအပ်ချက် က နေထိုင်သူတွေ ရဲ့ အဝတ်အစား နဲ့ လုပ်ဆောင်မှုများ ပေါ်လည်းမူတည်ပါတယ်။
- အကြမ်းအားဖြင့် အဝတ်အစား ပေါ့ပေါ့ပါးပါး ဝတ်ထားတဲ့ သူအတွက် 77 °F (25 °C) လောက်မှာ လူတွေ နေသာထိုင်သာရှိပါတယ်။ ဥပမာ။ ။ နွေရာသီမှာ အဝတ်အစား ပေါ့ပေါ့ပါးပါး။
- ဆောင်းရာသီမှာ အဝတ်ထူထူ ဝတ်ဆင်တတ် ကြတာ ကြောင့် Heating လုပ်တဲ့ အခါ နွေရာသီမှာ လောက်မလိုပဲ 72 °F (22.2 °C) လောက်ကို မှန်းပြီး ဒီဇိုင်း လုပ်စရာ လိုပါတယ်။
- Cooling Application မှာ ပတ်ဝန်းကျင် က Radiation Heating effect ပါလာခဲ့ ရင်သူ့ကို Compensate လုပ်ဘို့အတွက် Temperature ကို ချပေးရပါတယ်။
- Tolerance ကိုတော့ လိုအပ်ချက် ကို လိုက်ပြီး သတ်မှတ်ရပါမယ်။ သေချာ ကြိုတင် သတ်မှတ်ပြီးသား မရှိခဲ့ ရင်တော့ အများ လက်ခံနိုင် လောက် မဲ့ ±4°F (appx ±2 °C) လောက် ထားရပါလိမ့်မယ်။

d. **Relative Humidity (RH)** (လေရဲ့ စိုထိုင်းဆ မျှတရမယ်။)
- ပုံမှန်အားဖြင့် RH 30% ကနေ 60% အတွင်း မှာရှိနေရင် လူတွေ လက်ခံ နိုင်ပါတယ်။
- RH 60% ထက်ကျော်ရင် တော့ ချွေးအငွေ့ပြန်ရ ခက်တာ မို့ အိုက်စပ်စပ် ကြီးဖြစ် ရုံသာ မက၊ မှိုတက်၊ မှိုစွဲ အားပေးတဲ့ အခြေအနေ ကြောင့် Indoor Air Quality (လေရဲ့ သန့်ရှင်းမှု ကိုထိခိုက်စေ ပါတယ်။)
- 30% အောက်ဆိုရင် လည်း လူတွေရဲ့ အသက်ရှူ လမ်းကြောင်း ကိုခြောက်သွေ့စေတာ မို့ အသက်ရှူရ ခက်ရုံ သာ မက၊ Static Electricity Charge (လူခန္ဓာကိုယ် မှာ လျှပ်စစ် ဓာတ်ဝင်တဲ့ ပြဿနာ) ရှိလာနိုင်ပါတယ်။ ဒဲ့အပြင် အချို့လူတွေ နာခေါင်းသွေး လျှံ တာကိုလည်း ဖြစ်စေနိုင် ပါတယ်။ ဆောင်းတွင်း မှာ (အထူးသဖြင့် အပူပေးစက် Heater ဖွင့်ရင်) နာခေါင်းသွေး လျှံ တာ က Humidity နည်းလို့ ဖြစ်ရတဲ့ အကျိုးဆက် တစ်ခုပါ။
- ASHRAE 55-2004 အရ Normal Comfort အတွက် Acceptable Range of Operative Temperature သတ်မှတ်ချက် တွေ က အရင်က နဲ့ မတူတော့ပါဘူး။ Normal Comfort အတွက် Humidity Ratio ကို Upper Limits 0.012 (kg/kg or lb/lb dry air) နဲ့ သတ်မှတ်ထားပြီး Lower Limit သတ်မှတ်ချက် မရှိပါဘူး။ (ဒီ အခြေအနေ ကိုယူသုံးတဲ့ အခါ အထက်မှာ ဖေါ်ပြခဲ့တဲ့ RH အနည်းအများကြောင့် ဖြစ်လာနိုင်တဲ့ Consequences တွေကို ပါ သတိထား ရပါမယ်။)

e. **Air Movement / Air Flow** (လေရဲ့ ရွေ့လျားမှု နှုန်း သင့်တော်ရမယ်။)
- Air Flow လေက မရွေ့ပဲပြိမ်နေရင် အပူကူးရ ခက်ရုံမက ချွေး အငွေ့ပြန်ဘို့ မလွယ်တာ မို့ အိုက်စပ်စပ် ကြီးဖြစ် နေပါလိမ့်မယ်။ Stuffy [V < 0.05 m/s (10 fpm)]
- လေတိုးတာ များရင်လည်း လေစိမ်းတိုက် သလိုခံစားရပါလိမ့်မယ်။ Drafty [V > 0.25 m/s (50 fpm)]
- ASHRAE Standard 55-2004 မှာတော့ 40 fpm (0.2m/s) ထက်ကျော်ရင် Draft ကိုခံစားရမယ် လို့ ဆိုပါတယ်။ ကိုယ်တိုင် Fan Control လုပ်နိုင်ရင်တော့ Elevated Air Speed လို့ခေါ်တဲ့ 160 fpm (0.8 m/s) လောက်ရှိတဲ့ Draft ကို လူတွေ ခံနိုင်ပါတယ်။ ကိုယ်ပိုင် စားပွဲတင် ပန်ကာ သုံးသလို ပါ။ ဒါပေမဲ့ တစ်စုံ တစ်ယောက် ကပဲ control လုပ်နိုင်မယ် ဆိုရင်တော့ အခြားသူ တွေ comfort ဖြစ်ချင်မှ ဖြစ်မှာပါ။
- Heating applications တွေ မှာတော့ Draft နည်းနေဘို့ လိုအပ် ပါလိမ့်မယ်။ ဒါကြောင့် လေကို သမအောင်မွှေ ပြီး ညင်သာစွာ ထုတ်ပေးတဲ့ Undamped Diffuser တွေ ကို လူတွေ သဘောကျတာ ဖြစ်ပါတယ်။ Undamped Diffuser တွေက Cooling Applications တွေမှာတော့ အသုံး သိပ်မတွဲ့ တာ သတိထားပါ။
- လူတွေရဲ့ တုန့်ပြန်မှု ကိုလေ့လာမှု တွေ အရ လူတွေ က Cold Air Draft ကို လပူရဲ့ Warm Air Draft ထက် ပိုပြီး ခံစားမိ နိုင်တယ် လို့ဆိုပါတယ်။ ဒါကြောင့် လေရဲ့ velocity အတူတူပေးပေ မဲ့

အအေးပေး ရတဲ့ နေ့မှာ အပူပေးရတဲ့ ဆောင်းတွင်းထက် ပိုပြီး Complaints တက်လေ့ ရှိတတ် ကြကြောင်း လည်း ဆိုပါတယ်။

f. **Indoor Air Quality** (လေဟာ သန့်ရှင်း လတ်ဆတ် ရမယ်။)
   - o Sufficient Oxygen (အောက်ဆီဂျင် လုံလုံလောက်လောက် ရှိရမယ်။)
   - o Absence of Dust, Pollen, Odors, Hazardous Material (အန္တရာယ်ဖြစ်စေ နိုင်လောက်သော ဖုန်၊ ဝတ်မှုန်၊ အနံ့၊ ဓာတ်ငွေ့၊ ပစ္စည်း များ ကင်းစင်စေရမယ်။)
   - o Pressure Cascading (Clean to Dirty) / Air Flow Balance (ညစ်ပတ်နံစော် နေတဲ့ လေတွေ လူတွေ အနေများတဲ့ နေရာ ကို ရောက်မလာ နိုင်ဘို့ လေရဲ့ ဖိအားကို ထိန်း၊ လေအသွင်း အထုတ် ကို မျှအောင်လုပ်။ ဥပမာ။ ။စားသောက် ခန်းကို လေသန့် ဖိသွင်းပြီး၊ မီးဖိုဆောင်က နေ လေကို စုတ် သန့်စင်အောင် Treatment လုပ်၍ လေသန့်ယူတဲ့ Outdoor Air Intake Louver နဲ့လည်းမနီး ဖြတ်သွားဖြတ်လာ လူအများကို လည်း အနှောင့်အယှက် မဖြစ်နိုင်တဲ့ နေရာကနေ အပြင်သို့ စွန့် ထုတ်ခြင်းဖြင့် ညှော်နံ့များ စားသောက်ခန်း သို့ မရောက်။ အိမ်သာ မှ လေကိုလည်း ဒီနည်းအတိုင်း သင့်တော်သော နှုန်းဖြင့် Exhaust စုတ်ထုတ်၊ လိုအပ်တဲ့ Replenish Air လေကို Door Louvers, Door Undercut (or) Pass Duct တွေကနေ ယူ ခြင်းဖြင့် အနံ့အသက်များ အခြားအခန်း သို့ အနံ့ မပြန့်။
   - o ဆေးရုံက Infection Control (ကူးစက်ရောဂါ ထိန်းချုပ်မှု) လိုအပ်တဲ့ အခန်းတွေ၊ မှာ အခန်းရဲ့ လိုအပ်ချက်ကို လိုက်ပြီး လေကို 1µm လောက်အထိ စစ်ပေးနိုင်တဲ့ High Efficiency Particulate Air (HEPA) Filter တွေနဲ့ Ultra Low Penetration (ULPA) Filter ကိုသုံး ပေးရပါတယ်။ ဒီ Filters တွေကို စနစ်တကျ တပ်ဆင်ဖြုတ်သိမ်း ဘို့ Protocols တွေကိုလည်း လိုက်နာရပါမယ်။ ယိုပေါက် က အပ်ပေါက်လောက် ကလေးပဲ ရှိစေ Contaminants တွေဖြတ်ခွင့် ရလို့ကတော့ ဘယ်လောက်ကောင်း တဲ့ Filter အမျိုးအစား ပဲဖြစ်ဖြစ် သုံးမရတော့ပါဘူး။ ဒါကြောင့်မို့ Filter Segments တစ်ခု နဲ့ တစ်ခု ကြားမှာပဲဖြစ်ဖြစ် Filter Bed နဲ့ Supporting Frame ကြားမှာပဲဖြစ်ဖြစ် ယိုပေါက် အပ်ပေါက်လောက်တောင် မရှိစေရအောင် ဂရုစိုက် ရပါတယ်။
   - o Ventilation နဲ့ ပတ်သက်တဲ့ Guide Line တွေ ကိုလေ့လာချင် ရင် **ASHRAE 62.1 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality** ကို Preview သွားကြည့် နိုင်ပါတယ်။ Preview ဆိုပေမဲ့ တစ်အုပ်လုံး ကို ဖတ်လို့ရပါတယ်။ Copy ကူးလို့ မရတာ တစ်ခုပါပဲ။
     ASHRAE Publications Bookstore – Standards and Guidelines ကိုသွားပါ။ ဒီစာမျက်နှာ က Sub-Heading Preview Popular ASHRAE Standards ရဲ့ အောက် မှာ ရှိတဲ့ **Standard 62.1-2007** ကို Click လိုက်ရင် Web-Preview ပေါ်လာပါလိမ့်မယ်။

g. **Thermal Radiation** (အပူဖြာကူးမှု။)
   - o Radiation effect from Windows, Walls, environments (ပြူတင်းပေါက်၊ နံရံ၊ ပတ်ဝန်းကျင်၊ အပူစုနေ တဲ့ နေရာ တွေက လာတဲ့ အပူဖြာကူး မှု အကျိုးဆက်) ကလည်း Cooling Application မှာ Discomfort (မသက်မသာဖြစ်မှု) ကို ဖြစ်စေနိုင်သလို အေးလွန်းတဲ့ နံရံ၊ ပြူတင်းပေါက် တွေကလည်း Heating Application မှာ Discomfort (မသက်မသာဖြစ်မှု) ကို ဖြစ်စေနိုင်ပါတယ်။
   - o Radiant Heating / Cooling တွေလို စနစ်တကျ ဒီဇိုင်းလုပ် ပြီး အသုံးချ တတ်ရင်တော့ ကောင်းပေမဲ့ ပုံမှန် Cooling Application မှာတော့ အမှတ်မဲ့ ထားလို့မရ တဲ့ ပြဿနာ တစ်ခုပါ။

h. **Acoustic Criteria (dbA, NC) & Vibrations** (အသံ ဆူညံမှု နဲ့ တုန်ခါမှု သတ်မှတ်ချက်။)
   - o Noise level က လည်း လက်ခံနိုင်လောက် အောင် မတိုးလွန်း၊ မကျယ်လွန်း ဖြစ်ရပါမယ်။
   - o အချိန်တို အတွင်းမှာ သိသိသာသာ တိုးလိုက် ကျယ်လိုက် မဖြစ်ရပါဘူး။
   - o Audible Tones (ကြားသာ တဲ့ အသံအနိမ့်အမြင့်) မပါဝင်။
   - o အသံ က မျှတ တဲ့ တုန်လှုပ်စရာ မရှိတဲ့ အသံ ဖြစ်ရပါမယ်။ (သိပ်ဆိုးဝါးတဲ့ ထစ်ချုန်းသံ၊ မြည်ဟည်းသံ၊ တဝီဝီ တစီစီမြည်သံ၊ တရွှီးရွှီးမြည်သံ တွေ မပါဝင်ရပါ။)။

- ဆူညံမှုက အာရုံကို ပျက်ပြားစေနိုင်သလို ကိုယ့်အသက်ရှူသံ ကိုယ်ပြန်ကြား ရလောက်အောင် တိုးလွန်းတဲ့ ပတ်ဝန်းကျင် က လည်း လူကို ခြောက်ခြားစေ ပါလိမ့်မယ်။ ဒါပေမဲ့ အသံကို သတ်မှတ်ချက် ထက် ပိုမကျယ် ဘို့ပဲ အဓိကထား ကြပါတယ်။
- အသုံးများတဲ့ စံ တွေကတော့
  i. A-Weighting (**dBA**)
  ii. Noise Criteria (**NC**)
  iii. Room Criteria (**RC**)

  dBA ကို Sound Level Meter တွေ မှာ တိုက်ရိုက် ဖတ်လို့ ရလေ့ ရှိပေမဲ့ NC (or) RC ရဘို့ ကတော့ သက်ဆိုင်ရာ Frequency တစ်ခုချင်း ကိုတိုင်းပြီး NC Chart (or) RC Chart ပေါ်ပြန် တင်ကြည့် ရပါတယ်။

- **dBA**
  - dBA ကို အဆောက်အအုံ ရဲ့ အပြင်ဘက် နဲ့ အတွင်းပိုင်း အကြားအာရုံ မထိခိုက် စေနိုင်ဘို့ နဲ့ ဆူညံမှု ကိုထိန်းချုပ် ဘို့ အသုံးပြုပါတယ်။ ပတ်ဝန်းကျင် ဆူညံမှု ထိန်းသိမ်းဘို့ Site Boundary Noise Level ကို လည်း dBA နဲ့သတ်မှတ် လေ့ရှိ ပါတယ်။
  - (OSHA) Occupational noise exposure. - 1910.95 ကိုလေ့လာ ကြည့်မယ် ဆိုရင် TABLE G-16 - PERMISSIBLE NOISE EXPOSURES (1)

Duration per day, hours	Sound level dBA slow response	Remark
8	90	
6	92	
4	95	
3	97	
2	100	
1.5	102	
1	105	
1/2	110	
1/4 or less	115	

  - အဆောက်အအုံ ရဲ့ အတွင်းပိုင်း မှာ သိပ်ဆူညံ လွန်းတဲ့ အခန်းတွေ ကို ပဲ dBA 80 ထားလို့ရပါမယ်။ ပုံမှန် MEP Equipment Room တွေကို dBA 70 မကျော် အောင် Control လုပ်သင့်ပြီး Carpark လိုနေရာမျိုးမှာ dBA 55 လောက် ကန့်သတ် ထားသင့်ပါတယ်။
- Noise Criteria (**NC**)

  NC က အဆောက်အအုံ ရဲ့ အတွင်းပိုင်း အတွက် အဓိက အသုံးပြု တာပါ။ **RC** ကလည်း **NC** နဲ့ ခပ်ဆင်ဆင် ပါ။ **RC** က Low Frequency Noise ကိုထည့်သွင်း စဉ်းစားတာ ပါ။

NC Level	Description
NC20-NC30	For Sleeping, Resting, Relaxing

	Bedrooms, Sleeping Quarters, Hospitals, Residences, Apartments, Hotels Motels, **For Very Good Listening Conditions** Auditoriums, Theaters, Large Meeting Rooms, Large Conference Rooms, Base Communication Centers, Churches Chapels, etc.
NC30-NC35	**For Good Listening Condition** Private Offices, Small Conference Rooms, Classrooms, Libraries, etc.
NC35-NC40	**For Fair Listening Conditions** Large Offices, Reception Areas, PX, Retail Shops and Stores, Cafeterias, Restaurants, etc.
NC40-NC50	**For Moderately Fair Listening Conditions** Lobbies, Laboratory Work Space, Drafting & Engineering Rooms, Maintenance Shops such as for electrical equipment, etc.
NC45-NC65	**For minimum acceptable speech communication, no risk of hearing damage** Kitchens, Laundries, Shops, Garages, Machinery Spaces, Power Plant Control Rooms, etc.

- ဒီ Acoustic Criteria တွေက အနည်းငယ် ရှုပ်ထွေးတာ မို့ နောက် သီးသန့် ထပ်မံဖော်ပြပေးပါမယ်။

i. **Special Considerations**

- ဆေးရုံ၊ ကွန်ပြူတာ ခန်း၊ laboratories (ဓာတ်ခွဲခန်း) တွေရဲ့ လိုအပ်ချက် က လူတွေသက်တောင့်သက်သာ ရှိမဲ့ အခြေအနေ နဲ့ ခြားနား နိုင်ပါတယ်။
- ဒီအခန်းတွေရဲ့ အချို့နေရာ တွေမှာ ပိုမို သင့်တော်တဲ့ အခြေအနေ ကို ဖန်တီး ပေးနိုင်ဘို့ လိုအပ်ကောင်း လိုအပ် ပါလိမ့်မယ်။
- ဥပမာ။ ။ Printing Paper တွေဟာ RH 50% အထက်မှာ Equilibrium ရဘို့ခက်ခဲ တာမို့ Printing & Drafting Rooms (ပုံနှိပ်စက် အခန်းတွေ) ကို ဒီဇိုင်း လုပ်တဲ့အခါ RH 50% မကျော်ဘို့ သတိထား ရပါလိမ့်မယ်။

j. **Others** (အခြားလိုအပ်ချက် များ။)

- Adequate lighting (အလင်းရောင် လုံလောက်မှု။)
- Proper furniture and work surfaces (သင့်လျော် သော ပရိဘောဂ)
- Spatial (သင့်တင့် လျောက်ပတ်သော နေရာ အထားအသို။)
- Building Integrity (အဆောက် အအုံ တောင့်တင်းခိုင်မာ ပြီး လုံခြုံစိတ်ချ ရတယ် လို့ ခံစား နိုင်ဘို့။)

ဒီအချက်တွေက လည်း Air Conditioning System နဲ့ အထိုက်အလျောက် ဆက်သွယ်မှု ရှိနေတတ်ပါတယ်။ ဥပမာ။ ။ Lighting နဲ့ Air-Con Diffuser Location

1. **Industrial Applications**

. **အထွေထွေ လိုအပ်ချက်**

- အသုံးပြုမဲ့ Process နဲ့ Product ရဲ့လိုအပ်ချက် ကိုလိုက်ပြီး အပူအအေး၊ စိုထိုင်းဆ နဲ့ သန့်စင်မှု လိုအပ်ချက် တွေကို Owner နဲ့ သဘောတူညီ ချက်ရယူ ဘို့လိုအပ်ပါ တယ်။ ဒီလိုအပ်ချက်တွေ နဲ့

အလုပ်လုပ်သူတွေ သက်တောင့်သက်သာ ရှိစေဘို့ ကြား မျှမျှတတ လုပ်နိုင်ရင် ပစ္စည်းရဲ့ အရည်အသွေး နဲ့ ကုန်ထုတ်လုပ်မှု စရိတ် ကို သက်သာစေမှာဖြစ်ပါတယ်။

- အလုပ်သမား တွေ Temperature နဲ့ Humidity ဒဏ်ကြောင့် အလွန်ပင်ပန်းနွမ်းနယ် ရတာ မဖြစ်ဘူးစေ တဲ့ ပတ်ဝန်းကျင် ကို ဖန်တီးပေး နိုင်ရင် သူတို့ရဲ့ စွမ်းဆောင်ရည် တောက်လျှောက် ပိုကောင်း လာမှာ ဖြစ်ပြီး အလုပ်သမား တွေရဲ့ စိတ်ဓာတ် ကို မြှင့်တင်ပေး နိုင်ရုံမက၊ အလုပ်ကို ပေါ်မလာ တတ်တဲ့ ပြဿနာကို လည်း လျော့ကျစေမှာ ဖြစ်ပါတယ်။

i. **Process and Product Requirements**

- ထုတ်လုပ်မဲ့ Product ပစ္စည်းအမျိုးအစား နဲ့ Process လုပ်ငန်း အဆင့်ဆင့် အတွက် လိုအပ်ချက် တွေ ကို လေ့လာကြည့်ရင် တွေ့ရမဲ့ အချက်တွေ ကတော့
  - Rate of Chemical Reaction
  - Rate of Crystallization
  - Rate of Biochemical Reaction
  - Product Accuracy and Uniformity
  - Product Formability
  - Moisture Regain
  - Corrosion, Rust and Abrasion
  - Air Cleanliness
  - Static Electricity
- ဒီလိုအပ်ချက် တွေပေါ် မူတည်ပြီး ညှိနှိုင်းသတ်မှတ် ရမဲ့ အချက်တွေကတော့
  - Temperature
  - Relative Humidity
  - Pressure Cascading / Air Flow Direction
  - Air Cleanliness & Air Flowrate
  - Process Exhausts
  - Noise & Vibration

ii. ဒီလိုအပ်ချက် တွေကို ပုံမှန် အားဖြင့် Client ကပေးလေ့ရှိ ပါတယ်။ သူတို့ Process ကို သူတို့ ပိုနားလည် တာမို့ပါ။ ဒါပေမဲ့ လိုအပ်ချက် ကိုဖြည့်နိုင် မဖြည့်နိုင် ဆိုတာ ကတော့ HVAC Engineer က သေချာစစ်ဆေး တွက်ချက် ကြည့်ရမှာ ဖြစ်ပါတယ်။

iii. **Room Temperature & Humidity Control**

- များသောအားဖြင့် Space Average နဲ့ At any point of the Space (Room) ကို သတိထား ရပါမယ်။ သတ်မှတ်ချက် မရှိရင် Space Average အနေနဲ့ စဉ်းစားကြောင်း စောစောထဲ က Clarify (သေချာရှင်းပြ) ထားရပါမယ်။ ဥပမာ။
  - Space Average: (e.g. 20±1.1 °C / 50±5 %RH)
  - At any point of the Space (Room): (e.g. 20±2 °C / 50±10 %RH)

iv. **Pressure Cascading / Air Flow Direction**

- လိုအပ်တဲ့ Air Flow Direction ရဘို့ စဉ်းစားရပါတယ်။
  - ပိုသန့်ဘို့ တယ် လို့ သတ်မှတ်တဲ့ အခန်း ကနေ ပဲ သူ့လောက် မသန့် တဲ့ အခန်းကို ပဲ လေစီးဘို့။
  - အန္တရာယ် ရှိနိုင်တဲ့ အခန်း ကလေ တွေ အပြင်ထွက်မလာဘို့။
- ဒီလို လုပ်နိုင်ဘို့ အတွက် အရေးကြီး တာ က အခန်း Pressure Level ထိန်းနိုင်ဘို့ပါ။ Differential Pressure လုံလုံလောက်လောက် ရှိပြီး Leakage ဖြစ်ဘို့ လိုသလောက် ကို Air Flow အပိုပေးနိုင်ဘို့ လိုပါတယ်။ ဒီနေရာ မှာ တစ်ခု သတိထားဘို့ က Circulation Air Flowrat ထက် အခန်းရဲ့ အရွယ် နဲ့ လိုက်ပြီး Surplus Air {= Supply – (Return + Exhausts)} က Leakage

ဖြစ်ဘို့ လိုတဲ့ ပမာဏ ကို ရဘို့ပါ။ ဒီ Surplus Air ရဲ့ Flowrate (Air Change / h) အနည်းအများ က Pressure Cascading အတွက် အရေးပါပါတယ်။

v. **Air Cleanliness & Air Flowrate**
   - အခန်းလေ ရဲ့ Air Cleanliness (သန့်ရှင်းမှု) လိုအပ်ချက် က လည်း အရေးပါပါတယ်။ ထုတ်လုပ်မဲ့ ပစ္စည်း အနစ်တ်လေ လေသန့်ရှင်းမှု လိုအပ်လေ ဖြစ်ပါတယ်။ ဒါတွေ နဲ့ ပတ်သက်တဲ့ Cleanroom တွေ အကြောင်း ကြုံတဲ့ အခါ တင်ပြပေးပါ အုံးမယ်။ ပါဝင် နေနိုင်တဲ့ Dust particles, Bacteria, Spores, Pollen နဲ့ Radio-active particles တွေ က ထုတ်လုပ် မဲ့ Product အပေါ် ဆိုးကျိုးပေးနိုင်ပါတယ်။
   - အမှုန်အမွှား တွေ လိုအပ်ချက် အတိုင်း ကင်းစင် စေဘို့ အတွက် က Air Filtration (လေကို စစ်ခြင်း) နဲ့ Air Change Flowrate (လေ လဲ တဲ့ နှုန်း) ကို ထိန်းညှိပေး ရပါတယ်။ ဒါကြောင့် Air flowrate (times/h) ဘယ်နှုန်း နဲ့ လုပ်ရမယ် ဆိုတဲ့ သတ်မှတ်ချက် လည်း ပါတတ်ပါတယ်။ Cleanroom တွေမှာ ဒီအချက်က ပိုပြီး အရေးပါ ပါတယ်။

vi. **Process Exhausts**
   - ကုန်ထုတ်တဲ့ ပစ္စည်းပေါ် လိုက်လို့ ရေငွေ့ တွေ၊ ရေနွေးငွေ့ တွေ၊ အပူတွေ၊ အက်ဆစ်တွေ၊ အယ်ကာလိုင်းတွေ၊ Chemical တွေထုတ် လွှတ်နိုင်တဲ့ အခြေအနေ ရှိပါတယ်။
   - ရေငွေ့တွေ ရေနွေးငွေ့တွေ၊ အပူတွေ လက်ခံနိုင်တာထက် ပိုပြီး အခန်းထဲ ရောက်လာရင် Air Conditioning System အပေါ် ထိခိုက်စေရုံ မက အခန်းရဲ့ Room Condition Control ကိုထိခိုက်စေမှာ ဖြစ်သလို Acid, Alkaline, Chemical တွေ အခန်းထဲ ရောက်လာရင် လည်း ပြဿနာ ပေါင်းစုံ ပေးပါလိမ့်မယ်။ ဒီ ပြဿနာ တွေ ကို ဖြေရှင်းနိုင်ဘို့ ကတော့ Equipment Local Exhaust တွေထည့်ပေးဘို့ ပါ။ လေထဲ ကိုထုတ်လွှတ်ဘို့ သင့်တော်တဲ့ အခြေအနေ မရှိရင် သင့်တော်တဲ့ အခြေအနေ ရဘို့ Scrubber ကို Install လုပ်ပြီး Treatment လုပ်ပေးရပါမယ်။

vii. **Noise & Vibration**
   - အထဲမှာ အလုပ်လုပ်ရမဲ့ Employee တွေကို အကာအကွယ် ပေးနိုင် ဘို့ အတွက် Noise Control က အရေးကြီးပါတယ်။
   - စက် ပစ္စည်းတွေ ရဲ့ Accuracy က အရေးပါတာ နဲ့ အမျှ သင့်တော်တဲ့ Vibration Criteria တွေလည်း ပါလာ နိုင်ပါတယ်။

VI. Introduction to Design Process

- Construction Phases (အဆောက်အအုံ ဆောက်လုပ် သုံးစွဲ ဘို့ အတွက် လုပ်ငန်းစဉ် တွေ) ကတော့
  - Design (ဒီဇိုင်း)
  - Construction (ဆောက်လုပ်)
  - Operation & Maintenance (လည်ပတ်၊ ထိန်းသိမ်း)
- Project Team ထဲ မှာ ပါဝင်တာ တွေ ကတော့
  - Owner / Client / Developer
  - Code Enforcement Officials / Authority
  - Designers (Architects & Engineers)
  - Construction Team

  တွေဖြစ်ကြပါတယ်။ ဆောက်လို့ ပြီးသွားတဲ့ အခါမှာ Operation & Maintenance Team က ဆက်လက်ထိန်းသိမ်း လည်ပတ် သွားပါလိမ့်မယ်။

- ဒီ O&M Period အစပိုင်း Contractor တွေနဲ့ Equipment Manufacturers တွေ မှာလည်း တာဝန်ယူ ရတဲ့ အပိုင်းအချို့ ရှိပါတယ်။ Contractors တွေတာဝန် ယူရတဲ့ Defect Liability Period ရှိသလို Equipment Manufacturers တွေ ကတော့ Warranty နဲ့ ပတ်သက်တဲ့ ကြိုတင် သဘောတူထားတဲ့ တာဝန် တွေယူရပါတယ်။
- ဒီမှာ အဓိက ပြောရမှာ ကတော့ Design Team အကြောင်းပါ။ Design Team မှာ အဓိက ပါဝင်တာတွေ ကတော့

- Architects
- Structural Engineers
- Mechanical Engineers
- Electrical Engineers

တို့ဖြစ်ကြပါတယ်။

- အများအားဖြင့် Architects က ဦးဆောင် ပြီး Design Coordination လုပ် ပါတယ်။ Owner's Requirements နဲ့ ကိုက်ညီမဲ့ လိုချင်တဲ့ ပုံစံရအောင် အကြမ်းဆွဲ လိုက် Present လုပ်လိုက်၊ MEP Engineers တွေနဲ့ လည်း Coordinate လုပ်လိုက်၊ ဂျာအေး သူ့အမေရိုက်တဲ့ ကိစ္စ လို အထပ်ထပ် အခါခါ လုပ်ရပါတယ်။
- တစ်ပြိုင်တည်းမှာ ပဲ MEP Engineer တွေ ကလည်း ဒီ အကြမ်းထည်ပေါ် မူတည်ပြီး Load နဲ့ Capacity ကို အကြမ်း ခန့်မှန်း ပြီးတော့ လိုအပ်တဲ့ Equipment & Combination စစ်ပြီး သင့်တော်တဲ့ နေရာ တောင်းရပါတယ်။ Mechanical Engineer က ကိုယ့် Equipments အတွက်လိုအပ် မဲ့ ပါဝါ နဲ့ Control Panel ခန့်မှန်းချေ ကို Electrical Engineer ကိုပေးရပါတယ်။ MEP Engineer တွေက ကိုယ့် Equipments အတွက်လိုအပ် တဲ့ Structural Support နဲ့ Structural Loading ကို Structural Engineer ကိုပေးရပါတယ်။ ဒီကိစ္စတွေ အားလုံးက လည်း ဂျာအေးသူ့အမေရိုက်သလို ပါပဲ။
  - Owner က Comment ပေးလိုက် Architects ကပြင်လိုက်၊
  - ပြီးရင် MEP က စစ်လိုက်၊ Architects ကို ပေးလိုက်
  - Owner က စိတ် ပြောင်းသွားလိုက်။ တစ်ကပြန်စ လိုက်။ ဘယ်နှစ်ကြိမ် ဘယ်နှစ်ခါ မှန်းမသိ။
  - ဒီလို နဲ့ ဒီဇိုင်းပြီးသွားရင် တောင်မှ Owner's Budget အတွင်း မဝင်ရင် အကြိမ်ကြိမ် ပြန်စရပါသေးတယ်။

VII. HVAC Design Process

- Design Parameters

  ဒီဇိုင်းအတွက် လိုအပ်တဲ့ Parameter တွေကတော့
  - Outdoor Environmental Conditions
  - Desired Indoor Environmental Conditions
  - Cooling (or) Heating Loads
  - Available Control Systems
  - Available Mechanical Components
  - Building Constraints

  ဒီ လိုအပ်ချက် တွေ၊ ရနိုင်တာ တွေ ပေါ် မူတည်ပြီး သုံးစွဲ မဲ့ စနစ်တွေ ကို ရွေးချယ် ရပါတယ်။ ဒီလို ရွေးချယ်တဲ့ အခါ သင့်တော်မှု၊ စိတ်ချရမှု၊ တွက်ချေကိုက် မှု၊ တတ်နိုင်မှု တွေ ကိုပါ ထည့်သွင်းစဉ်းစား ပြီး ရနိုင်တဲ့ အချိန် သတ်မှတ်ချက် အတွင်း မှ အကောင်းဆုံး အဖြေ တစ်ခု ရအောင် တွက်ချက်၊ စဉ်းစား၊ လေ့လာ၊ ဆင်ခြင်၊ စစ်ဆေး တာတွေ လုပ်ရပါတယ်။

- Design Phases

  ဒီဇိုင်း လုပ်ငန်းစဉ် အဆင့်ဆင့် အရ ပြီးမြောက် မှုတွေ ကို Design Phases တွေ နဲ့သတ်မှတ်ပါတယ်။ Designer ရဲ့တာဝန် က Design ပြီးရုံမှာတင် ရပ်သွားလေ့ မရှိပါဘူး။ Design လုပ်ထားတဲ့ အတိုင်း လက်တွေ့ အကောင်အထည် ပေါ်လာစေဘို့ နဲ့ ပေါ်ပေါက်လာနိုင်တဲ့ အမှားအချို့ နဲ့ အခက်အခဲ တွေ ကို ကူညီ ဖြေရှင်းပေး နိုင်ဘို့ အတွက် ဆက်ရတဲ့ တာဝန်တွေ လည်းရှိပါသေးတယ်။

  0. Program Phase
  1. Schematic Design
  2. Preliminary Design
  3. Detail Design Development (For Tender / Construction)

4. Post Design Phase
5. Commissioning Phase
6. Post Occupancy Services

VIII.

0. Program Phase
    - Mechanical Engineer က HVAC Systems တွေ ကို ဒီဇိုင်း မလုပ် ရသေး ခင် Total Building Program အစီအစဉ် ချပြီးနေ ဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။ လိုအပ်တဲ့ နေရာ အရွယ်အစား၊ ကုန်ကျမဲ့ Construction Budget
    - အာဏာပိုင် အဖွဲ့ အစည်းတွေ ကို တင်ပြ ဘို့ Conceptual Drawings of the Building Size and Shape နဲ့ Utility Companies တွေ နဲ့ ညှိနှိုင်း မှုတွေ ပါဝင်ပါတယ်။ ဒါတွေသာ မက
        - ဒီ အဆောက်အအုံ ကို လက်ရှိ နဲ့ အနာဂတ် မှာ ဘယ်လို သုံးမယ် ဆိုတဲ့ Client's Objective and Strategies တွေ ပါဝင်ဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။ ဒါတွေကတော့ Single or Multiple-Family Dwelling, High-rise condominium or Apartments, Hotel, Office, Commercial, Industrial, Educational, Athletic, Factory or other Facility စသည်ဖြင့် ပေါ့။
        - Site ရဲ့ တည်ရှိရာ၊ Access Means (အဝင်အထွက် လုပ်ဘို့ လမ်းကြောင်းများ)၊ နဲ့ အတူ သက်ဆိုင်တဲ့ Building Codes/ Regulations တွေ။
        - အဆောက်အအုံ ရဲ့ အမြင့်၊ အထပ် အရေအတွက်၊ အထဲမှာ ပါတဲ့ Internal transportations တွေ၊ Roof and Wall Material ပစ္စည်းတွေ နဲ့ နေရောင် (အလင်းရောင်) အတွက် Type and amount of fenestration တွေ
        - Owner's Capital costs and Operation Cost Budgets
        - နေထိုင်သုံးစွဲ သူတွေ နဲ့ ဧည့်သည်တွေ ရဲ့ အရေအတွက် နဲ့ သုံးစွဲ ပုံစံ တွေ ဖြစ်တဲ့ the number, distribution, and occupancy patterns of permanent occupants and visitors
        - Conceptual Architectural Drawings.

      တွေ လည်း အနည်းဆုံး ပါဝင် ရပါမယ်။

    - ဒီအထဲ က အချက် တွေ မရသေးရင် Mechanical (or HVAC) Engineer အနေနဲ့ အမြန်ဆုံး ရနိုင်အောင် ကြိုးစား ရမှာ ဖြစ်ပါတယ်။Mechanical Engineer အနေနဲ့ ကတော့ လိုအပ်တဲ့ Environmental အချက်အလက် တွေ ကို စဉ်းစား ထားရပါလိမ့်မယ်။
        - Outdoor Environmental / Weather Condition (from ASHRAE (or) from Local Metrological Data)
        - Heating and Cooling Degree-Hours
        - Surface and subsurface site condition (such as Type of soil, water table, and rock levels)
        - Applicable Building Regulations and Codes
        - Infrastructure for Utilities such as Electricity, Gas and other fuels (availability, capacity, tariffs)
    - အဆောက်အအုံ ရဲ့ အတွင်းပိုင်း အတွက် ထိန်းသိမ်း ဘို့ လိုအပ်တဲ့ အချက်တွေ ကို သတ်မှတ်တဲ့ အခါ
        - အသုံးပြု တဲ့ အချိန်၊ မသုံးတဲ့ အချိန်တွေ အတွက် ထိန်းသိမ်းပေး ရမဲ့ Dry Bulb Temperature and RH (or Wet bulb Temperature)
            - Daytime Occupied Hour
            - Nighttime Occupied Hour
            - Unoccupied Hour
        - Ventilation Requirements
        - Indoor Air Quality Requirements

- Any special conditions
- Heavy Internal Equipments Loads
- Noise and Vibration Controlled Area and Criteria
- Humidity Limits
- Redundancy for Life Safety and Security

အထက်က ဖော်ပြထားတဲ့ အချက် တွေ အတွက် လက်ခံ နိုင်မဲ့ Acceptable Limits (Tolerance) ဘောင်ကို လည်း တစ်ပါတည်း သတ်မှတ် ပေးရမှာ ဖြစ်ပါတယ်။

- နေရာ အလိုက် အသုံးပြုမဲ့ Function Use for each area က နေရာတစ်ခုစီ အတွက် သင့်တော်တဲ့ HVAC System and Control Systems တွေ ရွေးချယ် ဘို့ အတွက် မရှိမဖြစ် အရေးပါပါတယ်။ ရွေးချယ်ထားတဲ့ HVAC Systems တွေရဲ့ Capabilities (စွမ်းဆောင်နိုင်ရည်များ၊) ကို Indoor Environmental Requirments တွေ နဲ့ နှိုင်းယှဉ် ဆန်းစစ် ရတာမို့ပါ။ ဥပမာ အချို့အခန်းတွေ က Humidity Control လိုအပ်ပြီး အချို့အခန်းတွေ ကမလိုအပ်ပါဘူး။ အချို့နေရာ တွေက Air-Conditioning လိုအပ်ပြီး အချို့နေရာ တွေ ကတော့ Mechanical / Natural Ventilation လိုအပ်ပါတယ်။ Direct Radiant Heating တစ်ခုထဲ ပေးတဲ့ အခါ Humidification, Ventilation နဲ့ Cooling မပေးနိုင်ပါဘူး။ ဒါကြောင့် လိုအပ်ချက် တွေပြည့်စုံ ဘို့ Equipments တွေ ကိုသင့်တော်သလို ပေါင်းစပ် ရွေးချယ်ပေးရပါတယ်။

1. Schematic Design
   - The Schematic design အဆင့် မှာတော့ သင့်တော်တဲ့ စနစ် နဲ့ စက်ပစ္စည်း အတွဲတွေ ကို ရွေးချယ် ဘို့ နဲ့ နှိုင်းယှဉ် ကြည့်ဘို့ တွေ ပါဝင် လာပါတယ်။ စနစ်အားလုံး က နေရာအလိုက် လိုအပ်တဲ့ Environmental conditions တွေ ကို ထိန်းသိမ်းပေးနိုင် ဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။ လုံလောက်တဲ့ Thermal Zoning ရဘို့ ကလည်း mandatory (လုပ်ကိုလုပ်ရမဲ့) လိုအပ်ချက် ပါ။ ရွေးချယ်ထားတဲ့ စနစ် အတွဲ တွေ ကို စိစစ်ရွေးချယ်တဲ့ အခါ စဉ်းစားရမှာ တွေကတော့
     - နေရာ လိုအပ်ချက် (Equipments, ducts, and piping)
     - Fuel and/or electrical usage and thermal storage requirements
     - The initial cost and operating costs
     - The acoustic requirements
     - The compatibility with the building plan and structural system
     - The effects on indoor air quality, illumination, noise and vibration
     - Energy Code Impact
   - ဒီအဆင့် ရဲ့ အစပိုင်းတွေ မှာ Glazed Area (မှန်ချပ်) တွေ၊ Heavy Lighting တွေ နဲ့ အခြား Internal loads တွေရဲ့ HVAC system requirements အပေါ် အကျိုးသက်ရောက်မှု တွေ၊ Aesthetics နဲ့ Acoustic Controls တွေ ကိုထည့်သွင်း စဉ်းစားပြီး Mechanical Equipments အကြီးစားတွေ ဘယ်မှာထား သင့်တယ်ဆိုတာ တွေ ကို အမေးခံ ရပါလိမ့်မယ်။
   - ရနိုင်တဲ့ အချက်အလက်တွေ ပေါ် မူတည်ပြီး Mechanical Engineer အနေနဲ့ Calculation တွေ ကို ပေးရဘို့ လည်း လိုအပ် နိုင်ပါတယ်။ လက် နဲ့ပဲ တွက်တွက်၊ ကွန်ပြူတာ နဲ့ပဲ တွက်တွက်၊ အရင် လုပ်ဘူးတဲ့ ဆင်တူ Projects တွေ က Data အချက်အလက် တွေ ကို မှီငြမ်း ပြီး ပဲဖြစ်ဖြစ် ပေးလို့ ရပါတယ်။ ဒီအထဲ က Criteria အချို့ ကို အောက်မှာ ဖော်ပြထားပါတယ်။ ဒါနဲ့ပတ်သက် တဲ့ Criteria နဲ့ Cooling Load Check Factor ကို ASHRAE Pocket Handbook မှာ ဆက်လက်လေ့လာ နိုင်ပါတယ်။
     - **Office Building (Average)**

Occupancy	10	m^2/person
Lighting (includes Power)	65	W/m^2

(Lighting 15 W/m² + Power 50 W/m²)		
Avg Refrigeration Load	7.4	m² /kW

- **Supply Air Rate**

*E, S & W	8	(l/s) /m²
*North	7	(l/s) /m²
Internal	5	(l/s) /m²
Fresh Air Supply Rate	10	(l/s) / person

- * For Northern Hemisphere

- [**စကားချပ်**။ ။ HVAC Engineer တွေ အတွက် **ASHRAE Pocket Handbook** က အရမ်းအသုံး တဲ့ ပါတယ်။ သေးသေး နဲ့ အချက်အလက် စုံစုံ လင်လင် ပါဝင်တာ မို့ပါ။ ဒီအချက် အလက် တွေ ကိုပြန် Verify လုပ်ဘို့ နဲ့ အမှားပြင်ဆင်ချက် Errata တွေ ကို လည်း ရံဖန်ရံခါ သွားရောက် ကြည့်ရှု ဘို့ တော့ လိုအပ်ပါတယ်။ ဒီစာအုပ် က Copy ကူးဘို့ အဆင်ပြေတဲ့ စာအုပ်မျိုး တော့ မဟုတ်ပါဘူး။ ဒါပေမဲ့ အပိုင်ဝယ်သုံး ဘို့ တော့ အမှန်တကယ် သင့်တော် တဲ့ စာအုပ် ပါ။ ASHRAE Onlne Publication Store မှာ ဝယ်ယူနိုင်ပါတယ်။
  ]
- Architectural Load နဲ့ Internal Loads တွေကို သင့်တော်သလောက် သတ်မှတ် နိုင်မယ်ဆို ရင် Weather Data တွေ ကို မှီငြမ်း ပြီး Peak Load နဲ့ Rough Energy calculation တွေ ကို ဒီအဆင့် မှာ ပြင်ဆင် နိုင်ပါတယ်။ ဒီ Load တွေ က Preliminary ဖြစ်ပြီး Design Process တစ်လျှောက် မှာ အပြောင်းအလဲ ရှိအုံး မယ် ဆိုပေမဲ့ စနစ်တွေ ရွေးချယ် နှိုင်းယှဉ် ဘို့ အတွက် ကတော့ လုံလောက်ပါတယ်။ Systems အားလုံး ကို ဒီ Same Load လိုအပ်ချက် ကို ဖြည့်ဆီးပေးနိုင်ဘို့ တစ်ပြေးညီ ရွေးချယ် နိုင်တာ မို့ ပါ။
- လုပ်ငန်း အတွေ့အကြုံ ရလာတာ နဲ့ အတူ ဒီ Loads တွေ ရဲ့ အတိုင်းအဆ magnitude ကို အရမ်းအားစိုက် တွက် စရာ မလိုပဲ အနီးစပ်ဆုံး ခန့်မှန်းလာ နိုင် ပါလိမ့်မယ်။
- ဒီအဆင့် မှာ မှီငြမ်းစရာ တွေ ကတော့ Design Manuals တွေ၊ Textbooks တွေ၊ Equipment Literature တွေ နဲ့ Existing Installations တွေဖြစ်ကြပါတယ်။ Structure နဲ့ ကိုက်ညီတဲ့ လိုအပ်တဲ့ Environment ကိုလည်းပေးနိုင်တဲ့ စနစ် အချို့ ပဲ ဒီအဆင့် မှာ ဇကာတင် ကျန်ခဲ့ ပါလိမ့်မယ်။
- Client က Request လုပ်ခဲ့မယ်။ Architectural detail ကလည်း လုံလုံလောက်လောက် ရှိနေပြီ၊ Mechanical Engineer's Fee ကလည်း ရဘို့သေချာ သလောက်ရှိ နေပြီ ဆိုရင်တော့ ရွေးချယ်ထားတဲ့ HVAC Systems တွေ ရဲ့ capital cost, operating costs and performance တွေ ကို ပိုအသေးစိတ် နှိုင်းယှဉ်ပြ နိုင်ပါတယ်။ Systems တစ်ခု ကို Base ထားပြီး အခြား Systems တွေကို ဒီ Base နဲ့ နှိုင်းယှဉ် ဘို့ပါ။ ဒီလို Analysis လုပ်နိုင်ဘို့ လိုအပ်တဲ့ အဆင့်တွေ ကတော့
  0. Estimate Probable Capital Costs: အကျယ်အဝန်း ခန့်မှန်းခြေ၊ အကြမ်းရွေးထားတဲ့ Equipments တွေ နဲ့ အကြမ်းဆွဲ ထားတဲ့ Sketches တွေ၊ Layout တွေ နဲ့ အတူ အောက်မှာ ဖော်ပြထားတဲ့ နည်းတစ်ခုခု ကိုသုံးပြီး ပထမ ရင်းနှီးမြှုပ်နှံရန် ကုန်ကျငွေ ခန့်မှန်း ပေးရပါမယ်။
     - Cost estimating manuals တွေ
     - မကြာသေးခင် က ပြီးခဲ့ တဲ့ ဆင်တူ Projects (Technical journals တော်တော်များများ မှာ ဒီအချက်အလက်တွေ ပါလေ့ရှိပါတယ်။)
     - QS / Contractor
     - လုပ်ငန်း အတွေ့အကြုံ ရှိတဲ့ Design Engineers တွေ

1. ရနိုင်တဲ့ Energy Source နဲ့ ယူနစ် ရဲ့ cost (မီတာကြေး) ကို လက်ရှိအတွက် ရော ရှေ့ဖြစ်နိုင်ချေ ကိုရော ချင့်ချိန်ပြီး Estimate တွက်ချက်ရပါမယ်။ Local utility tariffs, energy charges, demand charges တွေ နဲ့ ရနိုင်ရင် off-peak ကိုပါ စုံစမ်းလေ့လာ ထားရပါမယ်။
2. Systems တစ်ခုစီမှာ ပါတဲ့ subsystem တွေရဲ့ hourly operating cost နဲ့ no. of operating hour ကို တွက်ချက် ရပါမယ်။ manually ပဲဖြစ်ဖြစ်, spread sheet နဲ့ပဲ တွက်တွက်၊ energy analysis software တွေကိုပဲသုံးသုံး၊ equipment manufacturer ရဲ့ program နဲ့ပဲရှာရှာ ရပါတယ်။ အဆောက်အအုံ ရဲ့ တစ်ရက်ကို ဘယ်နနာရီ Operate လုပ်မှာလဲ ဆိုတာကို လည်း ဒီအဆင့် မှာ သိသင့်ပါတယ်။ (ဥပမာ၊ ရုံးခန်း ၁၂ နာရီ။ ဟိုတယ် ၂၄ နာရီ။ စက်ရုံ - လိုအပ်ချက် အရ) ဆိုတာနဲ့ တစ်နာရီ။ စသည်ဖြင့်ပေါ့။
3. Local tariffs (မီတာခ နှုန်းထား) ကို သုံးပြီး လစဉ် ကုန်ကျမဲ့ Utility တွေကိုတွက် ပြီး တစ်နှစ်စာ ရအောင် ပေါင်းရပါမယ်။
4. Owner အတွက် လိုအပ်လို့ ရှိရင် နှိုင်းယှဉ်ကြည့် နိုင်ဘို့ Comparative Life-cycle cost analysis ဒါမှမဟုတ် အခြားComparative cost analysis ကို လုပ်ပေးရပါမယ်။

- o တစ်ခု သတိထားရမှာ ကတော့ Equipment တစ်ခုရဲ့ Annual Efficiency က သူ့ရဲ့ Full-load efficiency နဲ့ မတူဘူး ဆိုတာပါပဲ။
- o Schematic Design Phase ပြီးသွားတဲ့ အချိန်မှာ Owner (or) Architect ကို HVAC system selections နဲ့ ပတ်သက်တဲ့ recommendation ပေးရပါမယ်။ အများအားဖြင့် Engineer ရဲ့ Reasoning ခိုင်မာတယ်၊ Client's Objective ကိုလည်း ထင်ဟပ်တယ် ဆိုရင် ဒီ recommendations ကိုလက်ခံ အတည်ပြု ပေးကြပါလိမ့်မယ်။
- o Owner မှာလည်း အခြား approach ကို ရွေးချယ်ပိုင်ခွင့်၊ အခွင့်အရေး ရှိပါတယ်။ Owner ရဲ့ Decision-weighting factors လို့ခေါ်တဲ့ ဆုံးဖြတ်ချက် ချတဲ့ အချိန်မှာ Owner သုံးတဲ့ ဦးစားပေးရမဲ့ အချက်တွေ က design team နဲ့ ကွဲပြားခြားနား တဲ့ အခါ ဒီလို ဖြစ်နိုင်ပါတယ်။ စိတ်မကောင်း စရာ ကတော့ ဒီ အချက်အလက် တွေ မှာ မကြာခန Life-cycle performance အစား low first cost ကိုရွေးချယ် တာမျိုးတွေ ပါဝင်နေတာ မျိုးပါ။
- o Design Decisions နဲ့ပတ်သက်တဲ့ Clear Documentation ရှိသင့်ပါတယ်။ Designer's Proposal နဲ့ ကိုက်ညီတာပဲ ဖြစ်ဖြစ်၊ သွေဖယ်၊ခြားနား တာပဲ ဖြစ်ဖြစ် ပေါ့။

2. **Preliminary Design**

- o HVAC design ကို Preliminary Stage မှာပဲ ရှိနေဆဲ ဖြစ်တဲ့ Architectural and Structural Design တွေ နဲ့ Coordinate လုပ်နိုင်ဘို့ အတွက် Preliminary design ကိုသုံးရပါတယ်။ ရှိနေနိုင်တဲ့ Potential Comflicts တွေ ကို ဖြေရှင်းနိုင်အောင်လို့ပါ။ Mechanical and Electrical Systems တွေနဲ့ Structural, Plan & Building Configurations တွေကို Close Integration (သေသေသပ်သပ် တစ်သားထဲ ပေါင်းစပ်ပေး နိုင်ဘို့ အတွက်) Discipline တစ်ခုစီ က Team members တွေ နဲ့ အခြား သူတွေ အတူတကွ ညှိနှိုင်း ဆောင်ရွက် ကြရမှာ ဖြစ်ပါတယ်။ Architect, Mechanical Engineer, Electrical Engineer, Structural Engineer, Acoustical consultant နဲ့ အခြား သက်ဆိုင်ရာ discipline တွေက team member တွေ ပါဝင်ပါတယ်။
- o ဒီ Phase မှာ Local Building or Energy codes တွေ ကိုလည်း မဖြစ်မနေ ထည့်သွင်း စဉ်းစားရပါ အုံးမယ်။ Glass နဲ့ envelope materials တွေ (သို့) အဆောက်အအုံ ရဲ့ Envelope Heat Loss Limits တွေ ကို ကန့်သတ်မှုတွေ ရှိတတ်တာမို့ပါ။ ဒါ့အပြင် Lightings Load, HVAC Systems and equipments စတာတွေ ကိုလည်း ကန့်သတ် ထားနိုင်ပါတယ်။ ရံဖန်ရံခါ Annual Energy Budgets ကိုတောင် မှ ကန့်သတ် ထားနိုင် ပါသေးတယ်။ တချို့ local authorities တွေ က တွက်ချက်မှု အချို့ ကို သူတို့သတ်မှတ် ထားတဲ့ Computer Program နဲ့တွက်ချက် တင်ပြဘို့ လိုအပ်ချက်လည်း ရှိတတ်ပါတယ်။ Load အတွက်ရော Energy Program အတွက်ပါ Input ပေးရတာ နည်းအောင် လုပ်ထားတဲ့ Computer Program ကိုရွေးချယ်တာ ကောင်းပါတယ်။ လက်ရှိ Computer Program တော်တော်များများ မှာ Load နဲ့ Energy Program နှစ်ခုလုံး အတွက် Inputs တွေကို share သုံးလို့ရပါတယ်။ Architectural Alternatives တွေအတွက် energy

implications တွေ ကို ယှဉ် ကြည့်နိုင်ဘို့ Personal Computer နဲ့ ရိုးရိုးရှင်းရှင်း Simple Calculations တွေ ကို တွက်ချက်နိုင်ပါတယ်။

- Architectural Floor Plans တွေနဲ့ Elevations တွေ ပိုအသေးစိတ် လာတာနဲ့ အတူ structure နဲ့ MEP systems တွေကို လည်း သက်ဆိုင်ရာ Building Codes တွေနဲ့ ကိုက်ညီအောင် ဒီဇိုင်း လုပ်ပြီးတဲ့ နောက် Drawing တွေကို Preliminary Form လို့ခေါ်တဲ့ အကြမ်း ပြင်ဆင် နိုင်ပါပြီ။ Heat Load နဲ့ Ventilation Calculations တွေ ကို လည်း ပြန်စိစစ် ပြီး Air & Water Distributions Systems (Piping & Ducting) တွေ ကို Design လုပ်ပြီး equipments တွေ ကို ရွေးချယ်ရပါတယ်။ System Sizes နဲ့ Capacities တွေကိုတော့ Design Full Load နဲ့ Part Load Conditions တွေနဲ့ သင့်တော်အောင် လျော်ညီစွာ ရွေးချယ်ရပါတယ်။ Designer က Duct Sizes နဲ့ Pipe Sizes တွေကို Manually ပဲဖြစ်ဖြစ် Programs သုံးလို့ပဲ ဖြစ်ဖြစ် ရွေးချယ်နိုင်ပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ ဒီအခြေအနေ မှာ အဓိက ကျတာ ကတော့ Space requirements သိဘို့ နဲ့ cost estimate လုပ်နိုင်ဘို့ system layouts တွေကို develope လုပ်နိုင်ဘို့ ပါပဲ။
- သက်ဆိုင်ရာ Code က လိုအပ်ခဲ့မယ် ဆိုရင်လည်း Detail Energy Studies တွေကို သက်ဆိုင်ရာ Calculations တွေ နဲ့ အတူ ဆောင်ရွက်ပေးရမှာ ဖြစ်ပါတယ်။
- Preliminary Drawings တွေ၊ Outline specifications တွေနဲ့ Cost Estimates တွေကို Owner က အတည်ပြု Approve လုပ်ပြီးတဲ့ အချိန်မှာ Project Scope က သေသေချာချာ သတ်မှတ်ပြီး ဖြစ်ပါတယ်။ ဒါကြောင့် Design Work ရဲ့ Final Phases တွေမှာ minor changes တွေ ကိုပဲ ခွင့်ပြုပါတယ်။

3. Detail Design Development (For Tender / Construction)
   - ဒီအဆင့် Final Design မှာတော့
     - Equipment ကို သတ်သတ်မှတ်မှတ် ရွေးချယ်ခြင်း၊ Model Numbers နဲ့ Sizes၊
     - Duct နဲ့ Piping Systems တွေရယ်၊ Control Strategies တွေ ကိုလည်း အပြီးသတ် Finalized လုပ်ခြင်း၊
     - Owner requirements လိုအပ်ချက်တွေ နဲ့ ကိုက်ညီမှု ရှိ၊ မရှိ final compliance ကို စိစစ်ဆုံးဖြတ် Verification လုပ်ခြင်း။
     - Budget ကို refined လုပ်ခြင်း။ (အရင်က လိုလိုမယ်မယ် ထားထားတဲ့ contingency costs အချို့ ကို လည်း ဖယ်ထုတ် နိုင်ပါပြီ။)
     - Performance နဲ့ cost အတွက် trade-offs လို့ ခေါ်တဲ့ စနစ် တစ်ခုနဲ့ တစ်ခုအကြား အလဲအလှယ် လုပ်ဘို့ လည်း ဒီအခြေအနေ မှာ ဖြစ်နိုင်ပါတယ်။ ဥပမာ Insulation အမျိုးအစား ပြောင်းတာ façade glass မှန်တွေရဲ့ U-value နဲ့ SC-value ပိုကောင်းအောင် လုပ်ခြင်းအားဖြင့် mechanical systems ရဲ့ cost ကို လျော့ကျစေမယ်။ ဒါမှမဟုတ် ပိုပြီးတော့ energy efficient building ဖြစ်အောင် လုပ်နိုင်ခဲ့ မယ် ဆိုရင် ပထမ ဆုံး ရင်းနှီးမြှုပ်နှံ ငွေ (initial investment costs) တိုးလာတာ က လျော့သွားတဲ့ Operating cost နဲ့ ကာမိတယ်။ Payback ရှိတယ် ဆိုရင် လက်ခံနိုင်စရာ ရှိပါတယ်။
   - Construction Documents တွေထဲမှာ ပါဝင်တာတွေ ကတော့
     - Architectural, Structural, Mechanical and Electrical Drawings Complete Sets (အပြည့်အစုံ)
     - Specifications
     - Construction Cost Estimates
     - Energy Code Calculations (လိုအပ်လျင်)
   - Owner ရဲ့ approval ရပြီးရင်တော့
     - သက်ဆိုင်ရာ အစိုးရ အာဏာပိုင် အဖွဲ့အစည်း တွေဆီ လိုအပ်တဲ့ documents တွေကို code review လုပ်ပေးနိုင်ဘို့ တင်ပြရပါမယ်။

- Contractors တွေ firm bidding လုပ်နိုင်ဘို့ documents တွေ ကိုထုတ်ပေးရပါမယ်။

အများအားဖြင့် စျေးအချို့ ဆုံး နဲ့ တာဝန်ယူမဲ့ contractor သော်လည်းကောင်း၊ Onwer ရဲ့ အခြားလိုအပ်ချက်တွေ ဖြစ်တဲ့ schedule (အစီအစဉ် နဲ့ အချိန် သတ်မှတ်ချက်)။ Quality Control (အရည်အသွေးထိန်းသိမ်းမှု)၊ နဲ့ Project Experience (လုပ်ငန်းအတွေ့အကြုံ) အစရှိတာ တွေ ကို အကောင်းဆုံးဖြည့်ဆီးပေးနိုင်မဲ့ အရည်အချင်း ရှိတဲ့ contractor ကိုသော် လည်းကောင်း အလုပ် ကို ပေးအပ်လေ့ရှိပါတယ်။

- Extra Services>(အပိုဝန်ဆောင်မှုများ)
  - ဒီ အဆင့်မှာ ပဲ ဖြစ်ဖြစ်၊ ဆောက်လုပ်ရေး အပြီး မှာပဲ ဖြစ်ဖြစ်၊ Guidance for Optimization of System Operations ကိုပေးနိုင်ဘို့ Additional Computer Simulations တွေ ကို Owner က တောင်းဆို နိုင်ပါတယ်။ Owner ရဲ့ economic decision making လို့ခေါ်တဲ့ စီးပွားရေးဆုံးဖြတ်ချက် တွေ ကို ထိရောက် လွယ်မိုး နိုင်တာမို့ ဒီ analyses တွေ ကို အကောင်းဆုံး ရနိုင်တဲ့ most comprehensive energy simulation တွေသုံးပြီးလုပ်ပေး ရပါမယ်။ ဒီလို Studies လုပ်တာက အသေးစိတ် detail နဲ့ extensive inputs တွေ လိုအပ်ပြီး အများအားဖြင့် ကုန်ကျစရိတ်များပါတယ်။
  - ဒီ အပိုဝန်ဆောင် ပေးရမှု နဲ့ နောက်ဆုံး အချိန်ပိုင်း မှ ပြောင်းတဲ့ last-minute owner-required changes တွေ က HVAC&R Engineer အတွက် additional work တွေကို ဖြစ်စေပါတယ်။ ဒါကြောင့် ဒီ အပို အားထုတ်မှု တွေ အတွက် လည်း သင့်တော်တဲ့ ဝန်ဆောင်ခ ကို HVAC&R ကခံစားသင့်တာ မို့ Owner က ထပ်ဆောင်း ပေးရပါမယ်။

4. Post Design Phase
   - Construction လုပ်နေတဲ့ အချိန် မှာ Designer က commissioning team (ရှိခဲ့ရင်) ပါဝင် ဆောင်ရွက်ရပါတယ်။ ဒါ့အပြင် အခြား တာဝန် အချို့လည်း ရှိပါသေးတယ်။

   - Check shop drawings, material and equipments technical specifications
     - Site ထဲမှာ install မလုပ်ခင် Manufacture / Contractor တွေ Submit လုပ်မှာ တွေ ကတော့၊
       - Equipment Technical Specifications
       - Material Specification
       - Equipment / Material Installation Manuals
       - Installation Details (Equipment, Ducting, piping, etc.),
       - Method Statements (if specified)
       - Shop Drawings
     - Project Site မှာ တကယ့် Installation မစခင် (မတပ်ဆင်မီ) ဒီ တင်ပြချက် တွေ ကို သတ်မှတ်ထားတဲ့ project plans and specifications တွေ နဲ့ ကိုက်ညီမှု ရှိမရှိ၊ (Compliance ဖြစ်မဖြစ်) စစ်ဆေးရပါတယ်။ ကိုက်ညီမှု ရှိတယ် (သို့) လက်ခံနိုင်တယ် ဆိုရင် Approval ပေးရပါတယ်။
   - Periodic Site Visit
     - Site ထဲမှာ ရှိနေတဲ့ contractor တွေရဲ့ အလုပ်ပြီးမြောက် မှု အခြေအနေ ကို သိရှိ သတိပြု နေဘို့ အတွက် နဲ့ log မှတ်တမ်းရေး ဘို့ အခါ အားလျော်စွာ Project Site ထဲ ကို Site Visit သွားပေးရပါတယ်။
   - Provide Interpretation of the construction documents

- Construction documents တွေ နဲ့ ပတ်သက်ပြီး Project Site က သိလိုတဲ့ မေးခွန်းတွေ တွေ ကို ရှင်းလင်း အောင် ဖြေကြား ပေးရပါတယ်။
- Witness tests for verifying system performance
  - System performance တွေ ကို အတွက် လိုအပ်တဲ့ tests တွေ ကို Witness (သက်သေ) လုပ် ပေးရပါတယ်။ ဒီ တာဝန် တွေ ယူဘို့ အတွက် ကတော့ Professional agreement ထဲမှာ ပါဝင်နေပြီး Fee (ဝန်ဆောင်ခ) ထဲ မှာလည်း ထည့်သွင်း ထား ရ မှာဖြစ်ပါတယ်။
- Ascertain proper workmanship
  - Contractor ရဲ့ အလုပ် က Proper Workmanship (လက်ရာ ကျကျနန) ဟုတ်မဟုတ် နဲ့ အလုပ်ပြီးမြောက် မှု အတိုင်းအဆ ကို သေချာ ကြည့်ရှုစစ်ဆေး ရပါမယ်။
  - ဒါမှ Contractor တင်ပြလာတဲ့ Progress Claims (invoices) တွေ က မှန်ကန်ကြောင်း နဲ့ သတ်မှတ်ထားတဲ့ Quality အရည်အသွေး က လည်း specified သတ်မှတ် ခဲ့တဲ့ အတိုင်းဖြစ်ကြောင်း သေချာမှာ ဖြစ်ပါတယ်။

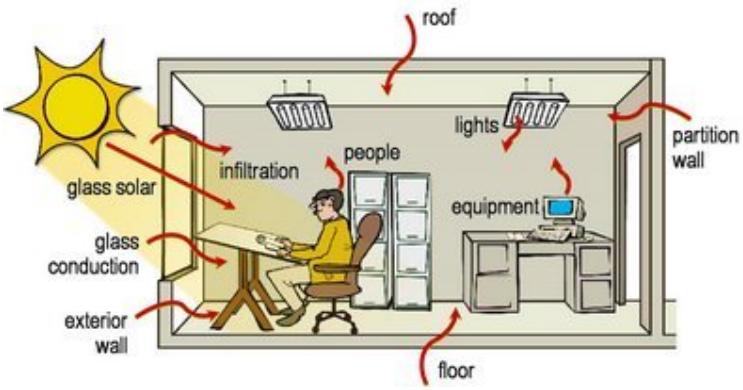
5. Commissioning Phase
   - Modern Building Systems တွေက ပိုမိုရှုတ်ထွေး Complex ဖြစ်လာတာနဲ့ အမျှ Building Commissioning Process ကို ပိုပြီး အလေးအနက် ထားလာကြပါတယ်။ ရိုးရှင်းတဲ့ သာမန် အဆောက်အအုံ တွေ မှာ ပြဿနာ နည်းနည်း နဲ့ ပိုင်ရှင် ကိုအပ်လိုဖြစ်နိုင်ပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ အင်မတန် ရှုတ်ထွေးတဲ့ complex systems တွေနဲ့ subsystem အများအပြား ရှိတဲ့ အဆောက်အအုံ အကြီးစား တွေ မှာတော့ ဒီကိစ္စ က သာမန် အဆင့်လောက် မဟုတ်တော့ပါဘူး။ ဗဟုသုတ လည်းရှိ၊ ပါးရည်နပ်ရည် လည်းရှိတဲ့ ပိုင်ရှင်တွေ က သူတို့ အဆောက်အအုံ ကို လက်ခံ မယူမီ တစ်နှစ်ပတ်လုံး (ရာသီ အားလုံး) အတွက် ကျေနပ်လောက်တဲ့ performance ရဘို့ အတွက် function & performance tests တွေ လုပ်ပေးဘို့ အခိုင်အမာ တောင်းဆို ပါလိမ့်မယ်။ commissioning process က ဒီ အာမခံ ချက် ကို ပေးနိုင် ပါတယ်။
   - Building Systems တွေနဲ့ subsystems တွေ အလုပ်ကောင်းကောင်း လုပ်ကြောင်း verify လုပ်ဘို့ တာဝန် က ရံဖန်ရံခါ ဆိုသလို အင်ဂျင်နီယာ နဲ့ technicians အသစ်တွေ အပေါ် ကျရောက် တတ်ပါတယ်။ ပိုင်ရှင် လက်ခံယူ မဲ့ acceptance process မှာ သူတို့ရဲ့ verification က အရေးပါတဲ့ အစိတ်အပိုင်း တစ်ခု အနေနဲ့ ပါဝင် ပါလိမ့်မယ်။
   - Practice ကောင်းတစ်ခု ကတော့ HVAC&R components နဲ့ Systems တွေကို function & performance tests တွေ လုပ်တဲ့ အခါ Design Engineer ဘေးနားမှာ ရှိနေဘို့ပါ။ အထူးသဖြင့် Systems တွေက ဒီဇိုင်းလုပ်ထားတဲ့ အတိုင်း perform မလုပ်ခဲ့ရင် ပိုပြီး အရေးပါပါတယ်။ Troubleshoot (အမှားရှာ) ဘို့နဲ့ Solution (အဖြေ) ရှာပေးဘို့ အကောင်းဆုံး နဲ့ အသင့်တော် ဆုံး က Designer မို့ပါ။ ဒီ အခြေအနေမျိုး ဖြစ်ပေါ်လာခဲ့ ရင် Designer လက်ထဲမှာ Complete design documentations တွေ အဆင်သင့် ရှိနေဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။

     Commissioning Process တွေအတွက် commissioning team မှာ mechanical designer တစ်ယောက် ရဲ့ active participation လိုအပ်လေ့ ရှိပါတယ်။ သင့်တော်တဲ့ ဝန်ဆောင်ခ Professional Fee ကို လည်း ကြိုတင် ထည့်သွင်း ထားပေး ရမှာ ဖြစ်ပါတယ်။

6. Post Occupancy Services
   - အသင့်တော်ဆုံးကတော့ Post Occupancy လို့ခေါ်တဲ့ လူတွေ နေပြီးတဲ့ နောက်ပိုင်း မှာ Check လုပ် စစ်ဆေး ဘို့ လိုအပ်တာတွေ ကတော့
     - System performance
     - Energy အသုံး
     - Operating Costs (လည်ပတ်မှု အတွက် ကုန်ကျစရိတ်)
     - User Reactions
     - အဆောက်အအုံ ရဲ့ Total building performance

ဒီ Post Occupancy Service အတွက် အင်ဂျင်နီယာ ကိုဆက်လက် engage လုပ်ထိန်းသိမ်း ထား နိုင်ရင်တော့ အကောင်းဆုံး ပါ။ ဒါပေမဲ့ အခုအချိန် အထိ ဒီလို လုပ်ကြတာ သိပ်မတွေ့ရသေးပါဘူး။ တဖြည်းဖြည်းတော့ သိ နားလည် လာကြပါပြီ။ အဓိက ကတော့ နားလည် ကျွမ်းကျင် တဲ့ skill operators တွေ ကို ခန့်ထားဘို့ ပါ။ ဒီ skill operators တွေ ကို တပ်ဆင်ထားတဲ့ System တွေကို နားလည်စေဘို့ နဲ့ စနစ်တကျ operate လုပ်နိုင်ဘို့ အတွက် လေ့ကျင့် ပေးနိုင်မဲ့ အသင့်တော် ဆုံး ကတော့ ဒီဇိုင်း လုပ်ခဲ့တဲ့ အင်ဂျင်နီယာ ကိုယ်တိုင် ပါပဲ။

IX. - ဆက်လက် ဖြည့်ဆီးနေဆဲ -



--- အကြမ်းရေးလက်စ --

X. **Computer Applications**

- တစ်နေ့ထက် တစ်နေ့ ဈေးသက်သာ လာ ပြီး ပိုမို တွက်ချက်နိုင်လာ တဲ့ ကွန်ပြူတာ တွေ က HVAC Designer တွေ ရဲ့ ဒီဇိုင်း လုပ်တဲ့ ပုံစံ ကို ပြောင်းလဲ လာစေခဲ့ ပါတယ်။ အသင့်သုံးနိုင် တဲ့ Application တော်တော် များများကြောင့် လုပ်ရကိုင်ရတာ ပိုမိုလွယ်ကူ လာရုံ မက ပိုမိုလည်း မြန်ဆန် လာပါတယ်။ ရှုတ်ထွေးလှတဲ့ Analysis တွေ ကို တောင် အားသိပ် မစိုက်ရပဲ တွက်ချက် နိုင်လာတာ တွေ့ရပါတယ်။
  - Preparation of Drawings
  - Load/Energy Calculations and Simulations
  - Equipment, Duct, Pipe Sizing
  - Specification Preparation
  - Cost Estimating
  - Energy Simulation Programs
  - DOE-2
  - E-Quest with DOE-2
  - Trane Trace
  - Carrier E20-II
  - ETTV, RTTV
  - ASHRAE Excel Sheets
  - http://eetd.lbl.gov/eetd-software.html

XI. **Regulation, Codes & Standards**

ဒေသ အလိုက် သက်ဆိုင်ရာ အာဏာပိုင် အဖွဲ့အစည်း တွေ ရဲ့ လိုအပ်ချက် တွေ ရှိတတ်ပါတယ်။ ဒါ့အပြင်

- UBC (IBC)
- BS (British Standard), AS (Australian Standard), SS (Singapore Standard)
- Malaysia UBBL
- Environment Codes, Ventilation and Indoor Air Quality Code, Fire Code, Energy Conservation Codes, Safety Codes,

- State Codes, City Codes

XII. Economic Considerations

- Life Cycle (Owning & Operating Costs)

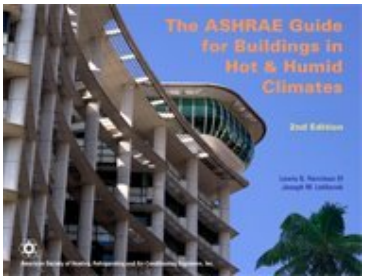
Saturday, March 7, 2009

ASHRAE Guide for Buildings in Hot & Humid Climage မိတ်ဆက်။

- ပူပြင်းပြီး Humidity များတဲ့ ရာသီဥတု ရှိတဲ့ ဒေသတွေ က အဆောက်အအုံ တွေ ကို ဒီဇိုင်း လုပ်တဲ့ အခါ Challenges က အေးအောင် လုပ်ရုံတင် မဟုတ်တော့ ပါဘူး။ စွတ်စိုထိုင်းမှိုင်းမှု Humidity နဲ့အတူကပ်ပါလာတဲ့ ပြဿနာ တွေ ကို ပါ ထည့်သွင်း စဉ်းစားရပါတယ်။ ဟိုတယ်ခန်း က မွေ့ရာအောက်မှာ ရေဝပ်နေတာ၊ wall paper နောက်မှာ ရေရိုနေတာ၊ မှိုစွဲ နေတာ၊ ကြမ်းပိုးထူတာ၊ ဆွေးမြေ့တာ၊ အောက်သက်သက် အနံ့ ဆိုးထွက်နေတာ စတဲ့ ပြဿနာ ပေါင်းစုံ ပါ။ အထူးသဖြင့် အရှေ့တောင်အာရှ နိုင်ငံတွေ အတွက် ဒီ အကြောင်းအရာ က အရေးပါ ပါတယ်။
- စာရေးသူ တို့ အနေနဲ့ ဒီ ဒေသတွေ အတွက် ဒီဇိုင်းလုပ်တဲ့ အခါ humidity ကို အထူး သတိထား ဂရုစိုက် ရလေ့ရှိပါတယ်။ အထူးသဖြင့် အတိမ်းအစောင်း သိပ်မခံ တဲ့ High-Tech Production Factories တွေ မှာ ပိုပြီးဂရုစိုက် ရပါတယ်။ ဒီအကြောင်း ကို လေ့လာလည်း လေ့လာ အသုံးလည်း ချ နေစဉ် မှာပဲ Seminar တစ်ခု တက်ဘို့ အခွင့်အရေး ရတာ နဲ့ သွားတက်ဖြစ် ခဲ့ပါတယ်။ "New & Existing Buildings in Hot and Humid Climates" ဖြစ်ပါတယ်။ ဟောပြောသူ က တော့ ASHRAE president 2006-07 တာဝန် ယူခဲ့ဘူးသူ Mr. Terry E. Townsend, (P.E., Fellow ASHRAE) ဖြစ်ပါတယ်။

- မကြာသေးခင် က ဒုတိယအကြိမ် ဖြည့်စွက် ရိုက်နှိပ် ထုတ်ဝေတဲ့ "The ASHRAE Guide for Buildings in Hot & Humid Climates" ကို အခြေခံပြီး ဟောပြောတာ ဖြစ်ပါတယ်။ နေရာကတော့ စင်္ကာပူ နိုင်ငံ BCA Acamedy မှာပါ။ ဒုတိယ ပိုင်းမှာ တော့ NUS က Professor တစ်ယောက်ဖြစ်တဲ့ Professor S.K. Chou ကနေပြီး "Enhancement of the Envelope Thermal Transfer Value Criterion for Improved Energy Performance of Buildings" အကြောင်းကို ဆက်လက် ဟောပြောပါတယ်။ (ဒီအကြောင်းကိုတော့ နောက်တစ်ပါတ် မှာ ဆက်လက် တင်ပြပေးပါမယ်။)
- ဒီတစ်ပါတ် မှာ တော့ ဒီလို ပူပြင်းစွတ်စို တဲ့ ရာသီဥတု ရှိတဲ့ ဒေသ က အဆောက်အအုံ အားလုံး အတွက် အခြေခံ စဉ်းစားရမဲ့ အချက် တွေ ကို ခြုံငုံ တင်ပြမှာပါ။
- North America မှာ mold (မှိုတက်တဲ့မှို) ကို ရှေ့နေတွေ ပေးထားတဲ့ နာမည် က ငွေ (money) ပါတဲ့။ ဆိုလိုတာ က မှိုတက်တာ တွေ့လို့ ကတော့ သူတို့ ဝင်၊ ငွေတွင်း နဲ့ တူတဲ့ အမှုတွေ ရမှာ ဖြစ်လို့ ပါတဲ့။

1. The ASHRAE Guide for Buildings in Hot & Humid Climates
   - ပထမ အကြိမ်ရိုက်နှိပ် စဉ် က စာအုပ် ကိုတော့ ဖတ်ရှုလေ့လာ ဘူးပါတယ်။ လက်ရှိ ဒုတိယ အကြိမ် မှာတော့ ပထမ အကြိမ် ထက် သုံးဆလောက် ပိုထူလာတာ တွေ့ရပါတယ်။ ဖတ်ကြည့်ဘို့ အခွင့်အရေး တော့ မရသေး ပါဘူး။
   - ဒီစာအုပ်ရဲ့ အညွှန်း keyword တွေ ကတော့ Moisture (အစိုဓာတ်), mold (မှိုတက်), humidity (စိုထိုင်းဆ), dehumidification (စိုထိုင်းဆ လျှော့ချခြင်း), sustainability (ရေရှည်တည်တံ့ နိုင်မှု), energy reduction (စွမ်းအင်အသုံး လျှော့ချခြင်း) , moisture management (စွမ်းအင် စီမံခန့်ခွဲခြင်း), hot and humid climates (ပူပြင်းစွတ်စိုသော ရာသီဥတု) တွေဖြစ်ပါတယ်။



The expanded second edition of The *ASHRAE Guide for Buildings in Hot and Humid Climates* triples the size of this popular reference, adding information on building enclosures, dehumidification, sustainability, mold avoidance, energy reduction, and much more—all tightly focused on the needs of owners, architects, and engineers who build and manage buildings in hot and humid climates. The book includes six chapters that discuss critical crosscutting issues for architecture, engineering, and building management along with eleven chapters of detailed and practical solutions to everyday problems in each area. This expanded second edition provides a richly illustrated summary of the state of the art in building science, moisture management, and techniques for reducing energy consumption in hot and humid climates, all based on real-world field experience as well as on recent ASHRAE research. The expanded second edition is written and illustrated by Lew Harriman, the lead author of ASHRAE's well-known *Humidity Control Design Guide*, and by Joe Lstiburek, ASHRAE Fellow and the author of the irreverent and popular Building Science column in the *ASHRAE Journal*.

Related Products: Humidity Control Design Guide
Format: Hard cover, 8.5" x 11"
Keywords: moisture, mold, humidity, dehumidification, sustainability, energy reduction, moisture management, hot and humid climates

Publisher: ASHRAE

Year: 2009

Author: Lewis G. Harriman, III, and Joseph W. Lstiburek

Number of Pages: 316

ISBN/ISSN: 978-1-933-742-43-4

Sponsor: TC 1.12, Moisture Management in Buildings

2. **Lstiburek's Guide to Solving IAQ Problems**
   - ဒီဒေသတွေ မှာ ရှိတဲ့ အဆောက်အအုံ တွေ မှာ တွေ့ရလေ့ ရှိတဲ့ အဓိက ပြဿနာ က တော့ IAQ (Indoor Air Quality) လို့ခေါ်တဲ့ အဆောက်အအုံ အတွင်း က လေရဲ့ သန့်ရှင်းလတ်ဆတ်မှု အရည်အသွေး ကို ထိန်းသိမ်းနိုင်ဘို့ပါ။ IAQ မကောင်းလို့ ဖြစ်လာမဲ့ ပြဿနာ တွေ ကလည်း အများကြီးမို့ပါ။
   - ဒီ ဒုတိယ အကြိမ် စာအုပ် မှာ ပူးတွဲရေးလာတဲ့ စာရေးသူ အသစ် Lstiburek က IAQ ပြဿနာတွေ ကို ဖြေရှင်းဘို့ လမ်းညွှန်ချက် အချို့ပေးထားပါတယ်။
     1. If it smells – it probably is bad
        အနံ့ရတယ် ဆိုရင်တော့ အဲဒါမကောင်းတာ ဖြစ်နိုင်ပါတယ်။
     2. Not everything that is bad smells
        အားလုံးက အနံ့ဆိုးတာ တွေချည်း မဟုတ်ပါဘူး။ (Carbon monoxide, carbon dioxide, ozone လိုမာတ်ဇွန်တွေ က အနံ့အသက် မရှိတဲ့ မာတ်ဇွန်တွေပါ။)

3. Vent combustion sources
   မီးလောင်ပေါက်ကွဲ မှုရှိတဲ့ မီးဖို၊ Dryer, Engine အစရှိတဲ့ combustion sources တွေ ကနေ vent လို့ခေါ်တဲ့ လေကို အဆောက်အအုံ ပြင်ပကို ထုတ်လွှတ် ပေးဘို့။ မဟုတ်ရင် လေထဲကို မီးလောင်ပြီး ထွက်လာတဲ့ COx, NOx နဲ့ အခြား Pollutant တွေ အခန်းထဲ စုလာပါလိမ့်မယ်။
4. Construct a tight enclosure
   အဆောက်အအုံ ရဲ့ အကာအရံ enclosure တွေက လေလုံနေဘို့ လိုပါတယ်။ ဒါမှ moisture များတဲ့ အပြင် ကလေတွေ အထဲ ကို Infiltrate (စိမ့်ဝင်) မလာမှာဖြစ်ပါတယ်။
5. Keep things form getting wet, hot or exposed to UV. Isolate those that do from occupants.
   အရာဝတ္ထုတွေ ကို ရေမထိအောင် (မစိုစွတ် မနေအောင်)၊ အပူ နဲ့ UV တွေ မထိအောင် ထားပါ။ ဒါတွေထိမဲ့ အရာဝတ္ထုတွေ ကိုတော့ လူတွေနဲ့ သီးသန့် ဖြစ်အောင် ခွဲထားပါ။
6. Control indoor humidity
   အခန်း ထဲမှာ ရှိတဲ့ Humidity ကိုထိန်းပါ။ ဒီ Humidity ဆိုတဲ့နေရာ မှာ Space Humidity တင်မက Surface Humidity ပါ ထည့်သွင်း စဉ်းစား ပေးရပါမယ်။
7. Maintain "stinky places/ things" (eg. Bathrooms, kitchens, elevator shafts & trash chutes) under a negative pressure.
   အနံ့မကောင်းတဲ့ နေရာ၊ ပစ္စည်းတွေ ရှိတဲ့ နေရာ (ရေချိုးခန်း၊ အိမ်သာ၊ မီးဖိုချောင်၊ elevator shafts နဲ့ အမှိုက်ပစ်တဲ့ trash chutes, etc.) တွေကို မယ်။ (လုံလောက်တဲ့ Exhaust ပေးခြင်းဖြင့်) negative pressure မှာ အမြဲရှိနေအောင် ထိန်းထားပေးပါ။
8. Keep things & spaces clean
   နေရာ နဲ့ ပစ္စည်းတွေ ကို သန့်သန့်ရှင်းရှင်း ထားပေးပါ။
9. Filter for people not just equipment
   စက်ပစ္စည်းတွေ ကို သာမဟုတ် ပဲ လူတွေ အတွက် လည်း လေကို သန့်စင် အောင် Filter စစ်ပေးပါ။
10. Ventilate for people, not just the building (Source control ventilation will handle the building)
    အဆောက်အအုံ အတွက် သာမဟုတ်ပဲ လူတွေ အတွက်ကိုလည်း ventilate (လေသန့်သွင်း) ပေးပါ။ အဆောက်အအုံ အတွက် Source control ventilation က တာဝန်ယူ ပါလိမ့်မယ်။
11. Don't do stupid things to your building
    သင့်အဆောက်အအုံ အတွက် မိုက်မဲတဲ့ အပြုအမူတွေ မလုပ်ပါနဲ့။

3. **Improving Thermal Comfort**
   - ဒီ အပူပိုင်းဒေသ တွေမှာ Humidity တက် လာတာနဲ့ အိုက်စပ် မှု က Occupant's Comfort Level ကျဆင်းလာတာ ကို အဓိကတွေ့ရပါတယ်။
   - Thermally Comfort ဖြစ်တယ်ဆိုတာ အေးစိမ့်နေတာ ကိုဆိုလိုတာ မဟုတ်ပါဘူး။ Thermal Comfort အကြောင်းကို အရင် HVAC Systems: Introduction to Design မှာ တင်ပြခဲ့ ပါတယ်။ ပိုပြီး အသေးစိတ် သိချင်ရင် မှီငြမ်းစရာ ကတော့ ASHRAE Standard 55: *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy* ပါ။ Hot & Humid Climate မှာ Thermal Confort ကို ဘယ်လို ပိုကောင်းအောင် လုပ်မလဲ ဆိုတာ ကို အခု ဆက်လက် တင်ပြမှာ ဖြစ်ပါတယ်။

C. **Key Suggestions**

အဓိက အကြံပေးချက် တွေ ကတော့

1. အပူကူးမှု နည်းအောင် ကောင်းကောင်း Insulation လုပ်ထားတဲ့ enclosure တွေကို ဒီဇိုင်းလုပ်ပါ၊ ဆောက်လုပ်ပါ။ နေ က လာတဲ့ Solar Heat အပူနဲ့၊ Glare (မျက်စိ ကျိန်းစေတဲ့ အရောင်တောက်တောက်) တွေ ကို သက်သာရအောင် ကို ပြူတင်းပေါက်တွေ မှာ exterior shading တပ်ဆင်ပေးပါ။ ပြူတင်းပေါက်

အားလုံး (အထူးသဖြင့် အနောက်ဘက် မျက်နှာမူထားတဲ့ ပြူတင်းပေါက်တွေ) ရဲ့ အရွယ်အစား ကိုလျှော့ချပါ။

2. အခန်းထဲ က အပူချိန် ကို 23.3°C (74°F) အထက်နဲ့ 26.1°C (79°F) အောက် ကြားရအောင် ထားပါ။ ဒီ အပူပိုင်းဒေသ တွေမှာ Humidity တက် လာတာနဲ့ အိုက်စပ် မှု က Occupant's Comfort Level ကျဆင်းလာတာ ကို အဓိက တွေ့ရပါတယ်။ ဒါကြောင့်
   Indoor Dew Point ကို 12.8°C (55°F) အောက်မှာ ရှိနေအောင် ထိန်းထား ပေးပါ။
3. Air Handling systems တွေကို လျှော့သုံးမဲ့ အစား ပိုသုံးပါ။
   ဒါမှ လိုအပ်တဲ့ different/dynamic changing internal heat loads တွေနဲ့ အနီးစပ်ဆုံး ကိုက်ညီပေး ပါလိမ့်မယ်။ ဆိုလိုတာက AHU တစ်လုံးတည်း နဲ့ နှစ်ထပ်ပေးမဲ့ အစား တစ်ထပ်ကို တစ်လုံး ပေးခဲ့ရင် ပိုကောင်း ပါလိမ့်မယ်။ လေကို ပို့ရတာထက် ရေ (Chilled Water) ကို ပို့ရတာ က ပိုလွယ်ပြီး ပိုလည်း သက်သာပါတယ်။ ဒဲ့အပြင် ပိုမိုရိုးရှင်းပြီး operate လုပ်ဘို့အတွက် ပိုလည်းသက်သာ၊ ပိုလည်း စိတ်ချ ရပါလိမ့်မယ်။
   အနည်းဆုံး တစ်ထပ် ကို AHU တစ်လုံး ပေးပါ။

D. **Thermal Comfort ရဘို့အတွက် အခြေခံ အချက်များ**

1. Shaded Windows= Improved Comfort & Reduced Glare
   - Radiant Heat ဖြာကူးမှု နည်းပါးပါတယ်။
   - Glare နည်းလာတာနဲ့ မျက်လုံး နဲ့ မျက်နှာပေါ် ကကြွက်သား တွေ တင်းမာ ရှုံ့တွ တာကို လျှော့ချပေး နိုင်မှာ ဖြစ်ပြီး သက်တောင့်သက်သာ ရှိတဲ့ အမြင်ကို ပိုကောင်းစေပါတယ်။
   - Peak Load ကိုလည်း လျှော့ချ ပေးနိုင် ပါတယ်။
2. Less East & West Glass= Better Comfort
   - တိုက်ရိုက်ကျလာတဲ့ နေရဲ့ Solar Load အများအပြား စုဝင်လာတာ ကို ကာကွယ်ပေးပါလိမ့်မယ်။ အာရှသား အများစုက မနက်ခင်း ခပ်စောစော နေ ကိုတော့ နှစ်သက်ကြလေ့ ရှိပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ နေမြင့်လာတာ နဲ့ ဝင်လာမဲ့ အပူ ကလည်း များလာပါလိမ့်မယ်။
   - Cooling systems တွေရဲ့ အရွယ်အစား၊ ရှုတ်ထွေးမှု နဲ့ Operating cost ကို လျှော့ချ ပေးနိုင် ပါတယ်။
3. Comfort Unlikely in 'Glass Boxes'
   - မှန်တွေ က well insulated wall ထက် ၅ ဆ လောက် အပူပို သွင်း ပေးပါတယ်။
   - သက်တောင့်သက်သာ မရှိလို့ ငြီးတွား မဲ့ Comfort complaint probability ပိုများနိုင်ပါတယ်။
   - Mechanical Systems တွေ ရဲ့ Construction, Operating and Maintenance Cost ပိုများပါတယ်။

4. Tight, Well-constructed Exterior Walls Avoids Sharp Changes in Interior Conditions
   လေလုံအောင် သေချာ ဆောက်ထားတဲ့ နံရံတွေက အခန်းထဲက အခြေအနေ ကို ရုတ်တရက် မပြောင်းလဲ စေပါဘူး။
   - အခန်းထဲ က အပူချိန် အပြောင်းအလဲ နည်းစေ ပြီး သမမျှတ ပါတယ်။
   - Infiltration လေစိမ့် ဝင်တာ နဲ့ mold မှိုတက်တဲ့ ပြဿနာ တွေ ကို လျှော့ချ နိုင်ပါတယ်။
5. High Ceilings and Personal Fans Allow Low-cost Comfort
   - Temperature Stratification ကိုရနိုင်ပါတယ်။
   - Ideal Ceiling Height = 3.65m
   - Ideal Fan Blade Height = 3.0m

6. One Fan per Floor = Better Comfort + Simpler Systems
   အနည်းဆုံး တစ်ထပ် ကို Fan (AHU) တစ်လုံး ထားပေးခြင်း အားဖြင့် Comfort ကိုပိုကောင်း စေပြီး Systems တွေ ကိုလည်း ပိုမို ရိုးရှင်း စေပါတယ်။
   - Occupancy Schedules နဲ့ Heat Load တွေ နဲ့ အကိုက်ညီဆုံး ပေးနိုင်ပါမယ်။
   - Multiple Area အတွက် လိုအပ်တဲ့ လေအမြောက်အများ ကို ပေးရလို့ ကုန်ကျမဲ့ Energy Cost ကို သက်သာ စေပါမယ်။

E. HVAC Systems

1. လူတွေရဲ့ ဝတ်စားဆင်ယင် မှု ကို လိုက်ပြီး HVAC Design ကိုလုပ်ပါ။
   - Indoor Design ကို 24ºC ထားမဲ့ အစား 26ºC ထားပြီး Dew point ကိုတော့ 12.8°C (55°F) အောက်မှာ ရှိအောင် လုပ်ပါ။
   - Equipment တွေရဲ့ Cooling Capacity ကို Multiple-stages အဆင့်ဆင့် ထားပါ။ (သို့မဟုတ်) modulating capability ထည့်သွင်းပေးပါ။
   - Supply Air Stream ရဲ့ Noise နဲ့ Chilling Effect ကို ထည့်သွင်း စဉ်းစားပါ။ Occupant တော်တော်များများ က (သူတို့ ကိုယ်တိုင် Control မလုပ်နိုင်ပဲ) သူတို့ အပေါ် Cold Air Direct Blow လုပ်တာ ကို မကြိုက်ကြ တာကြောင့်မို့ပါ။
2. Dry Ventilation Air Helps Avoid Temperature Swings
   - Dedicated Outside Air System (DOAS) ဆိုတာ က လူတွေ နဲ့ နေရာ အလိုက် လိုအပ်တဲ့ Ventilation Air ကို အခြား AC Equipments တွေ နဲ့ မရောပဲ သီးသန့် သန့်စင် ပို့လွှတ် ပေးတဲ့ စနစ် ကိုခေါ်တာပါ။Dew point ကိုတော့ 12.8°C (55°F) အောက်မှာ ရအောင် Treatment လုပ်ပေးရမှာ ဖြစ်ပြီး သင့်တော်တဲ့ Filter နဲ့လည်း လေကို စစ် ပေးရပါမယ်။
   - Cooling Equipment တွေ က လည်း humidity ကိုဖယ်ဘို့ အအေးဓာတ် ကို အပို ချပစ်ရမဲ့ အစားSensible Load ကိုပဲ ဂရုစိုက် ရပါတော့မယ်။
   - အခန်းထဲ မှာ မို့တက်တဲ့ ပြဿနာ ကို လျော့ပါးစေ နိုင်တာမို့ US မှာ Dedicated Outdoor Air Dehumidification System တွေ က ရေပန်းစား လာပါတယ်။ မို့ နဲ့ ဘက်တီးရီးယား ပွားတာ ကို ဟန့်တားနိုင်ဘို့ နဲ့ လူတွေ ရဲ့ နှစ်သိမ့်မှု ကို ပေးနိုင်ဘို့ အတွက် Federal Buildings တွေ မှာ Dedicated Ventilation dehumidification equipment တွေသုံးဘို့ 2003 ခုနှစ်ထဲ က ပြဋ္ဌာန်း ခဲ့ပါတယ်။ ဒီ အဆောက်အအုံ တွေ မှာ အခန်းထဲ က လေကို ရုံးသူ၊ ရုံးသား တွေကနေ ထုတ်လွှတ်လာမဲ့ humidity ကို စုတ်ယူ ရင်းနဲ့ Dew point ကို 12.8°C (55°F) အောက် မှာ ထိန်းထားနိုင်ဘို့ အတွက် အပြင်က O/A လေကို Dew point 10.0°C (50°F) အောက် ရအောင် အမြဲတမ်း Treatment လုပ်ဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။
3. Constantly Cold Coil also Dry Air Effectively
   - Cooling Coil or Desiccant Dehumidifier controlled with a humidistat vs thermostat
   - VAV Systems with Constantly Cold Coil အတွက်
     - Supply Air Dew Point is Low enough (12.8°C (55°F))
     - Supply Air Dew Point က သတ်မှတ်ထားတဲ့ Indoor Dew Point အောက်မှာ ရောက်နေရင် Coil stays cold ထားရပါမယ်။
     - အအေးလွန် သွားလို့ လိုအပ်လာတဲ့ re-heat ကို waste heat (refrig condenser or heat recovery wheel) ကနေယူပါ။
4. Drier Air Expands the Comfort Range in Mixed Uses
   - လူတွေ ကို ရံဖန်ရံခါ မသက်မသာ ဖြစ်စေတာ က အပူ ကြောင့်မဟုတ်ပဲ Humidity ကြောင့် ဖြစ်နေတတ်ပါတယ်။ အိုက်စပ်စပ် ကြီးဖြစ်နေတာပါ။ လေကို ပိုပြီး ခြောက်သွေ့အောင် လုပ်ခြင်းအားဖြင့် ဒီလို ဒုက္ခ မျိုး ကို လျော့ပါးစေပါတယ်။
5. Capacity Modulation Avoids Sharp Changes – Stop Overshooting Desired Conditions

- Stop Oversizing Cooling Equipment - Size at or under "Peak Load"
  ဒီအကြောင်းကြောင့် ပူအိုက်တဲ့ ရာသီဥတု မှာ အနွေးထည် ဆောင် ဘို့ အတွက် ဖြစ်စေတာပါ။
  Peak Load ဆိုတာက Operating hour အချိန်ရဲ့ 99% ကျော်မှာ လိုအပ်တာထက် ပိုနေပါပြီ။
  ဒဲ့အပြင် Designer က လိုရမယ်ရ ဆိုပြီး 10-20% လည်း ထပ်ထည့် နိုင်ပါသေးတယ်။ ဒီလို အပိုထည့်ထားတဲ့ အတွက် လိုချင်တဲ့ temperature ကိုကျော်ကျသွားတတ် တာ ကို ထိန်းဘို့ မလွယ်တော့ ပါဘူး။ ရလဒ် အနေနဲ့ ကတော့ အရမ်းပူတာ နဲ့ အရမ်းအေးတာ ကြား အလျင်အမြန် ပြောင်းနေတာပါပဲ။
  ဒါကြောင့် သင့်တော်ရုံ ပဲ ရွေးခဲ့မယ် ဆိုရင် Cost ကို ချပေးနိုင်ရုံ သာမက ပိုပြီးလည်း comfort ဖြစ်ပါလိမ့်မယ်။
- Variable-Speed Motors (or) Multiple Stage of equipment Capacity
  အပြောင်းအလဲမြန်စေတဲ့ ဖွင့်လိုက်ပိတ်လိုက် (စက်တွေကို) လုပ်ရမဲ့ အစား လိုအပ်တဲ့ Capacity ရအောင် ညင်ညင်သာသာ လေး ပြောင်းပေး၊ ညှိပေး နိုင်ပါတယ်။ ဒါက Comfort ကို အများကြီး ပိုကောင်း စေရုံသာမက ဈေးလည်းချိုမဲ့ နည်းလမ်းပါ။
- Split Cooling Load between several pieces of equipments (vs) One Large Piece /component
  Equipment စက်ကြီးအကြီး တစ်ခုအစား အနေတော်လေးတွေ အချို့ကို ရွေးတဲ့အခါ Load အတက်အကျ ကိုလိုက်ပြီး သင့်တော်သလို လိုက်တင်ပေးပါလိမ့်မယ်။ ဒီနည်းကတော့ equipment နဲ့ နေရာပိုလိုတာ မို့ အခြားရွေးစရာတွေ နဲ့ယှဉ်ရင် ဈေးအကြီးဆုံး most expensive ဖြစ်ပြီး ကုန်ကျစရိတ် ပိုလာမဲ့ နည်းပါ။ ဒါပေမဲ့ Comfort ကိုပိုကောင်းစေမယ်။ Energy use လည်း အတော် နည်းသွားမယ်။ ထိန်းသိမ်းစရိတ် ပိုသက်သာစေမဲ့ အပြင် ယုံကြည်စိတ်ချရမှု (reliability) လည်း ပိုကောင်းလာမှာ ဖြစ်ပါတယ်။Equipment စက်ကြီးအကြီး တစ်ခုအစား အနေတော်လေးတွေ အချို့ကို ရွေးတဲ့အခါ Load အတက်အကျ ကိုလိုက်ပြီး သင့်တော်သလို လိုက်တင်ပေးပါလိမ့်မယ်။ ဒီနည်းကတော့ equipment နဲ့ နေရာပိုလိုတာ မို့ ကုန်ကျစရိတ် ပိုလာမဲ့ နည်းပါ။ ဒါပေမဲ့ Comfort ကိုပိုကောင်းစေမယ်။ Energy use လည်း အတော် နည်းသွားမယ်။ ထိန်းသိမ်းစရိတ် ပိုသက်သာစေမဲ့ အပြင် ယုံကြည်စိတ်ချရမှု (reliability) လည်း ပိုကောင်းလာမှာ ဖြစ်ပါတယ်။
- Ensure that a component in system responds to a humidstat control of dew point conditions
  Cooling System မှာဘာပဲဖြစ်နေနေ အခန်းထဲ က Humidity ကို 12.8°C (55°F) အောက်မှာ ထိန်းထား နိုင်ဘို့ အတွက် Humidistat ကို respond လုပ်နိုင်တဲ့ အစိတ်အပိုင်း တစ်ခု သီးသန့် ထည့်ပေးထားဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။ Dedicated humidification equipment မပါခဲ့ရင် အခန်းထဲ က Heat Load နည်းလာတာ နဲ့ အမျှ အအေးလွန်တာ ကို ထိန်းရင်း နဲ့ Humidity က မသက်မသာ ဖြစ်လောက်အောင် မြင့် တက်လာ နိုင်ပါတယ်။

6. Higher Velocity VAV Diffusers Avoid "Cold Air Dumping" (use with non-sleeping areas)
   - Low velocities cause " Cold Air Columns"
     High Velocity နဲ့ ရွေးချယ်ထားတဲ့ Loud Diffusers တွေက အိပ်ခန်းတွေ အတွက် မသင့်တော်ပေမဲ့ non-sleeping area တွေ မှာ Comfort နဲ့ Productivity အတွက် ကောင်းကျိုးပေးနိုင်ပါတယ်။
     အသံငြိမ် နေအောင် ရွေးချယ်ထားတဲ့ Diffusers တွေမှာ Peak Design Flow ကို အခြေခံ ထားလေ့ရှိကြတာ မို့၊ Low Load Condition မှာ Air Flow က အရမ်းနည်းနေ တတ်ပါတယ်။ အဲဒါ က

အခန်းထဲ က လေနဲ့ သမ Mixed ဖြစ် ရမဲ့ အစား "Cold Column" ဖြစ်စေပြီး Occupant ဆီထိ ရောက်နိုင်တာ မို့ Comfort ကို ထိခိုက်စေနိုင်ပါတယ်။

- Benefit to having "White Noise" generation

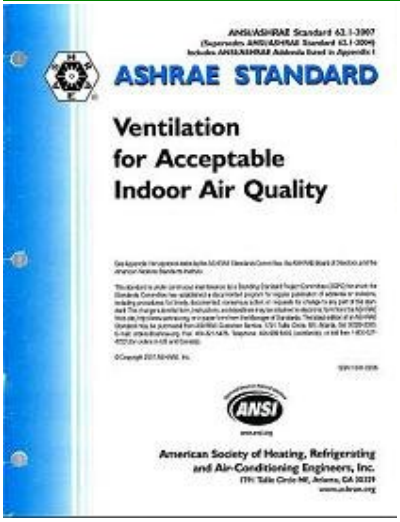
ရုံးခန်းတွေ၊ ကျောင်းတွေ မှာ High Velocity Diffuser က ထွက်လာ တဲ့ အသံတွေ ကြောင့် Low-Level "White Noise" ကိုဖြစ်စေပါတယ်။ တိတ်ဆိပ် လွန်း လို့ သူများတွေ ပြောဆိုနေ သမျှ အကုန် သေချာ ကြားနေရလို့ စိတ်ရှုတ် နေရမဲ့ အစား ကိုယ့်အလုပ်မှာ ကိုယ် အာရုံ စိုက်လာနိုင်မဲ့ လူမှုရေး အကျိုးကျေးဇူး ကို ပေးပါတယ်။ လုံးဝ တိတ်ဆိပ်နေ တာ က အလုပ်လုပ်နေတဲ့ ပတ်ဝန်းကျင် အတွက် မကောင်းပါဘူး။

4. **Managing Ventilation Air**
   - သင့်တော်တဲ့ Outdoor Air (O/A) ပမာဏ ကို လူတွေ အသက်ရှူ မဲ့ Breathing Zone အထိ ရောက်အောင် ပို့ပေးရပါမယ်။ Breathing Zone ဆိုတာ ကတော့ လူတွေ ရှိတဲ့ အခန်း တွေထဲမှာ ကြမ်းပြင် အထက် 3" နဲ့ 72" ကြား (75 & 1800mm)၊ နံရံ (သို့) Fixed air-conditioning equipment ကနေ 2 ft. (600mm) ထက်ဝေးတဲ့ နေရာလို့ သတ်မှတ် ပါတယ်။
   - Ventilation Air က သန့်ရှင်းရမယ်။ ခြောက်သွေ့ရမယ်။ အမှိုက် နဲ့ Pollutants တွေ ကင်းစင်ရပါမယ်။
   - B. **Key Suggestions**

     အဓိက အကြံပေးချက်တွေ ကတော့

     1. Ventilation System ကို ASHRAE Standard 62.1: Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality နဲ့ ASHRAE 62.1 User Manualကို သုံးပြီး size လုပ် ရွေးချယ်ပါ။
     2. အပြင်က လေ (O/A) ရဲ့ Dew point က 12.8°C (55°F) ထက်ပိုနေရင် Dehumidify (Dry) လုပ်ပေးပါ။
     3. အနည်းဆုံး MERV-8 အဆင့်ရှိတဲ့ Filter နဲ့ O/A ကို စစ်ပေးပါ။ အဆောက်အအုံ က အမှုန်အမွှား များတဲ့ နေရာ မှာ တည်ရှိနေခဲ့ရင် MERV-11 အဆင့်ရှိတဲ့ Filter နဲ့ စစ်ပေးပါ။ အိုဇုန်း ပါဝင်နှုန်း များတဲ့ လေဆိုရင်တော့ Carbon Filter (သို့) အခြားသင့်တော် တဲ့ နည်းနဲ့ အိုဇုန်း ကို စစ်ပေးပါ။
     4. O/A ကို လိုအပ် တဲ့ ပမာဏ အတိုင်း ရအောင် Modulate (ထိန်းညှိ) ပေး ပါ။ Energy Cost ကိုလည်းထိန်း၊ လေကောင်းလေသန့်လည်း ပေးနိုင်ဘို့ အတွက် လူဦးရေ အနည်းအများ ကိုလိုက်ပြီး Ventilation Amount ကို ပြောင်းပေးနိုင်ဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။ ရှိနိုင်မဲ့ လူဦးရေ ကို ကြိုတင် ခန့်မှန်းပြီး Timer နဲ့ ပြောင်းတာဖြစ်ဖြစ်၊ CO2 Sensor ထည့်ပြီး ပဲဖြစ်ဖြစ်၊ Motion sensor နဲ့ လူရှိမရှိ sense လုပ်ပြီး ဖြစ်ဖြစ် လိုအပ်သလို modulate လုပ်ပေး နိုင်ပါတယ်။
     5. ဖြစ်နိုင်ရင် အလဟဿ ဆုံးရှုံးသွားမဲ့ Waste Energy တွေကို Recover လုပ်ပါ။ Cold & dry ဖြစ်နေတဲ့ exhaust air တွေ က နေ recover လုပ် ယူနိုင် ပါတယ်။ Sensible Heat ကိုပဲ Recover လုပ်နိုင်တဲ့ Heat Exchanger တွေ ရှိသလို Sensible ရော Latent ပါ recover လုပ်နိုင်တဲ့ Energy (Enthalpy) Wheel တွေ လည်း ရှိပါတယ်။
   - C. **Dehumidification and Air Cleaning**
     - Ventilation Air ကို Condition လုပ်ရတာ က ဈေးကြီးပါတယ်။ အထူးသဖြင့် ပူနွေးစွတ်စို တဲ့ ရာသီဥတု ရှိတဲ့ ဒေသတွေ မှာ ပါ။ ဒီဒေသ တွေ မှာ အခန်းထဲ က Pollutant တွေ ကို Dilute ဖြစ်ဘို့ အပြင်ကလေ သွင်းရုံ သက်သက် နဲ့ ရတာ မဟုတ်ပါဘူး။ သင့်တော်အောင် သန့်စင် ပြီး dry မလုပ်ခဲ့ ရင် ကောင်းကျိုးထက် ဆိုးကျိုးကို တောင် ပိုဖြစ်စေ နိုင်ပါတယ်။ ဒါကြောင့် အဆောက်အအုံ ပိုင်ရှင်တွေ အတွက် အပြင်က လေကို သန့်အောင် စစ်ဘို့၊ ရေငွေ့ ဖယ်ဘို့ နဲ့ Breathing Zone အရောက် ပို့ဘို့ အတွက် က ကုန်ကျစရိတ် သက်သာလှတာ မဟုတ်ပါဘူး။
     - ဒီဒေသ တွေ က အဆောက်အအုံ တွေ မှာ Ventilation Air က Humidity Load ရဲ့ အချိုးအစား အတော်များများ ကို ယူထားပါတယ်။ အဆောက်အအုံ အများစု မှာ Total peak humidity load ရဲ့ 60% လောက်ကို ယူထားတာ ပါ။ ဒီ အပူပိုင်းဇုန် တွေ မှာ တစ်နှစ်လုံး လိုလို humidity ကလည်း များတတ်ပါတယ်။ ဆောင်းတွင်း မှာ တောင် အပြင်က လေရဲ့ Dew point က လိုချင်တဲ့ 12.8°C (55°F) ထက် ပိုနေတတ် ပါသေးတယ်။

- ဒါကြောင့် အငြင်းပွားစရာ အခြေအနေ တွေ ကို ဖြစ်ပေါ်စေပါတယ်။ ဘယ်လောက် နှုန်းနဲ့ ပေးရမယ် ဆိုတာ ကို အတိအကျ သတ်မှတ် ဘို့ ကိစ္စ က လည်း HVAC Engineer တွေ အတော် သည်းညည်းခံ ရတဲ့ အငြင်းပွားမှု တွေ ပါ။
- ဒါကြောင့် ဖြစ်နိုင်ရင် DOAS သုံးဘို့ တိုက်တွန်းတာပါ။ Federal Buildings တွေ မှာ Dedicated Ventilation dehumidification equipment တွေသုံးဘို့ 2003 နဲ့ အပြင်က O/A လေကို Dew point 10.0°C (50°F) အောက် ရအောင် အမြဲတမ်း Treatment လုပ်ဘို့ လိုအပ်တဲ့ အကြောင်း အထက်မှာ တင်ပြခဲ့ ပါတယ်။ Designer အနေနဲ့ DOAS ကို မသုံးဘူး ဆိုရင် humidity control က cooling system ထဲမှာ ထည့်သွင်း စဉ်းစားရမဲ့ အချက် ဖြစ်လာပါတယ်။ ဒါက Designer ရဲ့ ရွေးချယ် မှု ဆိုခဲ့ ရင် Cooling systems ကို အခြားပုံမှန် Cooling systems တွေ နဲ့ မတူပဲ သေချာ ဒီဇိုင်း လုပ်ရပါလိမ့်မယ်။ လေက Cooling လုပ်ဘို့ မလိုခဲ့ ရင်တောင် မှ dry လုပ်ပေးနိုင်တဲ့ စနစ် မျိုးကို ဒီဇိုင်း လုပ်ရ ပါမယ်။ အခန်းထဲ မှာ Absolute Humidity (or Dew Point Temperature) တက်လာရင် ထိန်းနိုင်ဘို့ က Humidistat ကို respond လုပ်နိုင်တဲ့ စနစ်တွေ ထည့်သွင်းထားဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။ အထူးသဖြင့် energy saving အတွက် higher thermostat setting လုပ်ထားတဲ့ အခါ cooling systems သက်သက်တွေ ပဲ သုံးခဲ့ ရင် အခန်းထဲ မှာ humidity တက်လာပြီး မိုးတွေ ပွားလာပါလိမ့်မယ်။
- နောက်တစ်ခု ကတော့ အမှုန်အမွှား တွေ ကိုသင့်တော် သလို Filter တွေ သုံးပြီး စစ်ပြီး မှ သွင်းဘို့ ပါ။ Filter တွေ ရဲ့ Efficiency ကို ASHRAE MERV Rating နဲ့ ပြနိုင်ပါတယ်။ အသေးစိတ် ကို MERV Chart မှာ လေ့လာပါ။
- ASHRAE Standard 62.1 က O/A ကို အနည်းဆုံး MERV-8 အဆင့်ရှိတဲ့ Filter နဲ့ စစ်ပေးဘို့ တိုက်တွန်း ထားပါတယ်။ အပြင်မှာ ရှိတဲ့ လေရဲ့ အမှုန်အမွှား ပါဝင်နှုန်း ကို လိုက်ပြီး Commercial Building အများစု သုံးကြတာ က MERV-8 နဲ့ MERV-11 ပါ။ ဆေးရုံလို အဆောက်အအုံ မျိုးမှာ တော့ ရံဖန်ရံခါ Filter အဆင့်ဆင့် ခံထားရပါတယ်။ ဥပမာ၊ ပထမ အဆင့် MERV-8 နဲ့ အမှုန်အကြိုးတွေ ကိုစစ် ပြီး အန္တရာယ်ပေး နိုင်တဲ့ အမှုန်ငယ် လေးတွေ ကို စစ်နိုင်ဘို့ MERV-13 ကို ဒုတိယ အဆင့် ခံတာမျိုးပါ။
- မြေပြင် နားမှာ ဖြစ်ပေါ်တဲ့ Ground Level Ozone အကြောင်းကို အရင် Clean Air မှာတင်ပြခဲ့ ပါတယ်။ ဒီအိုဇုန်း က မီးခိုးမြူ smog ကိုဖြစ်စေတာရယ်၊ လူတွေ ရဲ့ အသက်ရှူလမ်းကြောင်း ကို အကြီး အကျယ် ဒုက္ခ ပေးနိုင်တာ ရယ် ကြောင့် လေထဲမှာ 0.08ppm (8 hour avg) or 0.12 (1 hour avg) ထက်မကျော် အောင် ဂရုစိုက်ဘို့ သတ်မှတ်ပါတယ်။ ဒါကြောင့် လေထဲမှာ အိုဇုန်း ဒီထက်များတဲ့ နှုန်းနဲ့ ပါလာရင် carbon filter နဲ့ စစ်ပေးရပါတယ်။
- **Ventilation Rate**
- Ventilation rate နဲ့ပတ်သက်ပြီး အသင့်တော် ဆုံး မှီငြမ်းစရာ ကတော့ ASHRAE Standard 62.1: Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality ပါ။



- Ventilation Rates ကို နှစ်ပိုင်း ခွဲထား ပါတယ်။ ပထမ တစ်ခု က ရှိနေနိုင်တဲ့ လူတွေ အတွက် ဖြစ်ပြီး ဒုတိယ ကတော့ အဆောက်အအုံ (ဥပမာ၊ ကော်ဇော) က ထွက်လာမဲ့ contaminants အငွေ့ တွေ ကို အားပျော့ စွန့်ထုတ် သွားစေ ဘို့ ဖြစ်ပါတယ်။
  Ventilation Rates= Occupancy+ Area Factors
- အသုံးများတဲ့ Occupancy density နဲ့ လိုအပ်မဲ့ ventilation rate တွေကို စာရင်းပြုထားပါတယ်။ စာအုပ် (သို့) pdf download ဝယ်မယ်ဆိုရင် စျေးအတော်အတန် ကြီးပေမဲ့ ဖတ်ရုံသက်သက် ဆိုရင်တော့ Free Online Preview လုပ်နိုင်ပါတယ်။
- ပေးထားတဲ့ Rate တွေ က အနည်းဆုံး လိုအပ်ချက်ပါ။ LEED® ကတော့ လိုအပ်ရင် ASHRAE 62.1 ထက် 30% အထိပိုပေးနိုင်အောင် ဒီဇိုင်းလုပ်ဘို့ တိုက်တွန်း ထားပါတယ်။
- အနှံ့နဲ့ ပတ်သက်လို့ အဆောက်အအုံ ထဲကို ပထမ ဆုံး ဝင်လာခါစ အခြေအနေ မှာ သတိထားမိကောင်း ထားမိ စေပါလိမ့်မယ်။ ဒါပေမဲ့ လူတွေရဲ့ သဘာဝ အရ ဝင်လာသူ ထဲက ၈၀% လောက်က ၆ မိနစ် အတွင်း ပတ်ဝန်းကျင် နဲ့ နေသား ကျသွား လေ့ရှိပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ အနံ့က အရေးပါတဲ့ နေရာတွေ မှာ တော့ လိုအပ်သလို ဒီဇိုင်းလုပ်ဘို့ လိုအပ်နိုင်ပါတယ်။ ဥပမာ။ ။စတိုးဆိုင် လိုမျိုး၊ Customer က အနံ့ပြင်းရင် အထဲဝင်ချင်မှ ဝင်ချင်မယ်။ ဝင်ရင်တောင် မှ ခပ်မြန်မြန် လိုသလောက် နည်းနည်းပါးပါး ပဲ ဝယ်ပြီး ပြန်ထွက် သွားချင် သွားမယ်။
- အဆောက်အအုံ က ရေကို ကုန်စင်အောင် စွန့်ထုတ်နိုင်ဘို့၊ ရေမခိုစေ နိုင်ဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။
- HVAC Maintenance အတွက် Access က မရှိမဖြစ် လိုအပ်ပါတယ်။
- 12.8°C (55°F) Dew Point က 65%RHupper Limit ထက်ပိုပြီး သင့်တော်ပါတယ်။
- Commissioning, Documentation & Maintenance တွေ လည်း မရှိမဖြစ် လိုအပ်ပါတယ်။ ဒီ Ventilation System တွေရဲ့ performance စွမ်းဆောင်ရည် အမြဲကောင်းနေအောင် လိုအပ်တဲ့ စစ်ဆေး ထိန်းသိမ်းမှု ရှိ နေမှ ဖြစ်မှာ မဟုတ်လား။
- Local Codes: လိုအပ်ချက် တွေ က လည်း အနည်းဆုံး ပေးရမဲ့ Ventilation rate ကို သတ်မှတ်ထားလေ့ ရှိပါသေးတယ်။ ရံဖန်ရံခါ ဆိုသလို ဒီ rate နှုန်းတွေ က ASHRAE 62.1 ထက် အဆပေါင်းများစွာ ပိုကောင်း ပိုနိုင်ပါသေးတယ်။ ဒါပေမဲ့ မလိုက်နာ လို့ မရပါဘူး။
  - Singapore: CP 13
  - Malaysia: Uniform Building Bylaw

  တစ်ခု သတိပြုရမှာ ကတော့ လေကို ခြောက်သွေ့အောင် မလုပ်ပဲ သွင်းခဲ့ ရင် Mold ပြဿနာ က ရှိနေအုံးမယ် ဆိုတဲ့ အချက်ပါ။ ဖြစ်နိုင်ရင် Energy Recovery လုပ်နိုင်ဘို့ လည်း လိုအပ်ပါတယ်။ Dry and Cold Air ကပဲ Total energy recovery ရနိုင်တယ် ဆိုတာ ကိုလည်း သတိပြု ရပါလိမ့်မယ်။

- Ventilation rate နဲ့ပတ်သက်ပြီး US မှာ ရုံးခန်း အဆောက်အအုံ Office Buildings တွေ 510 လုံး ကို လေ့လာကြည့်တဲ့ အခါ မှာ အဆောက်အအုံ အများစု ASHRAE 62 က လိုအပ်တာထက် အများကြီး ပိုနေတာ ကိုတွေ့ရပါတယ်။

D. **Ventilation System Maintenance**

0. Outdoor Air Filter တွေကို လစဉ် အသစ်လဲပေးပါ။
1. O/A damper တွေရဲ့ Position နဲ့ Operation ကို သုံးလတစ်ခါ စစ်ဆေးပါ။
2. O/A sensor တွေ ကို ၆ လ တစ်ကြိမ် re-calibrate (စံချိန်ကိုက်အောင် မှန်အောင် ချိန်၊ ညှိ) လုပ်ပေးပါ။ Humidity Sensor တွေ က ရက်သတ္တပါတ် အချို့အတွင်း မှာတင် accuracy တိကျမှု ±5% RH ကနေ ±15% RH ရောက်အောင် ပြောင်းလဲ သွားနိုင်ပါတယ်။
3. Coil, Drain Pans နဲ့ damp duct interior တွေကို တစ်နှစ် တစ်ကြိမ် သန့်ရှင်းရေး လုပ်ပေးပါ။

5. **Energy Consumption Reduction**

0. Minimize exterior glazing, install low-e glass and shade it.
   နေရောင် တိုက်ရိုက် (Direct) (သို့) သွယ်ဝိုက် (Diffuse) ဝင်လာနိုင်တဲ့ မှန်တွေ ကို လျှော့ချပါ။ Heat transfer နည်းတဲ့ low-e glass ကိုသုံးပါ။ အရိပ်ရအောင် Shade လုပ်ပေးပါ။
1. Avoid West facing glazing (အနောက်ဖက် မျက်နှာမူတဲ့ မှန်) တွေ ကို ရှောင်ပါ။
2. Design glazing to allow daylighting of perimeter. နေ့ပိုင်း မှာ perimeter (အပြင်ဘက်နှင့် နီးသော အနား ရှိ နေရာများ) မှာ နေ့အလင်းရောင် ဖြတ်ဝင်လာနိုင်မဲ့ ပုံစံဖြစ်အောင် glazing တွေ ကို ဒီဇိုင်းလုပ်ပါ။ (လျှပ်စစ်မီးအသုံးလျှော့ချ နိုင်ဘို့ ပါ။ ပြူတင်းပေါက် ရဲ့ အပေါ် ဘက် Shade လုပ်ထားတဲ့ အမြင့် နေရာ က အသင့်တော် ဆုံးပါ။ နေရောင်ရဲ့ အပူ ကို လိုမ့်ဝင် မလာအောင် ထိန်းပေးနိုင်သလို အလင်းရောင် ကိုလည်း အတွင်းပိုင်း ပိုရောက်အောင် ပို့ပေးနိုင်ပါတယ်။
3. Exterior enclosure must be air tight. အပြင်ဘက် က နံရံတွေ အကာတွေ အားလုံး က လေလုံ ဘို့ လိုပါတယ်။ ဒါမှ အပြင်က moisture များတဲ့ လေစိမ့်ဝင် လာလို့ ပိုမို ကုန်ကျ မဲ့ energy ကို save လုပ်နိုင်မှာ ဖြစ်ပါတယ်။
4. Commissioning building and systems. အဆောက်အအုံ နဲ့ Systems တွေရဲ့ Function and performance စွမ်းဆောင်ရည် တွေ ကို စနစ်တကျ စစ်ဆေး တာ ကို commissioning လို့ခေါ်ပါတယ်။ ဒါမှ design လုပ်ထားတဲ့ အတိုင်း အမှန်တကယ် အလုပ် လုပ်မလုပ် သေချာ မှာ ဖြစ်ပါတယ်။
5. Seal all ducts and plenums. Air duct တွေ Plenum တွေမှာ ယိုစိမ့်မှု တွေ ရှိနေရင် Energy ဆုံးရှုံးမှု ရှိပါတယ်။ ဒါကြောင့် လေမယို အောင် seal လုပ်ပေးရပါမယ်။
6. Match ventilation to building's occupancy. အထဲမှာ ရှိနေမဲ့ လူတွေရဲ့ အရေအတွက် နဲ့ လိုအပ်ချက် ကို လိုက်ပြီး ventilation ကိုပေးပါ။
7. Capture & re-use heat from cooling equipment & exhaust air. မသုံးရင် အလဟဿ ဖြစ်သွားမဲ့ heat တွေ၊ Cold & dry exhaust တွေ က နေ Energy ကို ဖမ်းယူပြီး ပြန်သုံးစွဲ ပါ။
8. Control indoor dew point temperature. အခန်းထဲ က Dew point temperature ကို ထိန်းထားပါ။
9. Provide ongoing-commissioning of systems. အဆောက်အအုံ လည်ပတ်နေဆဲ မှာ လည်း systems တွေ ကို ongoing-commissioning (ထိန်းသိမ်း စစ်ဆေး ပြုပြင်) လုပ်ပေးပါ။

Energy Efficiency အတွက် လက်ရှိ အကောင်းဆုံး မှီငြမ်းစရာ ကတော့ ASHRAE 90.1 ပါ။ သူ့ကိုလည်း Free Preview တစ်အုပ်လုံး သွား ဖတ်နိုင်ပါတယ်။ ASHRAE Publications [http://www.ashrae.org/publications/page/1285] ကိုသွားပြီး Preview Popular ASHRAE Standards ကိုရှာပါ။

စာဖတ်သူ အနေ နဲ့ ဒီထက် ပိုပြီး လေးလေးနက်နက် သိချင်ရင် တော့၊ ဝယ်ယူဖတ်ရှု ပါ (ဒါမှမဟုတ်) ကုမ္ပဏီ ကို ဝယ်ခိုင်းပါလို့။

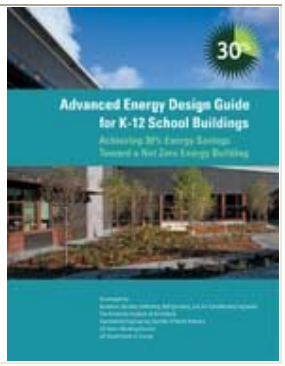
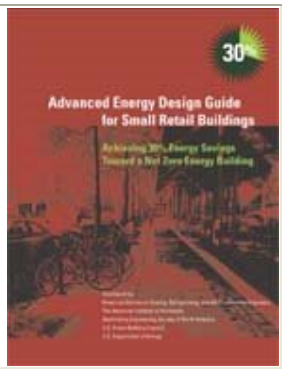
For Further Readings

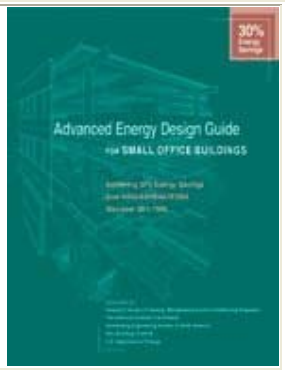
10. High Performing Buildings
    - ASHRAE က ကမကထ ပြုပြီး သုံးလတစ်ကြိမ် ထုတ်ဝေနေ တဲ့ မဂ္ဂဇင်း ပါ။ နည်းပညာ အသစ်တွေ နဲ့ Energy-efficient design and Operation တွေ ရဲ့ အကျိုးကျေးဇူး ကို Decision maker တွေ နဲ့ Building community တွေ သိရှိနားလည်အောင် လေ့လာနိုင်အောင် အထောက်အပံ့ ဖြစ်စေဘို့ ရည်မှန်းပါတယ်။ Sustainability movement ထဲ က စံပြ အဆောက်အအုံ တွေ ကို လေ့လာ တင်ပြထားတာ ဖြစ်ပါတယ်။ ASHRAE Website မှာ ပိုက်ဆံပေးစရာ မလိုပဲ အလကား (Free) Download လုပ်ယူပြီး ဖတ်ရှုနိုင်ပါတယ်။
11. Advanced Energy Design Guides Free Download

- Building Energy အသုံး ကို လျော့ချနိုင် ဘို့ Advanced Energy Guide Series ကို ထုတ်ထားပါတယ်။ လူတွေ ဆီ ရောက်လေ ကောင်းလေ မို့ ASHRAE Website မှာ ပိုက်ဆံပေးစရာ မလိုပဲ အလကား (Free) Download လုပ်ယူနိုင်ပါတယ်။ အခုလက်ရှိ ထုတ်ဝေပြီးတာကတော့
  - Small Offices
  - Small Retail
  - Warehouses
  - K-12 Schools

  နောက်ဆက်လက်ထုတ်ဝေ ဘို့ ပြင်ဆင်နေတာ တွေ ကတော့

  - Highway Lodging
  - Healthcare Facilities

	Small Warehouses and Self-Storage Buildings For warehouses up to 50,000 ft^2 and self-storage buildings that use unitary heating and air-conditioning equipment, which represent a significant amount of commercial warehouse space in the U.S. I-P units.
	**K-12 School Buildings** For elementary, middle, and high school buildings, which have a wide variety of heating and air-conditioning requirements. Options for daylighting, an important component in schools, are included. I-P units.
	**Small Retail Buildings** For retail buildings up to 20,000 ft^2, the bulk of retail space in the U.S. Addresses typical uses: retail (other than shopping malls); strip shopping centers; automobile dealers; building material, garden supply, and hardware stores; department stores; drugstores; equipment and home furnishing stores; liquor stores; and wholesale goods (except food). I-P units.



Small Office Buildings

For office buildings up to 20,000 ft^2 the bulk of office space in the U.S.; and provides benefits and savings for the building owner while maintaining quality and functionality of the office space. Awards: USGBC 2005 Leadership Award; Stars of Energy Efficiency Award, Honorable Mention (Alliance to Save Energy); and Best Sustainable Practice Award, Honorable Mention (SBIC).

I-P units.

12. ASHRAE Publications
    - ASHRAE Publications [http://www.ashrae.org/publications/page/1285] ကိုသွားပြီး Preview Popular ASHRAE Standards ကိုရှာပြီး လေ့လာပါ။
    - ASHRAE Online Learning က Short Courses ထဲ မှာ ASHRAE 55 ကနေထုတ်နှတ် ထားတဲ့ HVAC Systems: Thermal Comfort (I-P) ကို Free ပေးထားပါတယ်။ ပိုက်ဆံ ပေးစရာ မလိုပဲ Free လေ့လာနိုင်ပါတယ်။

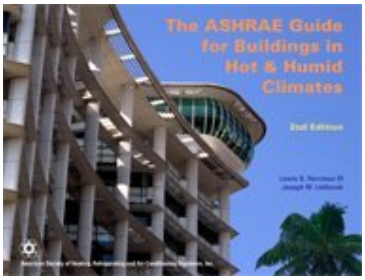
Saturday, March 7, 2009

ASHRAE Guide for Buildings in Hot & Humid Climage မိတ်ဆက်။

- ပူပြင်းပြီး Humidity များတဲ့ ရာသီဥတု ရှိတဲ့ ဒေသတွေ က အဆောက်အအုံ တွေ ကို ဒီဇိုင်း လုပ်တဲ့ အခါ Challenges က အေးအောင် လုပ်ရုံတင် မဟုတ်တော့ ပါဘူး။ စွတ်စိုထိုင်းမှိုင်းမှု Humidity နဲ့အတူကပ်ပါလာတဲ့ ပြဿနာ တွေ ကို ပါ ထည့်သွင်း စဉ်းစားရပါတယ်။ ဟိုတယ်ခန်း က မွေ့ရာအောက်မှာ ရေဝပ်နေတာ၊ wall paper နောက်မှာ ရေခိုနေတာ၊ မှိုစွဲ နေတာ၊ ကြမ်းပိုးထူတာ၊ ဆွေးမြေ့တာ၊ အောက်သက်သက် အနံ့ ဆိုးထွက်နေတာ စတဲ့ ပြဿနာ ပေါင်းစုံ ပါ။ အထူးသဖြင့် အရှေ့တောင်အာရှ နိုင်ငံတွေ အတွက် ဒီ အကြောင်းအရာ က အရေးပါ ပါတယ်။
- စာရေးသူ တို့ အနေနဲ့ ဒီ ဒေသတွေ အတွက် ဒီဇိုင်းလုပ်တဲ့ အခါ humidity ကို အထူး သတိထား ဂရုစိုက် ရလေ့ရှိပါတယ်။ အထူးသဖြင့် အတိမ်းအစောင်း သိပ်မခံ တဲ့ High-Tech Production Factories တွေ မှာ ပိုပြီးဂရုစိုက် ရပါတယ်။ ဒီအကြောင်း ကို လေ့လာလည်း လေ့လာ အသုံးလည်း ချ နေစဉ် မှာပဲ Seminar တစ်ခု တက်ဘို့ အခွင့်အရေး ရတာ နဲ့ သွားတက်ဖြစ် ခဲ့ပါတယ်။ "New & Existing Buildings in Hot and Humid Climates" ဖြစ်ပါတယ်။ ဟောပြောသူ က တော့ ASHRAE president 2006-07 တာဝန် ယူခဲ့ဘူးသူ Mr. Terry E. Townsend, (P.E., Fellow ASHRAE) ဖြစ်ပါတယ်။

- မကြာသေးခင် က ဒုတိယအကြိမ် ဖြည့်စွက် ရိုက်နှိပ် ထုတ်ဝေတဲ့ "The ASHRAE Guide for Buildings in Hot & Humid Climates" ကို အခြေခံပြီး ဟောပြောတာ ဖြစ်ပါတယ်။ နေရာကတော့ စင်္ကာပူ နိုင်ငံ BCA Acamedy မှာပါ။ ဒုတိယ ပိုင်းမှာ တော့ NUS က Professor တစ်ယောက်ဖြစ်တဲ့ Professor S.K. Chou ကနေပြီး "Enhancement of the Envelope Thermal Transfer Value Criterion for Improved Energy Performance of Buildings" အကြောင်းကို ဆက်လက် ဟောပြောပါတယ်။ (ဒီအကြောင်းကိုတော့ နောက်တစ်ပါတ် မှာ ဆက်လက် တင်ပြပေးပါမယ်။)
- ဒီတစ်ပါတ် မှာ တော့ ဒီလို ပူပြင်းစွတ်စို တဲ့ ရာသီဥတု ရှိတဲ့ ဒေသ က အဆောက်အအုံ အားလုံး အတွက် အခြေခံ စဉ်းစားရမဲ့ အချက် တွေ ကို ခြုံငုံ တင်ပြမှာပါ။
- North America မှာ mold (မှိုတက်တဲ့မှို) ကို ရှေ့နေတွေ ပေးထားတဲ့ နာမည် က ငွေ (money) ပါတဲ့။ ဆိုလိုတာ က မှိုတက်တာ တွေ့လို့ ကတော့ သူတို့ ဝွင်၊ ငွေတွင်း နဲ့ တူတဲ့ အမှုတွေ ရမှာ ဖြစ်လို့ ပါတဲ့။

1. **The ASHRAE Guide for Buildings in Hot & Humid Climates**
   - ပထမ အကြိမ်ရိုက်နှိပ် စဉ် က စာအုပ် ကိုတော့ ဖတ်ရှုလေ့လာ ဘူးပါတယ်။ လက်ရှိ ဒုတိယ အကြိမ် မှာတော့ ပထမ အကြိမ် ထက် သုံးဆလောက် ပိုထူလာတာ တွေ့ရပါတယ်။ ဖတ်ကြည့်ဘို့ အခွင့်အရေး တော့ မရသေး ပါဘူး။
   - ဒီစာအုပ်ရဲ့ အညွှန်း keyword တွေ ကတော့ Moisture (အစိုဓာတ်), mold (မှိုတက်), humidity (စိုထိုင်းဆ), dehumidification (စိုထိုင်းဆ လျော့ချခြင်း), sustainability (ရေရှည်တည်တံ့ နိုင်မှု), energy reduction (စွမ်းအင်အသုံး လျော့ချခြင်း) , moisture management (စွမ်းအင် စီမံခန့်ခွဲခြင်း), hot and humid climates (ပူပြင်းစွတ်စိုသော ရာသီဥတု) တွေဖြစ်ပါတယ်။



The expanded second edition of The *ASHRAE Guide for Buildings in Hot and Humid Climates* triples the size of this popular reference, adding information on building enclosures, dehumidification, sustainability, mold avoidance, energy reduction, and much more—all tightly focused on the needs of owners, architects, and engineers who build and manage buildings in hot and humid climates. The book includes six chapters that discuss critical crosscutting issues for architecture, engineering, and building management along with eleven chapters of detailed and practical solutions to everyday problems in each area. This expanded second edition provides a richly illustrated summary of the state of the art in building science, moisture management, and techniques for reducing energy consumption in hot and humid climates, all based on real-world field experience as well as on recent ASHRAE research. The expanded second edition is written and illustrated by Lew Harriman, the lead author of ASHRAE's well-known *Humidity Control Design Guide*, and by Joe Lstiburek, ASHRAE Fellow and the author of the irreverent and popular Building Science column in the *ASHRAE Journal*.

Related Products: Humidity Control Design Guide

Format: Hard cover, 8.5" x 11"

Keywords: moisture, mold, humidity, dehumidification, sustainability, energy reduction, moisture management, hot and humid climates

Publisher: ASHRAE

Year: 2009

Author: Lewis G. Harriman, III, and Joseph W. Lstiburek

Number of Pages: 316

ISBN/ISSN: 978-1-933-742-43-4

Sponsor: TC 1.12, Moisture Management in Buildings

2. **Lstiburek's Guide to Solving IAQ Problems**
   - ဒီဒေသတွေ မှာ ရှိတဲ့ အဆောက်အအုံ တွေ မှာ တွေ့ရလေ့ ရှိတဲ့ အဓိက ပြဿနာ က တော့ IAQ (Indoor Air Quality) လို့ခေါ်တဲ့ အဆောက်အအုံ အတွင်း က လေရဲ့ သန့်ရှင်းလတ်ဆတ်မှု အရည်အသွေး ကို ထိန်းသိမ်းနိုင်ဘို့ပါ။ IAQ မကောင်းလို့ ဖြစ်လာမဲ့ ပြဿနာ တွေ ကလည်း အများကြီးမို့ပါ။

- ဒီ ဒုတိယ အကြိမ် စာအုပ် မှာ ပူးတွဲရေးလာတဲ့ စာရေးသူ အသစ် Lstiburek က IAQ ပြဿနာတွေ ကို ဖြေရှင်းဘို့ လမ်းညွှန်ချက် အချို့ပေးထားပါတယ်။
  1. If it smells – it probably is bad
     အနံ့ရတယ် ဆိုရင်တော့ အဲဒါမကောင်းတာ ဖြစ်နိုင်ပါတယ်။
  2. Not everything that is bad smells
     အားလုံးက အနံ့ဆိုးတာ တွေချည်း မဟုတ်ပါဘူး။ (Carbon monoxide, carbon dioxide, ozone လိုဓာတ်ငွေ့တွေ က အနံ့အသက် မရှိတဲ့ ဓာတ်ငွေ့တွေပါ။)
  3. Vent combustion sources
     မီးလောင်ပေါက်ကွဲ မှုရှိတဲ့ မီးဖို၊ Dryer, Engine အစရှိတဲ့ combustion sources တွေ ကနေ vent လို့ခေါ်တဲ့ လေကို အဆောက်အအုံ ပြင်ပကို ထုတ်လွှတ် ပေးဘို့။ မဟုတ်ရင် လေထဲကို မီးလောင်ပြီး ထွက်လာတဲ့ COx, NOx နဲ့ အခြား Pollutant တွေ အခန်းထဲ စုလာပါလိမ့်မယ်။
  4. Construct a tight enclosure
     အဆောက်အအုံ ရဲ့ အကာအရံ enclosure တွေက လေလုံနေဘို့ လိုပါတယ်။ ဒါမှ moisture များတဲ့ အပြင် ကလေတွေ အထဲ ကို Infiltrate (စိမ့်ဝင်) မလာမှာဖြစ်ပါတယ်။
  5. Keep things form getting wet, hot or exposed to UV. Isolate those that do from occupants.
     အရာဝတ္ထုတွေ ကို ရေမထိအောင် (မစိုစွတ် မနေအောင်)၊ အပူ နဲ့ UV တွေ မထိအောင် ထားပါ။ ဒါတွေထိမဲ့ အရာဝတ္ထုတွေ ကိုတော့ လူတွေနဲ့ သီးသန့် ဖြစ်အောင် ခွဲထားပါ။
  6. Control indoor humidity
     အခန်း ထဲမှာ ရှိတဲ့ Humidity ကိုထိန်းပါ။ ဒီ Humidity ဆိုတဲ့နေရာ မှာ Space Humidity တင်မက Surface Humidity ပါ ထည့်သွင်း စဉ်းစား ပေးရပါမယ်။
  7. Maintain "stinky places/ things" (eg. Bathrooms, kitchens, elevator shafts & trash chutes) under a negative pressure.
     အနံ့မကောင်းတဲ့ နေရာ၊ ပစ္စည်းတွေ ရှိတဲ့ နေရာ (ရေချိုးခန်း၊ အိမ်သာ၊ မီးဖိုချောင်၊ elevator shafts နဲ့ အမှိုက်ပစ်တဲ့ trash chutes, etc.) တွေကို မယ်။ (လုံလောက်တဲ့ Exhaust ပေးခြင်းဖြင့်) negative pressure မှာ အမြဲရှိနေအောင် ထိန်းထားပေးပါ။
  8. Keep things & spaces clean
     နေရာ နဲ့ ပစ္စည်းတွေ ကို သန့်သန့်ရှင်းရှင်း ထားပေးပါ။
  9. Filter for people not just equipment
     စက်ပစ္စည်းတွေ ကို သာမဟုတ် ပဲ လူတွေ အတွက် လည်း လေကို သန့်စင် အောင် Filter စစ်ပေးပါ။
  10. Ventilate for people, not just the building (Source control ventilation will handle the building)
      အဆောက်အအုံ အတွက် သာမဟုတ်ပဲ လူတွေ အတွက်ကိုလည်း ventilate (လေသန့်သွင်း) ပေးပါ။ အဆောက်အအုံ အတွက် Source control ventilation က တာဝန်ယူ ပါလိမ့်မယ်။
  11. Don't do stupid things to your building
      သင့်အဆောက်အအုံ အတွက် မိုက်မဲတဲ့ အပြုအမူတွေ မလုပ်ပါနဲ့။

3. **Improving Thermal Comfort**
   - ဒီ အပူပိုင်းဒေသ တွေမှာ Humidity တက် လာတာနဲ့ အိုက်စပ် မှု က Occupant's Comfort Level ကျဆင်းလာတာ ကို အဓိကတွေ့ရပါတယ်။
   - Thermally Comfort ဖြစ်တယ်ဆိုတာ အေးစိမ့်နေတာ ကိုဆိုလိုတာ မဟုတ်ပါဘူး။ Thermal Comfort အကြောင်းကို အရင် HVAC Systems: Introduction to Design မှာ တင်ပြခဲ့ ပါတယ်။ ပိုပြီး အသေးစိတ် သိချင်ရင် မှီငြမ်းစရာ ကတော့ ASHRAE Standard 55: *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy* ပါ။ Hot &

Humid Climate မှာ Thermal Confort ကို ဘယ်လို ပိုကောင်းအောင် လုပ်မလဲ ဆိုတာ ကို အခု ဆက်လက် တင်ပြမှာ ဖြစ်ပါတယ်။

C. **Key Suggestions**

အဓိက အကြံပေးချက် တွေ ကတော့

1. အပူကူးမှု နည်းအောင် ကောင်းကောင်း Insulation လုပ်ထားတဲ့ enclosure တွေကို ဒီဇိုင်းလုပ်ပါ။ ဆောက်လုပ်ပါ။ နေ က လာတဲ့ Solar Heat အပူနဲ့၊ Glare (မျက်စိ ကျိန်းစေတဲ့ အရောင်တောက်တောက်) တွေ ကို သက်သာရအောင် ကို ပြူတင်းပေါက်တွေ မှာ exterior shading တပ်ဆင်ပေးပါ။ ပြူတင်းပေါက် အားလုံး (အထူးသဖြင့် အနောက်ဘက် မျက်နှာမူထားတဲ့ ပြူတင်းပေါက်တွေ) ရဲ့ အရွယ်အစား ကိုလျော့ချပါ။
2. အခန်းထဲ က အပူချိန် ကို 23.3°C (74°F) အထက်နဲ့ 26.1°C (79°F) အောက် ကြားရအောင် ထားပါ။ ဒီ အပူပိုင်းဒေသ တွေမှာ Humidity တက် လာတာနဲ့ အိုက်စပ် မှု က Occupant's Comfort Level ကျဆင်းလာတာ ကို အဓိက တွေ့ရပါတယ်။ ဒါကြောင့် Indoor Dew Point ကို 12.8°C (55°F) အောက်မှာ ရှိနေအောင် ထိန်းထား ပေးပါ။
3. Air Handling systems တွေကို လျော့သုံးမဲ့ အစား ပိုသုံးပါ။ ဒါမှ လိုအပ်တဲ့ different/dynamic changing internal heat loads တွေနဲ့ အနီးစပ်ဆုံး ကိုက်ညီပေး ပါလိမ့်မယ်။ ဆိုလိုတာက AHU တစ်လုံးတည်း နဲ့ နှစ်ထပ်ပေးမဲ့ အစား တစ်ထပ်ကို တစ်လုံး ပေးခဲ့ရင် ပိုကောင်း ပါလိမ့်မယ်။ လေကို ပို့ရတာထက် ရေ (Chilled Water) ကို ပို့ရတာ က ပိုလွယ်ပြီး ပိုလည်း သက်သာပါတယ်။ ဒါ့အပြင် ပိုမိုရိုးရှင်းပြီး operate လုပ်ဘို့အတွက် ပိုလည်းသက်သာ၊ ပိုလည်း စိတ်ချ ရပါလိမ့်မယ်။ အနည်းဆုံး တစ်ထပ် ကို AHU တစ်လုံး ပေးပါ။

D. **Thermal Comfort ရဘို့အတွက် အခြေခံ အချက်များ**

1. Shaded Windows= Improved Comfort & Reduced Glare
   - Radiant Heat ဖြာကူးမှု နည်းပါးပါတယ်။
   - Glare နည်းလာတာနဲ့ မျက်လုံး နဲ့ မျက်နှာပေါ် ကကြွက်သား တွေ တင်းမာ ရုံ့တွ တာကို လျော့ချပေး နိုင်မှာ ဖြစ်ပြီး သက်တောင့်သက်သာ ရှိတဲ့ အမြင်ကို ပိုကောင်းစေပါတယ်။
   - Peak Load ကိုလည်း လျော့ချ ပေးနိုင် ပါတယ်။
2. Less East & West Glass= Better Comfort
   - တိုက်ရိုက်ကျလာတဲ့ နေရဲ့ Solar Load အများအပြား စုဝင်လာတာ ကို ကာကွယ်ပေးပါလိမ့်မယ်။ အာရှသား အများစုက မနက်ခင်း ခပ်စောစော နေ ကိုတော့ နှစ်သက်ကြလေ့ ရှိပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ နေမြင့်လာတာ နဲ့ ဝင်လာမဲ့ အပူ ကလည်း များလာပါလိမ့်မယ်။
   - Cooling systems တွေရဲ့ အရွယ်အစား၊ ရွှတ်ထွေးမှု နဲ့ Operating cost ကို လျော့ချ ပေးနိုင် ပါတယ်။
3. Comfort Unlikely in 'Glass Boxes'
   - မှန်တွေ က well insulated wall ထက် ၅ ဆ လောက် အပူပို သွင်း ပေးပါတယ်။
   - သက်တောင့်သက်သာ မရှိလို့ ငြီးတွား မဲ့ Comfort complaint probability ပိုများနိုင်ပါတယ်။
   - Mechanical Systems တွေ ရဲ့ Construction, Operating and Maintenance Cost ပိုများပါတယ်။

4. Tight, Well-constructed Exterior Walls Avoids Sharp Changes in Interior Conditions

လေလုံအောင် သေချာ ဆောက်ထားတဲ့ နံရံတွေက အခန်းထဲက အခြေအနေ ကို ရုတ်တရက် မပြောင်းလဲ စေပါဘူး။

   - အခန်းထဲ က အပူချိန် အပြောင်းအလဲ နည်းစေ ပြီး သမမျှတ ပါတယ်။

- Infiltration လေစိမ့် ဝင်တာ နဲ့ mold မှိုတက်တဲ့ ပြဿနာ တွေ ကို လျော့ချ နိုင်ပါတယ်။

5. High Ceilings and Personal Fans Allow Low-cost Comfort
   - Temperature Stratification ကိုရနိုင်ပါတယ်။
   - Ideal Ceiling Height = 3.65m
   - Ideal Fan Blade Height = 3.0m
6. One Fan per Floor = Better Comfort + Simpler Systems
   အနည်းဆုံး တစ်ထပ် ကို Fan (AHU) တစ်လုံး ထားပေးခြင်း အားဖြင့် Comfort ကိုပိုကောင်း စေပြီး Systems တွေ ကိုလည်း ပိုမို ရိုးရှင်း စေပါတယ်။
   - Occupancy Schedules နဲ့ Heat Load တွေ နဲ့ အကိုက်ညီဆုံး ပေးနိုင်ပါမယ်။
   - Multiple Area အတွက် လိုအပ်တဲ့ လေအမြောက်အများ ကို ပေးရလို့ ကုန်ကျမဲ့ Energy Cost ကို သက်သာ စေပါမယ်။

E. **HVAC Systems**

1. လူတွေရဲ့ ဝတ်စားဆင်ယင် မှု ကို လိုက်ပြီး HVAC Design ကိုလုပ်ပါ။
   - Indoor Design ကို 24ºC ထားမဲ့ အစား 26ºC ထားပြီး Dew point ကိုတော့ 12.8°C (55°F) အောက်မှာ ရှိအောင် လုပ်ပါ။
   - Equipment တွေရဲ့ Cooling Capacity ကို Multiple-stages အဆင့်ဆင့် ထားပါ။ (သို့မဟုတ်) modulating capability ထည့်သွင်းပေးပါ။
   - Supply Air Stream ရဲ့ Noise နဲ့ Chilling Effect ကို ထည့်သွင်း စဉ်းစားပါ။ Occupant တော်တော်များများ က (သူတို့ ကိုယ်တိုင် Control မလုပ်နိုင်ပဲ) သူတို့ အပေါ် Cold Air Direct Blow လုပ်တာ ကို မကြိုက်ကြ တာကြောင့်မို့ပါ။
2. Dry Ventilation Air Helps Avoid Temperature Swings
   - Dedicated Outside Air System (DOAS) ဆိုတာ က လူတွေ နဲ့ နေရာ အလိုက် လိုအပ်တဲ့ Ventilation Air ကို အခြား AC Equipments တွေ နဲ့ မရောပဲ သီးသန့် သန့်စင် ပို့လွှတ် ပေးတဲ့ စနစ် ကိုခေါ်တာပါ။Dew point ကိုတော့ 12.8°C (55°F) အောက်မှာ ရအောင် Treatment လုပ်ပေးရမှာ ဖြစ်ပြီး သင့်တော်တဲ့ Filter နဲ့လည်း လေကို စစ် ပေးရပါမယ်။
   - Cooling Equipment တွေ က လည်း humidity ကိုဖယ်ဘို့ အအေးဓာတ် ကို အပို ချပစ်ရမဲ့ အစားSensible Load ကိုပဲ ဂရုစိုက် ရပါတော့မယ်။
   - အခန်းထဲ မှာ မှိုတက်တဲ့ ပြဿနာ ကို လျော့ပါးစေ နိုင်တာမို့ US မှာ Dedicated Outdoor Air Dehumidification System တွေ က ရေပန်းစား လာပါတယ်။ မှို နဲ့ ဘက်တီးရီးယား ပွားတာ ကို ဟန့်တားနိုင်ဘို့ နဲ့ လူတွေ ရဲ့ နှစ်သိမ့်မှု ကို ပေးနိုင်ဘို့ အတွက် Federal Buildings တွေ မှာ Dedicated Ventilation dehumidification equipment တွေသုံးဘို့ 2003 ခုနှစ်ထဲ က ပြဋ္ဌာန်း ခဲ့ပါတယ်။ ဒီ အဆောက်အအုံ တွေ မှာ အခန်းထဲ က လေကို ရုံးသူ၊ ရုံးသား တွေကနေ ထုတ်လွှတ်လာမဲ့ humidity ကို စုတ်ယူ ရင်းနဲ့ Dew point ကို 12.8°C (55°F) အောက် မှာ ထိန်းထားနိုင်ဘို့ အတွက် အပြင်က O/A လေကို Dew point 10.0°C (50°F) အောက် ရအောင် အမြဲတမ်း Treatment လုပ်ဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။
3. Constantly Cold Coil also Dry Air Effectively
   - Cooling Coil or Desiccant Dehumidifier controlled with a humidistat vs thermostat
   - VAV Systems with Constantly Cold Coil အတွက်
     - Supply Air Dew Point is Low enough (12.8°C (55°F))
     - Supply Air Dew Point က သတ်မှတ်ထားတဲ့ Indoor Dew Point အောက်မှာ ရောက်နေရင် Coil stays cold ထားရပါမယ်။
     - အအေးလွန် သွားလို့ လိုအပ်လာတဲ့ re-heat ကို waste heat (refrig condenser or heat recovery wheel) ကနေယူပါ။

4. Drier Air Expands the Comfort Range in Mixed Uses
    - o လူတွေ ကို ရံဖန်ရံခါ မသက်မသာ ဖြစ်စေတာ က အပူ ကြောင့်မဟုတ်ပဲ Humidity ကြောင့် ဖြစ်နေတတ်ပါတယ်။ အိုက်စပ်စပ် ကြီးဖြစ်နေတာပါ။ လေကို ပိုပြီး ခြောက်သွေ့အောင် လုပ်ခြင်းအားဖြင့် ဒီလို ဒုက္ခ မျိုး ကို လျော့ပါးစေပါတယ်။
5. Capacity Modulation Avoids Sharp Changes – Stop Overshooting Desired Conditions
    - o Stop Oversizing Cooling Equipment - Size at or under "Peak Load"
      ဒီအကြောင်းကြောင့် ပူအိုက်တဲ့ ရာသီဥတု မှာ အနွေးထည် ဆောင် ဘို့ အတွက် ဖြစ်စေတာပါ။ Peak Load ဆိုတာက Operating hour အချိန်ရဲ့ 99% ကျော်မှာ လိုအပ်တာထက် ပိုနေပါပြီ။ ဒါ့အပြင် Designer က လိုရမယ်ရ ဆိုပြီး 10-20% လည်း ထပ်ထည့် နိုင်ပါသေးတယ်။ ဒီလို အပိုထည့်ထားတဲ့ အတွက် လိုချင်တဲ့ temperature ကိုကျော်ကျသွားတတ် တာ ကို ထိန်းဘို့ မလွယ်တော့ ပါဘူး။ ရလဒ် အနေနဲ့ ကတော့ အရမ်းပူတာ နဲ့ အရမ်းအေးတာ ကြား အလျင်အမြန် ပြောင်းနေတာပါပဲ။
      ဒါကြောင့် သင့်တော်ရုံ ပဲ ရွေးခဲ့မယ် ဆိုရင် Cost ကို ချပေးနိုင်ရုံ သာမက ပိုပြီးလည်း comfort ဖြစ်ပါလိမ့်မယ်။
    - o Variable-Speed Motors (or) Multiple Stage of equipment Capacity
      အပြောင်းအလဲမြန်စေတဲ့ ဖွင့်လိုက်ပိတ်လိုက် (စက်တွေကို) လုပ်ရမဲ့ အစား လိုအပ်တဲ့ Capacity ရအောင် ညင်ညင်သာသာ လေး ပြောင်းပေး၊ ညှိပေး နိုင်ပါတယ်။ ဒါက Comfort ကို အများကြီး ပိုကောင်း စေရုံသာမက ဈေးလည်းချိမဲ့ နည်းလမ်းပါ။
    - o Split Cooling Load between several pieces of equipments (vs) One Large Piece /component
      Equipment စက်ကြီးအကြီး တစ်ခုအစား အနေတော်လေးတွေ အချို့ကို ရွေးတဲ့အခါ Load အတက်အကျ ကိုလိုက်ပြီး သင့်တော်သလို လိုက်တင်ပေးပါလိမ့်မယ်။ ဒီနည်းကတော့ equipment နဲ့ နေရာပိုလိုတာ မို့ အခြားရွေးစရာတွေ နဲ့ယှဉ်ရင် ဈေးအကြီးဆုံး most expensive ဖြစ်ပြီး ကုန်ကျစရိတ် ပိုလာမဲ့ နည်းပါ။ ဒါပေမဲ့ Comfort ကိုပိုကောင်းစေမယ်။ Energy use လည်း အတော် နည်းသွားမယ်။ ထိန်းသိမ်းစရိတ် ပိုသက်သာစေမဲ့ အပြင် ယုံကြည်စိတ်ချရမှု (reliability) လည်း ပိုကောင်းလာမှာ ဖြစ်ပါတယ်။Equipment စက်ကြီးအကြီး တစ်ခုအစား အနေတော်လေးတွေ အချို့ကို ရွေးတဲ့အခါ Load အတက်အကျ ကိုလိုက်ပြီး သင့်တော်သလို လိုက်တင်ပေးပါလိမ့်မယ်။ ဒီနည်းကတော့ equipment နဲ့ နေရာပိုလိုတာ မို့ ကုန်ကျစရိတ် ပိုလာမဲ့ နည်းပါ။ ဒါပေမဲ့ Comfort ကိုပိုကောင်းစေမယ်။ Energy use လည်း အတော် နည်းသွားမယ်။ ထိန်းသိမ်းစရိတ် ပိုသက်သာစေမဲ့ အပြင် ယုံကြည်စိတ်ချရမှု (reliability) လည်း ပိုကောင်းလာမှာ ဖြစ်ပါတယ်။
    - o Ensure that a component in system responds to a humidstat control of dew point conditions
      Cooling System မှာဘာပဲဖြစ်နေနေ အခန်းထဲ က Humidity ကို 12.8°C (55°F) အောက်မှာ ထိန်းထား နိုင်ဘို့ အတွက် Humidistat ကို respond လုပ်နိုင်တဲ့ အစိတ်အပိုင်း တစ်ခု သီးသန့် ထည့်ပေးထားဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။ Dedicated humidification equipment မပါခဲ့ရင် အခန်းထဲ က Heat Load နည်းလာတာ နဲ့ အမျှ အအေးလွန်တာ ကို ထိန်းရင်း နဲ့ Humidity က မသက်မသာ ဖြစ်လောက်အောင် မြင့် တက်လာ နိုင်ပါတယ်။

6. Higher Velocity VAV Diffusers Avoid "Cold Air Dumping" (use with non-sleeping areas)
    - o Low velocities cause " Cold Air Columns"
      High Velocity နဲ့ ရွေးချယ်ထားတဲ့ Loud Diffusers တွေက အိပ်ခန်းတွေ အတွက် မသင့်တော်

ပေမဲ့ non-sleeping area တွေ မှာ Comfort နဲ့ Productivity အတွက် ကောင်းကျိုး ပေးနိုင်ပါတယ်။
အသံပြိမ် နေအောင် ရွေးချယ်ထားတဲ့ Diffusers တွေမှာ Peak Design Flow ကို အခြေခံ ထားလေ့ရှိကြတာ မို့၊ Low Load Condition မှာ Air Flow က အရမ်းနည်းနေ တတ်ပါတယ်။ အဲဒါ က အခန်းထဲ က လေနဲ့ သမ Mixed ဖြစ် ရမဲ့ အစား "Cold Column" ဖြစ်စေပြီး Occupant ဆီထိ ရောက်နိုင်တာ မို့ Comfort ကို ထိခိုက်စေနိုင်ပါတယ်။

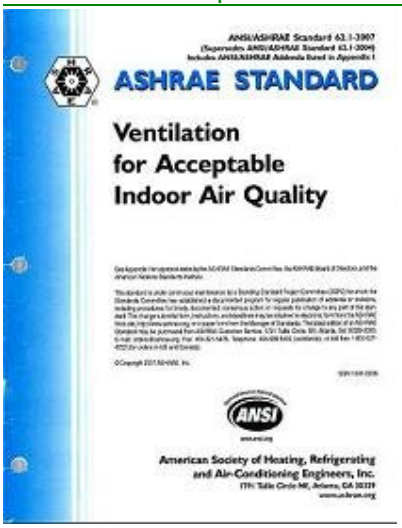
- Benefit to having "White Noise" generation
ရုံးခန်းတွေ၊ ကျောင်းတွေ မှာ High Velocity Diffuser က ထွက်လာ တဲ့ အသံတွေ ကြောင့် Low-Level "White Noise" ကိုဖြစ်စေပါတယ်။ တိတ်ဆိပ် လွန်း လို့ သူများတွေ ပြောဆိုနေ သမျှ အကုန် သေချာ ကြားနေရလို့ စိတ်ရှုတ် နေရမဲ့ အစား ကိုယ့်အလုပ်မှာ ကိုယ် အာရုံ စိုက်လာနိုင်မဲ့ လူမှုရေး အကျိုးကျေးဇူး ကို ပေးပါတယ်။ လုံးဝ တိတ်ဆိပ်နေ တာ က အလုပ်လုပ်နေတဲ့ ပတ်ဝန်းကျင် အတွက် မကောင်းပါဘူး။

4. **Managing Ventilation Air**
   - သင့်တော်တဲ့ Outdoor Air (O/A) ပမာဏ ကို လူတွေ အသက်ရှူ မဲ့ Breathing Zone အထိ ရောက်အောင် ပို့ပေးရပါမယ်။ Breathing Zone ဆိုတာ ကတော့ လူတွေ ရှိတဲ့ အခန်း တွေထဲမှာ ကြမ်းပြင် အထက် 3" နဲ့ 72" ကြား (75 & 1800mm)၊ နံရံ (သို့) Fixed air-conditioning equipment ကနေ 2 ft. (600mm) ထက်ဝေးတဲ့ နေရာလို့ သတ်မှတ် ပါတယ်။
   - Ventilation Air က သန့်ရှင်းရမယ်။ ခြောက်သွေ့ရမယ်။ အမှိုက် နဲ့ Pollutants တွေ ကင်းစင်ရပါမယ်။
   - B. **Key Suggestions**
     အဓိက အကြံပေးချက်တွေ ကတော့
     1. Ventilation System ကို ASHRAE Standard 62.1: Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality နဲ့ ASHRAE 62.1 User Manualကို သုံးပြီး size လုပ် ရွေးချယ်ပါ။
     2. အပြင်က လေ (O/A) ရဲ့ Dew point က 12.8°C (55°F) ထက်ပိုနေရင် Dehumidify (Dry) လုပ်ပေးပါ။
     3. အနည်းဆုံး MERV-8 အဆင့်ရှိတဲ့ Filter နဲ့ O/A ကို စစ်ပေးပါ။ အဆောက်အအုံ က အမှုန်အမွှား များတဲ့ နေရာ မှာ တည်ရှိနေခဲ့ရင် MERV-11 အဆင့်ရှိတဲ့ Filter နဲ့ စစ်ပေးပါ။ အိုဇုန်း ပါဝင်နှုန်း များတဲ့ လေဆိုရင်တော့ Carbon Filter (သို့) အခြားသင့်တော် တဲ့ နည်းနဲ့ အိုဇုန်း ကို စစ်ပေးပါ။
     4. O/A ကို လိုအပ် တဲ့ ပမာဏ အတိုင်း ရအောင် Modulate (ထိန်းညှိ) ပေး ပါ။ Energy Cost ကိုလည်းထိန်း၊ လေကောင်းလေသန့်လည်း ပေးနိုင်ဘို့ အတွက် လူဦးရေ အနည်းအများ ကိုလိုက်ပြီး Ventilation Amount ကို ပြောင်းပေးနိုင်ဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။ ရှိနိုင်မဲ့ လူဦးရေ ကို ကြိုတင် ခန့်မှန်းပြီး Timer နဲ့ ပြောင်းတာဖြစ်ဖြစ်၊ CO2 Sensor ထည့်ပြီး ဝဖြစ်ဖြစ်၊ Motion sensor နဲ့ လူရှိမရှိ sense လုပ်ပြီး ဖြစ်ဖြစ် လိုအပ်သလို modulate လုပ်ပေး နိုင်ပါတယ်။
     5. ဖြစ်နိုင်ရင် အလဟဿ ဆုံးရှုံးသွားမဲ့ Waste Energy တွေကို Recover လုပ်ပါ။ Cold & dry ဖြစ်နေတဲ့ exhaust air တွေ က နေ recover လုပ် ယူနိုင် ပါတယ်။ Sensible Heat ကိုပဲ Recover လုပ်နိုင်တဲ့ Heat Exchanger တွေ ရှိသလို Sensible ရော Latent ပါ recover လုပ်နိုင်တဲ့ Energy (Enthalpy) Wheel တွေ လည်း ရှိပါတယ်။
   - C. **Dehumidification and Air Cleaning**
     - Ventilation Air ကို Condition လုပ်ရတာ က ဈေးကြီးပါတယ်။ အထူးသဖြင့် ပူနွေးစွတ်စို တဲ့ ရာသီဥတု ရှိတဲ့ ဒေသတွေ မှာ ပါ။ ဒီဒေသ တွေ မှာ အခန်းထဲ က Pollutant တွေ ကို Dilute ဖြစ်ဘို့ အပြင်ကလေ သွင်းရုံ သက်သက် နဲ့ ရတာ မဟုတ်ပါဘူး။ သင့်တော်အောင် သန့်စင် ပြီး dry မလုပ်ခဲ့ ရင် ကောင်းကျိုးထက် ဆိုးကျိုးကို တောင် ပိုဖြစ်စေ နိုင်ပါတယ်။ ဒါကြောင့် အဆောက်အအုံ ပိုင်ရှင်တွေ အတွက် အပြင်က လေကို သန့်အောင် စစ်ဘို့၊ ရေငွေ့ ဖယ်ဘို့ နဲ့ Breathing Zone အရောက် ပို့ဘို့ အတွက် က ကုန်ကျစရိတ် သက်သာလှတာ မဟုတ်ပါဘူး။

- ဒီဒေသ တွေ က အဆောက်အအုံ တွေ မှာ Ventilation Air က Humidity Load ရဲ့ အချိုးအစား အတော်များများ ကို ယူထားပါတယ်။ အဆောက်အအုံ အများစု မှာ Total peak humidity load ရဲ့ 60% လောက်ကို ယူထားတာ ပါ။ ဒီ အပူပိုင်းဇုန် တွေ မှာ တစ်နှစ်လုံး လိုလို humidity ကလည်း များတတ်ပါတယ်။ ဆောင်းတွင်း မှာ တောင် အပြင်က လေရဲ့ Dew point က လိုချင်တဲ့ 12.8°C (55°F) ထက် ပိုနေတတ် ပါသေးတယ်။
- ဒါကြောင့် အငြင်းပွားစရာ အခြေအနေ တွေ ကို ဖြစ်ပေါ်စေပါတယ်။ ဘယ်လောက် နှုန်းနဲ့ ပေးရမယ် ဆိုတာ ကို အတိအကျ သတ်မှတ် ဘို့ ကိစ္စ က လည်း HVAC Engineer တွေ အတော် သည်းညည်းခံ ရတဲ့ အငြင်းပွားမှု တွေ ပါ။
- ဒါကြောင့် ဖြစ်နိုင်ရင် DOAS သုံးဘို့ တိုက်တွန်းတာပါ။ Federal Buildings တွေ မှာ Dedicated Ventilation dehumidification equipment တွေသုံးဘို့ 2003 နဲ့ အပြင်က O/A လေကို Dew point 10.0°C (50°F) အောက် ရအောင် အမြဲတမ်း Treatment လုပ်ဘို့ လိုအပ်တဲ့ အကြောင်း အထက်မှာ တင်ပြခဲ့ ပါတယ်။ Designer အနေနဲ့ DOAS ကို မသုံးဘူး ဆိုရင် humidity control က cooling system ထဲမှာ ထည့်သွင်း စဉ်းစားရမဲ့ အချက် ဖြစ်လာပါတယ်။ ဒါက Designer ရဲ့ ရွေးချယ် မှု ဆိုခဲ့ ရင် Cooling systems ကို အခြားပုံမှန် Cooling systems တွေ နဲ့ မတူပဲ သေချာ ဒီဇိုင်း လုပ်ရပါလိမ့်မယ်။ လေက Cooling လုပ်ဘို့ မလိုခဲ့ ရင်တောင် မှ dry လုပ်ပေးနိုင်တဲ့ စနစ် မျိုးကို ဒီဇိုင်း လုပ်ရ ပါမယ်။ အခန်းထဲ မှာ Absolute Humidity (or Dew Point Temperature) တက်လာရင် ထိန်းနိုင်ဘို့ က Humidistat ကို respond လုပ်နိုင်တဲ့ စနစ်တွေ ထည့်သွင်းထားဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။ အထူးသဖြင့် energy saving အတွက် higher thermostat setting လုပ်ထားတဲ့ အခါ cooling systems သက်သက်တွေ ပဲ သုံးခဲ့ ရင် အခန်းထဲ မှာ humidity တက်လာပြီး မှိုတွေ ပွားလာပါလိမ့်မယ်။
- နောက်တစ်ခု ကတော့ အမှုန်အမွှား တွေ ကိုသင့်တော် သလို Filter တွေ သုံးပြီး စစ်ပြီး မှ သွင်းဘို့ ပါ။ Filter တွေ ရဲ့ Efficiency ကို ASHRAE MERV Rating နဲ့ ပြနိုင်ပါတယ်။ အသေးစိတ် ကို MERV Chart မှာ လေ့လာပါ။
- ASHRAE Standard 62.1 က O/A ကို အနည်းဆုံး MERV-8 အဆင့်ရှိတဲ့ Filter နဲ့ စစ်ပေးဘို့ တိုက်တွန်း ထားပါတယ်။ အပြင်မှာ ရှိတဲ့ လေရဲ့ အမှုန်အမွှား ပါဝင်နှုန်း ကို လိုက်ပြီး Commercial Building အများစု သုံးကြတာ က MERV-8 နဲ့ MERV-11 ပါ။ ဆေးရုံလို အဆောက်အအုံ မျိုးမှာ တော့ ရံဖန်ရံခါ Filter အဆင့်ဆင့် ခံထားရပါတယ်။ ဥပမာ၊ ပထမ အဆင့် MERV-8 နဲ့ အမှုန်အကြီးတွေ ကိုစစ် ပြီး အန္တရာယ်ပေး နိုင်တဲ့ အမှုန်ငယ် လေးတွေ ကို စစ်နိုင်ဘို့ MERV-13 ကို ဒုတိယ အဆင့် ခံတာမျိုးပါ။
- မြေပြင် နားမှာ ဖြစ်ပေါ်တဲ့ Ground Level Ozone အကြောင်းကို အရင် Clean Air မှာတင်ပြခဲ့ ပါတယ်။ ဒီအိုဇုန်း က မီးခိုးမြူ smog ကိုဖြစ်စေတာရယ်၊ လူတွေ ရဲ့ အသက်ရှူလမ်းကြောင်း ကို အကြီး အကျယ် ဒုက္ခ ပေးနိုင်တာ ရယ် ကြောင့် လေထဲမှာ 0.08ppm (8 hour avg) or 0.12 (1 hour avg) ထက်မကျော် အောင် ဂရုစိုက်ဘို့ သတ်မှတ်ပါတယ်။ ဒါကြောင့် လေထဲမှာ အိုဇုန်း ဒီထက်များတဲ့ နှုန်းနဲ့ ပါလာရင် carbon filter နဲ့ စစ်ပေးရပါတယ်။

D. **Ventilation Rate**

- Ventilation rate နဲ့ပတ်သက်ပြီး အသင့်တော် ဆုံး မှီငြမ်းစရာ ကတော့ ASHRAE Standard 62.1: Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality ပါ။



- Ventilation Rates ကို နှစ်ပိုင်း ခွဲထား ပါတယ်။ ပထမ တစ်ခု က ရှိနေနိုင်တဲ့ လူတွေ အတွက် ဖြစ်ပြီး ဒုတိယ ကတော့ အဆောက်အအုံ (ဥပမာ၊ ကော်ဇော) က ထွက်လာမဲ့ contaminants အငွေ့ တွေ ကို အားပျော့ စွန့်ထုတ် သွားစေ ဘို့ ဖြစ်ပါတယ်။
  Ventilation Rates= Occupancy+ Area Factors
- အသုံးများတဲ့ Occupancy density နဲ့ လိုအပ်မဲ့ ventilation rate တွေကို စာရင်းပြုထားပါတယ်။ စာအုပ် (သို့) pdf download ဝယ်မယ်ဆိုရင် ဈေးအတော်အတန် ကြီးပေမဲ့ ဖတ်ရှုသက်သက် ဆိုရင်တော့ Free Online Preview လုပ်နိုင်ပါတယ်။
- ပေးထားတဲ့ Rate တွေ က အနည်းဆုံး လိုအပ်ချက်ပါ။ LEED® ကတော့ လိုအပ်ရင် ASHRAE 62.1 ထက် 30% အထိပိုပေးနိုင်အောင် ဒီဇိုင်းလုပ်ဘို့ တိုက်တွန်း ထားပါတယ်။
- အနှံ့နဲ့ ပတ်သက်လို့ အဆောက်အအုံ ထဲကို ပထမ ဆုံး ဝင်လာခါစ အခြေအနေ မှာ သတိထားမိကောင်း ထားမိ စေပါလိမ့်မယ်။ ဒါပေမဲ့ လူတွေရဲ့ သဘာဝ အရ ဝင်လာသူ ထဲက ၈၀% လောက်က ၆ မိနစ် အတွင်း ပတ်ဝန်းကျင် နဲ့ နေသား ကျသွား လေ့ရှိပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ အနံ့က အရေးပါတဲ့ နေရာတွေ မှာ တော့ လိုအပ်သလို ဒီဇိုင်းလုပ်ဘို့ လိုအပ်နိုင်ပါတယ်။ ဥပမာ။ ။စတိုးဆိုင် လိုမျိုး၊ Customer က အနံ့ပြင်းရင် အထဲဝင်ချင်မှ ဝင်ချင်မယ်။ ဝင်ရင်တောင် မှ ခပ်မြန်မြန် လိုသလောက် နည်းနည်းပါးပါး ဝဲ ဝယ်ပြီး ပြန်ထွက် သွားချင် သွားမယ်။
- အဆောက်အအုံ က ရေကို ကုန်စင်အောင် စွန့်ထုတ်နိုင်ဘို့၊ ရေမခိုစေ နိုင်ဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။
- HVAC Maintenance အတွက် Access က မရှိမဖြစ် လိုအပ်ပါတယ်။
- 12.8°C (55°F) Dew Point က 65%RHupper Limit ထက်ပိုပြီး သင့်တော်ပါတယ်။
- Commissioning, Documentation & Maintenance တွေ လည်း မရှိမဖြစ် လိုအပ်ပါတယ်။ ဒီ Ventilation System တွေရဲ့ performance စွမ်းဆောင်ရည် အမြဲကောင်းနေအောင် လိုအပ်တဲ့ စစ်ဆေး ထိန်းသိမ်းမှု ရှိနေမှ ဖြစ်မှာ မဟုတ်လား။
- Local Codes: လိုအပ်ချက် တွေ က လည်း အနည်းဆုံး ပေးရမဲ့ Ventilation rate ကို သတ်မှတ်ထားလေ့ရှိပါသေးတယ်။ ရံဖန်ရံခါ ဆိုသလို ဒီ rate နှုန်းတွေ က ASHRAE 62.1 ထက် အဆပေါင်းများစွာ ပိုကောင်း ပိုနိုင်ပါသေးတယ်။ ဒါပေမဲ့ မလိုက်နာ လို့ မရပါဘူး။
  - Singapore: CP 13
  - Malaysia: Uniform Building Bylaw

တစ်ခု သတိပြုရမှာ ကတော့ လေကို ခြောက်သွေ့အောင် မလုပ်ပဲ သွင်းခဲ့ ရင် Mold ပြဿနာ က ရှိနေအုံးမယ် ဆိုတဲ့ အချက်ပါ။ ဖြစ်နိုင်ရင် Energy Recovery လုပ်နိုင်ဘို့ လည်း လိုအပ်ပါတယ်။ Dry and Cold Air ကပဲ Total energy recovery ရနိုင်တယ် ဆိုတာ ကိုလည်း သတိပြု ရပါလိမ့်မယ်။

- Ventilation rate နဲ့ပတ်သက်ပြီး US မှာ ရုံးခန်း အဆောက်အအုံ Office Buildings တွေ 510 လုံး ကို လေ့လာကြည့်တဲ့ အခါ မှာ အဆောက်အအုံ အများစု ASHRAE 62 က လိုအပ်တာထက် အများကြီး ပိုနေတာ ကိုတွေ့ရပါတယ်။

E. **Ventilation System Maintenance**

0. Outdoor Air Filter တွေကို လစဉ် အသစ်လဲပေးပါ။
1. O/A damper တွေရဲ့ Position နဲ့ Operation ကို သုံးလတစ်ခါ စစ်ဆေးပါ။
2. O/A sensor တွေ ကို ၆ လ တစ်ကြိမ် re-calibrate (စံချိန်ကိုက်အောင် မှန်အောင် ချိန်၊ ညှိ) လုပ်ပေးပါ။ Humidity Sensor တွေ က ရက်သတ္တပါတ် အချို့အတွင်း မှာတင် accuracy တိကျမှု ±5% RH ကနေ ±15% RH ရောက်အောင် ပြောင်းလဲ သွားနိုင်ပါတယ်။
3. Coil, Drain Pans နဲ့ damp duct interior တွေကို တစ်နှစ် တစ်ကြိမ် သန့်ရှင်းရေး လုပ်ပေးပါ။

5. **Energy Consumption Reduction**

0. Minimize exterior glazing, install low-e glass and shade it.
   နေရောင် တိုက်ရိုက် (Direct) (သို့) သွယ်ဝိုက် (Diffuse) ဝင်လာနိုင်တဲ့ မှန်တွေ ကို လျှော့ချပါ။ Heat transfer နည်းတဲ့ low-e glass ကိုသုံးပါ။ အရိပ်ရအောင် Shade လုပ်ပေးပါ။
1. Avoid West facing glazing (အနောက်ဖက် မျက်နှာမူတဲ့ မှန်) တွေ ကို ရှောင်ပါ။
2. Design glazing to allow daylighting of perimeter. နေ့ပိုင်း မှာ perimeter (အပြင်ဘက်နှင့် နီးသော အနား ရှိ နေရာများ) မှာ နေ့အလင်းရောင် ဖြတ်ဝင်လာနိုင်မဲ့ ပုံစံဖြစ်အောင် glazing တွေ ကို ဒီဇိုင်းလုပ်ပါ။ (လျှပ်စစ်မီးအသုံးလျှော့ချ နိုင်ဘို့ ပါ။ ပြူတင်းပေါက် ရဲ့ အပေါ် ဘက် Shade လုပ်ထားတဲ့ အမြင့် နေရာ က အသင့်တော် ဆုံးပါ။ နေရောင်ရဲ့ အပူ ကို လိုမှ်ဝင် မလာအောင် ထိန်းပေးနိုင်သလို အလင်းရောင် ကိုလည်း အတွင်းပိုင်း ပိုရောက်အောင် ပို့ပေးနိုင်ပါတယ်။
3. Exterior enclosure must be air tight. အပြင်ဘက် က နံရံတွေ အကာတွေ အားလုံး က လေလုံ ဘို့ လိုပါတယ်။ ဒါမှ အပြင်က moisture များတဲ့ လေစိမ့်ဝင် လာလို့ ပိုမို ကုန်ကျ မဲ့ energy ကို save လုပ်နိုင်မှာ ဖြစ်ပါတယ်။
4. Commissioning building and systems. အဆောက်အအုံ နဲ့ Systems တွေရဲ့ Function and performance စွမ်းဆောင်ရည် တွေ ကို စနစ်တကျ စစ်ဆေး တာ ကို commissioning လို့ခေါ်ပါတယ်။ ဒါမှ design လုပ်ထားတဲ့ အတိုင်း အမှန်တကယ် အလုပ် လုပ်မလုပ် သေချာ မှာ ဖြစ်ပါတယ်။
5. Seal all ducts and plenums. Air duct တွေ Plenum တွေမှာ ယိုစိမ့်မှု တွေ ရှိနေရင် Energy ဆုံးရှုံးမှု ရှိပါတယ်။ ဒါကြောင့် လေမယို အောင် seal လုပ်ပေးရပါမယ်။
6. Match ventilation to building's occupancy. အထဲမှာ ရှိနေမဲ့ လူတွေရဲ့ အရေအတွက် နဲ့ လိုအပ်ချက် ကို လိုက်ပြီး ventilation ကိုပေးပါ။
7. Capture & re-use heat from cooling equipment & exhaust air. မသုံးရင် အလဟဿ ဖြစ်သွားမဲ့ heat တွေ၊ Cold & dry exhaust တွေ က နေ Energy ကို ဖမ်းယူပြီး ပြန်သုံးစွဲ ပါ။
8. Control indoor dew point temperature. အခန်းထဲ က Dew point temperature ကို ထိန်းထားပါ။
9. Provide ongoing-commissioning of systems. အဆောက်အအုံ လည်ပတ်နေဆဲ မှာ လည်း systems တွေ ကို ongoing-commissioning (ထိန်းသိမ်း စစ်ဆေး ပြုပြင်) လုပ်ပေးပါ။

Energy Efficiency အတွက် လက်ရှိ အကောင်းဆုံး မှီငြမ်းစရာ ကတော့ ASHRAE 90.1 ပါ။ သူ့ကိုလည်း Free Preview တစ်အုပ်လုံး သွား ဖတ်နိုင်ပါတယ်။ ASHRAE Publications [http://www.ashrae.org/publications/page/1285] ကိုသွားပြီး Preview Popular ASHRAE Standards ကိုရှာပါ။

စာဖတ်သူ အနေ နဲ့ ဒီထက် ပိုပြီး လေးလေးနက်နက် သိချင်ရင် တော့၊ ဝယ်ယူဖတ်ရှု ပါ (ဒါမှမဟုတ်) ကုမ္ပဏီ ကို ဝယ်ခိုင်း

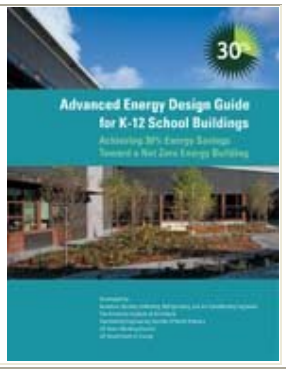
ပါလို့။

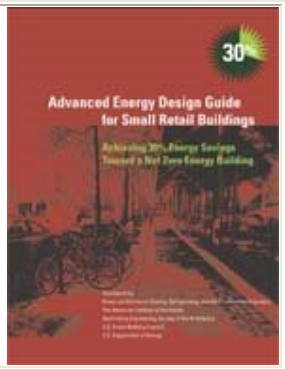
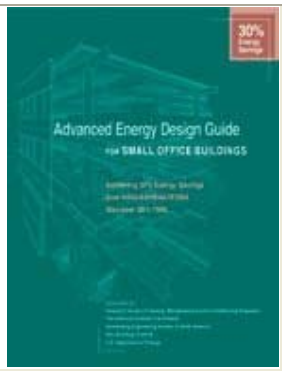
For Further Readings

10. **High Performing Buildings**
    - ASHRAE က ကမကထ ပြုပြီး သုံးလတစ်ကြိမ် ထုတ်ဝေနေ တဲ့ မဂ္ဂဇင်း ပါ။ နည်းပညာ အသစ်တွေ နဲ့ Energy-efficient design and Operation တွေ ရဲ့ အကျိုးကျေးဇူး ကို Decision maker တွေ နဲ့ Building community တွေ သိရှိနားလည်အောင် လေ့လာနိုင်အောင် အထောက်အပံ့ ဖြစ်စေဘို့ ရည်မှန်းပါတယ်။ Sustainability movement ထဲ က စံပြ အဆောက်အအုံ တွေ ကို လေ့လာ တင်ပြထားတာ ဖြစ်ပါတယ်။ ASHRAE Website မှာ ပိုက်ဆံပေးစရာ မလိုပဲ အလကား (Free) Download လုပ်ယူပြီး ဖတ်ရှုနိုင်ပါတယ်။
11. **Advanced Energy Design Guides Free Download**
    - Building Energy အသုံး ကို လျှော့ချနိုင် ဘို့ Advanced Energy Guide Series ကို ထုတ်ထားပါတယ်။ လူတွေ ဆီ ရောက်လေ ကောင်းလေ မို့ ASHRAE Website မှာ ပိုက်ဆံပေးစရာ မလိုပဲ အလကား (Free) Download လုပ်ယူနိုင်ပါတယ်။ အခုလက်ရှိ ထုတ်ဝေပြီးတာကတော့
        - Small Offices
        - Small Retail
        - Warehouses
        - K-12 Schools

    နောက်ဆက်လက်ထုတ်ဝေ ဘို့ ပြင်ဆင်နေတာ တွေ ကတော့

        - Highway Lodging
        - Healthcare Facilities

	Small Warehouses and Self-Storage Buildings For warehouses up to 50,000 ft^2 and self-storage buildings that use unitary heating and air-conditioning equipment, which represent a significant amount of commercial warehouse space in the U.S. I-P units.
	**K-12 School Buildings** For elementary, middle, and high school buildings, which have a wide variety of heating and air-conditioning requirements. Options for daylighting, an important component in schools, are included. I-P units.

	**Small Retail Buildings** For retail buildings up to 20,000 ft^2, the bulk of retail space in the U.S. Addresses typical uses: retail (other than shopping malls); strip shopping centers; automobile dealers; building material, garden supply, and hardware stores; department stores; drugstores; equipment and home furnishing stores; liquor stores; and wholesale goods (except food). I-P units.
	**Small Office Buildings** For office buildings up to 20,000 ft^2 the bulk of office space in the U.S.; and provides benefits and savings for the building owner while maintaining quality and functionality of the office space. Awards: USGBC 2005 Leadership Award; Stars of Energy Efficiency Award, Honorable Mention (Alliance to Save Energy); and Best Sustainable Practice Award, Honorable Mention (SBIC). I-P units.

12. ASHRAE Publications
    - ASHRAE Publications [http://www.ashrae.org/publications/page/1285] ကိုသွားပြီး Preview Popular ASHRAE Standards ကိုရှာပြီး လေ့လာပါ။
    - ASHRAE Online Learning က Short Courses ထဲ မှာ ASHRAE 55 ကနေထုတ်နှတ် ထားတဲ့ HVAC Systems: Thermal Comfort (I-P) ကို Free ပေးထားပါတယ်။ ပိုက်ဆံ ပေးစရာ မလိုပဲ Free လေ့လာနိုင်ပါတယ်။

Tuesday, June 23, 2009

VBA for MEP Calculations

- Application တွေထဲ မှာ Programming အမျိုးမျိုး သုံးလို့ ရပါတယ်။ ဒီအထဲ မှာ သုံးတတ်ရင် အချိန်ကုန် သက်သာစေတဲ့ VBA (Visual Basics for Application) ကိုသုံးပြီး Engineering Formula Functions တွေ ရေးတာ ကို မိတ်ဆက်ပေး ဘို့ ရည်ရွယ်ထားပါတယ်။
- အဓိက သုံးမဲ့ နေရာ က တော့ spread sheet (Microsoft Excel) အတွက် ပါ။ တကယ်တော့ VBA က MS Offices တွေ၊ Web Script တွေ အတွက် သာ မက AutoCad ® မှာလည်း အသုံးပြုလို့ ကောင်းတဲ့ programming တစ်ခုပါ။ AutoCad ® ကိုသုံးတဲ့ သူတွေ အတွက် AutoLisp, vBA, Diesel, Script စတဲ့ programming အချို့ကို နားလည်ရင် ထပ်တလဲလဲ လုပ်ရတဲ့ process တွေ ကို အချိန်ကုန် သက်သာစွာ နဲ့ လုပ်ဆောင် နိုင်ပါတယ်။ ရှုတ်ရှုတ်ထွေးထွေး တွက်ချက်ဘို့ လိုအပ်တာတွေ၊ Trial and error Loop နဲ့တွက်ရတာတွေ အတွက်လည်း တစ်ကြိမ် စနစ်တကျ ခေါင်းရှုတ်ခံ လိုက်ရင် နောက်တစ်ခါ သုံးဘို့ အဆင်သင့် ဖြစ်စေပါမယ်။

I. **Basic of Programming**

- Programming Languages အလိုက် Detail အမျိုးမျိုး ဖြစ်နိုင်ပေမဲ့ basic instructions အချို့ ကတော့ Languages တိုင်းလိုလို မှာပါဝင်နေတာ တွေ့ရပါမယ်။
  - input: Get data from the keyboard, a file, or some other device.
  - output: Display data on the screen or send data to a file or other device.
  - Math / Operation : Perform basic mathematical operations like addition and multiplication.
  - conditional execution: Check for certain conditions and execute the appropriate sequence of statements.
  - repetition: Perform some action repeatedly, usually with some variation.
- ဒါတွေရဲ့ အခြေခံ တွေ ကို Algorithm (or) Pseudocode and Program Flow Chart တွေနဲ့ ပြလို့ ရပါတယ်။ Modular programming လို့ခေါ်တဲ့ Program အသေးလေး တွေ အပိုင်းလိုက် အကန့်လိုက် အစိတ်စိတ် သီးခြားခွဲ ရေးပြီး မှ ပေါင်းစပ် သုံးတဲ့ အခါ ရေးရတာရော၊ debug လုပ်ရတာရော လွယ်ကူလာပါတယ်။
- Program ရေးတဲ့ အခါ စနစ် တကျ Planning လုပ်ထားခဲ့ဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။ မဟုတ်ရင် အမှားရှာရ ပြင်ရ စတဲ့ Debugging လုပ်ရတာ က ရေးရတာထက် အဆပေါင်း များစွာ ပိုခက်စေရုံ သာမက Crush ဖြစ်တဲ့ ပြဿနာ တွေကိုပါ ထပ်ရှင်း နေရပါလိမ့် အုံးမယ်။
- Programming Flowchart နဲ့ ပတ်သက်ပြီး http://www.nos.org/htm/basic2.htm မှာ သွား ရောက် လေ့လာ နိုင်ပါတယ်။ အဓိက သိသင့်တာ ကတော့
  - Start / End : အစ နဲ့ အဆုံး (Programming တိုင်းမှာ အစ (Start) နဲ့ အဆုံး (End) ပါဝင်ရပါမယ်။) သူ့ရဲ့ ပုံက ထောင့်ကို လုံးထားတဲ့ စတုဂံ ပုံပါ။
  - Process : Computational steps or processing function of a program၊ ပုံက ရိုးရိုး စတုဂံပုံပါ။
  - Decision Making and Branching၊ ရွှမ်းဗတ် ပုံ။

II. VBA for Excel

Excel အတွက် VBA Application ကိုလေ့လာတဲ့ အခါ သိသင့်တာတွေ ကတော့၊

- VB for Application
- VB for Excel Application
- Files (personal.xls or add-in ".xla", Newer version ".xlsx")
- Excel VBA Object Model: Excel, Word, AutoCad ® သာမက VBA သုံးနိုင်တဲ့ Applications တွေ မှာ Object Model တွေရှိပါတယ်။ ဒါမှ VBA ကနေ လုပ်ဆောင်ရမဲ့၊ လုပ်ဆောင်နိုင်တဲ့ နည်းလမ်းတွေ ကို ရှာဖွေ နိုင်ဘို့ပါ။
- Macro Security
- Function and Sub: Sub ဆိုတာ ကတော့ macro အနေနဲ့ တိုက်ရိုက် run လို့ရတဲ့ processes တွေပါ။ ပါဝင်တဲ့ နည်းလမ်း အချို့ ကို modify လုပ်ဘို့ လိုတဲ့ အခါ macro record လုပ်ပြီး မှီငြမ်းလေ့လာနိုင်ပါတယ်။ Form တွေပါ ဒီဇိုင်းလုပ်ပြီး Graphical User Interface နဲ့ သုံးစွဲနိုင်ပါတယ်။ အခုတင်ပြမှာ ကတော့ ဒီ Sub အကြောင်း မဟုတ်ပါဘူး။ Excel Spread Sheet ထဲမှာ Function အနေနဲ့ တိုက်ရိုက် Insert လုပ် သုံးနိုင်မဲ့ Function တွေအကြောင်းပါ။

III. HVAC Air-Side Circular Duct Sizing Calculations (SI Units)

- Cold Air Standard အတွက် သုံးရမဲ့ Duct အရွယ်အစား ရွေးချယ်တဲ့ နည်းပါ။ ဒီနည်း နဲ့ Pressure Loss ကို တွက်ထုတ် ရင် ရမဲ့ Duct Pressure Loss အဖြေက ± 5% အတွင်းမှာ ရှိပါတယ်။ သူ့ကို သုံးနိုင်တဲ့ Conditions တွေကတော့။
  - Temperature: 5 to 35 °C
  - Elevation: 0 to 500m
  - Duct Pressure: -5 to 5 kPa relative to ambient pressure
- ဒီ အခြေအနေ တွေ က ပုံမှန် HVAC အတွက် လုံလောက်ပါတယ်။
- အများအားဖြင့် Constraints နှစ်ခုရှိပါတယ်။ Velocity နဲ့ Friction Loss ပါ။ ဒါကြောင့် Duct Size လုပ်တဲ့ အခါ Velocity ကိုပဲ သုံးရင် မှားတတ်ပါတယ်။

- Velocity Limits တွေ နဲ့ပတ်သက်ပြီး Basic Duct Sizing Consideration တွေကို M&E Basics: Pipe & Duct Sizing မှာလေ့လာပါ။ (မှတ်ချက်၊ ။ Ducting နဲ့ Piping ကို သီးသန့်ပြန်ခွဲ ဘို့ စီစဉ်နေပါတယ်။)
- ပထမဆုံး Circular Duct Size ကို တွက်ဘို့ Function ကိုရေးရပါမယ်။
- အသုံးပြုမဲ့ Calculation Formulae တွေကို တော့ ASHRAE Handbook: Fundamental ထဲကနေ မှီငြမ်းထားပါတယ်။

$$\Delta p_f = \frac{1000 f L}{D_h} \times \frac{\rho V^2}{2}$$

where

Δp_f = friction losses in terms of total pressure, Pa
f = friction factor, dimensionless
L = duct length, m
D_h = hydraulic diameter , mm
V = velocity, m/s
ρ = density, kg/m^3

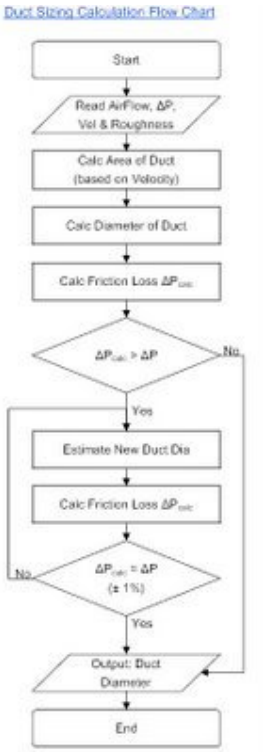
$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log\left(\frac{\varepsilon}{3.7 D_h} + \frac{2.51}{\mathrm{Re}\sqrt{f}}\right)$$

where

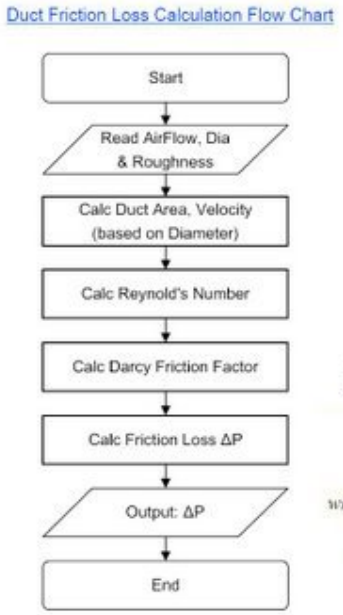
ε = material absolute roughness factor, mm
Re = Reynolds number

- တွက်နည်း အဆင့်ဆင့် ကတော့၊
  - သတ်မှတ်ထားတဲ့ Velocity အတွင်းဝင်တဲ့ Duct Size ကိုတွက်မယ်။
  - ဒီ Duct Size နဲ့ တွက်ရင် ရမဲ့ Pressure Loss ကိုတွက်ပြီး သတ်မှတ်ထားတဲ့ Limit အတွင်းရှိမရှိ ကြည့်မယ်။ ဝင်နေတယ် ဆိုရင် အဖြေရပါပြီ။
  - Limit အတွင်း မဟုတ်သေး ရင်တော့ သတ်မှတ်ထားတဲ့ Pressure Loss Limit အတွင်း မဝင်မချင်း Duct Size ကိုပြန်ရွေး၊ ပြန်တွက် လုပ်ရပါမယ်။
- ဒီ Function ကိုရေးတဲ့ အခါ တွက်ရ ပိုပြီးလွယ် ကူအောင် အကူ Functions ခွဲနှစ်ခု ပါ ထည့်ရေးထားပါတယ်။ ဒီ Functions သုံးခု ပေါင်းမှ အလုပ် လုပ်ပါလိမ့်မယ်။
  i. DuctSize_Cir_mm : Circular Duct Size ကို တွက်ထုတ်ဘို့ပါ။
  ii. DuctFrictionLoss_Pa: Circular Duct Frictioin Loss ကို တွက်ထုတ်ဘို့ပါ။
  iii. f_Colebrook: Colebrook's Friction Factor ကို တွက်ထုတ်ဘို့ပါ။
- Flowcharts တွေ ကို ရေးမယ်ဆိုရင် ဒီလိုတွေ့ရပါမယ်။

. DuctSize_Cir_mm



i. DuctFrictionLoss_Pa



$$\mathrm{Re} = 66.4\, D_h V$$

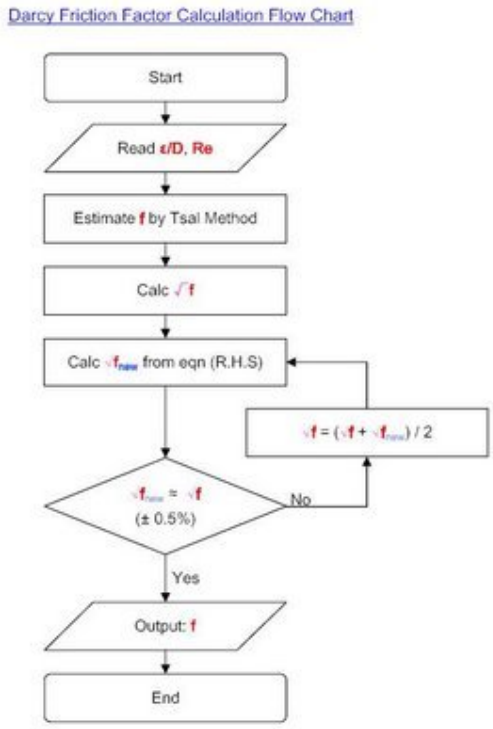
$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left(\frac{\varepsilon}{3.7 D_h} + \frac{2.51}{\mathrm{Re}\sqrt{f}}\right)$$

$$\Delta p_f = \frac{1000 f L}{D_h} \times \frac{\rho V^2}{2}$$

where

Δp_f = friction losses in terms of total pressure, Pa
f = friction factor, dimensionless
L = duct length, m
D_h = hydraulic diameter , mm
V = velocity, m/s
ρ = density, kg/m^3

ii. f_Colebrook



- ဒီနည်း ကို Numerical Programming နဲ့တွက်ဘို့ VBA Code ကို ရေးရပါတယ်။ Excel ထဲက Visual Basic Editor အောက်မှာပါ။ သီးသန့် ".xla" အဖြစ်နဲ့ ထားပြီး Excel အစမှာ တက်ဘို့ ထားထားတဲ့ XLStart ဆိုတဲ့ Folder ကိုရှာပြီး ထည့်ချင်ထည့်၊ "personal.xls" ဆိုတဲ့ File ထဲမှာပဲ ဖြစ်ဖြစ် ထားလို့ရပါတယ်။
- VBA က Macro Security Level ပေါ်မူတည် ပြီး အလုပ်လုပ်ခွင့် ပေးရပါတယ်။ Powerful Operation တွေမို့ Macro Security အကြောင်းကို သေသေချာချာ လေ့လာ သိရှိထားဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။
- "personal.xls" ဆိုတာ မရှိသေးရင်တော့ ပထမ Record New Macro လုပ်၊ စာတစ်လုံး နှစ်လုံးရိုက်၊ ဟိုနှိပ်ဒီနှိပ် လုပ်ပြီး Stop Macro ကိုနှိပ်၊ ပြီးလို့ Visual Basic Editor ကို ဖွင့်လိုက်ရင် "personal.xls" တက်လာတာ တွေ့ရပါလိမ့်မယ်။

- အောက်ဆုံး ပိုင်း မှာ Excel 2003 နဲ့ Excel 2007 က Screenshots အချို့ကို ထည့်သွင်း ပေးထားပါတယ်။

- Visual Basic Editor မှာ Module ကို ကိုယ်နှစ်သက်သလို နာမည်ပေး e.g. AirDuct ပြီးရင် Code နေရာမှာ အောက်က Code တွေကို Copy & Paste လုပ်ဘို့ပါ။
- 'General Section Declaration
  Option Base 0 'array base
  Option Compare Text
  Private Const atm As Double = 101.325 ' Atmospheric pressure in kPA
  Public Const pi As Double = 3.14159265358979

xvi.
```
Function DuctSize_Cir_mm(Air_cmh, Optional dP_Pa = 1, Optional V_mps = 8, Optional e_mm = 0.09)
'Calculate Circular Duct Size, Default for 1Pa/m, 8 m/s and Medium Surface Roughness 0.09mm
    Dim dV As Double, dD As Double, dA As Double
    Dim dP As Double

    'calc Area which satisfy the velocity limits
    dV = V_mps
    dA = Air_cmh / (3600# * dV)
    dD = (4 * dA / pi) ^ 0.5 * 1000

    'call function for Friction Loss
    dP = DuctFrictionLoss_Pa(Air_cmh, dD, e_mm)

    If dP > dP_Pa Then
      Do
        'Use Power rule estimation for iteration
        dD = dD * (dP / dP_Pa) ^ 0.25
        dP = DuctFrictionLoss_Pa(Air_cmh, dD, e_mm)
        'exit error 1%
        If Abs((dP - dP_Pa) / dP_Pa) < 0.01 Then Exit Do
      Loop
    End If
    DuctSize_Cir_mm = dD
End Function
```

xvii.
```
Function DuctFrictionLoss_Pa(Air_cmh, DuctDia_mm, Optional e_mm = 0.09)
    'Calculate Friction Loss
    Dim dQ As Double, dD As Double 'flowrate (m3/s), diameter(mm)
    Dim dV As Double, dF As Double 'velocity (m/s), friction factor
    Dim dM As Double, dE As Double 'density (kg/m3), surface roughness
    Dim Re As Double, dA As Double
    'For Cold Air Standard at density=1.2kg/m3
    If Air_cmh * DuctDia_mm > 0 Then
      dQ = Air_cmh / 3600# 'convert air flowrate to m3/s
      dD = DuctDia_mm
      dM = 1.2 'kg/m3 for cold air std
```

```
        dA = 0.25 * pi * (dD / 1000#) ^ 2
        dV = dQ / dA 'v=Q/A
        Re = 66.4 * dD * dV 'Ref ASHRAE: or use Re = V * d / nu
        dF = f_Colebrook(e_mm / dD, Re)
        DuctFrictionLoss_Pa = 500 * dF * dM * dV * dV / dD
    Else
        DuctFrictionLoss_Pa = 0
    End If
End Function
```

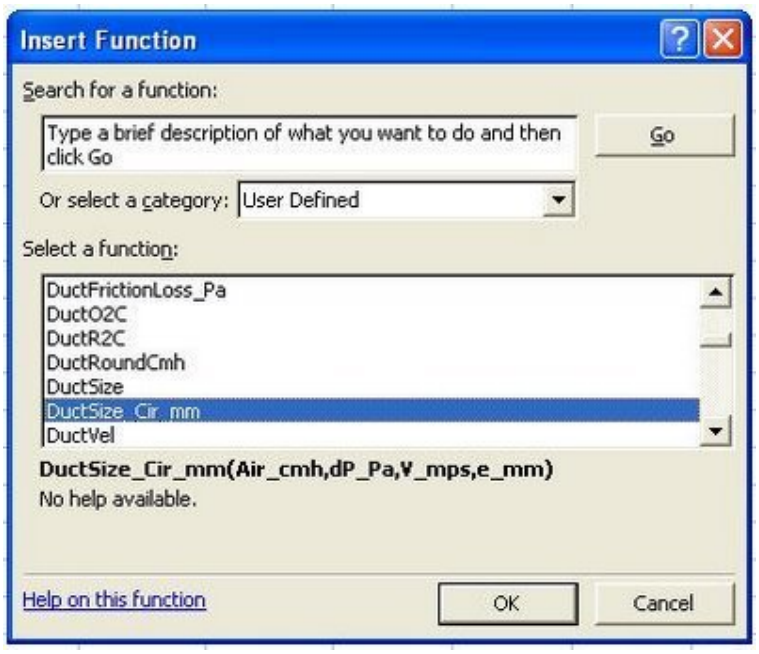
xviii.

```
Function f_Colebrook(e_by_D, Re) 'e_by_D Relative roughness; Dh: Hydraulic Dia, Re: Reynold number
    'Calculate Colebrook friction Factor

    Dim f As Double, root_f As Double, root_f1 As Double

    'Start with Tsal's estimation
    f = 0.11 * (e_by_D + 68 / Re) ^ 0.25
    If f < 0.018 Then
        f = 0.85 * f + 0.0028
    End If

    root_f = f ^ 0.5
    Do
        root_f1 = -0.5 * Log(10) / Log(e_by_D / 3.7 + 2.51 / (root_f * Re))
        'check if error is less than 0.5%
        If Abs((root_f1 - root_f) / root_f) < 0.005 Then Exit Do
        root_f = 0.5 * (root_f + root_f1) 'Use binary approach iteration
    Loop
    f_Colebrook = root_f ^ 2
End Function
```

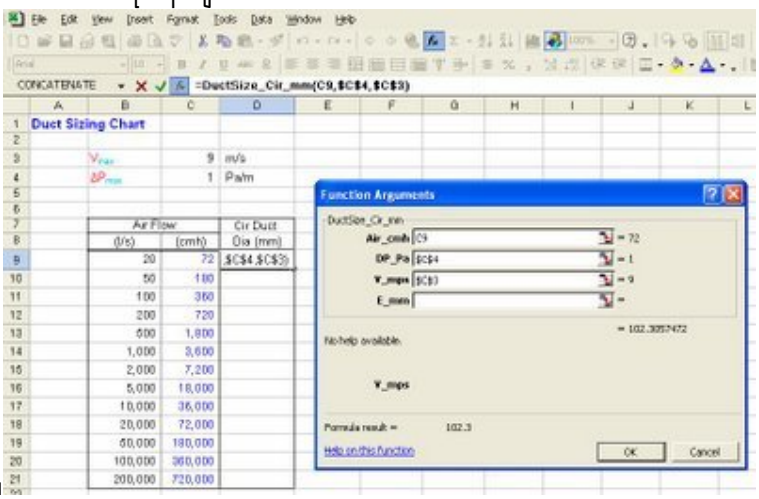
IV. Use of VBA Functions in Excel Worksheet

- ပြီးရင်တော့ ဒီ Function တွေကို Excel Spreadsheet မှာ အသင့်သုံးနိုင်ပါပြီ။
- ပထမ Insert function ကိုသွားပြီး select a category မှာ User Defined ကိုရွေးလိုက်ရင် ဒီ Function တွေ ပေါ်လာပါလိမ့်မယ်။

o



o ပြီးရင်တော့ Excel Formula သုံးနေကျ



o အတိုင်းသုံးရုံပါပဲ။

ဒီအထဲ မှာ Air_cmh ဆိုတဲ့ ကွက်လပ်ကိုတော့ ဖြည့်ကို ဖြည့်ရပါမယ်။ အခြား ကွက်လပ်တွေ ကို Function မှာထဲ က Optional အနေနဲ့ ရွေးပြီး Assign လုပ်ထားတာမို့ မဖြည့်လည်း ရပါတယ်။ Assigned လုပ်ခဲ့တဲ့ value တွေကတော့ အသုံးများတဲ့

- dP_Pa = 1
- V_mps = 8
- E_mm = 0.09

- ပြီး Excel Style: Drag-Coppy လုပ်လိုက်ရင် ရမဲ့ အဖြေကတော့၊

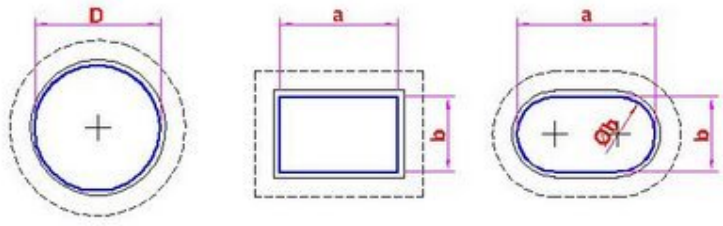
D9 =DuctSize_Cir_mm(C9,C4,C3)

	A	B	C	D	E	F
1	**Duct Sizing Chart**					
2						
3		V_{max}	9	m/s		
4		ΔP_{max}	1	Pa/m		
5						
6						
7		Air Flow		Cir Duct		
8		(l/s)	(cmh)	Dia (mm)		
9		20	72	102.3		
10		50	180	143.7		
11		100	360	186.0		
12		200	720	241.2		
13		500	1,800	339.3		
14		1,000	3,600	440.9		
15		2,000	7,200	573.9		
16		5,000	18,000	841.0		
17		10,000	36,000	1,189.4		
18		20,000	72,000	1,682.1		
19		50,000	180,000	2,659.6		
20		100,000	360,000	3,761.3		
21		200,000	720,000	5,319.2		
22						
23						

- ဒီကရတဲ့ အဖြေက Chart ကနေကြည့်လို့ ရတဲ့ အဖြေနဲ့ အတူတူလောက်ပါပဲ။ တကယ် အသေးစိတ် တွက်လို့ ရမဲ့ အဖြေရဲ့ ± 1% အတွင်းမှာ ရှိတာမို့ safety factor ထည့်ယူလေ့ရှိတဲ့ အင်ဂျင်နီယာ တွေအတွက် လုံလောက်ပါတယ်။ မှတ်ချက်။ ။ Excel Calculation Sheet File တွေကို ပေးတဲ့ အခါမှာတော့ ဒီ Function တွေ အဲဒီ file ထဲမှာ မပါရင် အလုပ်လုပ် မှာ မဟုတ်ပါဘူး။ စကားကြော မရှည် အပို ရှင်းမပြ ချင်ရင် ဒီ Function တွေ နဲ့တွက် ပြီး ရလာတဲ့ အဖြေ ရှိတဲ့ Cell တွေက အဖြေ ကို Copy ကူး၊ ပြီး Paste Special မှာ values ကို ရွေးပြီး ပြန်ထည့်လိုက်ပါ။

V. Non Circular Duct Sizing Calculations

- HVAC Air-Side မှာသုံးလေ့ ရှိတဲ့ Air Duct အမျိုးအစား သုံးခု ကို အောက်မှာ



ဖော်ပြထားပါတယ်။

- Circular Duct မဟုတ်တဲ့ အခြား Duct တွေ ကို သုံးတဲ့ အခါ အသင့်တော်ဆုံး ကတော့ Equivalent Circular Duct ကိုရှာပြီး တွက်တဲ့ နည်းပါ။

. Rectangular Duct ရဲ့ Equivalent Diameter ရှာမဲ့ Function ကိုသုံးနိုင်ဘို့ VBA Code ကိုအောက်မှာ ဖော်ပြပေးထားပါတယ်။

```
Function DuctR2C(dH, dW) As Double
   'Rectangular Duct to Circular Duct
   If dW * dH > 0 Then
      DuctR2C = 1.3 * ((dH * dW) ^ 0.625) / ((dH + dW) ^ 0.25)
   Else
      DuctR2C = 0
   End If
End Function
```

i. Oval Duct ရဲ့ Equivalent Diameter ရှာမဲ့ Function ကိုသုံးနိုင်ဘို့ VBA Code ကိုအောက်မှာ ဖော်ပြပေးထားပါတယ်။

```
Function DuctO2C(dH, dW) As Double
   'Oval Duct to Circular Duct
   Dim dA As Double, P As Double
   If dW * dH > 0 Then
      dA = (pi * dH ^ 2 / 4) + dH * (dW - dH)
      P = pi * dH + 2 * (dW - dH)
      DuctO2C = 1.55 * (dA ^ 0.625) / (P ^ 0.25)
   Else
      DuctO2C = 0
   End If
End Function
```

ii. Circular Duct ကနေ Equivalent Rectangular Duct Size ရှာမဲ့ Function ကိုသုံးနိုင်ဘို့ VBA Code ကိုအောက်မှာ ဖော်ပြပေးထားပါတယ်။

```
Function DuctC2R(dD, Optional dH = 0) As Double
   'Circular Duct to Rectangular Duct
   'if Dimension (dH) is zero, square duct
   'dH could be either dimension: "Width" or "Height"
   Dim dW As Double, dW1 As Double
   Dim dD1 As Double

   If dH > 0 Then
      'Estimate dH
      dW = 0.25 * pi * dD * dD / dH
      Do
         dD1 = 1.3 * ((dH * dW) ^ 0.625) / ((dH + dW) ^ 0.25)
         dW = dW * (dD / dD1) ^ 2
         If Abs((dD1 - dD) / dD) < 0.005 Then Exit Do
      Loop
   Else
```

```
        dW = dD * 0.9148
    End If
    DuctC2R = dW
End Function
```

iii. Circular Duct ကနေ Equivalent Oval Duct Size ရှာမဲ့ Functionကိုသုံးနိုင်ဘို့ VBA Code ကိုအောက်မှာ ဖော်ပြပေးထားပါတယ်။

```
Function DuctC2O_Width(dD, Optional dH = 0) As Double
    'Circular Duct to Rectangular Duct
    'if Dimension (dH) is zero, square duct + round, ie, a = 2 * b
    'dH is dimension b for "Height", dW is dimension a for "Width"
    'As nature, dH < dD
    Dim dW As Double, dW1 As Double
    Dim dD1 As Double
    Dim dA As Double, P As Double

   If dH > 0 Then
        'Estimate dH
        dW = 0.25 * pi * (dD * dD - dH * dH) / dH
        Do
            dA = (pi * dH ^ 2 / 4) + dH * (dW - dH)
            P = pi * dH + 2 * (dW - dH)
            dD1 = 1.55 * (dA ^ 0.625) / (P ^ 0.25)
            dW = dW * (dD / dD1) ^ 2
            If Abs((dD1 - dD) / dD) < 0.005 Then Exit Do
        Loop
    Else
        dW = dD / 1.5234
    End If
    DuctC2O_Width = dW
End Function
```

o Duct Design ကိုလိုက်လို့ ရနိုင်မဲ့ Air Flow Limits ကိုတွက်နိုင်ဘို့ Function သုံးခုကို အောက်မှာ ပေးထားပါတယ်။

.

```
Function DuctAirFlow_Cir_cmh(dD_mm, Optional dP_Pa = 1, Optional dV_mps = 9, Optional e_mm = 0.09)
    Dim cmh As Double, dP As Double
    Dim dD As Double, dV As Double

    dV = dV_mps
    dD = dD_mm
    cmh = 0.0009 * pi * dD * dD * dV '0.0009 <- 0.25*3600/1000000
    dP = DuctFrictionLoss_Pa(cmh, dD, e_mm)
    If dP > dP_Pa Then
```

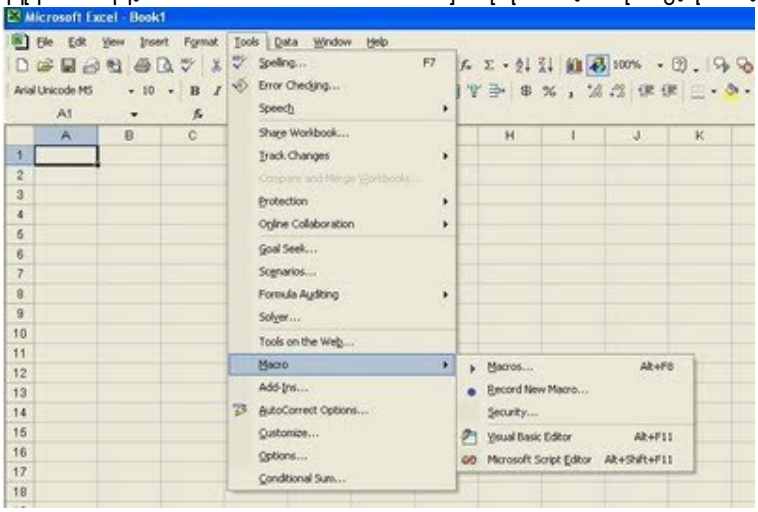
```
        Do
            dV = dV * (dP_Pa / dP) ^ 0.5
            cmh = 0.0009 * pi * dD * dD * dV
            dP = DuctFrictionLoss_Pa(cmh, dD, e_mm)
            If Abs(dP - dP_Pa) / dP_Pa < 0.01 Then Exit Do
        Loop
    End If
    DuctAirFlow_Cir_cmh = cmh
End Function
```

i.
```
Function DuctAirFlow_Rec_cmh(dW_mm, dH_mm, Optional dP_Pa = 1, Optional dV_mps = 9, Optional e_mm = 0.09)
    Dim dD As Double, dV As Double
    dV = dV_mps
    dD = DuctR2C(dW_mm, dH_mm)
    DuctAirFlow_Rec_cmh = DuctAirFlow_Cir_cmh(dD, dP_Pa, dV_mps, e_mm)
End Function
```

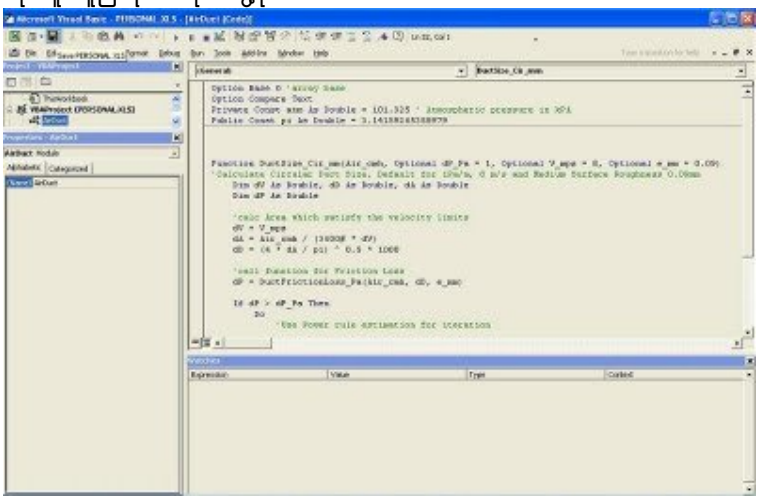
ii.
```
Function DuctAirFlow_Oval_cmh(dW_mm, dH_mm, Optional dP_Pa = 1, Optional dV_mps = 9, Optional e_mm = 0.09)
    Dim dD As Double, dV As Double
    dV = dV_mps
    dD = DuctO2C(dW_mm, dH_mm)
    DuctAirFlow_Oval_cmh = DuctAirFlow_Cir_cmh(dD, dP_Pa, dV_mps, e_mm)
End Function
```

VI. Screenshots of Adding VBA Codes in Excel

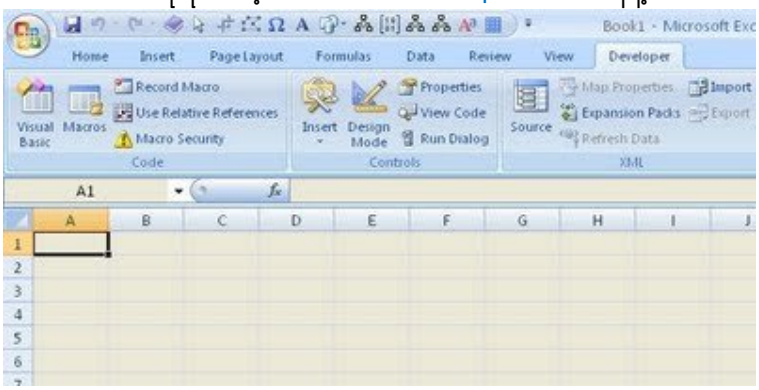
- **Excel 2002-2003 (or Earlier)**
  - နမူနာ အနေနဲ့ Microsoft Excel 2002-2003 မှာဆိုရင်တော့ ဒီလိုတွေ့ရပါလိမ့်မယ်။



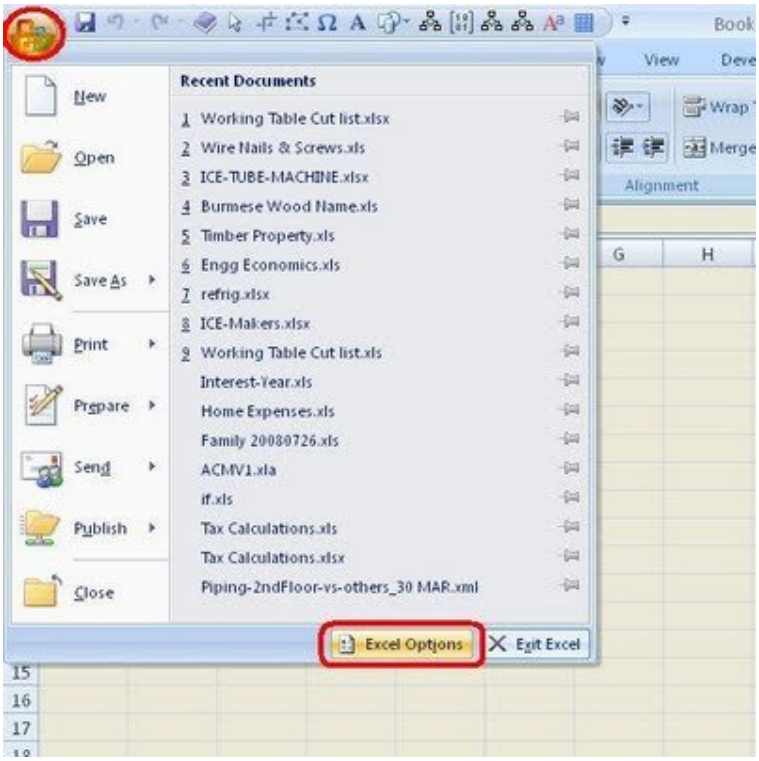
- Visual Basic Editor ဆိုတာ ကို နှိပ်လိုက်ရင် အောက်က ပုံစံ ပေါ်လာပါလိမ့်မယ်။ အထဲမှာ VBA Code တွေ ကို ကူးယူပြီးရင် ဒီလို တွေ့နိုင်ပါတယ်။

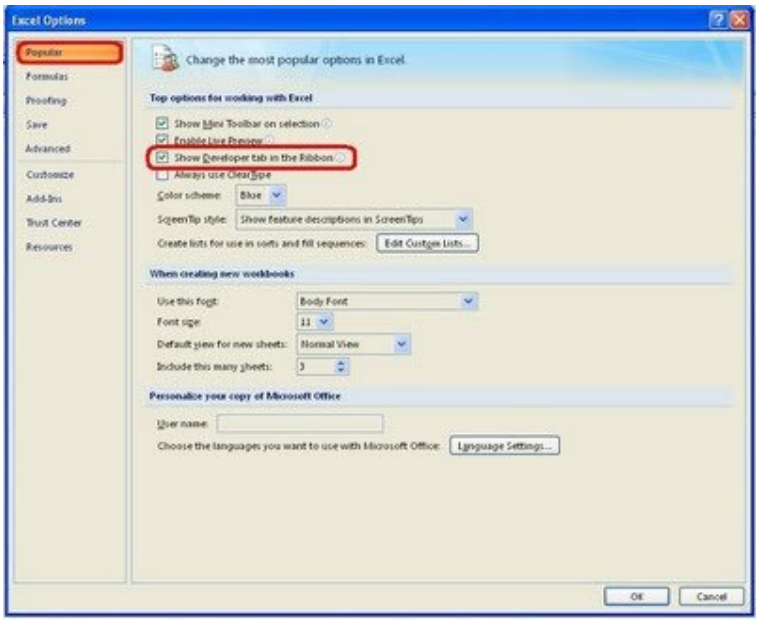


- **Excel 2007**
  - 2007 အထက် ဆိုရင်တော့ Tools အစား Developer Tab အနေနဲ့ ဝင်လာပါတယ်။

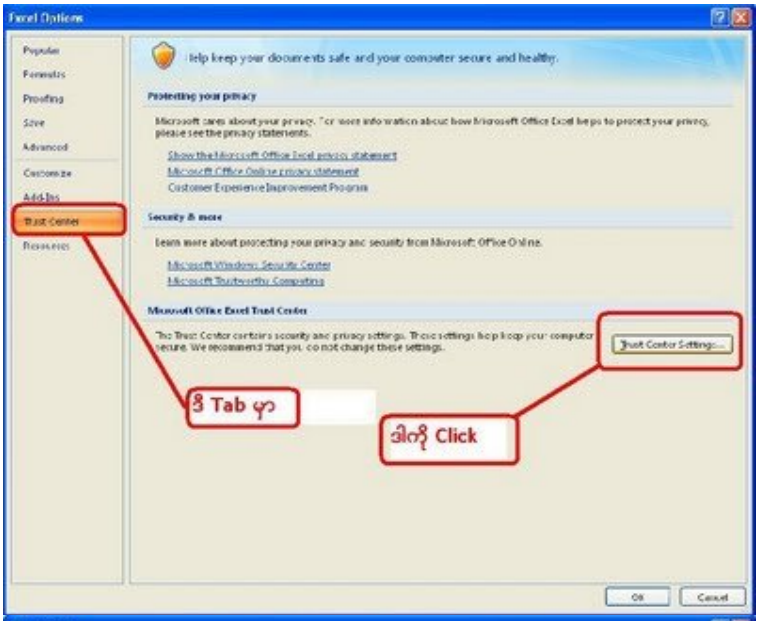


  - တစ်ခါတစ်ရံ Developer Tab ကို ဖျောက် ထားတတ်ပါသေးတယ်။ ဒါဆိုရင် တော့ excel option အောက်ကနေ သွားရှာ ရပါလိမ့်မယ်။ (မသေချာ ရင် Help မှာ ရှာကြည့်ပါ။)





o အထက်မှာ ပြောခဲ့တဲ့ အတိုင်း VBA က Macro Security Level ပေါ်မူတည် ပြီး အလုပ်လုပ်ခွင့် ပေးရပါတယ်။ Powerful Operation တွေမို့ Macro Security အကြောင်းကို သေသေချာချာ လေ့လာ သိရှိထားဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။



- Developer Tab အောက် က Code နေရာ မှာ လည်း Macro Security ဆိုတာ ရှိပါတယ်။ ထွက်လာမဲ့ Screen ကတော့ အပေါ်က ပုံအတိုင်းပါပဲ။

VII. VBA Code to show VBA functions in html

- အပေါ်က VBA code တွေမှာ အရောင်တွေ ခွဲပေးထားတာ က လည်း VBA ကို သုံးပြီး html format ကို ပေးထားလို့ပါ။ ဒါကိုတော့ MS Word အောက်မှာ ရေးပြီးသုံးပါတယ်။ အပို သိပ်မပါပဲ ရှင်းရှင်းလင်းလင်း မြင်ရအောင် format လုပ်ဘို့က html မှာသိပ်မလွယ် ပါဘူး။ အချိန်လည်း အရမ်းကုန်ပါတယ်။

Disclaimer

- Programming နဲ့ သုံးလို့ရတယ် ဆိုတာ ကို မိတ်ဆက် ပေးချင် လို့ပါ။ ပြီးတော့ အချိန်ကုန် သက်သာ စေချင်တာလည်း ပါပါတယ်။
- အတတ်နိုင်ဆုံး ကြိုးစားထားပေမဲ့ အမှား လုံးဝကင်းပါတယ် လို့ အာမ မခံနိုင်ပါဘူး။ စာဖတ်သူ ကိုယ်တိုင် သုံးစွဲပြီး ကြည့်ပြီး အဖြေမှန် ပေးနိုင်ကြောင်း သေချာမှ သုံးစွဲပါလို့ အသိပေး လိုပါတယ်။

Tuesday, July 7, 2009

HVAC Duct Sizing

- HVAC စနစ်မှာ လေကို Transport လုပ်ဘို့ အတွက် Air Duct အမျိုးမျိုး ပါဝင် နေရပါတယ်။
- ဒါကြောင့် HVAC System Design အကြီးတွေ လုပ်ရတဲ့ အခါ မှာ ကြုံတွေ့ရမဲ့ Air Duct Sizing တွေ ကို စနစ်တကျ ရွေးချယ်စေနိုင်ဘို့ က အရေးကြီးပါတယ်။

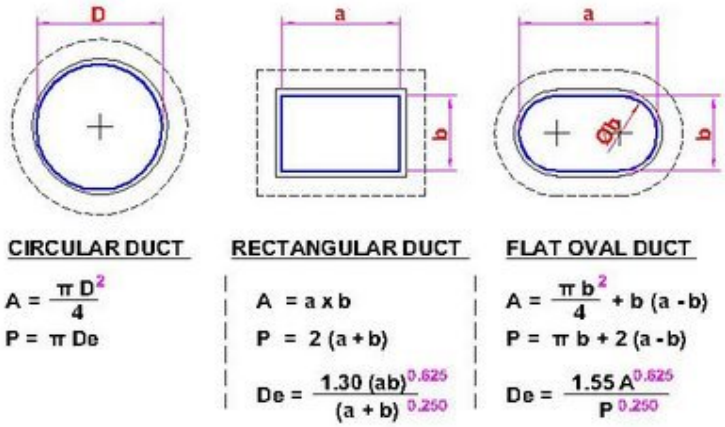
I. Introduction

- သုံးတဲ့ ရည်ရွယ်ချက် အလိုက် Fresh Air Duct (Ventilation Duct), Supply Air Duct, Return Air Duct, Exhaust Air Duct စသည်ဖြင့် အမျိုးမျိုး ပါဝင်ပါတယ်။ Exhaust မှာမှ စုတ်ထုတ်မဲ့ ဓါတ်ငွေ့ ရဲ့ သဘော သဘာဝ ကို လိုက်ပြီး အမျိုးမျိုး ကွဲနိုင်ပါသေးတယ်။ (ဥပမာ၊ ၊ General exhaust, Toilet exhaust, Kitchen Exhaust, Wet exhaust, Chemical Exhaust, Acidic Exhaust, Caustic Exhaust, etc.)
- Duct Material အနေနဲ့ အသုံးအများဆုံး က Sheet Metal ပါ။ သုံးမဲ့ အသုံး အပူချိန် နဲ့ Chemical / heat / moisture စတဲ့ resistant တွေ ပေါ်မူတည်ပြီး အခြား material တွေ လည်း အသုံးပြုနိုင်ပါတယ်။ အသုံးများတာကတော့ Aluminium, Stainless Steel, PP နဲ့ အခြားပလတ်စတစ် အချို့ပါ။
- Shape (ပုံ) အနေ နဲ့ လည်း လေးထောင့်၊ အဝိုင်း နဲ့ ဘဲဥပုံ ဆန်ဆန် တွေ ဖြစ်နိုင်ပါတယ်။
- မီးအရေးပေါ် အခြေအနေ အတွက် သုံးမဲ့ Duct တွေ အတွက် Fire Rating Consideration တွေ လိုအပ်သလို၊ ပြေးမဲ့ နေရာနဲ့ အပူ အအေး ကွာဟချက် Temperature Differences တွေ ရှိမယ်ဆိုရင် Insulation လိုအပ်နိုင်ပါတယ်။
- အသုံးများတဲ့ Standard ကတော့ SMACNA Standard ပါ။
- အကြမ်းအားဖြင့် အလွယ်တကူ ရွေးချယ်တဲ့ အခါ Pressure Loss ΔP ကို 1 Pa/m (0.1mm Aq /m) နဲ့ ရွေးတတ်ကြပါတယ်။ Velocity ကို လည်း 8 m/s ထက် မကျော်စေရဘူး စသည် ဖြင့်ပေါ့။ ဒါက သုံးနေကျ လည်းဖြစ်၊ သုံးလို့လည်း ပြဿနာ မပေးနိုင်မဲ့ အခြေအနေ တွေကိုလည်း သိရင် လွယ်လွယ် သုံးနိုင်တဲ့ Rule of Thumb တစ်ခုပါ။ လေ့နံဒါးထစ် မှတ်ဘို့ တော့ မဟုတ်ပါဘူး။ ထူးခြားတဲ့ application တွေ၊ အခြေအနေ မှာ ဒီ ဂဏန်းတွေ ကို ပြန်စစ်ဆေး ရပါလိမ့်မယ်။
  (မှတ်ချက်။ ။ Thumb Rule (or) Rule of Thumb ဆိုတာက အတွေ့အကြုံ ကို အခြေခံ ပြီး အလွယ်တကူ သုံးနိုင်တဲ့ နည်းလမ်းကို ဆိုလိုတာပါ။ သူမှာ ဘာလို့ လုပ်ရတာလဲ ဆိုတဲ့ အဖြေအတိအကျ ပေးဘို့ မလွယ်ပေမဲ့ ဒီ တန်ဘိုးကို သုံးခဲ့တာ အဆင်ပြေတယ်၊ OK ပဲ လို့ အဓိပ္ပါယ် ရပါတယ်။ ဘယ် Subjects မှာမဆို အသုံးများတဲ့ စကားလုံး ပါ။)

II. Duct Sizing Design Consideration

- Dust Sizing လုပ်တဲ့ အခါ အဓိက Factor နှစ်ခုကတော့ Friction Loss နဲ့ Velocity ပါ။ Duct Construction ကိုလည်း ထည့်သွင်းစဉ်းစား ရပါသေးတယ်။
- Friction Loss ကိုထည့်သွင်း စဉ်းစားရတာ ကတော့ လိုအပ်မဲ့ Fan Power ကို ကန့်သတ်နိုင်ဘို့ပါ။ Friction Loss က Duct Velocity နဲ့ ရော Duct အတွင်းမျက်နှာပြင် အကြမ်းအန roughness factors နဲ့ ပါ သက်ဆိုင်ပါတယ်။
- Velocity Limit ကိုသတ်မှတ်ရတာ ကတော့ လေစီးတဲ့ အချိန် ထွက်ပေါ်လာမဲ့ အသံ ကို ကန့်သတ် နိုင်ဘို့ ပါ။ ဒါ့အပြင် Friction Loss အပေါ်မှာ လည်း အကျိုးသက်ရောက် မှု ရှိနေ ပါသေးတယ်။ အသုံးပြု မဲ့ နေရာ Duct Section Location (Supply, Return / Main, Branch) အပေါ်မူတည် သလို အခန်းရဲ့ လိုအပ်တဲ့ Noise Criteria (ဆိတ်ငြိမ်မှု အတိုင်းအတာ) နဲ့ လည်း ဆိုင် ပါတယ်။

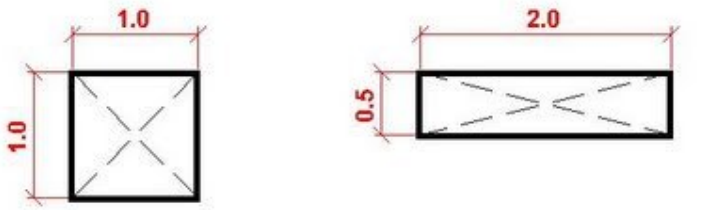
- HVAC Air-Side မှာသုံးလေ့ ရှိတဲ့ Air Duct အမျိုးအစား သုံးခု ကို အောက်မှာ



ဖော်ပြထားပါတယ်။

- Circular Duct မဟုတ်တဲ့ အခြား Non-Circular Duct တွေ ကို သုံးတဲ့ အခါ အသင့်တော်ဆုံး ကတော့ Equivalent Circular Duct ကိုရှာပြီး တွက်တဲ့ နည်းပါ။
- Duct Size တွေကို စဉ်းစားတဲ့ အခါ Internal Clear Dimensions (အတွင်းပိုင်း အလွတ် အတိုင်းအတာ များ) ဖြစ်ဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။ တစ်ခါတစ်ရံ Internal Lining / Insulation လိုအပ်နိုင်တာ မို့ ဒီအချက် ကို မမေ့ ဘို့ သတိပေးရခြင်း ဖြစ်ပါတယ်။

- **Aspect Ratio**
  - Aspect Ratio ဆိုတာ က Rectangular Duct နဲ့ Oval Duct တွေ မှာ အနံ နဲ့ အမြင့်၊ ကြီးတာကို ငယ်တာ နဲ့ စား လို့ ရတဲ့ အဖြေပါ။ (Aspect Ratio = The ratio of the long side to the short side of the duct)
  - အကောင်းဆုံး ကတော့ Aspect Ratio = 1 ပါ။ ဘာလို့လည်း ဆိုတော့ ပစ္စည်း အကုန်အကျ အနည်းဆုံးမို့ ပါပဲ။ Sheet Metal Duct တစ်ခု ကို Fabricate လုပ်တဲ့ အခါ Parameter က ကုန်ကျမဲ့ Sheet Metal အရေအတွက် နဲ့ တိုက်ရိုက် အချိုး ကျပါတယ်။ Aspect Ratio များလာရင် Parameter (ပတ်လည်အနား အရှည်) လည်း များလာတာ ကို သတိပြုမိမယ် ထင်ပါတယ်။ (Development Drawing ဆွဲတာ ကို သတိရပါ။) အောက်မှာ Cross Section Area ချင်း တူတဲ့ Duct နှစ်ခု ကို ယှဉ်ပြပေးထားပါတယ်။



[SQUARE DUCT]
Width, a = 1 m
Height, b = 1 m
Area, A=(axb)= 1 m²
Parameter, P=2x(a+b) = 4 m
Aspect Ratio (a/b) = 1.0

$De = \frac{1.30\,(ab)^{0.625}}{(a+b)^{0.250}} = 1.09$

[RECTANGULAR DUCT]
Width, a = 2 m
Height, b = 0.5 m
Area, A=(axb)= 1 m²
Parameter, P=2x(a+b) = 5 m
Aspect Ratio (a/b) = 4.0

$De = \frac{1.30\,(ab)^{0.625}}{(a+b)^{0.250}} = 1.03$

  - အထက်ပါ ပုံအရ Parameter ချင်းယှဉ်ကြည့်ရင် 5m vs 4m မို့ (5-4)/4 = 25% ပိုကုန်ကျတာ တွေ့ရပါလိမ့်မယ်။ ဒါ့အပြင်Equivalent Diameter ချင်းတူဘို့ အတွက် Aspect Ratio များတဲ့ Duct Size ကို နည်းနည်း ပိုကြီးပေးဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။ ဒါကြောင့် Material Usage က 30% လောက်ပိုကုန်ပါတယ်။ (အောက်ဇယားတွင် ရှု။)

- ဒဲ့အပြင် Aspect Ratio များလာတာနဲ့ တစ်ပြိုင်တည်း မှာပဲ Insulation ပတ်ရမဲ့ ဧရိယာ များလာ သလို Heat Gains/Loss လည်း များ လာပါအုံးမယ်။
- အောက်မှာ Equivalent Duct Diameter တစ်ခု အတွက် Aspect Ratio ပြောင်းတဲ့ အပေါ် ပိုကုန်ကျမဲ့ Material နဲ့ Cost တွေ ကို နမူနာ ပေးထားပါတယ်။

Aspect Ratio	Sheet Metal Usage	Installation Cost
1	1.00	1.00
2	1.07	1.12
3	1.18	1.26
4	1.29	1.44
5	1.39	1.62
6	1.49	2.00
7	1.59	2.08

- အပေါ်က Table ကို ကြည့်ရင် Aspect Ratio 4 ဖြစ်လာတဲ့ အခါ ကုန်ကျမဲ့ Sheet Metal က 30% လောက် ပိုကုန်ကျ မှာ ဖြစ်ပြီး Installation Cost (တပ်ဆင် စရိတ်) ကတော့ 50% လောက်ပို ကုန်ကျတာ တွေ့ရပါမယ်။
- Site / Space Constraints တွေ အရ Aspect Ratio 1 အမြဲတမ်း ရနိုင်ဘို့ က မလွယ်ပါဘူး။ ဒါပေမဲ့ Aspect Ratio ကို 4 ထက် မကျော်ပါစေနဲ့။
- မှတ်ရလွယ်အောင် ပြောရမယ် ဆိုရင်၊ Low Aspect Ratio Means:
  - Lower Friction Rate (Lower Operating Cost)
  - Lower Perimeter to Area Ratio (Lower Material Cost)

- **Pressure Loss Consideration**
  - Friction Loss ကို ကန့်သတ်တဲ့ အခါ ပုံမှန် အသုံးများတဲ့ Medium Smooth – Sheet Metal Duct တွေ အတွက် 1 Pa/m (0.1 mmAq/m) လောက် ထားလေ့ရှိကြပါတယ်။ ဒါက Thumb Rule ပါ။ မျက်နှာပြင် ပိုကြမ်းတဲ့ Flexible Duct လို၊ Fiber Duct တို့မှာတော့ Pressure Loss က ပိုများနေပါလိမ့်မယ်။ ဒဲ့အပြင် Flexible Duct မှာ ဘယ်လောက်ထိ ဆွဲဆန့် ထားတယ်၊ (ကွေးနေတယ်) ပေါ် မူတည်ပြီး လည်း Pressure Loss ထပ်တက် လာနိုင်ပါသေးတယ်။ ဒါပေမဲ့ Flexible Duct က တိုတာမို့ ရိုးရိုး Duct နဲ့ Same Velocity လောက်မှာ ထားရွေးရင် အဆင်ပြေလေ့ရှိပါတယ်။ (မှတ်ချက် Flexible Duct ကို 1.5m (5 feet) ထက် မကျော်စေဘို့ ဂရုစိုက် ပေးပါ။ ဒဲ့အပြင် တကယ် ဆင်တဲ့ အခါမှာလည်း ခွေခေါက်မနေ စေဘို့ သတိပြုပါ။) ဒါမှ Standard Duct Size Chart တွေ သုံးပြီး Sizing လုပ်နိုင်မှာ ပါ။
  - အပြင်မှာ သုံးနေကြတဲ့ Duct Measure / Ductulator တွေကလည်း Medium Smooth Sheet Metal Duct အတွက် ပဲ မှန်ပါတယ်။ ASHRAE Handbook ထဲမှာပါတဲ့ Chart ကလည်း Medium Smooth အတွက် ပါပဲ။ ဒါကြောင့် Medium Smooth မဟုတ်တဲ့ Flexible Duct လို၊ Concrete Duct လိုတွေ မှာ Pressure Loss

လိုချင်ရင် ပြန်တွက်ယူရပါလိမ့်မယ်။ Roughness Factor ကိုတော့ ASHRAE မှာ

Table 1 Duct Roughness Factors

Duct Material	Roughness Category	Absolute Roughness ε, ft
Uncoated carbon steel, clean (Moody 1944) (0.05 mm)	Smooth	0.03
PVC plastic pipe (Swim 1982) (0.01 to 0.05 mm)		
Aluminum (Hutchinson 1953) 0.04 to 0.06 mm)		
Galvanized steel, longitudinal seams, 200 mm joints (Griggs et al. 1987) (0.05 to 0.10 mm)	Medium-smooth	0.09
Galvanized steel, continuously rolled, spiral seams, 3000 mm joints (Jones 1979) (0.06 to 0.12 mm)		
Galvanized steel, spiral seam with 1, 2, and 3 ribs, 3600 mm joints (Griggs et al. 1987) (0.09 to 0.12 mm)		
Galvanized steel, longitudinal seams, 760 mm joints (Wright 1945) (0.15 mm)	Average	0.15
Galvanized steel, spiral, corrugated, 3600 mm joints (Kulkarni et al. 2009) (0.74 mm)	Medium-rough	0.9
Fibrous glass duct, rigid		
Fibrous glass duct liner, air side with facing material (Swim 1978) (1.5 mm)		
Flexible duct, fabric and wire, fully extended		
Fibrous glass duct liner, air side spray coated (Swim 1978) (4.6 mm)	Rough	3.0
Flexible duct, metallic (1.2 to 2.1 mm when fully extended)		
Concrete (Moody 1944) (1.3 to 3.0 mm)		

ဒီလိုပေးထားပါတယ်။

- Energy Cost ကစျေးကြီးပြီး Duct Work Cost ကသက်သာရင် Low Friction Rate က ပိုပြီး Economical (တွက်ချေကိုက်) ပါတယ်။ Energy Cost ကစျေးချိုပြီး Duct Work Cost ကစျေးကြီးရင် Higher Friction Rate က စျေးပိုသက်သာပါတယ်။
- အသံတိတ်ဆိပ်မှု အတွက် Velocity Limits နဲ့ Friction Rate အနည်းအများ အလိုက် လိုအပ်လာမဲ့ Fan/Equipment တွေ ကို ထည့်သွင်း စဉ်းစားဘို့လည်း မမေ့ စေချင်ပါဘူး။ Duct Pressure Class တွေ က လည်း System Pressure Loss နဲ့တိုက်ရိုက် ဆက်သွယ်မှု ရှိပါတယ်။ Duct Static Pressure မြင့်လာတာ နဲ့ အတူ Material Thickness, Construction Method, Reinforcement Arrangements နဲ့ Sealing Requirements တွေပါ လိုက်တက် လာတာ ကို လည်း သတိမူ စေချင်ပါတယ်။
- စာရေးသူ ရေးပေးထားခဲ့ တဲ့ VBA: Excel မှာတော့ အခြား Roughness Factor တွေ အတွက် ပါ တွက်နိုင်အောင် စီစဉ်ပေးထားပါတယ်။

- **Flow Velocity Consideration**
  - Velocity ကိုစဉ်းစားတဲ့ အခါ အခန်းရဲ့ ဆိတ်ငြိမ်မှု လိုအပ်ချက် ကို လိုက်လို့ စဉ်းစားဘို့ မှီငြမ်းစရာ Tables နှစ်ခု ကို အောက်မှာ ပေးထားပါတယ်။
  - **Suggested Maximum Airflow Velocities for Various Noise Criteria**

Room NC		S.I (m/s)			I.P (fpm: ft/min)		
		Supply		Return	Supply		Return
		(Main)	(Branch)		(Main)	(Branch)	
NC50	Kitchen, Laundries, Machinery Space	10	8	6	2000	1600	1200
NC45	Lobby / Maintenance	9	7	6	1800	1400	1200
NC40	Large Office	8	6	5	1600	1200	1000

NC35	Small Office	6.5	5	4	1300	1000	800
NC30	Residential	5	4	3	1000	800	600

- Suggested Maximum Airflow Velocities for Various Ductwork Installations

Duct Location	RC or NC Rating in Adjacent Occupancy	Max. Airflow Velocity			
		I.P (fpm)		S.I (m/s)	
		Rectangular	Circular	Rectangular	Circular
In shaft or above solid drywall ceiling	45	3500	5000	17.5	25
	35	2500	4500	12.5	22.5
	25 or less	1500	2500	7.5	12.5
Above suspended acoustical ceiling	45	2500	4500	12.5	22.5
	35	1750	3500	8.75	17.5
	25 or less	1000	2000	5	10

- ဒီ Table တွေက Duct ကနေ ထွက်လာ Noise Problem ကို လျော့ချပေးနိုင်ဘို့ ပါ။ Equipment Noise အပါအဝင် Total Noise Control လုပ်မဲ့ အခါ အခြားလိုအပ်ချက် (ဥပမာ၊ ၊ Sound Attenuator, Internal Duct Lining, Additional Duct Elbow, etc.) တွေ ပါဝင်လာနိုင်ပါတယ်။
- Duct Lining ထည့်ရမဲ့ အခြေအနေ အတွက် စိတ်ပူရမဲ့ အခြေအနေ အထိ Noise Criteria တွေ က တင်းကျပ် နေခဲ့ရင် သူ့အတွက် Allowance ကို Duct Dimension မှာထည့်သွင်း စဉ်းစားထားပေးဘို့ လိုအပ်ပါမယ်။

III. Ducting Sizing

- Pressure Loss Limit နဲ့ Velocity Limits တွေ သိပြီး ဆိုရင်တော့ Duct Sizes တွေကို အဓိက နည်းသုံးနည်း နဲ့ ထဲက တစ်နည်းနည်း ကို သုံးပြီး ရွေးချယ် နိုင်ပါတယ်။
  1. Using Chart: ASHRAE / Carrier Handbooks တွေမှာ ပါတဲ့ Chart တွေ နဲ့ ယှဉ်ပြီး ရွေးချယ်ဘို့ ပါ။
  2. Using Duct Measure / Ductulator : Duct Measure / Ductulator လို့ခေါ်တဲ့ Slide Instruments ကို သုံးပြီးရွေးချယ်။
  3. Using Program: Duct Size ရွေးတဲ့ Program တွေ အမျိုးမျိုးရှိပါတယ်။ စာရေးသူ ရဲ့ VBA Program ကို လည်း သုံးပြီး ရွေးနိုင်ပါတယ်။
- အရွယ်အစား ရွေးချယ်တဲ့ အခါမှာတော့ Circular Duct Size ကို အရင် ရွေးချယ်ရပါမယ်။
- Rectangular နဲ့ Oval Duct တွေ ကိုတော့ သက်ဆိုင်ရာ Table တွေကနေ ဖတ်ယူလို့ပဲ ဖြစ်ဖြစ် အပေါ်က Ducts ပုံစံ သုံးမျိုး ယှဉ်ပြထားတဲ့ ပုံ မှာပါတဲ့ Equation တွေ ကနေ ပြန်တွက်ယူလို့ ပဲဖြစ်ဖြစ် Sizing ရွေးချယ် နိုင်ပါတယ်။
- ASHRAE Handbook: Fundamentals မှာ ပါဝင်တဲ့ Tables တွေကတော့
  . Rectangular Duct အတွက် Table: Circular Equivalents of Rectangular Duct for Equal Friction and Capacity
  i. Oval Duct Size အတွက် ကိုတော့ ASHRAE Handbook က Table: Equivalent Spiral Flat Oval Duct Dimension

ဖြစ်ကြပါတယ်။

- Duct Measure / Ductulator တွေ မှာတော့ Rectangular Duct Size ကို တိုက်ရိုက် ဖတ်လို့ ရလေ့ ရှိတတ် ပါသေးတယ်။

- **Ducting Sizing in Excel Spread Sheet & VBA**
  - Excel Spread Sheet မှာ အလွယ်တကူ Duct Sizing လုပ်နိုင်စေဘို့ ရည်ရွယ်ချက် နဲ့ VBA for MEP Calculations[http://chawlwin.blogspot.com/2009/06/vba-for-mep-calculations.html] ကို ရေးသား ထားပြီးပါပြီ။ သွားရောက် လေ့လာ နိုင်ပါတယ်။

IV. Impact of Duct Design Method in Duct Sizing

- Duct Design Methods (ဒီဇိုင်း လုပ်နည်း) သုံးနည်း ရှိပါတယ်။
  - Equal Friction Method
  - Static Regain Method
  - T-Method
- အပေါ်မှာ တင်ပြခဲ့ တဲ့ Duct Sizing Method က Equal Friction Method အတွက် တိုက်ရိုက်သက်ဆိုင်ပေမဲ့ နည်းသုံးခု စလုံး အတွက် အသုံးဝင်ပါတယ်။ Design Method အလိုက် Velocity နဲ့ Friction Loss Factor တွေ ကို အနည်းငယ် Adjust လုပ်ပေးဘို့ လိုတာ ကိုသိထားဘို့ ပဲလိုပါတယ်။
- Duct Section & Branch တွေမှာ Flow Control / Adjusting လုပ်ဘို့ သင့်တော်တဲ့ Dampers တွေ ထည့်ထားခဲ့ မယ်ဆိုရင် ဒီနည်း နဲ့ ရွေးချယ်တဲ့ အတွက် ပြဿနာ သိပ်ပေါ်စရာ မရှိလှပါဘူး။
- Duct System Design တစ်ခုလုံး လုပ်တဲ့ အခါမှာတော့ Duct Sizing သာမက Fan / System Interface နဲ့ Duct Fitting Loss တွေ ရဲ့ သဘော သဘာဝ ကို သိရှိနားလည် နေဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။
- Duct System Design နဲ့ ပတ်သက်ပြီး နောက်လာမဲ့ post မှာ ဆက်လက် ရေးသားပေးသွားမှာ ဖြစ်ပါတယ်။

V. References:

1. "Duct Design", Chapter 21, ASHRAE Handbook: Fundamentals, 2009.
2. "HVAC Duct Construction Standards", 2nd Edition with Addenum No. 1, SMACNA, 1997.
3. Mark E. Schaffer, "A Practical Guide to Noise and Vibration Controls for HVAC Systems", 2nd Edition (I-P), ASHRAE, 2005.
4. "Air Duct Design", Chapter 2, Carrier: Handbook of Air Conditioning Design, McGraw-Hill, 1965.

Monday, September 7, 2009

Automatic Control Systems in Buildings

- မျက်မှောက်ခေတ် Buildings တွေ မှာ Equipments တွေ က အများကြီး မို့ ဒီ Equipments တွေ ကို ထိန်းသိမ်း မောင်းနှင် တဲ့ အခါ operator တွေ အများကြီး နဲ့ manually operate လုပ်တာ က efficient မဖြစ်၊ မထိရောက်တော့ ပါဘူး။
- ဒါကြောင့် အလိုအလျောက် ထိန်းသိမ်း အလုပ်လုပ် ဆောင်နိုင်မဲ့ Automatic Control တွေ က အရေးပါ လာပါတယ်။ အထူးသဖြင့် Dynamic Response လိုအပ်တဲ့ အခါ အလိုလို တွက်ချက် ထိန်းချုပ်ပေးနိုင်တဲ့ Automatic Control Systems တွေ က ပိုမိုထိရောက် စွာ စွမ်းဆောင် ပေးနိုင်ပါတယ်။

I. Introduction
II. BAS Points Schedule and Control Strategies
III. Control Fundamentals
IV. Control Examples
V. References

I. Introduction

- Building Owner ရဲ့ Operation လိုအပ်ချက် နဲ့ တတ်နိုင်တဲ့ ငွေကြေး Budget ကို လိုက်လို့ ရိုးရိုးရှင်းရှင်း Simple Stand-alone Control ကနေ Integrated Control Systems အမျိုးမျိုး ဖြစ်နိုင်ပါတယ်။
- ဒီလို Control Systems တွေ ကို သုံးစွဲမှု အတိမ်အနက် ကို လိုက်ပြီး အခေါ်အဝေါ် အမျိုးမျိုး ဖြစ်နိုင်ပါတယ်။
  - Automatic Control System
  - Home Automation System
  - Building Automation System (BAS)
  - Building Management System (BMS)
  - Energy Monitoring and Control System (EMCS)
  - Energy Management System (EMS)
  - Facility Management System (FMS)
- ရိုးရှင်းတဲ့ Control Systems ဥပမာ တွေ ကတော့။
  - Domestic Water Transfer Pump Control
    - အမိုးပေါ် ကရေကန်ထဲမှာ ရေမရှိရင် မောင်းတင်၊ ရေပြည့်ရင် အလိုလိုရပ်၊
    - ရေကန်ထဲမှာ ရေနည်းရင် (သို့) ရေလျှံ နေရင် အချက်ပေး (Alarm)။
    - ရေပန့်တစ်ခု အလုပ်မလုပ်ရင် နောက်တစ်ခု အလိုလို အစားဝင်၊
    - သာမန် အခြေအနေ မှာ မီတာခ သက်သာ တဲ့ ညအချိန် Timer ပေးထားပြီး ရေမပြည့်မချင်း မောင်းတင်တာ၊ ပြည့်သွားရင် အလိုလို ရပ်
  - Drainage Sump Pump Control
    - ရေဆိုးကန်၊ မိုးရေကန် ရေပြည့်ရည် အလိုလို မောင်းထုတ်။
    - ရေလျှံ နေရင် အချက်ပေး
  - Fire Pump Control
    - အရေးပေါ် မီးအခြေအနေ မှာ မီးသတ်ရေပန့် အလိုလို မောင်း။
    - မီးလှုန့် Fire Alarm Activate လုပ်။

- ဒီလို Control မျိုးက Central BAS နဲ့ မတွဲပဲလည်း Control Panel ကနေ တိုက်ရိုက် ထိန်းလို့ ရပါတယ်။ Central BAS နဲ့ တွဲချင်ရင်တော့ Controller နဲ့ Contact Point ပေးရပါလိမ့်မယ်။
- HVAC လို Environment Control လုပ်ဘို့ လိုအပ်လာတဲ့ အခါ မှာ တော့ ရိုးရိုးရှင်းရှင်း ကနေ ပိုမို ရှုတ်ထွေး သိမ်မွေ့တဲ့ Control System တွေ လိုအပ်လာပါတယ်။
- Building MEP Services တွေဖြစ်ကြတဲ့ HVAC Systems, Plumbing Systems, Fire Protection and Life Safety Systems, Lighting, Power နဲ့ Security System တွေ ကို controls and monitors လုပ်နိုင်မဲ့ computer-based control system တွေ ကို BAS (သို့) BMS လို့ ခေါ်ဆိုလေ့ ရှိကြပါတယ်။
- အရေးပေါ် အခြေအနေ မှာ သူ့အလိုလို အလုပ်လုပ်တာ၊ တာဝန်ရှိတဲ့ သူတွေ ဆီ SMS (သို့) email ပို့ အကြောင်းကြား တာ၊ အရေးပေါ် ကြေငြာချက်တွေ ကို ကြိုတင် အသံသွင်းထားတဲ့ အတိုင်း ထုတ်လွှင့်တာတွေ ပါ ထည့်သွင်းပေးနိုင် ပါသေးတယ်။
- တင်းကျပ်တဲ့ Stringent Environment Control Conditions နဲ့ Utilities Systems တွေ အများကြီး ပါဝင်တဲ့ Electronic / Pharmaceutical Factories တွေ မှာတော့ ဒီ Building Control Systems က အဆပေါင်း များစွာ ပိုမိုသိမ်မွေ့၊ ပိုမို ရှုတ်ထွေး တာမို့ Facility Management System (FMS) လို့ ခေါ်ဆို ကြပါတယ်။
- စာရေးသူ ပါဝင်ဆောက်လုပ်ခဲ့ ဘူးတဲ့ Electronic Factory တစ်ခုက ပထမဆုံး Phase 1 မှာ Cleanroom အတွက် ULPA Filter တပ်ဆင်ထားတဲ့ FFU (Fan Filter Units) အလုံး 3,600 တပ်ဆင် ရပါတယ်။ တစ်လုံးစီ က လိုအပ်ချက် အတိုင်း Air Flow Velocity ရစေဘို့ တစ်ခုချင်း Speed (rpm) ညှိပေးရပါတယ်။ ဒါကို အစမှာ manually setup လုပ်လို့ ရပေမဲ့ တကယ်တန်း operate လုပ်တဲ့ အခါမှာ FMS မပါရင် ဘယ်လို မှ ခရီးတွင်မှာ မဟုတ်ပါဘူး။
- ဒီ FMS လိုပဲ သိမ်မွေ့နက်နဲ နိုင်တဲ့ Industrial Control / Automation Systems တွေနဲ့ Process Control Systems တွေလည်း ရှိပါသေးတယ်။ (စာရေးသူ မှာ ဒီ အခြား Control Systems နဲ့ပတ်သက်ပြီး NUS မှာ MSc. တက်တုန်းက စာတွေ သင်ယူ လေ့လာခဲ့ ဘူးပေမဲ့ အတွေ့အကြုံ တော့ မရှိသေးပါဘူး။)

II. **BAS Points Schedule and Control Strategies**

- Building Engineer တွေ သိထားသင့်တဲ့ BAS အခြေခံ တွေ ကတော့
  - A. BAS Points Schedule
    - Input / Output
    - Digital / Analog
  - B. Control Strategies (Control / Monitor / Alarms)

B. **BAS Points Schedule**

- အခြေခံ အနေနဲ့ ပြောလေ့ ရှိတာက BAS Points Schedule ပါ။ DI (Digital Input), DO (Digital Output), AI (Analog Input), AO (Analog Output) စသည်ဖြင့် တွေ့နိုင်ပါတယ်။ ရချင်တဲ့ Control Strategies ကို လိုက်ပြီး လိုအပ်တဲ့ points အရေအတွက် ကို သတ်မှတ်ရပါတယ်။

- Input or Output : Control Terminal Box ဘက် ကနေ ကြည့် ပြီး အဝင်အထွက် ကို ခေါ်တာပါ။
  - Output: Control System ကနေ Equipment ဆီကို ထွက်ရင် Output, ဒါကို Command Signal လို့ ခေါ်နိုင်ပါတယ်။
  - Input: Equipment / Instruments ထဲကနေ Control System ထဲကို ဝင်လာရင် Input ပါ။ ဒါကို Status Signal လို့ ခေါ်နိုင်ပါတယ်။
- Digital (Binary) or Analog :
  - Digital : Two Position (either 0 or 1) 0 နဲ့ 1 တစ်ခုခု ပဲ ဖြစ်နိုင်တာ မို့ Digital လို့ ခေါ်တာပါ။ တစ်ခါတစ်ရံ Binary လို့လည်း ခေါ်တတ်ကြပါသေးတယ်။
  - Angalog : Any Position (from 0 to 1), 0 ကနေ 100% အတွင်း Any Value ကို သတ်မှတ်နိုင်တာမို့ Analog လို့ ခေါ်တာပါ။

- DO (Digital Output) : Equipment တစ်ခုခု ကို စဘို့၊ ရပ်ဘို့ (သို့) Actuator တစ်ခုခု ကို အဖွင့်အပိတ် (အပြည့်ဖွင့်၊ အပြည့်ပိတ်) လုပ်ခိုင်း နိုင်တဲ့ Command Signal ပါ။
  - On / Off (Sometimes called Start / Stop) : Equipments
  - Open / Close [Fully Open / Fully Close] : Motorized Actuators, Valve, Dampers
- AO (Analog Output) : Equipment တစ်ခုခု ရဲ့ လည်ပတ်နှုန်း (rpm) ကိုထိန်းဘို့၊ (သို့) Actuator တစ်ခုခု ကို (အပြည့်ဖွင့်၊ အပြည့်ပိတ် တင် မဟုတ်ပဲ) လိုချင်တဲ့ နေရာ အလိုက် အဖွင့်အပိတ် Modulating လုပ်ခိုင်း နိုင်တဲ့ Command Signal ပါ။
  - Modulating Control : Motorized Actuators, Valve, Dampers
  - Speed Control : Variable-Frequency Drive(VFD) [VFDs are also know as Adjustable-Frequency Drives (AFD), Variable-Speed Drives (VSD), AC drives, Microdrives or Inverter drives.]
  - Capacity Control : Thermistor Controlled Electric Heater
- DI (Digital Input) : ဖြစ်နိုင်ချေ ရှိတဲ့ Condition နှစ်ခု အနက် က ဘယ်တစ်ခု ဖြစ်နေသလဲ ဆိုတဲ့ Status ကို Feedback ပေးလာတဲ့ Status Signal Point ပါ။ သိချင်တဲ့ Equipment တစ်ခု လည်နေလား ၊ ရပ်နေလား၊ ဒါမှမဟုတ် မလည်နိုင်ပဲ Trip ဖြစ်နေသလား။ Actuator က ပွင့်နေသလား၊ ပိတ်နေသလား။ Differential Sensor (Pressure, etc.) တစ်ခုခု လိုတဲ့ အနေအထား ရပြီလား၊ Control Panel က Auto Mode စတဲ့ အခြေအနေ တွေ ကို ပေးတာပါ။
  - On / Off Status : Equipments, Differential Pressure Switch, etc.
  - Open / Close Status : Motorized Actuators, Valve, Dampers
  - Trip Status : Equipments
  - Operating Mode : Auto/Off/Manual Switch Modes, Local / BAS Control Mode, etc.
  - Water Level: Water Tank High Level, Low Level (Pump Stop), Pump Start Level, etc.
  - Alarm: Fault Alarm, System High Pressure, Low Pressure, Water Tank Extra High Level (Overflow), Extra Low Level (Empty), etc.
  - Pulse Input: Water Meter / Gas Meter / BTU meter, etc.
- AI (Analog Input) : သိချင်တဲ့ အခြေအနေ Status Signal တွေ ကို Sensor / Transmitter / transducer တွေကနေ ယူတာပါ။ ဒီ Input တွေ က ရတဲ့ အခြေအနေ တန်ဘိုး တွေ ကို မူတည် ပြီး ဘယ်လို Control လုပ်မယ် ဆိုတဲ့ Control Strategies တွေ ကို သတ်မှတ်ရပါတယ်။ ဥပမာ တွေ ကတော့။
  - Temperature : Space, Supply / Return Air, Chilled Water, Hot Water, etc.
  - Humidity : Room, Supply Air
  - Pressure : Air System, Water Systems, Compressed Gas, etc.
  - Differential Pressure : Air System, Water Systems, etc.
  - Flowrate : Air System, Water Systems, etc.
  - Ampere : Equipment Power Usage
  - Speed : Variable-Frequency Drive (VFD), etc.
  - Lighting Illuminance Level (lux)
  - Indoor Air Quality Sensors : CO Sensors, CO2 Sensors, etc.
  - PH : Industrial Discharged Water, Industrial Exhausts, etc.
- Analog Input ထဲမှာ Voltage, Current, Thermistor (Resistance) ဆိုပြီး Input သုံးခု ရှိတဲ့ အနက် အချို့ Controllers တွေမှာ Thermistor Inputs, TI ကို သီးသန့်ခွဲ သတ်မှတ် တာလည်း ရှိပါတယ်။ Thermistor Input တွေက အများအားဖြင့် Temperature ဖြစ်လေ့ရှိပါတယ်။ (A thermistor is a type of resistor whose resistance varies with temperature.) အချို့ Controllers တွေကတော့ Analog Input

တစ်မျိုးမျိုးသာ မက Digital Input ကိုပါ လက်ခံ နိုင်တဲ့ Universal Inputs, UI ဆိုပြီးလည်း ပေးတတ်ပါတယ်။ Point Schedule မှာတော့ ဒါတွေ ကို (ဖော်ပြဘို့မလိုအပ်တာမို့) ဖော်ပြလေ့ မရှိပါဘူး။

- HL (High Level Interface) : Chillers တွေ လို တကယ့် Advanced Control System ပါပြီးသား Equipments တွေ ကတော့ HL (High Level Interface) နဲ့ တိုက်ရိုက် Communicate လုပ်နိုင်ပါတယ်။ သတိထား ရမှာ က Communication Protocol နဲ့ Network Cabling Standard ပါပဲ။

C. Control Strategies

- Building Owner တွေနဲ့ Operator တွေက စိတ်ချပြီး လွယ်လွယ်ကူကူ သုံးစွဲ ထိန်းသိမ်း နိုင်မဲ့ Control Systems တွေကို ပဲ လိုချင်ပါတယ်။ ဒါကြောင့် designer က Control System အတွက် လိုအပ်တဲ့ အချက်အလက် တွေ ကို ပေးရပါမယ်။ အဲဒါတွေကတော့
  - Control Sequence of Operation
  - A Control Schematics
  - Diagram showing interaction between various parts of the system
  - Commissioning Instruction
  - A maintenance checklist
- Building Owner က ဘယ်အဆင့်အထိ Control (သို့) Monitor လိုချင်တာလဲ။ Allowable Tolerance ဘယ်လောက် အတိုင်းအတာအတွင်း တိတိကျကျ ရချင်တာလဲ ဆိုတာတွေ ပေါ်မူတည်ပြီး စဉ်းစားရပါတယ်။ စဉ်းစားရမဲ့ အဆင့်တွေ ကတော့၊
  - Simple Monitoring
  - Space Environmental Control (Temperature, Humidity, Pressure, Cleanliness, etc.)
  - Scheduled (Timer) Control
  - Data Acquisition
  - Equipment Performance Control, Sequencing, Loading
  - Energy Usage Monitor and Optimization
  - Control Optimization: Static or Dynamics
- Local Loop (or) Supervisory Control ?
  - Lower Level Local-Loop Control ဆိုတာက သိပ်ပြီး ရှုတ်ရှုတ်ထွေးထွေး မရှိလှတဲ့ Domestic Water Pumps, Drainage Pumps, Room FCU တွေ ကို အများအားဖြင့် Lower Level Local-Loop Control နဲ့ ထိန်းနိုင်ပါတယ်။ Single Set point ထားပြီး actuator နဲ့ ပဲ အတိုးအလျော့ လုပ်ပေးပြီး ထိန်းတာပါ။ (ဥပမာ။ ။ Chilled Water FCU ရဲ့ Supply Air Temperature ကို ထိန်းဘို့ Chilled Water Control Motorized Valve ကို လိုအပ်သလို အဖွင့်အပိတ် လုပ်ပေးခိုင်းတာ မျိုးပါ။)
  - Upper Control Level ဖြစ်တဲ့ Supervisory (or Remote) Control ကတော့ လိုအပ်သလို set points ပြောင်းတာ၊ အချိန်အလိုက် အလုပ်လုပ်စေမဲ့ time-dependent modes of operation ထားတာ, Control Optimization လုပ်တာ နဲ့ Data Acquisition လို့ခေါ်တဲ့ အချက်အလက် တွေ စုဆောင်း တာတွေ ကို ပါရနိုင်ပါတယ်။
- Control (and/or) Monitor ?
  - Control (and/or) Monitor ဘယ်လို လုပ်ချင်တာလဲ။
  - Remote On/Off Control လိုအပ်သလား၊ လိုအပ်ရင် On/Off နဲ့တင် လုံလောက်သလား၊ ဒါမှမဟုတ် ဘယ်လောက် အဆင့်အထိ ထိန်းချုပ်ဘို့ လိုအပ်သလဲ။ ဒီလို Control လုပ်ဘို့ အနည်းဆုံး ဘယ် Data တွေ လိုအပ်သလဲ။ နောက်ထပ် ဘယ် Data တွေ ကို လိုချင်သေးလဲ။
  - Monitor ဆိုရင်လည်း အနည်းဆုံး ဘယ် Data တွေ ကို လိုချင်တာလဲ။ ဘာ Status တွေ ကို Monitor လုပ်ချင်တာလဲ။ In Operation လည်နေ မနေ (On/Off Status) ကိုသိချင်သလား။ အခြားဘယ် Operating parameter တွေရဲ့ အခြေအနေ ကိုသိချင်သလဲ။ Alarm ဆိုရင် Specific

လား ဒါမှမဟုတ် General လား။ (ဥပမာ။ ။ Water Pumps အတွက် Water Tank Empty, Water Tank Overflow, Pump Trip, No Flow တစ်ခုချင်းစီ ကို BAS ကနေ သိချင်သလား၊ ဒါဆိုရင် 4 points လိုမယ်။ ဒါမှမဟုတ် ဒီလေးခုထဲ က ဘယ် Alarm ပဲဖြစ်ဖြစ် General Alarm ကို Trigger လုပ်ပေးမယ် ဆိုရင်တော့ 1 point ပဲလိုမယ် စသည်ဖြင့်ပါ။)

- Control Optimization:
  - Control Optimization လိုချင်သလား။ လိုချင်ရင် Static Optimization နဲ့ Dynamic Optimization နှစ်ခုထဲက ဘယ်အမျိုးအစား ကို လိုချင်တာလဲ။
- စသည်ဖြင့် လားပေါင်း၊ လဲပေါင်း များစွာ ကို အဖြေရှာရပါတယ်။
- ဒီအခြေခံ တွေ ကို ရပြီဆိုရင်တော့ ပိုပြီး အသေးစိတ် သတ်မှတ်ဘို့ အများအားဖြင့် BAS specialist နဲ့ လည်း သေသေချာချာ ဆွေးနွေး ညှိနှိုင်း ရပါတယ်။
- Energy Efficiency လိုချင်လို့ Optimization လုပ်တဲ့ အခါ Sensor တွေ Controller တွေ အများကြီး ထပ်တတ် ရတတ်ပါတယ်။ တစ်ခါတစ်ရံ ပေါ့စေချင်လို့ ကြောင်ဆေးထိုး၊ ဆေးအတွက်လေး ဆိုတာ လို ငွေလည်းပိုကုန်၊ Energy ပိုစား တာလည်း ဖြစ်တတ် ပါသေးတယ်။

III. Control Fundamentals

. Terminology

A. Feedback-Control Example

B. Type of Control Action

C. Control Components

0. Controlled Devices
1. Sensors
2. Controllers

D. Communication Networks for BAS

E. Specifying DDC System

F. **Terminology**

Control Systems မှာသုံးတဲ့ Terminology အချို့ ကို ASHRAE Handbook ကနေ ကောက်နုတ် ဖော်ပြ ပေးထားပါတယ်။

- A closed loop or feedback control measures actual changes in the controlled variable and actuates the controlled device to bring about a change. The corrective action may continue until the variable is brought to a desired value within the design limitations of the controller. Every closed loop must contain a sensor, a controller, and a controlled device.
- The sensor measures the controlled variable and transmits to the controller a signal (pneumatic, electric, or electronic) having a pressure, voltage, or current value related by a known function to the value of the variable being measured.
- The controller compares this value (the sensor's signal) with the desired set point and regulates an output signals to the controlled device for corrective action. A controller can be hardware or software. A hardware controller is an analog device (e.g., thermostat, humidistat, pressure control) that continuously receives and acts on data. A software controller is a digital device (e.g., digital algorithm) that receives and acts on data on a sample-rate basis.
- The controlled device is typically a valve, damper, heating element, or variable-speed drive. It is the component of a control loop used to vary the input (controlled variable).

- The set point is the desired value of the controlled variable. The controller seeks to maintain this set point. The controlled device reacts to signals from the controller to vary the control agent.
- The control agent is the medium manipulated by the controlled device. It may be air or gas flowing through a damper; gas, steam, or water flowing through a valve; or an electric current.
- The process is the HVAC apparatus being controlled, such as a coil, fan, or humidifier. It reacts to the control agent's output and effects the change in the controlled variable.
- The controlled variable is the temperature, humidity, pressure, or other condition being controlled.

G. **Feedback-Control Example**

- Closed Loop Or Feedback Control တိုင်းမှာ sensor, controller နဲ့ controlled device ဆိုတဲ့ Basic Elements သုံးခု က မရှိမဖြစ် ပါဝင်ရပါတယ်။ နမူနာ တစ်ခု အနေနဲ့ ရိုးရိုးရှင်းရှင်း Simple Heating Coil Control ကို အောက်မှာ ဖော်ပြ ပေးထားပါတယ်။

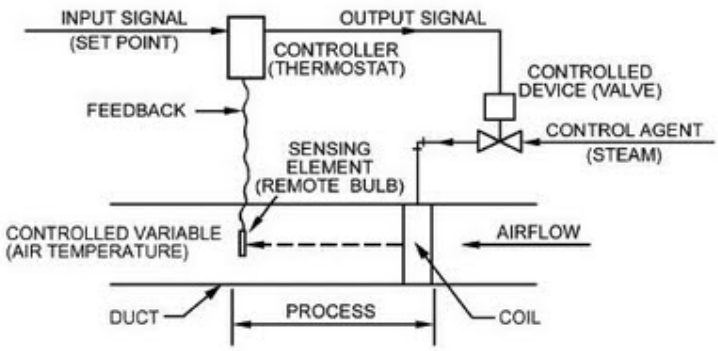


Fig. 1 Example of Feedback Control: Discharge Air Temperature Control

- ပထမ Sensor က Controlled Variable ကို Sense လုပ်ပါတယ်။ ဒီနမူနာ မှာ Controlled Variable က Duct ထဲက လေရဲ့ အပူချိန် Air Temperature ဖြစ်ပါတယ်။
- Controller က ဒီ Measured Value ကို လိုချင်တဲ့ (ချိန်ထားတဲ့) Setpoint နဲ့ နှိုင်းယှဉ်ကြည့်ပါတယ်။ ဒီ နမူနာ မှာ ဆိုရင် Measured Temperature ကို လိုချင်တဲ့ (ချိန်ထားတဲ့) Setpoint Temperature နဲ့ နှိုင်းယှဉ်ကြည့်ပါတယ်။
- ဒီ Setpoint နဲ့ တိုင်းလို့ရတဲ့ Temperature နှစ်ခု ကွာခြားချက် difference ကို Error လို့ခေါ်ပါတယ်။
- ဒီ Error ပေါ်မူတည်ပြီး Controller က သူ့ရဲ့ Output Signal ကို တွက်ချက် ပြီး ထုတ်ပေးပါတယ်။ ဒီ နမူနာ မှာတော့ Output က Controlled Device ဖြစ်တဲ့ valve ကို modulate (ထိန်းချုပ်) ပြီး steam flow ကိုထိန်းချုပ်ခြင်း ဖြင့် ထွက်လာတဲ့ Air Temperature ကို ပြောင်းလဲ စေပါတယ်။ ဒီနည်း နဲ့ လိုချင်တဲ့ Air Temperature ရအောင် Control လုပ်ယူရတာ ဖြစ်ပါတယ်။
- ဒီ Control Loop ကို အောက်မှာ နမူနာ ပြထားတဲ့ Block Diagram နဲ့ ပြသ လို့ရပါတယ်။ (Matlab နဲ့ Simulink လို့ခေါ်တဲ့ Software မှာ ဒီလို Block Diagram မျိုး တွေ ဒီဇိုင်း လုပ်ပြီး Simulation လုပ် လို့

ရတာ မှတ်မိပါတယ်။)

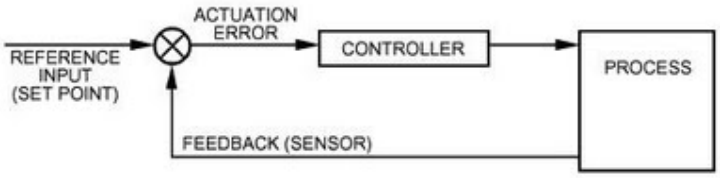


Fig. 2 Block Diagram of Discharge Air Temperature Control

- ဒီ လို လိုချင်တဲ့ အခြေအနေ ကို ရအောင် ထိန်းချုပ်တာ က ချက်ခြင်း ပြောင်းတာ မျိုးမဟုတ်ပါဘူး။ Time Lag လို့ ခေါ်တဲ့ အချိန် နောက်ကျ တာ ရှိပါတယ်။ Modulate လုပ်ဘို့ လည်း အချိန်လိုပါတယ်။ Controlled Variable ရဲ့ တန်ဘိုးပြောင်း ဘို့လည်း အချိန်ယူရပါတယ်။ Sensor တွေ ကလည်း Controlled Variable ပြောင်းပြောင်းချင်း Response ရတာ မဟုတ်ပြန်ပါဘူး။ ဒါကြောင့် Control Loop Performance တွေ က ဒီ Time Lag တွေ ပေါ် အများကြီး မှီပါတယ်။ ဒီဇိုင်း လုပ်တဲ့ အခါ ဒီ Time Lag တွေ ဖြစ်တဲ့ Sensor Response Time, Dead Time, Time Constant, First Order Lag စတဲ့ အခြေအနေ တွေ ကို ထည့်သွင်း စဉ်းစားပေးရပါတယ်။

H. Type of Control Action

0. Two-Position Action (Action related to Binary Output)

- ဖွင့်တာ ပိတ်တာ ကို Controlled Variable ရဲ့ Input ကိုမူတည် ပြီး Controller Differential တစ်ခု ကို သတ်မှတ် ရပါတယ်။ ဥပမာ အခန်းရဲ့ Temperature ကို Control လုပ်ဘို့ FCU ရဲ့ Cooling Coil ကို အဖွင့် အပိတ် နဲ့ ထိန်းမယ် ဆိုရင် Temperature က Low Temperature ထိရင် Valve ကို ပိတ်မယ်။ High Temperature ကို ထိရင် Valve ကို ဖွင့်မယ် စသည်ဖြင့်ပါ။ သူ့ရဲ့ သဘာဝ ကို အောက်မှာ ဖော်ပြပေးထား ပါတယ်။

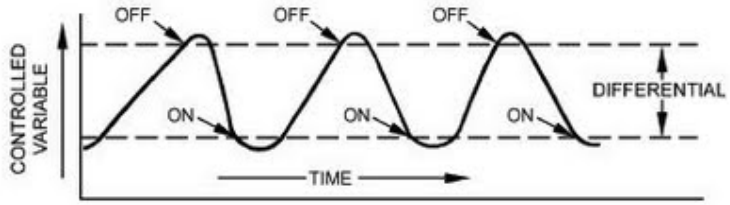


Fig. 4 Two-Position Control

1. Modulating Control (Action related to Analog Output)

- Modulating Control မှာ Controller's Output က သူ့ entire range အတွင်း လိုအပ်သလို ပြောင်းလဲနိုင်ပါတယ်။ သုံးလေ့ရှိတဲ့ Term အချို့ကို အောက်မှာ ဖော်ပြပေးထားပါတယ်။
  - Throttling Range : Controller က Controlled Device ရဲ့ အနည်းဆုံး နေရာ နဲ့ အများဆုံး နေရာ နှစ်ခု ကြားကို ရွှေ့ပေး နိုင်ဘို့ လိုအပ်တဲ့ Controlled Variable ထဲမှာ ပြောင်းဘို့ လိုအပ်တဲ့ အတိုင်းအတာ ကို ခေါ်တာ ဖြစ်ပါတယ်။ ဥပမာ Temperature ကို ±5 ºC အတွင်း ထိန်းမယ်၊ +5 ºC ဆိုရင် Valve 100% open, -5% ဆိုရင် Valve လုံးလုံး closed ဆိုရင် Temperature ပြောင်းရင် Valve က 100% ပြောင်းပါတယ်။ ဒီ 10 ºC ကို Throttling Range လို့ခေါ်ပါတယ်။
  - Control Pointဆိုတာက တော့ Instrument က Control လုပ်နေတဲ့ Controlled Variable ရဲ့ တကဲ့ တန်ဘိုး actual value ဖြစ်ပါတယ်။ ဒါက System Load အပြောင်းအလဲ နဲ့ အခြား variables တွေ ပေါ်မူတည် ပြီး Controller ရဲ့ Throttling Rangeအတွင်းမှာ ပြောင်းလဲ နေရတာ ဖြစ်ပါတယ်။

- Offsetဆိုတာကတော့ set point နဲ့ actual control point ကြား ကွာနေတဲ့ error ကို ခေါ်တာ ဖြစ်ပါတယ်။ Sensor တွေမှာ လည်း တကယ့်တန်ဘိုး နဲ့ Signal ကြားမှာ ကွာခြားချက် ရှိနိုင်ပါတယ်။ ဒါကို လည်း Offset လို့ခေါ်ပါတယ်။

- သုံးလေ့ရှိတဲ့ Modulating Control တွေ ကတော့
  a. Proportional Control
  b. Proportional-integral (PI) Control
  c. Proportional–Integral–Derivative controller (PID controller)
  d. Adaptive Control
  e. Fuzzy Logic
- Proportional Control မှာ error ကိုပဲ အခြေခံ ပြီး Output ကို အပြောင်းအလဲ လုပ်ပေးနိုင်ပါတယ်။ PI နဲ့ PID Control ကတော့ အချိန်နှစ်ခု ကြားပြောင်းတဲ့ နှုန်း ကိုပါ ထည့်သွင်း စဉ်းစား ထားပေးပါတယ်။
- Building Automation မှာ သုံးလေ့ရှိတာ က Proportional Control နဲ့ Proportional-integral (PI) Control တွေပါ။
- Adaptive Control ဆိုတာကတော့ Process ရဲ့ Dynamic Characteristics ပြောင်းလဲမှု ပေါ်မူတည် ပြီး Controller က Parameter တွေ ကို adjusts (ညှိ) ပေးပါတယ်။
- Fuzzy Logic ဆိုတာကတော့ အခြေအနေ တစ်ခု မှာ human operator ဘယ်လို response လုပ်မှာလဲ ဆိုတဲ့ "if-then" rules တွေ ကိုသတ်မှတ်ပြီး ထိန်းတာပါ။

2. Combinations of Two-Position and Modulating
   - အချို့ Control Loop တွေ မှာတော့ Two-Position Components သုံးပြီး Modulating response နီးပါးရအောင် လုပ်ယူနိုင်တာ တွေ့ရပါတယ်။
     - Timed Two-Position Control
     - Floating Control
     - Incremental Control

     ဒီနည်း နဲ့ ထိန်းတဲ့ အခါ Modulating Valve နီးပါးရတယ် ဆိုပေမဲ့ ထိန်းရတာ က နဲနဲခက်ပါတယ်။ Chilled Water သုံးရတဲ့ စနစ်မှာ ဒီလို Valve ဖွင့်ပိတ်လုပ်တဲ့ အခါ Temperature Control မှာ မဆိုးလှပေမဲ့ Humidity Control ကတော့ ခက်ပါတယ်။

I. Control Components

0. Controlled Devices

- Valve/Damper တွေမှာရှိတဲ့ Flow Characteristics တွေကို အထိုက်အလျောက် သိဘို့ ကြိုးစားသင့်ပါတယ်။ Opening Percentage နဲ့ Flowrate က Linearly တိုက်ရိုက် အချိုးကျ ဖြစ်လေ့မရှိလို့ပါ။ ဖွင့်တာ အနေးအမြန် ကို လိုက်ပြီးလည်း ပြောင်းနိုင်ပါသေးတယ်။ Controlled Devices တွေရွေးချယ်တဲ့ အခါ အဖွင့်အပိတ် အနေးအမြန် (Stroke Time), ရေရှည်သုံးဘို့ ယုံကြည် စိတ်ချရ မချရ နဲ့ အခြား Parameter တွေကို ကိုယ်သုံးမဲ့ application နဲ့ သင့်တော်မတော် နှိုင်းချိန် ကြည့်သင့်ပါတယ်။ သုံးမဲ့ Controller နဲ့ ကိုက်ညီ (Compatible) ဖြစ်ဘို့လည်း လိုအပ်ပါတယ်။ Status Feedback ပေးနိုင်တဲ့ Controlled Devices တွေ က ပိုပြီး ကုန်ကျ ပေမဲ့ Controller အထွက်နဲ့ တကဲ့ အခြေအနေ ကို ပေးနိုင်တာမို့ အရေးကြီး တဲ့ Application မှာ သုံးသင့်ပါတယ်။
- အသေးစိတ် ကို လိုအပ်တဲ့ အခါ စာဖတ်သူ ကိုယ်တိုင် ရှာဖွေလေ့လာ စေချင်ပါတယ်။

1. **Sensors**

   Sensor တွေ ရွေးချယ်တဲ့ အခါ စဉ်းစားရမဲ့ အချက်တွေ ကတော့

   - Operating range of controlled variable- သုံးမဲ့ အခြေအနေ နဲ့ ကိုက်ညီတဲ့ သင့်တော်တဲ့ Signal ကိုထုတ်ပေးနိုင်ရပါမယ်။ အနီးစပ်ဆုံး Range ကိုရွေးချယ်ဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။
   - Compatibility of controller input– Controller လက်ခံနိုင်တဲ့ electronic signal ကို ထုတ်ပေးနိုင်ရပါမယ်။ ဥပမာ ပြောရရင် industry standard signal တွေဖြစ်တဲ့ 4 to 20 mA or 0 to 10 V (dc) လိုမျိုးပါ။
   - Accuracy and repeatability- အချို့ Control Applications တွေမှာ controlled variable က လိုချင်တဲ့ desired set point အနားမှာ ကပ်နေတတ်ပါတယ်။ [ဥပမာ Temperature ± 1.1 ºC (± 2 ºF) RH ± 5% ဆိုတာမျိုးပါ။] ဒီအခြေအနေ မှာ သူ့ထက် တိကျတဲ့ Accuracy လိုလာပါတယ်။ Temperature Sensor က အနည်းဆုံး ± 0.5 ºC လောက်မှ မရနိုင်ရင် Temperature Control ± 1.1 ºC လုပ်ဘို့ မဖြစ်နိုင်ပါဘူး။ ဒီလိုပဲ RH Control ± 5% ရဘို့ ဆိုရင် Sensor Accuracy က ± 2% လောက်အတွင်း ဖြစ်နေဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။ Sensor Accuracy က လည်း အမြဲတန်း ငြိမ်နေတာ လည်း မဟုတ်ပါဘူး (အထူးသဖြင့် Humidity Sensor)။ ဒါကြောင့် လိုအပ်သလို re-calibrate လုပ်ဘို့လည်း လိုအပ် တတ်ပါသေးတယ်။ Sensor Accuracy က အရမ်းကောင်း နေရင်တောင်မှ အောက်မှာပေးထားတဲ့ အချက်လေးချက် က တစ်ချက်ချက် နဲ့ ညီရင် Set point ကိုထိန်းထားဘို့ မလွယ်ပါဘူး။
     0. the controller is unable to resolve the input signal,
     1. the controlled device cannot be positioned accurately,
     2. the controlled device exhibits excessive hysteresis, or
     3. disturbances drive its system faster than the controls can regulate it.
   - Sensor response time- sensor/transducer တွေနဲ့ သက်ဆိုင်တဲ့ response curve က controlled variable ပြောင်းတာနဲ့လိုက်ပြီး Sensor Output ဘယ်လိုပြောင်းတယ် ဆိုတာ ကို ပြပါတယ်။ Process ရဲ့ Time Constant က နည်းတယ်ဆိုရင် Fast response time ရှိတဲ့ sensor ကိုသုံးရပါမယ်။
   - Control agent properties and characteristics– Sensor ထည့်ထားရမဲ့ နေရာ က Control Agent (လေ၊ ရေ၊ Fluid စသည်။) က Sensor ကို စား (corroded) ပျက်စီးစေမယ်။ ဒါမှ မဟုတ် Sensor ရဲ့ performance ကိုလျော့ကျစေမယ် ဆိုရင် ဒီ Control Agent နဲ့ တိုက်ရိုက် မထိလို့ ရတဲ့ ရွေးချယ်စရာ (သို့) ဒါဏ်ခံနိုင်တဲ့ အခြား Sensor ကိုရွေးချယ်ရပါလိမ့်မယ်။
   - Ambient environment characteristicsပတ်ဝန်းကျင် အခြေအနေ တွေ (ဥပမာ Temperature & Humidity အပြောင်းအလဲ) က Sensor ရဲ့ accuracy ကို မထိခိုက်စေဘို့ သတိပြုရပါမယ်။ ဒီလိုပါပဲ အခြား ဓာတ်ငွေ့ နဲ့ Chemical တွေ၊ electromagnetic interference (EMI) တွေ ကလည်း Sensor ကို Degrade ဖြစ်စေ၊ ထိခိုက် ပျက်စီး စေနိုင် ပါသေးတယ်။ ဒီလို အခြေအနေ ကို ကာကွယ်ဘို့ လိုအပ်ရင် Special Sensor or transducer housing ကိုအသုံးပြုနိုင်ပါတယ်။

2. **Controllers**

   1. DDC (Direct Digital Control)
      - BAS မှာ အဓိက အသုံးများတာ ကတော့ DDC ပါ။ DDC မှာ Microprocessors နဲ့ Firmware/Software ပါဝင်တဲ့ MicroComputer ပါဝင်ပြီး control logic ကို ဆောင်ရွက်ပေးနိုင်ပါတယ်။ သူ က Digital / Analog Input တွေကို လက်ခံ နိုင်သလို ဒီအချက်အလက် တွေကို Operator သွင်းထားတဲ့ Set point နဲ့ အခြား အချက်အလက် တွေနဲ့ နှိုင်းယှဉ် တွက်ချက်ပြီး သင့်တော်တဲ့ Digital / Analog Output ကိုလည်း ထုတ်ပေးနိုင် ပါတယ်။

- ပြီးတော့ DDC အားလုံးနီးပါး က Programmable ပါ။ လိုချင်တဲ့ Control Programming ကို Notebook Computer (သို့) Handheld Units မှာ ဒီဇိုင်းလုပ် ပြီး Controller ထဲကို Download လုပ်နိုင်ပါတယ်။
- DDC တွေကို Stand-alone ပဲဖြစ်ဖြစ်၊ အခြား BAS system တွေနဲ့ network သုံးပြီး integrate လုပ်လို့ပဲ ဖြစ်ဖြစ် သုံးနိုင်ပါတယ်။ DDC ရဲ့ Advantages တွေကတော့၊
  - Control Sequence / Equipment တွေ ကို Hardware မှာပြောင်းစရာ မလိုပဲ Software ထဲမှာတင် ပြောင်းလို့ရခြင်း။
  - Demand Setback, reset, data logging, diagnostics နဲ့ time-clock integration စတဲ့ features တွေ ကို ဈေး သက်သက်သာသာ နဲ့ Controller ထဲကို ထည့်သွင်း ပေးနိုင်ခြင်း။
  - တိကျတဲ့ (Precise & Accurate Control) ကိုရနိုင်ခြင်း။ (Sensor ရဲ့ Resolution နဲ့ Analog to Digital, Digital to Analog Conversion Process တွေရဲ့ Limit ကိုမှီတာက လွဲရင်ပေါ့လေ။) PID နဲ့ အခြား Control Algorithm တွေကို Mathematically Implement လုပ်နိုင်ပါတယ်။
  - open network သုံးလို့ပဲ ဖြစ်ဖြစ် proprietary (မူပိုင်) နဲ့ပဲဖြစ်ဖြစ် Control တွေအချင်းချင်း ဆက်သွယ် Communicate လုပ်နိုင် ခြင်း။
  - ထိန်းချုပ်တဲ့ Setpoint, Limits, Alarm Setting, Delay, Schedule တွေ ကို Controller Memory ထဲ တစ်ခါထည့်ထားရင် နောက်ထပ် တမင်တကာ မပြင်မချင်း (သို့) Controller မပျက်မချင်း မပျောက်မပျက် ရှိနေနိုင် ခြင်း။ (အချို့ Memory တွေ က တော့ Power Supply မရှိရင် ရက်ပိုင်းပဲ ခံတာ ဖြစ်နိုင်ပါတယ်။ အများစု ကတော့ Memory ထဲ မှာ ရေရှည် မပျက်မစီး တည်ရှိနေနိုင်ပါတယ်။)
- HVAC System ရဲ့ Control အများစု က DDC control ဖြစ်ပါတယ်။

2. Electric/Electronic Controllers
   - အပေါ်မှာ ပြောခဲ့တဲ့ Domestic Water Transfer Pump Control လို ရိုးရှင်းတဲ့ Control အတွက် ဒီလို Electronic Control တွေက အသုံးကျ ပါတယ်။ နမူနာ ကို တော့ Omron Industrial Automation ရဲ့ Floatless Level Controller [http://www.omron-ap.com/product_info/61F/index.asp] မှာ လေ့လာနိုင်ပါတယ်။
3. Pneumatic Receiver-Controllers
   - Pneumatic ဆိုတာကတော့ Compressed Air ကိုသုံးတဲ့ Controller တွေပါ။ အသေးစိတ် ကို တော့ ဒီနေရာ မှာ မဖေါ်ပြတော့ပါဘူး။
4. Thermostats
   - Thermostat ဆိုတာကတော့ အများသိကြတဲ့ အတိုင်း control နဲ့ Sensing functions နှစ်ခု ပေါင်းထားတဲ့ Device တစ်ခုပါ။ အများအားဖြင့် micro-processor based ဖြစ်ပြီး သူ့ဟာသူ အလုပ်လုပ်နိုင်ပါတယ်။ အသေးစိတ် ကို တော့ မဖေါ်ပြတော့ပါဘူး။

J. Communication Networks for BAS

0. Communication Protocol
   - Integrated Building Management System လုပ်တော့မယ် ဆိုရင် အဓိက ခေါင်းခဲရလေ့ ရှိတာ ကတော့ Communication protocol ပါ။
   - System တစ်ခု နဲ့ တစ်ခု ကောင်းကောင်း ဆက်သွယ်နိုင်ဘို့ အတွက် protocol တစ်ခုကို ဘာသာစကား တစ်ခု အနေနဲ့ သုံးရပါတယ်။ ခက်တာက manufacturer အများစု က သူတို့ကိုယ်ပိုင် proprietary protocol ကို သုံးချင်ကြပါတယ်။ အများဘုံသုံး open standards တွေကလည်း DeviceNet, SOAP, XML, BACnet, LonWorks and Modbus စသည်ဖြင့်

အများကြီး ရှိနေပြန်ပါတယ်။ Proprietary ကနေ Open Standard ကို ပြောင်းပေးနိုင်တဲ့ Hardware (or) Software Module တွေ ရှိပေမဲ့ 100% စိတ်ချရတယ် လို့ မဆိုနိုင် သေးပါဘူး။ ASHRAE Handbook ထဲမှာတော့ Protocol ကို classes သုံးခု ခွဲထားပါတယ်။

. Standard protocol. Published and controlled by a standards body.
a. Public protocol. Published but controlled by a private organization.
b. Private protocol. Unpublished; use and specification controlled by a private organization. Examples include the proprietary communications used by many building automation devices.

- ဒါကြောင့် Integrated Building Management System လုပ်တော့မယ် ဆိုရင် သတိထားရမှာ က ဘယ် Standard Protocol ကိုသုံးမှာလဲ ဆိုတာ ဖြစ်ပါတယ်။ အထူးသဖြင့် existing building တွေကို retrofit လုပ်ရတော့မယ့် အခြေအနေ မှာ Existing Control System အကြောင်း သိဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။

1. Network Structure
   - BAS Network အများစု က Computer Network Technology ကိုသုံးစွဲနေကြပြီ ဖြစ်ပါတယ်။ IT backbone နဲ့ Communication Protocol တွေ ကို သုံးပြီး Communication လုပ်တာပါ။ Wired ရော Wireless Technology ရော စုံအောင် သုံးနိုင်ပြီ ဖြစ်ပါတယ်။ Communication Task တွေမှာ ပါဝင်နိုင်တာ ကတော့။
     - Data Exchange : အချက်အလက် တွေ ဖလှယ်တာ
     - Alarms and Events: ဘယ်စနစ်၊ ဘယ်နေရာ မှာနေလဲ ဆိုတာ သတင်းပေးဘို့၊ နဲ့ အခြားအခြေအနေ တွေ။
     - Schedule : Equipment တွေကို ဘယ်အချိန်၊ ဘယ်လို အစီအစဉ် နဲ့ run မယ် ဆိုတာ ကို စီမံခန့်ခွဲ နိုင်ဘို့
     - Trends : Data တွေ အချိန်ကာလ တစ်ခု အတွင်း ဘယ်လို ပြောင်းသွားလဲ ဆိုတာ သိဘို့ မှတ်ထားတဲ့ Data History ကို Trend လို့ခေါ်တာပါ။
     - Network Management : Network diagnostic and Maintenance functions, data access, security functions, etc

K. Specifying DDC Systems
   - DDC installation အောင်အောင် မြင်မြင် ရရှိဘို့ အတွက် Customer ရဲ့ လိုအပ်ချက် ကို ဖြည့်ဆီး နိုင်မဲ့ ရှင်းလင်း ပြတ်သားစွာ ဖော်ပြထားတဲ့ specification လိုအပ်ပါတယ်။ Specification မှာ ပါဝင်ရမှာ တွေ ကတော့။
     - Descriptions of the products desired, or of the performance and features expected
     - Needed points (Points Schedule) or data objects should be listed
     - A control schematic shows the layout of each system to be controlled, including instrumentation and input/output objects and any hard-wired interlocks.
     - A sequence of operation should be provided for each system.

ပိုပြီး အသေးစိတ် သိချင်ရင်တော့ ASHRAE Guideline 13. ASHRAE (2005) ကိုလေ့လာပါ။

Monday, October 5, 2009

HVAC Control (01) - Chilled Water Fan Coil Units

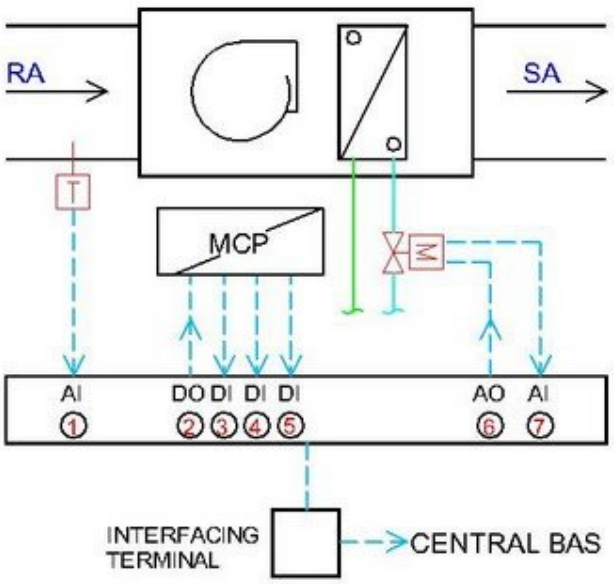
- Air Conditioning System မှာ အသုံးများတဲ့ Equipment တစ်မျိုး ကတော့ Room Fan Coil Unit ပါ။
- သုံးလေ့ရှိတဲ့ Chilled Water Fan Coil Application တွေကတော့။

1. Constant Volume (Cooling) with Temperature Control
2. Constant Volume (Cooling) with Temperature & Humidity Control
3. Multi-Speed (Cooling) with Temperature Control
4. Variable Speed (Cooling) Control

တွေ ဖြစ်ကြပါတယ်။

1. **Constant Volume (Cooling) with Temperature Control**
   - ဒါကတော့ Air Conditioning မှာ Chilled Water Fan Coil Unit သုံးတဲ့ အခါ အသုံးအများ ဆုံး Configuration ပါ။
   - တစ်ခါတစ်ရံ BAS Controller အစား Microprocessor ပါပြီးသား ဖြစ်တဲ့ အသင့် FCU Remote Controller ကို သုံးတာလည်း ရှိပါတယ်။
   - Speed Control (Hi/Med/Low) ကို လိုချင်ရင် Control Panel မှာ ထည့်သွင်းနိုင်ပါတယ်။
   - အခန်းကို သန့်အောင် လေ ကို Filter နဲ့ ထပ်ခါထပ်ခါ စစ်နိုင်ဘို့ Air Change Rate လိုအပ်တဲ့ အခါ မှာတော့ Single Speed - Constant Volume System ကို သုံးပါတယ်။
   - အသေးတွေ မှာတော့ Temperature Control က Critical မဟုတ်ခဲ့ရင် Chilled Water Control Valve ကို Modulating မဟုတ်ပဲ On-Off Control နဲ့ တင် သုံးလို့ ရပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ Temperature Trend Pattern ကတော့ သိပ်ညီညာနေမှာ မဟုတ်ပဲ Set point နားမှာ လွှသွားလို အတက်အကျ ဖြစ်နေပါလိမ့်မယ်။
   - Return Air Temperature (Room Air Temperature) ကို Sense လုပ်၊ Controller ထဲမှာ ထည့်ထားတဲ့ Set Point နဲ့ နှိုင်းယှဉ် ပြီး Chilled Water Flow ကို အနည်းအများ ညှိဘို့ အတွက် Motorized Valve ကို Control လုပ်တာပါ။ Temperature Control က Critical ဆိုရင်တော့ ထိန်းနိုင်ဘို့ အကောင်းဆုံး က PI (Proportional & Integral) Control သုံးဘို့ပါပဲ။
   - Automatic Control အခြေခံ တွေကို Automatic Control Systems မှာ ဖော်ပြခဲ့ ပါတယ်။ ဒီစာ ကို မဖတ်ခင် သွားရောက် လေ့လာ စေလိုပါတယ်။
   - Constant Volume (Cooling) with Temperature Control နမူနာ တစ်ခု ကို အောက်မှာ ဖော်ပြထားပါတယ်။

   - Control Diagram



SYMBOLS

T TEMPERATURE SENSOR (ELECTRONIC)

H HUMIDITY SENSOR (ELECTRONIC)

M 2-WAY MOTORIZED CONTROL VALVE

MCP FAN MOTOR CONTROL PANEL

- BAS I/O Points Schedule

NO.	INPUT / OUTOUT VARIABLES	DO	AO	DI	AI
1	RETURN AIR TEMPERATURE				1
2	FAN ON/OFF CONTROL	1			
3	FAN ON/OFF STATUS			1	
4	FAN TRIP STATUS			1	
5	LOCAL/BAS SWITCH MODES			1	
6	CHILLED WATER VALVE CONTROL		1		
7	CONTROL VALVE POISTION				1
	TOTAL :	1	1	3	2

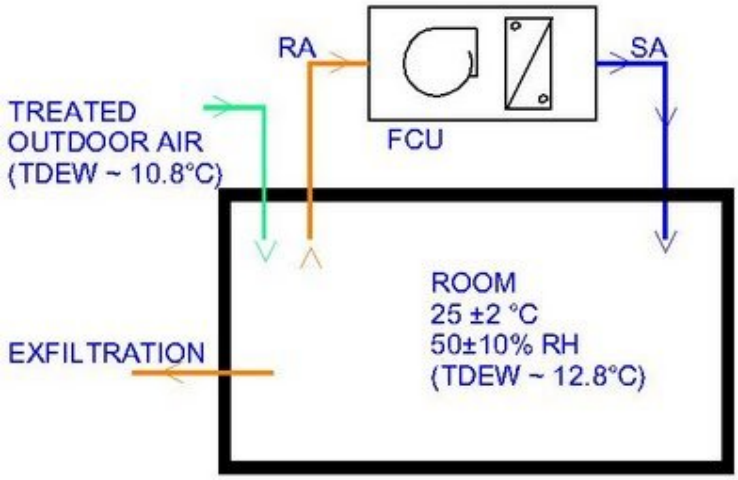
- Note: Temperature control shall be of PI mode
- Point Schedule နဲ့ ပတ်သက်ပြီး သိသင့်တာတွေ ကတော့။
  - Local Control အတွက် ဆိုရင် တော့ အရေးအကြီး ဆုံး က No. 1 : Room/Return Air Temperature နဲ့ No.6 : Chilled Water Valve Control ဖြစ်ပါတယ်။ PI Mode အတွက် No.7 : Chilled Water Valve Position ကလည်း ပိုပြီး ထိထိရောက်ရောက် ထိန်းနိုင်ဘို့ အကျိုးပြုပါတယ်။
  - No. 2 : FAN ON/OFF CONTROL နဲ့ No. 5 : LOCAL/BAS SWITCH MODES တွေ က Central BMS ကနေ ထိန်းပေးနိုင်ဘို့ အထောက်အကူ ပြုပါတယ်။
  - No. 3 : On/Off Status နဲ့ No. 4 : FAN TRIP STATUS တွေ ကတော့ Monitoring လုပ်ဘို့ အတွက်နဲ့ ပြဿနာ တစ်ခုခု ရှိရင် Alarm ပေးနိုင်ဘို့ပါ။
- ပစ္စည်းတွေ ရွေးချယ်တဲ့ အခါ စဉ်းစားရမှာ တွေကတော့
  - Modulating Valve:
    - Size မှန်ဘို့၊
    - အမျိုးအစားမှန်ဘို့
    - Flow Characteristic သင့်လျော်ဘို့၊ မှန်ဘို့။
  - Modulating Valve Drive :
    - Valve နဲ့ သင့်တော်ဘို့၊
    - Controller နဲ့ Compatible ဖြစ်ဘို့
  - Sensor

- Type အမျိုးအစား သင့်တော်ဘို့
- Range & Accuracy သင့်တော်ဘို့
- Response Time သင့်တော်ဘို့

- Controllers
  - Reliability (စိတ်ချရဘို့၊ ထိန်းနိုင်တာ သေချာဘို့)
  - Interface (BAS နဲ့ ချောချောမွေ့မွေ့ ဆက်သွယ် နိုင်ဘို့)

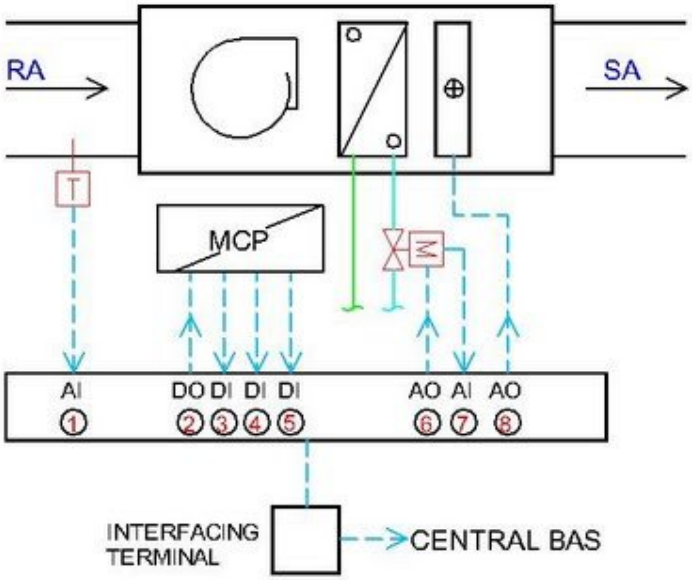
- အသေးစိတ် ကို အရင် Post Automatic Control Systemsတွင် လေ့လာပါ။
- FCU Off (i.e. Fan Off) (စက်ပိတ်) ထားတဲ့ အချိန်မှာ Motorized Control Valve ကိုလည်း Close (Off) လုပ်ပြီး ပိတ်ခိုင်းဘို့ Interlock လုပ်ပေးရပါမယ်။ (Controller ထဲမှာ Program Logic ကို ဒီလို ထည့်လို့ ရလေ့ ရှိပါတယ်။)

2. **Constant Volume (Cooling) with Temperature & Humidity Control**
   - အပေါ်က Control က Space Temperature ကို ထိန်းဘို့ အတွက် အဓိက ပါ။ Humidity ကို အတိုင်းအတာ တစ်ခု အထိတော့ ထိန်းမယ် ဆို ထိန်းလို့ ရနိုင်ပါတယ်။ Sensible Heat Ratio ကလည်း များမယ် Sensible Heat Ratio = (Sensible Load / Total Load) > 0.8 ၊ နောက်ပြီး Space Sensible Load ကလည်း အပြောင်းအလဲ သိပ်မရှိဘူး၊ Humidity Control ကလည်း သိပ် Critical မဟုတ်ဘူး ဆိုတဲ့ အခြေအနေ မျိုးမှာပါ။
   - ဒီ အခြေအနေ မျိုးမှာ Humidity ထိန်းဘို့ အတွက် အခန်းထဲ က လိုအပ်တဲ့ Dew Point Temperature အထိ ရအောင် ချထားတဲ့ Treated Outdoor Air ကို သွင်းပေးထားရင် Humidity Control က Critical ဆိုရင်တောင် ထိန်းလို့ ရလေ့ရှိပါတယ်။ (အောက် က ပုံ ကို ကြည့်ပါ။)



   - Humidity ထိန်းတဲ့ နည်းလမ်းတွေ ကတော့။
     i. Constant Volume Air Supply with Treated Outdoor Air Ventilation (when RSH is high)
     ii. Constant Volume Air Supply with Re-Heat Coil (when RSH is low / varies)
     iii. Variable Volume Air Supply with Constantly cool coil
   - အခန်းထဲ မှာ Wet Process ပါလို့ ဒါမှ မဟုတ် လူတွေ သိပ်ကျပ်နေလို့ ချွေးထွက်များမဲ့ အခြေအနေ မှာ Sensible Heat Ratio က နည်းလာပါတယ်။ ဒီအခြေအနေ မှာ Humidity ကိုပါ ထိန်းဘို့ လိုအပ်လာတဲ့ အခါ Constant Volume System ဆိုရင် အရမ်း အေး မသွားအောင် နဲ့ RH တက်မလာ အောင် ထိန်းဘို့ Sensible Heat တင်ပေးဘို့ Re-heat လိုအပ်တာမို့ Heater ထည့်ပေးရပါမယ်။ Thermistor Controlled Electrical Heater က Control လုပ်လို့

ကောင်းပါတယ်။ AHU ဆိုရင် တော့ Condenser Water ကို အသုံးချဘို့ စဉ်းစား ချင့်ချိန်သင့်ပါတယ်။



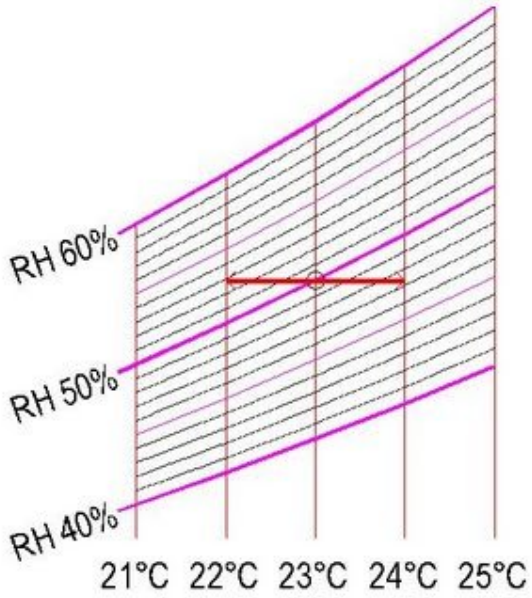
- ဒီအတွက် Heater Capacity Control လုပ်ဘို့ အတွက် BAS point တစ်ခု ထပ်တိုးလာပါတယ်။

NO.	INPUT / OUTOUT VARIABLES	DO	AO	DI	AI
1	RETURN AIR TEMPERATURE				1
2	FAN ON/OFF CONTROL	1			
3	FAN ON/OFF STATUS			1	
4	FAN TRIP STATUS			1	
5	LOCAL/BAS SWITCH MODES			1	
6	CHILLED WATER VALVE CONTROL		1		
7	CONTROL VALVE POISTION				1
8	Electric Heater Capacity Control		1		
	TOTAL :	1	2	3	2

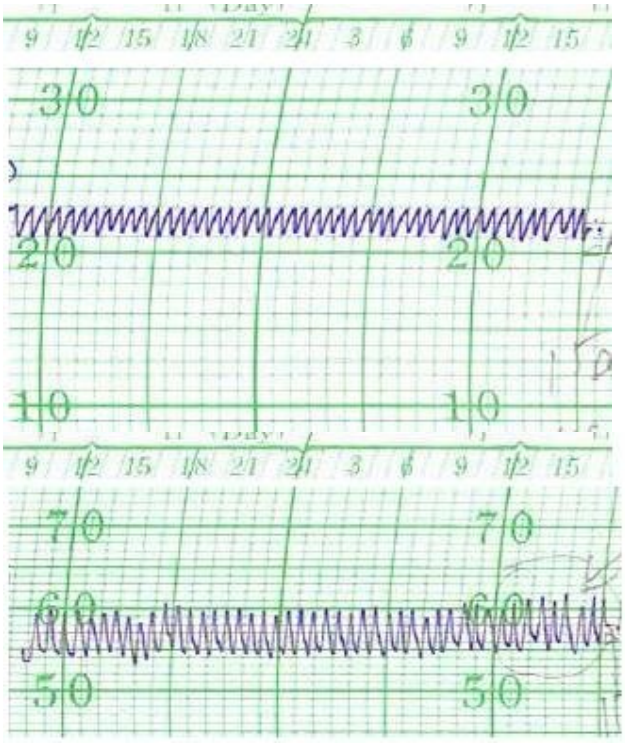
- Note: Control shall be of PI mode
- Humidity Control အတွက် စဉ်းစားတဲ့ အခါ Process နဲ့ Psychrometry ကို သေသေချာချာ နားလည်နေဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။ Humidity Control အတွက် Dew Point Temperature 10.8°C လောက်လိုချင် တဲ့ အခါ Chilled Water Temperature က 5 to 6.5 °C ကသင့်တော်ပြီး 8°C ထက် မြင့်လို့ မရတာ သတိထားပါ။
- Variable Fan Speed နဲ့ ထိန်းရင် လည်း အတိုင်းအတာ တစ်ခု အထိ အဆင်ပြေတတ်ပါတယ်။

3. **Multi-Speed (Cooling) with Temperature Control**
   - သဘောတရား ကတော့ Constant Volume နဲ့ အတူတူပါပဲ။ လုပ်လေ့ရှိတာ က တော့ (Thermostat / Control Panel) မှာ Hi/Med/Low Mode ကိုရွေးချယ်ခွင့် ရတာပဲ ပိုပါတယ်။

4. **Variable Speed (Cooling) Control**
   - ဒီ FCU တွေ က သက်ဆိုင်ရာ Manufacturer တွေ ရဲ့ Special Equipments တွေပါ။ အများအားဖြင့် တော့ Remote နဲ့ အတူ Microprocessor Control ပါပြီး အပြင် က သီးသန့် Controller ထည့်ပေးစရာ လိုအပ်လေ့ မရှိပါဘူး။
   - FCU Fan Drive တွေ က အထူးဒီဇိုင်း လုပ်ထားတဲ့ Motor Drive တွေ ပါ။ (ဥပမာ။ ။ Stepless Motor Drive)
5. **Chilled Water Valve Control: On-Off vs. (PI) Modulating**
   - လေထဲမှာ ရှိတဲ့ ပကတိ ရေငွေ့ ပမာဏ Absolute Humidity (Humidity Ratio) မပြောင်းလဲ တဲ့ အခြေအနေ (Wet Process မရှိတဲ့ နေရာ၊ Storage (သို့) Human Occupancy နည်းတဲ့ နေရာ) ၊ တစ်နည်းအားဖြင့် ပြောရမယ် ဆိုရင် Sensible Cooling / Heating ပဲလိုအပ်တဲ့ အခါမှာ Temperature နဲနဲ လေးပြောင်းတာ နဲ့ Relative Humidity (RH) သိသိသာသာ ပြောင်းတာ ကို တွေ့ရပါမယ်။ (ဒီ အချက် ကို Humidity Control လုပ်ဘို့ လိုအပ်တဲ့ အခါ တိုင်း ထည့်သွင်း စဉ်းစား ဘို့ မမေ့စေချင် ပါဘူး။)
   - အောက်မှာ Psychometric Chart ကနေ Extract လုပ်ထားတဲ့ ပုံကို ဖော်ပြ ထားပါတယ်။



   - ဒီပုံ အရ Room Condition Setpoint 23°C နဲ့ 50% RH အနေအထားမှာ 1°C ပြောင်းတာ နဲ့ 3% RH ပြောင်းသွားတာ တွေ့ရပါမယ်။
   - ဒါကြောင့် Valve On-Off နဲ့ ပဲ ထိန်းတဲ့ Temperature က Set point အနား အတက်အကျ ဖြစ်တာ မို့ RH က လည်း ဒီလို လိုင်းပေါ် လာပါတယ်။



- PI (Proportional plus Integral) Modulating Control နဲ့ ထိန်းတဲ့ အခါ မှာတော့ Temperature က Set point နားမှာ ကပ်နေပြီး RH ကလည်း ပိုပြီး ငြိမ်နေတာ တွေ့ရပါမယ်။

- Sensible Load က တဖြေးဖြေး ဝင်လာ တာ ဖြစ်ပေမဲ့ လေထဲ ကို ရေငွေ့ထည့်တဲ့ Latent Load ကတော့ ချက်ချင်းရောက်ပါတယ်။
  Humidity (Latent) Load = Instant Load
- ဒါကြောင့် Wet Process (Spray Washing, Steam Fumes, etc.)ရှိတဲ့ အခါ သေသေချာချာ စဉ်းစားရပါတယ်။ လိုအပ်ရင် Local Exhaust နဲ့ Process ကို Interlock လုပ်ပေးရပါမယ်။

- Chilled water Valve On တဲ့ အခါ Coil Apparatus Dew Points က အခန်းရဲ့ Dew Point Temperature ထက်နိမ့်မယ် ဆိုရင်) Condensate ဖြစ်တတ်ပါတယ်။ Valve ပိတ်လိုက် တဲ့ အခါ Coil Temperature တက်လာတာ မို့ ပြန် အငွေ့ ပြန်နိုင်ပါတယ်။ ဒီလို အခြေအနေ ဆို RH Variation က ပိုတောင် များပါလိမ့်အုံးမယ်။ (ဒီအခြေအနေ အတွက် အထိုက်အလျောက် ဖြေရှင်းပေးနိုင်မှာ ကတော့ Apparatus Dew Point Temperature က အခန်းရဲ့ Dew Point Temperature ထက် မြင့်တဲ့ Dry Coil ကို ရွေးချယ်သုံးဘို့ပါ။ Chilled Water Supply Temperature ကို လည်း ဒီ Dry Coil နဲ့ သင့်တော်အောင် မြင့် ပေးရပါလိမ့်မယ်။)

Saturday, October 11, 2008

Sanitary Plumbing Systems: Introduction

Sanitary ဆိုတာက ကျန်းမာသန့်ရှင်းရေး လို့ အဓိပ္ပါယ် ရပါတယ်။ ဒါကြောင့် Sanitary Plumbing ဆိုတာ ရေပေးဝေ ရေးနှင့် ရေဆိုးနုတ်တဲ့ စနစ်ကို ခေါ်တာဖြစ်ပါတယ်။ ဒီတစ်ပါတ် တော့ Sanitary Drainage System (ရေဆိုးနုတ် တဲ့စနစ်) အကြောင်းကို တင်ပြမှာ ဖြစ်ပါတယ်။ လူတွေကို အန္တရာယ်ပေးနိုင်တဲ့ ရေဆိုး တွေကို လူတွေ နဲ့ မထိတွေ့ရလေ အောင်စနစ်တကျ စွန့်ပစ်တဲ့ နည်းစနစ်ပါ။

A. **Introduction**

- ဒီနေရမှာ အလျင်းသင့်လို့ သင့်တော်မယ့် စကာ်ပူ နိုင်ငံ ရဲ့ Code of Practice on Sewerage and Sanitary Works ကို မှီငြမ်းစရာ အဖြစ်ရွေးချယ် ထားပါတယ်။ ဒီစာအုပ် က Online Free download လုပ်နိုင်တာရယ်၊ အချက်အလက် ပြည့်စုံတာရယ် နဲ့ လက်ရှိ ကမ္ဘာပေါ်မှာ သုံးနေတဲ့ အဆင့်အတန်း ကောင်းတွေ နဲ့ ညီမျှတာရယ် တွေ ကြောင့် ရွေးချယ်ရတာပါ။
- ကျန်ခဲ့တဲ့ နှစ်သုံးလေးဆယ် လောက်ကို ပြန်ကြည့်မယ် ဆိုရင် စကာ်ပူရဲ့ လူနေရပ်ကွက် အတော်များများက ကျေးရွာ လေးတွေပါ။ ရေတွင်းကရေ ခပ်၊ ခြံစိုက်၊ ဝက်မွေး၊ ဘဲမွေး၊ တံငါ လုပ် စသည်ဖြင့် ပေါ့။ စကာ်ပူ ဆိုတာ ခုလို သန့်ရှင်းတိုးတက်နေတဲ့ နိုင်ငံ ဖြစ်လာမယ် လို့ ဘယ်သူထင်ပါ့ မလဲ။ အမြော်အမြင် ရှိတဲ့ ပညာတတ် ပြီး (သင်္ကြန် အမြောက် မဟုတ်ပဲ) အလုပ် တကယ် ဖြစ်အောင် လည်း လုပ်နိုင်တဲ့ ခေါင်းဆောင်တွေ ရဲ့ ကြိုးစားမှု နဲ့ ဒီနေ့ စကာ်ပူ နိုင်ငံ ဟာ ရေသန့် ထုတ်လုပ်မှု မှာ ရှေ့ပြေးနေသလို၊ ရေဆိုးကို သန့်စင်တဲ့ နေရာမှာ လည်း ထိပ်ကိုရောက်နေ ပါတယ်။
- Singapore က တစ်နှစ်ပတ်လုံးလို မိုးများ ပြီး ပူပြင်းစွတ်စို တဲ့ ဒေသတစ်ခုပါ။ ထူထပ်လွန်းတဲ့ လူဦးရေ နဲ့ပေါင်းစပ် လိုက်တဲ့အခါ high standard of public health (အဆင့်မြင့် တဲ့ အများကျန်းမာရေး စံနှုန်း) သာ မထိန်းထား နိုင်ရင် ရောကနေ ကူးစက်တဲ့ ရောဂါတွေ လွယ်လွယ်ကူကူ လျင်လျင်မြန်မြန် ကူးစက် စေပါလိမ့်မယ်။
- ရေလမ်းကြောင်း၊ ရေလောင်ကန်၊ မြစ် နဲ့ ပင်လယ် ရေပြင် တွေကို မညစ်ညမ်းစေဘို့ လုပ်ခြင်းဖြင့် ရောဂါတွေ မကူးစက်အောင် ထိန်းသိန်း နိုင်စေဘို့ အတွက် စနစ်တကျ Collection (သိမ်းဆည်းခြင်း) , Treatment (သန့်စင်ခြင်း) နဲ့ Disposal (စွန့်ပစ်ခြင်း) တို့ဟာ အရေးပါပါတယ်။
- ပင်လယ်ကူး သဘော်တွေ တန်းစီနေတဲ့ World Busiest Port ဖြစ်နေပေ မဲ့ ရေထဲမှာ အညစ်အကြေး စွန့်ပစ်ခွင့် မပေးထားတာ မို့ အမှိုက်သရိုက်၊ ဆီ၊ နဲ့ လူတွေ ရဲ့ မိလ္လာအညစ် အကြေးတွေ ကမ်းခြေ ကိုဝေးလို့ ပင်လယ်ရေ ထဲကို တောင် ရောက်မလာပါဘူး။
- စကာ်ပူ နိုင်ငံရဲ့ Used Water သန့်စင် နည်းပညာတွေ ဘယ်လို တိုးတက်လာလဲ ဆိုတာသိချင်ရင် တော့ PUB Website မှာ သွားရောက်လေ့လာ နိုင်ပါတယ်။ လူနေအိမ်တွေနဲ့ စက်ရုံတွေက စွန့်ပစ်ရေ တွေကို Sewer (မိလ္လာပိုက်) တွေကနေ Sewerage Treatment Plant (ရေဆိုးသန့်စင် စက်ရုံ) တွေကို ပို့၊ သန့်စင်ပြီးမှ ဒီရေတွေ ကိုကမ်းခြေနဲ့ ဝေးတဲ့ ပင်လယ်ထဲ စွန့်ပစ် တာပါ။ ခုနောက်တစ်ဆင့် သွားနေတဲ့ The Deep Tunnel Sewerage System ဆိုတာကတော့ တစ်နိုင်ငံ လုံးက ရေဆိုးတွေက ခပ်နက်နက်မှာ လှိုင်ခေါင်း၊ ပိုက်ကြီးတွေ နဲ့ အဆင့်မြင့်

သန့်စင်စက်ရုံတွေ ကိုပို့လွှတ်သန့်စင် စေတဲ့နည်းပါ။ ဗဟုသုတ အနေနဲ့ သိချင်ရင် DTSS Presentation Download လုပ်ပြီးလေ့လာပါ။

B. **References (မှီငြမ်းစရာ)**

- စကင်္ပူနိုင်ငံ မှာ Sanitary Drainage System တွေ ဒီဇိုင်းလုပ်တဲ့ အခါ နဲ့ Install လုပ်တဲ့ အခါ လိုက်နာရမဲ့ Code of Practices တွေ၊ Standard Drawings တွေနဲ့ Requirements တွေ ကတော့။
  1. Code of Practice on Sewerage and Sanitary Works (View Online)
     (OR) Download Code in Word Document
  2. The Sanitary Drawings
  3. Sewerage Standard Drawings
  4. Requirements for Discharge of Trade Effluent into public sewer
  5. NEA: Code of Practice on Pollution Control
- အပေါ်က References တွေအကုန်လုံးကို Web-link ထည့်ထားပေးပါတယ်။ Download လုပ်ယူနိုင်အောင် ပါ။
- ဒီ PUB Code of Practice website မှာပဲ မိုးရေနဲ့ ပတ်သက်တဲ့ Code of Practice on Surface Water Drainage စာအုပ် ကို ပါ Free Download လုပ်ယူနိုင်ပါသေးတယ်။ ဒီစာအုပ်ကလည်း စကင်္ပူ မှာ မိုးများတဲ့ကြားထဲက ခြင်မရှိအောင်၊ ရေမဝပ်အောင် နဲ့ မိုးရေသန့်သန့် Reservoir ထဲအထိ ရောက်လာရအောင်ဘာလုပ်ထား လဲ သိနိုင်ပါတယ်။ ဒီအကြောင်းကိုတော့ နောက်ကြုံမှပဲ တင်ပြပေးပါမယ်။ ရေသန့်နဲ့ ပတ်သက်တဲ့ CP:48 Code of Practice for Water Services ကတော့ ဈေးကြီးပေးဝယ် မှရနိုင်တဲ့ စာအုပ်ပါ။ ရင်းနှီးတဲ့သူ အချင်းချင်း ဆီက လက်တို့ မိတ္တူ ဆွဲရင်လည်း ဖြစ်နိုင်ပါတယ်။ မူပိုင်ခွင့် ရှိတာ မို့ သတိတော့ ထားရပါလိမ့်မယ်။
- ဒီအချက်အလက် တွေက လက်ရှိ Sanitary Services Drawing တွေကို ကောင်းကောင်းနားလည်ဘို့ နဲ့ အခြေခံ ဒီဇိုင်းအတွက် အထောက်အကူပြုပါလိမ့်မယ်။ ပိုက်တွေကို အသေးစိတ် Sizing လုပ်နိုင်ဘို့ကတော့ Discharge Loading Units Calculation လုပ်နည်းတွေကို British Plumbing Institutes ရဲ့ Handbook ကပဲ ဖြစ်ဖြစ် US-International Plumbing Codes နဲ့ ASHRAE ကပဲဖြစ်ဖြစ် ရနိုင်ပါတယ်။ (အသေးစိတ် ကို နောက် ထပ်ရေးတဲ့ အခါ ထည့်သွင်းပေးပါမယ်။)

C. **Common Definitions and Terms (စကားလုံးအသုံးအနှုန်း)**

- **Definitions**
  1. Waste (liquid): ရေသုံးတဲ့ ပစ္စည်းတွေ ကနေထွက်လာတဲ့ စွန့်ပစ်ရေ။
  2. Sanitary Waste: Plumbing Fixtures တွေကနေ စွန့်ထုတ်တဲ့ရေ။
  3. Soil (Waste): မိလ္လာ (ဆီး၊ ဝမ်း၊) အနည်းနဲ့အများ ပါဝင် တဲ့ စွန့်ပစ်ရေ။
  4. Vent : လေပိုက်။ အဓိက ကတော့ အနံ့ဆိုး တွေကို ထိန်းဘို့၊ အန္တရာယ်ရှိတဲ့ ဓာတ်ငွေ့တွေ ကို မစုနိုင်အောင် ထိန်းဘို့ နဲ့ Water-seal trap တွေကို Anti-syphonage Effect ပေးဘို့ လိုအပ်တဲ့ လေပိုက်။
  5. Sewer: ရေဆိုးတွေကို Treatment Plnat အထိသယ်ယူပို့ဆောင်ပေး မဲ့ ပိုက်တွေ ပါဝင်တဲ့ စနစ်။
  6. Soil & Waste Stack - ရေဆိုးတွေကို သယ်ယူမဲ့ Vertical Soil & Waste Pipe
  7. Ventilating Stack - vertical ventilating pipe
  8. Singapore : Code of Practice on Sewerage and Sanitary Works ထဲက Terminology ကိုလေ့လာပါ။
- **Domestic (အိမ်သုံး) Sanitary Appliances & Fittings** (Ref Sec 3.3)

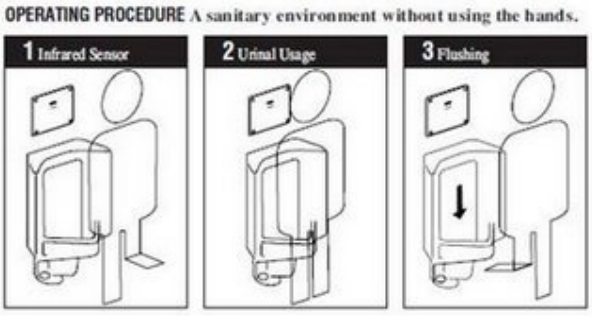
  1. **Water Closet Pan** (အိမ်သာ ကြွေခွက်)
     အဓိက သုံးတဲ့ နှစ်မျိုးကတော့
     - Oriental Water Closet Pan (Squatting Pan) - ဆောင့်ဆောင့် ထိုင်သွားရသော အာရှရိုးရာ ပုံစံ အိမ်သာခွက်
     - Pedestal (or) Wall Hung (Sitting Pan) - ကုလားထိုင်မှာ ထိုင်သလို သက်သက်သာသာ ထိုင်သွားလို့ရတဲ့ အိမ်သာခွက်

Pedestal Water Closet Pan with Cistern	Pedestal Water Closet Pan with Flush Valve	Wall-Hung Water Closet Pan with Flush Valve

2. **Urnial** (အမျိုးသား ကျင်ငယ်စွန့် ဘို့ပါ)
    - Bowl (တစ်ယောက်ချင်း အတွက်)
    - Trough (တစ်ကြိမ်မှာ တစ်ယောက်ထက် ပိုလက်ခံ နိုင်တဲ့ ခွက်ရှည်)။ စကာ်ပူ မှာ အသုံးနည်းလာပါပြီ။ အဓိက သုံးတာက စက်ရုံလို နေရာမျိုးတွေမှာပါ။

Urnial Bowl	Urinal Bowls in Series

3. **Flushing Devices** (ရေလောင်းတဲ့ ကိရိယာတွေ)
    - Flushing Cistern (ရေကန် အသေး၊ တစ်ကြိမ်လောင်းပြီး ပြန်ဖြည့်ရန် အချိန်အနည်းငယ် လိုသည်။)
    - Flush Valve (ရေပေးဝေသော ပိုက်မှ တိုက်ရိုက်ဆက်ထားသော Flush Valve)
    - Automatic Flushing Devices (လူ အသုံးကို အာရုံခံ ပြီး အလိုအလျောက် Flush လုပ်ပေးနိုင်သော ကိရိယာများ။)

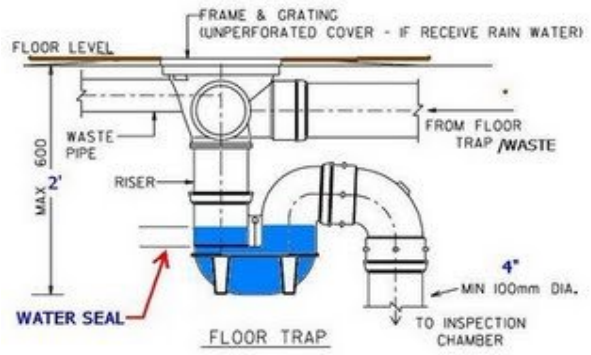
Flush Valve	
WC Auto-FlushValve	
Urinal Auto-Flush Valve	

4. **Bidet** အညစ်အကြေးစွန့် အင်္ဂါများ ကိုဆေးကြောရန် ကြွေခွက် (ပြင်သစ် ဝေါဟာရဖြစ်ပြီး အနည်းစပ်ဆုံး အသံထွက် မှာ "ဘီဒေး" ဖြစ်သည်။ သာမန်အိမ် များတွင်သုံးလေ့ မရှိပဲ အဆင့်မြင့် အိမ်၊ ဟိုတယ် အထူးခန်း တို့တွင်သာ သုံးကြသည်။)

Pedestal Type Bidet	Wallhung Bidet	Bathroom with Wash Basin, Longbath, WC & Bidet

5. **Bath & Shower Units** ရေချိုးဇလုံ နှင့် ရေပန်းများ

6. **Floor Trap** ကြမ်းခင်းမှ ရေကိုစွန့်ထုတ်ရန် သုံးရသည်။ အနံ့ဆိုးများ တက်မလာစေရန် Water Seal ပါသောကြောင့် Trap ဟုခေါ်ရခြင်းဖြစ်သည်။

မြေညီထပ် အတွက် (Floor Trap)	
Floor Trap အမျိုးမျိုး	

7. **Floor Waste** ကြမ်းခင်းမှ ရေကိုစွန့်ထုတ်ရန် သုံးရသည်။ သူတွင် Water Seal မပါသောကြောင့် Floor trap သို့သာ စွန့်ထုတ်ရသည်။ Soil & Waste Pipe သို့တိုက်ရိုက် သွယ်ခွင့်မရှိ။

8. **Wash Basin** မျက်နှာသစ်ရန်၊ လက်ဆေးရန် သုံးရသော ကြွေခွက်။

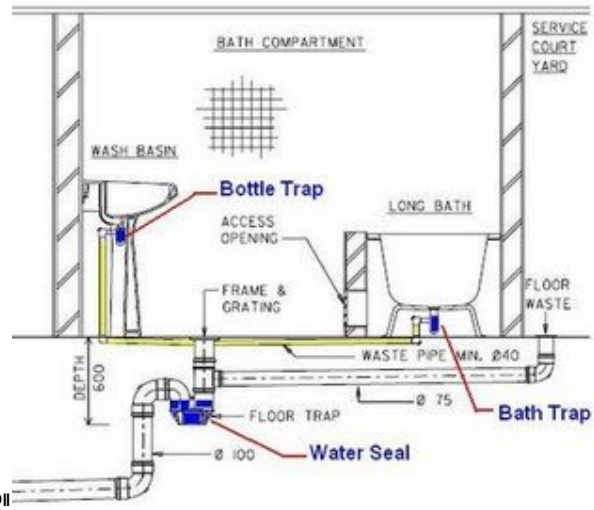
Wash Basin	Wash Basin with Pedestal

9. **Sink** ပန်းကန်ဆေးရန်။ ဟင်းသီးဟင်းရွက် အသားငါး ဆေးကြောပြင်ဆင် ရန် မီးဖိုချောင် သုံး **Sink**၊ (ဓာတ်ခွဲခန်း များတွင်သုံးသော Lab Sink လည်းရှိပါသည်။)

Kitchen Cabinet with Sink	Kichen Island Counter with Sink

D. **Sanitary Drainage အခြေခံ သတိထားစရာ လေးတွေ။**

- Waste Water ကောင်းကောင်းစီးသွားနိုင်ဘို့ လိုအပ်တဲ့ Pipe Size (အရွယ်အစား) နဲ့ Slope / Gradient (လျောစောက်) ရှိရပါမယ်။ Back-Slope လို့ခေါ်တဲ့ ပြောင်းပြန်ဖြစ် နေတဲ့ Slope က များလေ့များထ ရှိပေမဲ့ (Underground Pipework မှာတော့ အင်မတန် ဆိုးဝါးပြီး ပြင်ဆင်ဘို့ အကုန်အကျများတဲ့) အမှား တစ်ခုပါ။ ဒါကြောင့် Flow Direction နဲ့ Invert Level တွေကို သေချာနားလည်အောင် ဂရုစိုက်ပါ။
- ဓာတ်ငွေ့တွေ၊ အနံ့ဆိုးတွေ၊ အင်းဆက်၊ ပိုးမွှား တွေ ပြန်တက် မလာနိုင်စေ ဘို့အတွက် Water-Seal Trap (ဇရုံ) အမြဲရှိနေ ရပါမယ်။ Trap ပုံစံကိုလိုက်ပြီး
  - S-Trap
  - P-Trap
  - U-Trap
- အောက်ကပုံ မှာ မြေညီထပ်က စွန့်ထုတ်တဲ့ Sanitary Drainage ပုံကို ထုတ်ယူ ဖော်ပြ



ထားပါတယ်။

- ဒီပုံအရ အနည်းဆုံး ရှိရမဲ့ ပိုက်အရွယ်အစား Diameter (အချင်း) တွေကတော့
  - Wash Basin နဲ့ Bath Tub အတွက် 40mm (1-1/2")

- Floor Waste 75mm (3″)
- Floor Trap 100mm (4″)

- Basin မှာ Bottle Trap ပါလေ့ရှိပြီး Bath မှာ Bath Trap ပါလေ့ရှိပါတယ်။ သူတို့ကို Floor Trap ထပ်ခံပြီး မှဆက်တာ က Singapore Style ပါ။ သူ့ Trap နဲ့ သူပါပြီးသားမို့ နိုင်ငံတော်တော် များများမှာ Floor Trap မခံပဲ တိုက်ရိုက် ဆက် တတ်ကြ ပါတယ်။ Hong Kong မှာ SARS (Severe acute respiratory syndrome) တွေဖြစ်တုံးက ရောဂါ ပိုးပြန့်လွယ်တာ Floor Trap မခံပဲ ဆက်တဲ့ စနစ်ကြောင့် ဖြစ်ကြောင်း ပြောခဲ့ကြပါတယ်။

- **Sanitary Fixture Connection Size** (တစ်ခုချင်းစီ အတွက်၊)

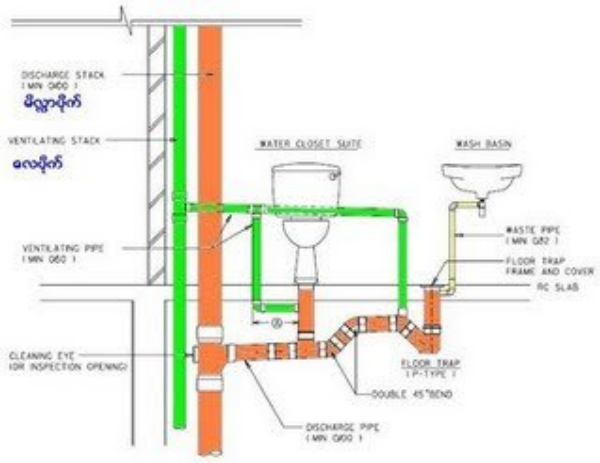
Fixture	Discharge Size	Min. Depth of Water Seal
Domestic		
Lavatory (Wash Basin)	1-¼" (32mm)	3" (75mm)
Bidet	1-¼" (32mm)	3" (75mm)
Bathtub	1-½" (40mm)	2" (50mm)
Sink	1-½" (40mm)	3" (75mm)
Dishwasher, domestic	1-½" (40mm)	3" (75mm)
Laundry (Washing Machine)	1-½" (40mm)	3" (75mm)
Shower Tray	1-½" (40mm)	3" (75mm)
Hose bibs	Provide F.W / F.T	
Shower, standard	Provide F.W / F.T	
Floor Waste	3" (75mm)	2" (50mm)
Floor Trap	4" (100mm)	2" (50mm)
Water Closet	4" (100mm)	2" (50mm)
Non-Domestic		
Drinking fountain	1-¼" (32mm)	2" (50mm)
Urinal Bowl	2" (50mm)	3" (75mm)
Hotel / Canteen Sink	1-½" (40mm)	3" (75mm)

- **Recommended Pipe Slope (Gradient)**

Pipe Size	Gradient	Gradient(°)	Slope/foot
1-¼" (32mm)	1:25 -to- 1:50	1¼° -to- 2½°	1/4" -to- 1/2"
1-½" (40mm)	1:25 -to- 1:50	1¼° -to- 2½°	1/4" -to- 1/2"
2" (50mm)	1:25 -to- 1:50	1¼° -to- 2½°	1/4" -to- 1/2"
3" (75mm)	1:25 -to- 1:100*	½° -to- 2½°	1/8" -to- 1/2"
4" (100mm)	1:25 -to- 1:100*	½° -to- 2½°	1/8" -to- 1/2"

6" (150mm)	1:25 -to- 1:100**	½° -to- 2½°	1/8" -to- 1/2"
8" (200mm) and above	1:30 -to- 1:200	¼° -to- 2½°	1/16" -to- 1/2"

- *Singapore code specified < 1:60
  **Singapore code specified < 1:90
- Vent Pipe က ဒီ Water Seal မှာ Siphon Effect ကြောင့်ရေတွေ မကျန်ခဲ့ မဖြစ်ရအောင် ထည့်ပေးရတာပါ။ Vent Pipe မှာလေပဲရှိအောင်၊ ရေဝင်လာရင် အားလုံးပြန်ထွက်သွားရအောင် Trap ပုံစံ ဖြစ် မနေဘို့ ဂရုစိုက် ရပါတယ်။ (နေရာတကျ အသုံးချရတာပါ။ ဥပမာ၊ Sanitary မှာ Anti-Siphonage လိုချင်ပေမဲ့ Rain-water Drain မှာတော့ Siphonage သုံးတဲ့ နည်းပညာက ပိုကောင်းပါတယ်။ Proper Trap က Drainage မှာအရေးကြီး ပေမဲ့ Vent Pipe



  မှာတော့ Trap ပုံစံမဖြစ်အောင် ဂရုစိုက်ရ ပြန်ပါတယ်။)
- ဒီ Soil & Waste ပိုက်တွေ သောက်ရေကန် တွေအပေါ်၊ သောက်ရေပိုက်တွေ အပေါ် တိုက်ရိုက်ရောက် မနေဘို့။ မီးဖို၊ စားသောက်ဆိုင် တွေ အပေါ် တိုက်ရိုက် ရောက်မနေ ဘို့ တားမြစ်ထားပါတယ်။ မတော်တဆ ယိုစိမ့်ခဲ့ရင် လူတွေ အန္တရာယ် ဖြစ်မှာစိုးလို့ပါ။ ဖြစ်ဘူးခဲ့တဲ့ အတွေ့အကြုံတွေ လည်းရှိခဲ့ဘူးတာမို့ပါ။
- Silt (သဲ၊ နုန်း၊)၊ Grease (အဆီ)၊ ရေနံ၊ စက်ဆီ (Diesel/Patrol Oil) တွေ ကို Public Sewer ထဲစွန့်ထုတ်ခွင့် မပြုပါဘူး။ ဒါကြောင့် Public Sewer နဲ့မသွယ်ခင်
  - Beach Site / Construction Site တွေမှာ Silt Sump (သဲစုကန်)
  - Restaurants နဲ့ Non-Domestic Kitchen တွေ မှာ Grease Interceptor (ဆီစစ်ကန်) နဲ့
  - Garage တွေမှာ Patrol Interceptor

  တွေ ထည့်ပေးရပါတယ်။ Grease Interceptor တွေထဲ က Grease တွေကို လိုအပ်တဲ့ အချိန်ကာလ တစ်ခုအတွင်း မှာ Special Collector တွေကို ခေါ်ယူ စွန့်ပစ်စေရပါတယ်။ မဟုတ်ရင် အနံ့ဆိုးထွက် လာပါလိမ့်မယ်။

- စက်ရုံတွေ မှာတော့ Chemical Properties နဲ့ PH Level တွေ ကိုထိန်းသိမ်းနိုင်ဘို့ နဲ့ လက်ခံနိုင်တဲ့ အရည်အသွေး ရစေဘို့ ဂရုစိုက်ရပါတယ်။ စက်ံပူ မှာတော့ လိုအပ်တဲ့ Chemical Treatment တွေအပြင် PH Monitoring Chamber နဲ့ လိုအပ်ရင် မထုတ်သေးပဲ ပိတ်ထားလို့ရမဲ့ တံခါး Penstock တွေကို ထည့်ပေးရပါတယ်။
- **Waste Sump, Inspection Chamber (IC) & Manhole**
  အားလုံးက အဖုံးဖုံး ထားတဲ့ ကျင်းတွေပါပဲ။ အောက်ခြေအနား မှာ ပိုက်ဝင်ဘို့ နဲ့ ရေစီးဘို့ Channel တွေပါပါတယ်။
  - Waste Sump က မိလ္လာမပါတဲ့ Waste Water အတွက်ပဲသုံးလို့ ရပါတယ်။
  - Inspection Chamber (IC) ကတော့ အဆောက်အအုံ ရဲ့ Boundary (နယ်နိမိတ်၊ ခြံစည်းရိုးအတွင်း) မှာသုံးတာ ပါ။
  - Manhole ဆိုတာကတော့ Public Sewer / Minor Sewer ပိုက်တွေကိုသွယ်ဘို့ သုံးတာပါ။

- Inspection Chamber (IC) / Manhole ကိုသွယ်ထုတ်တဲ့ ပိုက်ပဲဖြစ်ဖြစ်၊ IC to IC, IC to Manhole or Manhole to Manhole သွယ်တဲ့ပိုက်ပဲ ဖြစ်ဖြစ် ရေကို ပုံမှန် ချောချောမောမော စီးအောင် (ပရမ်းပတာ လို၊ ရေတံခွန် လို မစီးအောင်) လည်းဂရုစိုက် ရပါမယ်။ ဒါမှာအဖတ်တွေ တင်ကျန် မနေပဲ Self-Cleansing Flow (အလိုလို ဆေးထုတ်တဲ့ ရေစီး) ဖြစ်မှာပါ။ ဒါကြောင့် အထဲမှာ Channel (ရေတံလျှောက် လိုမြောင်း) တွေ နဲ့ အမြင့် ကွာရင် Back-drop တို့ , Tumbling Bay တို့ ထည့်သွင်းပေးရတာပါ။
- အိမ်သာတွေ၊ ရေချိုးခန်းတွေ မှာ သန့်ရှင်းဘို့ နဲ့ အနံ့အသက် ကင်းစင်ဘို့ အတွက် ဒီ Proper Sanitary and Venting Systems တွေ သာမက လေ အဝင်အထွက် ကောင်းဘို့ နဲ့ ဒီလေတွေ လူတွေနေတဲ့ နေရာကနေ ဝေးဝေးကို ပို့ပေးနိုင်ဘို့ Ventilation (Natural or Mechanical) Systems တွေ နဲ့ ပေါင်းစပ်ပေး ရပါတယ်။
- ဒီလောက်ဆို စာဖတ်သူ Code Of Practice On Sewerage And Sanitary Works နဲ့တွဲပြီး Sanitary Drainage အကြောင်းကို ကောင်းကောင်း လေ့လာနိုင်ပါပြီ။ **အောင်မြင်ပါစေ။**

Saturday, November 22, 2008

Domestic Water Supply System: Introduction

- ဖွံ့ဖြိုးတိုးတက် နေတဲ့ နိုင်ငံ တွေမှာ "ရေဆိုတာ Tap လေး ကို လက်လေးနဲ့ အသာဖွင့်လိုက် ရင် ရတာပေါ့။" လို့ ခပ်လွယ်လွယ် ပြောနိုင်အောင် ရေသန့်ဖြန့်ဝေ တဲ့ စနစ် တွေ က လုပ်ဆောင်ပေး နေပါတယ်။

- ဒီစနစ် ကို တင်ပြပေးမဲ့ အစီအစဉ် ကတော့
  - I. Introduction
  - II. Domestic Plumbing Fixtures
  - III. Domestic Cold & Hot Water Supply Systems
  - IV. Demand Calculations
  - V. System Sizing (Pipe Sizing / Pump Sizing)
  - VI. System Equipments / Components
  - VII. References

I. Introduction

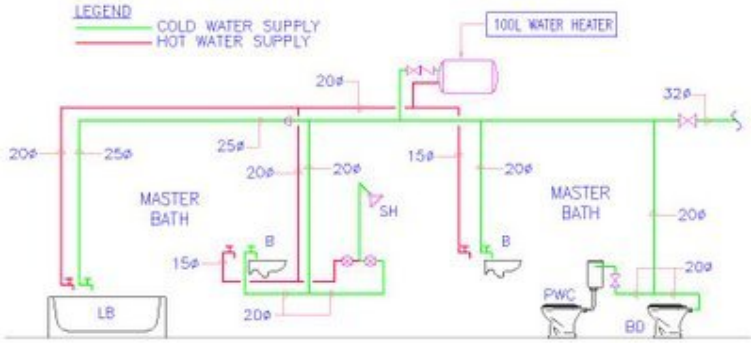
- Infrastructure ကောင်းကောင်းရှိပြီးသား နေရာတွေမှာ တော့ ရေပေးဝေ ခွင့်ရှိ တဲ့ Utility Company ရဲ့ Source ကနေ သွယ်ယူရမှာ ဖြစ်ပါတယ်။ နေရာဒေသ ကို လိုက်ပြီး မိုးရေ၊ ရေတွင်း အမျိုးမျိုး၊ ကန်၊ မြစ်၊ ချောင်း တွေ ကနေ လည်း ရရှိနိုင်ပါတယ်။
- ဒီရေတွေ ကို သောက်ရေအဆင့် Potable Water Quality ရအောင်၊ ပိုးမွှားကင်းအောင်၊ သင့်တော်တဲ့ Treatment Process တွေနဲ့ သန့်စင်ပေးရပါတယ်။ Utility Company တွေ က နေ ရေဖြန့်ပေးရင်တော့ ဒီတာဝန် ကို ပါ ယူလေ့ရှိပြီး သောက်ရေအဆင့် ဘယ်လောက် ရအောင် ထိန်းပေး ထားနိုင်တယ် ဆိုတဲ့ အချက်အလက် တွေ Water Quality: Characteristics ကိုပေးတတ်ပါတယ်။ (ဒါနဲ့ ဆက်စပ်ပြီး ပိုက်ထဲကရေတွေ မညစ်ညမ်း ရလေ အောင် ခွင့်ပြုထားတဲ့ တပ်ဆင်ခွင့် ရှိတဲ့သူ (License Plumbers, etc.) တွေ၊ သုံးနိုင်တဲ့ Pipe & material အမျိုးအစား တွေ နဲ့ Installation practices တွေ စသည်ဖြင့် ကန့်သတ်ထားလေ့ ရှိပါတယ်။)
- အဆောက်အအုံ အတွင်း မှာ သုံးတာ က Domestic Cold and Hot Water System လို့ခေါ်တဲ့ လူတွေ သုံးတဲ့ Sanitary Fixtures တွေကို ရေသွယ်ပေးတဲ့ စနစ် နဲ့၊ Process Water လို့ခေါ်တဲ့ စက်ပစ္စည်း တွေ အတွက် သုံးဘို့ ရေသွယ်ပေးရတဲ့ စနစ်တွေ ပါဝင်ပါတယ်။
- ရေ ကို သောက်လို့ရတဲ့ Potable Water နဲ့ အစားအသောက် အတွက် သုံးလို့ မရတဲ့ Non-Potable Water ဆိုပြီး အဓိက နှစ်မျိုးခွဲခြား နိုင်ပါတယ်။ လူတွေ သောက်ဘို့၊ ရေချိုးဘို့၊ ချက်ပြုတ်ဘို့၊ အစားအသောက် ပြင်ဆင်ဘို့၊ ဆေးဝါး ထုတ်လုပ်ဘို့ အတွက် Potable water (သောက်ရေ) ကိုပဲ သုံးစွဲရပါမယ်။ Plumbing Fixtures အားလုံးကို Potable Water ပဲ ပေးရပါမယ်။

- Utility Supply Company အနေနဲ့ ပိုက်သွယ်ထားတဲ့ တစ်လျှောက်မှာ ရေတွေ Contaminate မဖြစ်စေဘို့ အတွက် စီမံထားပြီး အဘက်ဘက် က ထိန်းသိမ်း ကြပါတယ်။ Sewer/ Non-potable water ပိုက်အောက်ရောက် မနေအောင်၊ Sewer Pipe နဲ့ သိပ်မနီးအောင်၊ အပြင်က Contaminants တွေ စိမ့်မဝင် လာအောင်၊ အစရှိသဖြင့်ပေါ့။ မြေအောက်မှာ မြှုပ်ထားရတာ မို့ Contamination Source တွေကို မဖြစ်မိအောင် လည်း ဂရုစိုက် ရပါတယ်။
- အဆောက်အအုံ ထဲ မှာ လည်း Contamination Prevention ကိုသေချာ ဂရုစိုက်၊ လိုအပ်ချက်တွေ ကို တိတိကျကျ လိုက်နာ ရပါတယ်။ Disinfection of System (Sterilization) ဆိုတာကတော့ ပိုက်ကို ပိုးသတ်တာပါ။ ရေပိုက်တွေ ကို အသစ်ဆင် တာပဲ ဖြစ်ဖြစ်၊ အစုလိုက် လဲတာပဲ ဖြစ်ဖြစ် လုပ်ပြီး မသုံးခင် ပိုးသတ်ရပါတယ်။ အများအားဖြင့်တော့ ကလိုရင်း ပြင်းပြင်း ခတ်ထားတဲ့ ရေဖြည့် ပြီး ပိုးသတ်တာ ပါ။ ပြီးရင် ပိုက်ထဲ ကို သောက်ရေဖြည့် လိုက်ဆေးလိုက် နဲ့ ကလိုရင်း (သို့) ပိုးသတ် Chemical သောက်ရေ ထဲမှာလက်ခံ နိုင်လောက်တဲ့ အတိုင်းအတာ ပဲ ကျန်တော့တဲ့ အထိ လုပ်ရပါတယ်။

II. Domestic Plumbing Fixtures

1. Water Closet (WC), Urinal Flushing Devices
2. Wash Basin (Lavatory) Taps
3. Bath Tap
4. Showers
5. Sinks

လူနေအိမ် master bath ရေချိုးခန်း တစ်ခုရဲ့ domestic water supply schematic ကိုအောက်မှာ ဖော်ပြထားပါတယ်။ ဒီပုံမှာ Pipe size တွေကို mm နဲ့ပြထားပါတယ်။



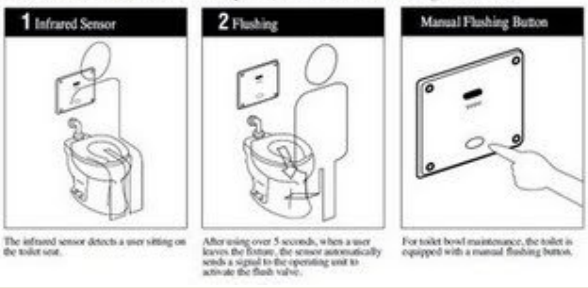
6. Water Closet (WC), Urinal Flushing Devices Flushing Devices (ရေလောင်းတဲ့ ကိရိယာတွေ)
   - WC (or) Urinal တွေကို flush လုပ်ဘို့ အတွက် သုံးလေ့ရှိတဲ့ Flushing Devices တွေကတော့
     i. Flushing Cistern (ရေကန် အသေး၊ တစ်ကြိမ်လောင်းပြီး ပြန်ဖြည့်ရန် အချိန်အနည်းငယ် လိုသည်။)
     ii. Flush Valve (ရေပေးဝေသော ပိုက်မှ တိုက်ရိုက်ဆက်ထားသော Flush Valve)
     iii. Automatic Flushing Devices (လူ အသုံးကို အာရုံခံ ပြီး အလိုအလျောက် Flush လုပ်ပေးနိုင်သော ကိရိယာများ။)

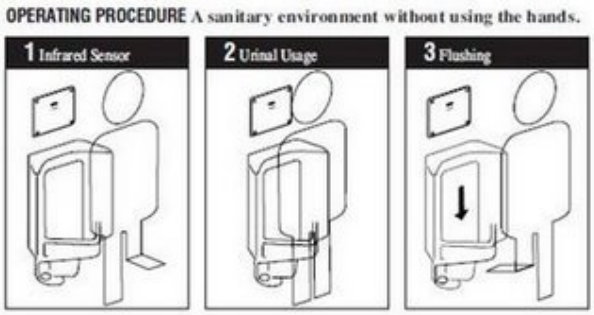
     တွေ ဖြစ်ကြပါတယ်။

   - Flushometer Valves လို့လည်း ခေါ်လေ့ ရှိတဲ့ Flush Valves တွေကို Public Use (Offices, Public Toilets, etc.) တွေမှာ သုံးရပါတယ်။ ရေကို Distribution Pipes ကနေ တိုက်ရိုက် အလုံးအရင်း နဲ့ ဆွဲ

သုံးမှာ မို့ Flush Valve တွေကို ပေးတဲ့ ပိုက် (Distribution Pipes) တွေ က Flushing Cistern တွေ ကို ပေးတဲ့ ပိုက်တွေ ထက် အရွယ်အစား ကြီးလေ့ ရှိပါတယ်။

o ဒီ Fixtures တွေ က သန့်ရှင်းရေး နဲ့ လူတွေရဲ့ ကျန်းမာရေး အတွက် အထူး ဂရုစိုက် ရတဲ့ Fixtures တွေပါ။ အညစ်အကြေး တွေ ရေပိုက် ထဲ လုံးဝ ဝင်ရောက် မလာနိုင်ဘို့ Backflow prevention အတွက် Air Gap (or) Vacuum Breaker ပါရပါတယ်။ ဒါကြောင့် Flush လုပ်ဘို့ သာမန် Valves တွေနဲ့ ပိုက်နဲ့ တိုက်ရိုက် ဆက်ခွင့် မရှိပဲ စိတ်ချရတဲ့ Air Gap (or) Vacuum Breaker တွေပါဝင် တဲ့ Cistern (or) Flushometer Valves တွေနဲ့ပဲ ဆက်ပေးရပါတယ်။

<table>
<tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>Pedestal Water Closet Pan with Cistern</td><td>Pedestal Water Closet Pan with Flush Valve</td><td>Wall-Hung Water Closet Pan with Flush Valve</td></tr>
<tr><td>Flush Valve</td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td>WC Auto-FlushValve</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
</table>

Urinal Auto-Flush Valve	

7. **Wash Basin (Lavatory) Taps**
   - o မျက်နှာသစ် ဘို့၊ ဒါမှမဟုတ် လက်ဆေးဘို့ သုံးရတဲ့ ကြွေခွက် ပါ။

Wash Basin	Wash Basin with Pedestal

   - o
   - o သူ့အတွက် သုံးမဲ့ faucet (tap) တွေအတွက် ရေပူ၊ ရေအေး ရောပေးတဲ့ Mixer Type (or) ရေအေးတစ်မျိုးထဲ ပဲ ပေးတဲ့ Tap လည်း ဖြစ်နိုင်ပါတယ်။

- Mixer Type မှာမှ Lever တစ်ခုထဲ နဲ့ Flowrate ရော ရေပူ၊ ရေအေး စပ်တာ ကို ပါ သုံးနိုင်တဲ့ Single-Lever Type ရှိနိုင်သလို တစ်ခုစီ ထိန်းဖွင့်ရတဲ့ အမျိုးအစား လည်း

ရှိပါတယ်။

- စကာ်ပူ၊ မလေးရှား လို Tropical Countries တွေ မှာတော့ သာမန် အများသုံး Public အိမ်သာ တွေမှာ ရေအေး ကိုပေးရင် လုံလောက်ပါတယ်။ အိမ်တွေ မှာ ကတော့ သုံးစွဲသူ အိမ်ရှင် အကြိုက် Mixer ဖြစ်ဖြစ်၊ Tap ဖြစ်ဖြစ် ရွေးချယ်နိုင်ပါတယ်။
- စကာ်ပူ နိုင်ငံ မှာ ရေကို ချွေတာ ဘို့ အတွက် လူနေအိမ် မဟုတ်တဲ့ Non-domestic Premises နေရာတွေ က Toilet/ Washroom တွေ အားလုံး က Wash Basins တွေမှာ သူ့အလိုလို ပိတ်သွားမဲ့ self-closing delayed-action taps တွေ နဲ့ ရေထွက်အား ကို ထိန်းချုပ်ဘို့ Constant flow regulator တွေ ကိုထည့်ပေးရပါတယ်။

8. **Bath Tap**

- အချို့ Mixer တွေက Individual Valve control နဲ့ ရေပူရေအေး ညှိထုတ် ယူ နိုင်သလို Single Lever Mixer လို့ခေါ်တဲ့ Lever တစ်ခုထဲ နဲ့ ရေအနည်းအများ ရော အပူအအေး ပါထိန်း နိုင် တဲ့ mixer တွေလည်း ရှိပါတယ်။

- Showers
  - Shower ဆိုတာကတော့ ရေချိုးစရာ ရေပန်းကို ခေါ်တာပါ။ တစ်ခါတစ်ရံ အထက်မှာ ဖော်ပြခဲ့သလို Bath Mixer နဲ့ တွဲထား တတ်ပါတယ်။
  - Shower control valve အနေနဲ့ သာမန် Hot water သုံးတဲ့ Mixer Type, Instant Heater Type နဲ့ Cold water ရိုးရိုးပဲ သုံးတဲ့ shower control valve တွေ ရှိသလို Control တွေ ရှုတ်ထွေးနေအောင် ပါဝင်တဲ့ Shower တွေလည်း ရှိပါတယ်။
  - Shower Head အနေနဲ့ လည်း ရိုးရိုး၊ Multi-Pattern (Shower Head ကို လှည့်လျင် Spray Pattern ဥပမာ၊ ၊ Rain, Massage, Mist စသည်ဖြင့် ပြောင်းသည်။)၊ Rain Dance စသည်ဖြင့် အမျိုးမျိုး

ဖြစ်နိုင်ပါတယ်။
  - Shower Head (ရေပန်းခေါင်း) ရဲ့ အရွယ်အစား က လည်း ဒီဇိုင်းပေါ် လိုက်ပြီး အမျိုးမျိုး ဖြစ်နိုင်သလို လိုအပ်မဲ့ Water Pressure (ရေဖိအား) နဲ့ Flowrate (ရေထွက်အား) တွေ က လည်း

အမျိုးမျိုး ဖြစ်

နိုင်ပါတယ်။

- o နိုင်ငံ တော်တော် များများ မှာ Shower နဲ့ပတ်သက်ပြီး Water conservation (ရေချွေတာရေး) သတ်မှတ်ချက် တွေ ရှိတတ်ပါတယ်။ (ဥပမာ။ ။ စကာ်ပူ နိုင်ငံ မှာ ရေကို ချွေတာ ဘို့ အတွက် လူနေအိမ် မဟုတ်တဲ့ Non-domestic Premises နေရာတွေ က Toilet/ Washroom တွေ အားလုံး က Showers တွေမှာ သူ့အလိုလို ပိတ်သွားမဲ့ self-closing delayed-action taps တွေ နဲ့ ရေထွက်အား ကို ထိန်းချုပ်ဘို့ Constant flow regulator တွေ ကိုထည့်ပေးရပါတယ်။)
- o Sinks
  - o Sink ဆိုတာ ကတော့ အသီးအရွက်၊ သားငါး၊ အိုးခွက်ပန်းကန် ဆေးကြောဘို့၊ စက်ရုံတွေ မှာ ဆိုရင်လည်း ကုန်ပစ္စည်း ဆေးကြောဘို့ သုံးတဲ့ ဇလားပါ။
  - o အမှိုက်သိမ်း တဲ့ သူတွေ တံမျက်စီး၊ အဝတ် စတာတွေ ဆေးကြောဘို့ သုံးတဲ့ Sink ကိုတော့ Mop-Sink, Janitor Sink, Maid Sink စသည်ဖြင့် ခေါ်ဝေါ် တတ်ကြပါတယ်။
  - o အသုံးများတဲ့ faucet ကတော့ လည်တံရှည် လှည့်လို့ရတဲ့ goose neck ပုံစံပါ။

III. Domestic Cold Water Supply System

- o သာမန် အပူချိန် မှာရှိနေတဲ့ ရေကို ပဲ Cold water လို့ခေါ်ပါတယ်။ ရေခဲရေ မဟုတ်ပါဘူး။Drinking (သောက်ဘို့)၊ cooking(ချက်ပြုတ်ဘို့)၊ bathing (ချိုးဘို့)၊ washing (ဆေးကြောဘို့၊ လျှော်ဖွတ်ဘို့)၊ flushing(အိမ်သာရေလောင်းဘို့)၊ recreation (အပန်းဖြေဘို့ ဥပမာ၊ ရေကူးကန်)၊ irrigation (အပင်တွေ ရေလောင်းဘို့။)၊ အစရှိသဖြင့် အသုံး ပြုကြပါတယ်။
- o Water Distribution System ကို ဒီဇိုင်း လုပ်တဲ့ အခါ နိုင်ငံအလိုက် ခွင့်ပြုထားတဲ့ Engineering Practices တွေ နဲ့ ကိုက်ညီအောင် လိုက်နာ ရပါတယ်။ Pipe Sizes ရွေးတဲ့ Methods တွေက လည်း approved ဖြစ်နေဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။
- o Hot Water ရော Cold Water ပါ လိုအပ်တဲ့ Fixture တစ်ခုမှာ ပိုက်နှစ်ခု က Interconnected ဖြစ်နေပါတယ်။ ဒီပိုက် တစ်ခုကနေ အခြားတစ်ခု ထဲ ရေစီးမသွားနိုင်အောင် Fixture မှာဒီဇိုင်း လုပ်ထားရပါတယ်။

- ဒီ Water Supply System တွေ ကို မလေ့လာခင် အရင် ရေးထားဘူးတဲ့ Sanitary Plumbing: Introduction ကို ဖတ်ကြည့်ဘို့ တိုက်တွန်းလိုပါတယ်။ ရေပေးရတဲ့ Plumbing Fixture တိုင်းမှာ ရေစွန့်ထုတ် ဘို့ လိုအပ်တာ မို့ပါ။ အဝင်ရှိရင် အထွက် ရှိရမယ် မဟုတ်လား။
- Water Distribution System Design Criteria တွေကတော့
  - Backup Storage to prevent Interruption
- Assessment of Demand Calculations
- Distribution: Mode of Supply
- Equipment and Pipe Sizing နဲ့
- Water Quality: Hygienic, Clean, prevention of contamination
- Corrosion Preventionတွေ ဖြစ်ကြပါတယ်။
- Engineer/Designer တွေ တွက်ချက် ခန့်မှန်း ရမဲ့ အချက်တွေ အတွက် မေးခွန်းတွေ ကတော့
  1. တစ်နေ့ ကို ရေဘယ်လောက် သုံးမှာလဲ၊ cubit meters ဘယ်လောက်၊ ဂါလံဘယ်လောက် ကုန်မှာလဲ။
  2. Storage Tank ထဲမှာ ရေဘယ်လောက် လှောင်ထားဘို့ လိုအပ်သလဲ။
  3. အသုံးအများဆုံး အချိန်တစ်ခု မှာ တစ်မိနစ် ကို ဘယ်နှဂါလံ၊ ဘယ်နှ လီတာ လောက် သုံးအား ရှိသလဲ။
  4. ရေဖိအား ဘယ်လောက် လိုမှာလဲ။
  5. ပိုက်အရွယ် ဘယ်လို ရွေးချယ်မလဲ၊

  အစရှိတဲ့ မေးခွန်းတွေပါ။

IV. Demand Calculations

0. Assessment of Daily Demand

- ဇိမ်ခံသုံး မဟုတ်တဲ့ ပုံမှန် လူတစ်ဦး အတွက် တစ်နေ့တာ ပျမ်းမျှ လိုအပ်ချက်ခန့်မှန်း နိုင်ဘို့ မှီငြမ်းစရာ ဇယားကို အောက်မှာ ဖေါ်ပြထားပါတယ်။

အဆောက်အအုံ အမျိုးအစား	လူတစ်ဦး တစ်နေ့စာ Litres (USgal)
လူနေအိမ်များ	150 (40)
အဆောင်	90 (25)
ဟိုတယ်	135 (36)
ကန်တင်း မပါသော ရုံးခန်း	35 (10)
ကန်တင်း ပါသော ရုံးခန်း	45 (12)
ကျောင်းများ	15 (4)

- 1 USgal = 3.785 litres
  1 UK gal (Imp Gal) = 4.546 litres
- ဒီလိုအပ်ချက်တွေ က နေရာဒေသ ကိုလိုက်ပြီး လိုအပ်ချက် က ပြောင်းလဲ နိုင်ပါတယ်။ မလေးရှား နိုင်ငံ မှာ သုံးလေ့ရှိတဲ့ ဇယား ကို တော့ အောက်မှာ ပေးထားပါတယ်။

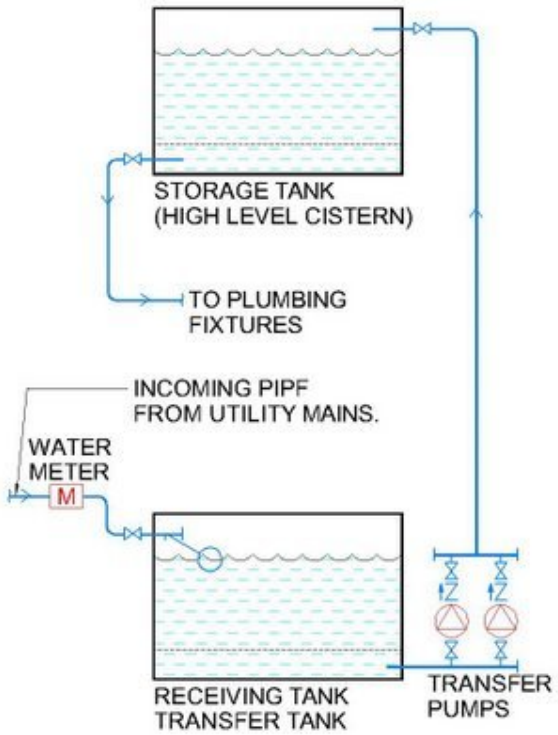
Sr	Type	Capacity / Unit (liters)

a.	Low Cost Residential	680
b.	Medium Cost Residential	1,000
c.	Terrace House / Condominium	1,500
d.	Semi-Detach up to 4 rooms (additional rooms shall be 450 l/room)	1,500
e.	Shop House (single storey)	2,000
f.	Multi-Storey Shop House	1,500
g.	Offices – 100 m2	800
h.	Petrol Kiosk (with washing facility)	50,000
i.	Petrol Kiosk (without washing facility)	10000
j.	Hotel (Each Room)	1,500
k.	Shopping center – 100 m2	1,000
l.	Light Industry	1,500
m.	Industrial Area	(As requirement)
n.	Hospital / bed	1100
o.	Wet Stall	1,360
p.	Dry Stall	450

- နိုင်ငံတစ်ကာ မှာ Operate လုပ်နေတဲ့ ဟိုတယ် တွေ မှာ သူတို့ရဲ့ ကိုယ်ပိုင် လိုအပ်ချက် ရှိတတ် ပါတယ်။
- စက်ရုံ အလုပ်ရုံ ဆိုရင် တော့ Owner/Client ဆီကနေ အချက်အလက် တွေ တောင်းယူဘို့ အများအားဖြင့် လိုအပ်လေ့ရှိ ပါတယ်။
- တိုးတက်တဲ့ နိုင်ငံတွေ မှာ အကြောင်းတစ်ခုခုကြောင့် Service interruption ဖြစ်ခဲ့ရင် အများအားဖြင့် တစ်ရက် အတွင်း ပြန်လည်ကောင်းမွန် အောင် ပြုပြင် နိုင်လေ့ ရှိတာမို့ Storage Capacity ကလည်း 1 day capacity (တစ်ရက်စာ ပဲဖြစ်လေ့ ရှိပါတယ်။)

1. **Water Tank Capacity**
   - Daily Demand ကို ခန့်မှန်းလို့ ရပြီ ဆိုရင် တော့ Water Tank အရွယ်အစား နဲ့ နေရာ ရွေးချယ် ဘို့ အဆင့်ကို ရောက်လာပါပြီ။
   - Water Tank (ရေကန်) တွေ ကို အရွယ်အစား မရွေးချယ်ခင် အသုံးပြုမဲ့ ရည်ရွယ်ချက် တွေ ကို စဉ်းစားရပါတယ်။ ဒါတွေ ကတော့။
     0. Incoming (Acceptance Purpose): ရေပေးတဲ့ ဌာန ကနေ တိုက်ရိုက်လက်ခံ နိုင်တဲ့ Water Tank ပါ။
     1. Storage Purpose: Appliances တွေ ကို Gravity နည်းနဲ့ ဖြစ်ဖြစ်၊ Pump နဲ့ဖြစ်ဖြစ်၊ ဖြန့်ဝေပေးဘို့ ရေကို သိုလှောင်ထားတဲ့ ရေကန်ပါ။
     2. Transfer Purpose: အမြင့်မှာ ရှိတဲ့ Water Tank တစ်ခုခု ဆီ ကို တစ်ဆင့် လွှဲပြောင်း ပို့လွှတ်ပေးဘို့ အတွက် လိုအပ်တဲ့ ပမာဏ။

- Purpose တစ်ခုပဲ ရှိတဲ့ Water Tank တွေရှိသလို၊ နှစ်ခု နဲ့ သုံးခုစလုံး အတွက် သုံးတဲ့ Water Tank တွေ



လည်းရှိပါတယ်။

- အများအားဖြင့် Domestic Water Tanks တွေ အားလုံးမှာ သိုလှောင်ထားရမဲ့ Total Storage Capacity က တစ်ရက်စာ ဖြစ်လေ့ ရှိပါတယ်။ တစ်ခုချင်း စီရဲ့ Capacity ကတော့ Tank ကနေဖြန့်ဝေရမဲ့ Demand Capacity နဲ့ Transfer Pumps တွေရဲ့ Capacity တွေပေါ်မူတည် ပြီး ဆုံးဖြတ်ရပါတယ်။ Utility Company တွေကလည်း Guidelines တွေ ပေးထားတတ်ပါတယ်။
- Guidelines တွေ မရှိတဲ့ အခါ မှာ ရွေးချယ် ဘို့ (Safety Side) ကတော့
  - Transfer Purpose: 1/3 of one day capacity
  - i. Storage Purpose: one day capacity
- အချို့ဒေသ တွေ မှာ Fire Protection Purpose အတွက် လိုအပ်တဲ့ ရေကို ပါ Domestic water Tank ထဲမှာ ပေါင်းထည့်တာ ကို လက်ခံတတ်ပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ ရေကန်ကနေ Domestic water ထုတ်သုံးတဲ့ အခါ Fire Fighting အတွက် လိုအပ်တဲ့ Fire Reserve အမြဲတမ်း ကျန်နေအောင် ဒီဇိုင်း လုပ်ရပါလိမ့်မယ်။ (Domestic Application အတွက် ရေ ကို Fire Reserve အထက် က ပဲ ထုတ်ယူ ရပါမယ်။)
- Water Tank တွေရဲ့ အကြောင်း ကို စာရေးသူ ရဲ့ အခြား Blog Post: Water Tanks (ရေကန် များ) မှာ ဆက်လက် လေ့လာ နိုင်ပါတယ်။

2. **Flow Pressure** (ရေဖိအား လိုအပ်ချက်။)
   - Domestic Plumbing Fixtures အများစု က Pressure 8 psi (5.6mAq or 0.55 bar) လောက်မှာ ကောင်းကောင်း အလုပ်လုပ် နိုင်ပါတယ်
   - Flushometer Valve တွေသုံးတဲ့ Water Closet, Urinal Bowls တွေဆိုရင် တော့ အနည်းဆုံး လိုအပ်ချက်က 15-25 psi (10.5-17.6mAq or 1-1.7bar) လောက် ဖြစ်ပါလိမ့်မယ်။
   - Rain Shower လို Fixture တွေဆိုရင် တော့ 60 psi (4 bar) လောက်တောင် လိုကောင်း လို နိုင်ပါတယ်။
   - စာရေးသူ အနေ နဲ့တော့ ထူးခြားတဲ့ Pressure Requirements လိုအပ်ချက်တွေ မပါတဲ့ အခြေအနေ မှာ Pressure at Fixture မှာ 1.5 bar-3.5 bar (20 – 50 psi) လောက် အတွင်း ရအောင် ဒီဇိုင်းလုပ်လေ့ ရှိပါတယ်။ 1.5 bar အောက်ဆိုရင် တော့ Booster Pumps နဲ့ Pressure ကိုမြှင့်ယူပြီး 3.5bar ထက် ကျော်နေရင် တော့ Pressure Reducing Valve နဲ့ ထိန်းပေးရပါတယ်။

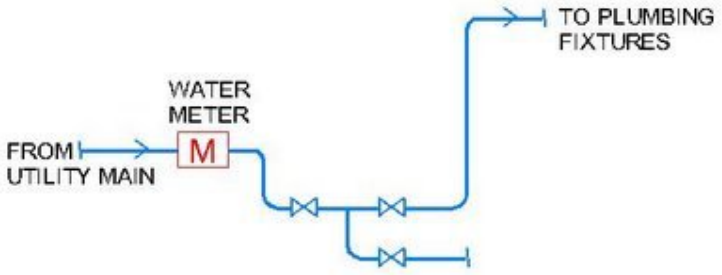
- ဒီနေရာ မှာ Elevated Tank ကနေ ကျလာမဲ့ Gravity Flow အတွက် ဆိုရင် တွက်ချက်ရမဲ့ Hydrostatic Pressure (Water Head) ကို လည်း သိထား စေချင် ပါတယ်။ လွယ်လွယ်ကူကူ မှတ်လို့ရတာ က လိုချင်တဲ့ အမှတ် ကနေ ရေမျက်နှာပြင် အထိ အမြင့်ပါ။ ရေကန်ရဲ့ ရေ Level ရဲ့အောက် ဘယ်လောက်ရှိ သလဲ ဆိုတာ ကို 15mH2O (15m aq), 15 ft H2O, စသည်ဖြင့် ပေါ့လေ။ SI unit မှာတော့ 1 bar = 100 kPa = 10.19m ခန့်ရှိတာ မို့ အကြမ်းတွက်တဲ့ အခါ 1bar ကို 10m H2O လောက် ယူလေ့ ရှိပါတယ်။ ဒါကြောင့် 1.5 bar – 3.5 bar ဆိုရင် အမြင့် 15m ကနေ 35m အတွင်းလို့ အကြမ်းအားဖြင့် သတ်မှတ် နိုင်ပါတယ်။ ရေကန်ရဲ့ ရေအမြင့် က Top Level နဲ့ Low Level အတွင်းမှာ အနိမ့်အမြင့် ရှိနေနိုင်တာ ကိုပါ သတိထား ထည့်စဉ်းစားပေးဘို့ လည်း လိုအပ်ပါတယ်။

3. **Determining Mode of Supply (ရေဖြန့်ဝေ နည်းလမ်း ရွေးချယ် သတ်မှတ် ခြင်း၊)**

Water Pressure: ရရှိနိုင်တဲ့ ရေဖိအား နဲ့ လိုအပ်တဲ့ ရေဖိအား အပေါ်မှာ ချင့်ချိန်ပြီး ဘယ်လိုနည်းနဲ့ ဖြန့်ဝေပေးမှာလဲ စဉ်းစားပေးရပါတယ်။ ပေးလေ့ရှိတဲ့ နည်းသုံးမျိုး ကတော့။

0. Direct Feed
1. Gravity Feed
2. Booster Pumps Feed
3. Direct Feed

- Utility Main ကနေ ရေကန်တစ်ခုခု ကို မဖြတ်ပဲ တိုက်ရိုက် သွယ်ယူသုံးစွဲ တာကို ခေါ်ပါတယ်။

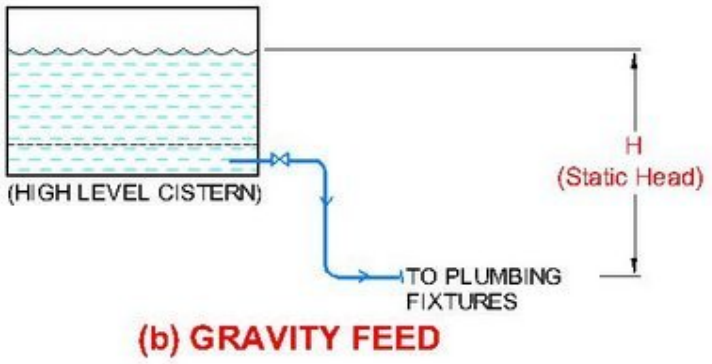


(a) DIRECT FEED

- လိုအပ်တဲ့ Pressure ကိုရနိုင်တဲ့ အခြေအနေ မှာ ဖြစ်နိုင်ပါတယ်။ အချက်နှစ်ချက် လိုအပ်ပါတယ်။
  - i. Utility Company ကနေ လိုအပ်တဲ့ Pressure ကိုပေးနိုင်တဲ့ အမြင့် အတွင်းမှာရှိရမယ်။
  - ii. Utility Company က တိုက်ရိုက်သွယ်ယူ နိုင်ကြောင်း လည်း တရားဝင် အသိအမှတ် ပြုထား ပေးရပါမယ်။

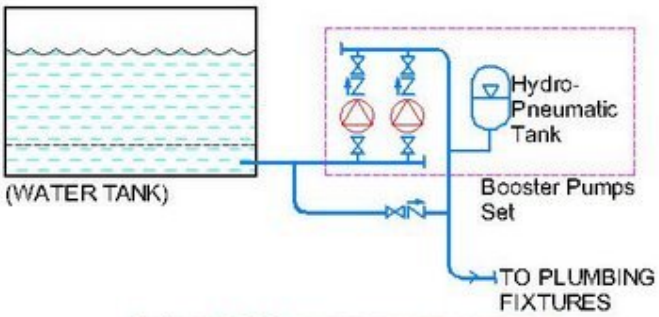
- စကာ်ပူ နိုင်ငံ မှာတော့ PUB ကိုယ်ပိုင် Booster Pumping Stations တွေရှိတာမို့ ဒီလို တိုက်ရိုက်သွယ်တာ ကို Reference Sea Level + 25m အထိ ခွင့်ပြုထားပါတယ်။ (Ref: Water Supply Handbook (or) CP48) ဒါပေမဲ့ Flush Valve တွေကိုတော့ Reference Sea Level + 10m အောက်မှာပဲ ရှိမှပဲ တိုက်ရိုက် ပေးသင့်တယ် လို့ဆိုပါတယ်။
- မလေးရှားနိုင်ငံ မှာ တော့ ဒီလို တိုက်ရိုက်ဆက်ခွင့် ရဘို့ မလွယ်ပါဘူး။ အများအားဖြင့် Via Water Tank Method ကိုပဲ သုံးရလေ့ ရှိပါတယ်။ Kitchen/Canteen Sink အတွက် တစ်ခါတစ်ရံ တိုက်ရိုက် ဆက်ခွင့်ပြုတတ်ပေမဲ့ ရှားပါတယ်။

4. **Gravity Feed**
   - ရေကန် က နေ Gravity ဖိအားနဲ့ ပေးတဲ့ နည်းလမ်းပါ။



(b) GRAVITY FEED

   - လိုအပ်တဲ့ Pressure ရဘို့ အတွက် သင့်တော်တဲ့ အမြင့် မှာရှိနေဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။
   - အမြင့်က သိပ်ကွာနေ လို့ Pressure အရမ်းများ နေရင်တော့ Pressure Reducing Valve သုံးရပါမယ်။
5. **Booster Pumps Feed**
   - လိုအပ်တဲ့ Pressure ရဘို့ အတွက် သင့်တော်တဲ့ အမြင့် မရနိုင်တဲ့ အခြေအနေ မှာ Pump အကူယူပြီး Pressure Boosting လုပ်ရတာမို့ Booster Pump Feed



(c) BOOSTER PUMP FEED

     လို့ခေါ်တာပါ။
   - သုံးစွဲတဲ့ ရေအားက အမြဲတမ်း ပြောင်းနေလေ့ ရှိပါတယ်။ ဒီလိုအနည်းအများ အခြေအနေ ကို ကာမိစေဘို့ နဲ့ Pump ခန ခန Start/Stop မဖြစ်စေဘို့ Hydro-pneumatic tank လို့ခေါ်တဲ့ လေအိုး ကိုလည်း တွက်ချက် တပ်ဆင်ပေးရလေ့ ရှိပါတယ်။
   -

4. **Assessment of Required Flowrate**
   - ရေသုံးအား ဘယ်လောက် လိုမလဲ ဆိုတာ ကို ခန့်မှန်း နိုင်ဘို့ အတွက် assessment လုပ်တဲ့ အခါ fixture တစ်ခုချင်းစီ ရဲ့ လိုအပ်ချက် ကို သိရှိထားဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။

Table: Recommended minimum rates of flow of various appliances or fittings

Outlet fitting	Rate of flow l/s (gpm)
WC flushing cistern, float operated valve	0.1 (1.6) per WC served
WC flushing trough, float operated valve	0.15 (2.4) per WC served
Spray tap or spray mixer tap	0.04 (0.63) per tap

Wash basin tap	0.15 (2.4) hot or cold
Bath tap nominal size 3/4-in	0.3 (4.75) hot or cold
Bath tap nominal size 1-in	0.6 (9.5) hot or cold
Shower head	0.15 (2.4) hot or cold
Sink tap nominal size 1/2-in	0.2 (3.2) hot or cold
Sink tap nominal size 3/4-in	0.3 (4.75) hot or cold
Sink tap nominal size 1-in	0.6 (9.5) hot or cold
Urinal flushing cisterns served	0.04 (0.63) per position
Water Closet, Flushometer Valve	2.2 (35) see note 3
Urinal, Flushometer Valve	1.6 (25) see note 3

- **Notes**
  - ရေပူရေအေး ရောပေးတဲ့ mixer တွေကနေ ဆွဲယူတဲ့ နှုန်းက ပုံမှန် taps နှစ်ခု ကနေထွက်တာထက်စာရင် နည်းပါတယ်။ ဒါကို Pipe Sizing လုပ်တဲ့ အခါ ထည့်မစဉ်းစားရပါဘူး။
  - i. Shower တွေရဲ့ လိုအပ်ချက် က manufacturer နဲ့ design ပေါ်မူတည်ပြီး လိုအပ်ချက် ပြောင်းလဲနိုင်ပါတယ်။ ဥပမာ၊ Rain Shower လို fixture မျိုးက သာမန် Shower ထက် flow rate ရော pressure လိုအပ်ချက်ပါ အဆပေါင်း များစွာ ပိုများတတ် ပါတယ်။ ဒါကြောင့် လိုအပ်ရင် supplier ကို မှီငြမ်းပါ။
  - ii. ဒီ Flushometer Flowrate တွေက စက္ကန့်ပိုင်း အတွင်းကျတဲ့ နှုန်းပါ။ တစ်ကြိမ် မှာသုံးမဲ့ ရေပမာဏ Flow/Flush ကိုလည်း ကန့်သတ် ထားပါသေးတယ်။ US Energy Policy Act အရ WC: 1.6 gal/flush နဲ့ Urinal က 1.0 gpm/flush ပါ။ Singapore CP48: WC: 4.5 L/flush နဲ့ UR: ကတော့ Size အရွယ်အစား ကိုလိုက်ပြီး small 0.5 l/flush, medium 1.0 l/flush & large 1.5 l/flush ထက်မကျော်ဘို့ ကန့်သတ် ထားပါတယ်။ Water efficiency ကို လူတွေ အာရုံစိုက်လာတာ နဲ့ အတူ ပိုမို တင်းကျပ်တဲ့ ကန့်သတ်မှု တွေ လုပ်လာဘို့ ခန့်မှန်း ရပါတယ်။
  - iii. စက်ရုံ အလုပ်ရုံ နဲ့ အခြား applications တွေအတွက် လိုအပ်ချက် ကို သက်ဆိုင်ရာ အလုပ်ရှင် Client နဲ့ ညှိနှိုင်း ခန့်မှန်း ရပါမယ်။

5. **Assessment of Probable Demand (ရေလိုအပ်ချက် ကို ခန့်မှန်း ခြင်း၊)**
   - Cold & Hot water Installation လုပ်တဲ့ အခါ ရှိတဲ့ Fixtures တွေ အားလုံး တပြိုင်နက်တည်း simultaneously သုံးစွဲ နေတာ မဖြစ်နိုင်ပါဘူး။
   - Economy ဖြစ်ဘို့အတွက် usual design practices ကတော့ ဒီ simultaneous usage က maximum possible ထက် များစွာလျော့နည်း ပါတယ်။
   - ဒီ simultaneous usage ကို Loading Unit concept (or) similar approach နဲ့ တွက်ချက် ခန့်မှန်း ကြပါတယ်။ L.U Method နဲ့ခပ်ဆင်ဆင် တူတဲ့ Fixture Unit Method ကို ASHRAE နဲ့ U P C တို့က သတ်မှတ် ပေးထားပါတယ်။
   - Loading Unit နည်း နဲ့ တွက်ချက်တဲ့ အခါ သုံးတဲ့ LU ပမာဏ ကို အောက်က Table မှာ ဖေါ်ပြထား ပါတယ်။

Appliance	LU
WC flushing cistern	2
Wash basin tap (Domestic)	1.5

Wash basin tap (Public)	2
Wash basin tap (Concentrated)	3
Bath tap nominal size 3/4-in	10
Bath tap nominal size 1-in	22
Shower head	3
Sink tap nominal size 1/2-in	3
Sink tap nominal size 3/4-in	10
Spray tap	0.5

-
- ဒီ နည်းနဲ့ တွက်တဲ့ အခါ
  0. Wash Basin (Lavatory) faucet တွေအတွက် တွက်ချက်တဲ့ အခါ Domestic, Public နဲ့ Concentrated Use ရယ်လို့ သုံးခွဲခွဲ ပြထားပါတယ်။ စာသင် ကျောင်းလို၊ စက်ရုံလို Peak Period (ဥပမာ၊ ။ ထမင်းစား ဆင်းခါစ) လူအရမ်းများတဲ့ အခြေအနေ ဖြစ်နိုင်တဲ့ အခါမှာ Concentrated Use ကိုရွေးချယ်ရပါမယ်။
  1. WC Flush Valves တွေ အတွက် ဒီ နည်းနဲ့ တွက်လို့ မရပါဘူး။ WC Flush Valves တွေ အတွက် ခန့်မှန်းတဲ့ နည်းကို နောက်မှာ ဆက်လက် ဖေါ်ပြ ပေးထား ပါတယ်။

- Water Supply Pipe Main / Branch တစ်ခုကနေ ပေးရမဲ့ Appliance တစ်ခုစီရဲ့ Quantity နဲ့သက်ဆိုင်ရာ LU တွေကို မြောက်ပြီး Total LU ကို ရှာရပါမယ်။ ပြီးမှ သက်ဆိုင်ရာ Pipe Friction Chart တွေ ကို သုံးပြီး Flowrate နဲ့ Pipe Size ကို ရွေးချယ် နိုင်မှာပါ။

- **Flush Valves**
  - Flush Valves တွေ နဲ့ ပတ်သက်လို့ တွက်နည်း တစ်ခုကို စကော်ပူ CP48 : 1989 မှာ ဖော်ပြ ထားခဲ့ဘူး ပါတယ်။ နောက်ဆုံး ထုတ်တဲ့ အခါမှာ တော့ ဒီအခန်း ပါမလာတော့ ပါဘူး။
  - Flow Rate Requirement (as number of flush in simultaneous use)

Total No. of Flush Valves on Line	No. of flush in simultaneous use	
	Group **A**	Group **B**
1	1	1
2	2	2
3 to 6	2	3
7 to 11	3	4
12 to 15	4	5
16 to 35	5	6
36 to 45	5	7
46 to 50	5	8

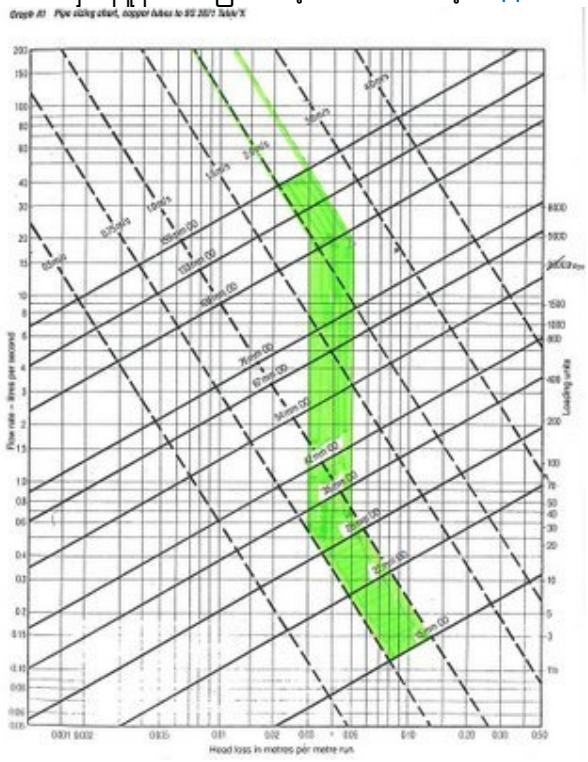
51 to 70	5	9
71 to 100	6	9
101 to 200	10	14

- Note:
  - Group **A** : Offices, Hotels and Hospitals
  - Group **B** : Schools and Other Premises where Rest Period Create Extra Ordinary Demands
  - ရလာတဲ့ No. of Flush in simultaneous Use ကို တစ်ခုစီ ရဲ့ Flowrate အနည်းဆုံး 1.5 L/s နဲ့ မြောက်ရင် လိုအပ်တဲ့ Flowrate in supply pipe ကို ခန့်မှန်းလို့ ရပါလိမ့်မယ်။
- ASHRAE Method: Fixture Unit နဲ့တွက်တဲ့ အခါမှာတော့ Flush Valve နဲ့ Flush Tank တွေရဲ့ Fixture ယူနစ် က မတူသလို အသုံးပြုမဲ့ နေရာ (Public or Private) ပေါ်မူတည်ပြီး လည်းထပ်ကွဲပါသေးတယ်။ ဒါတင်မက Fixture Unit 1,000 ထက်မပို တဲ့ အခါ Estimate Curves for Demand Load Chart မှာ လည်း Flush Valve နဲ့ ဖြစ်တဲ့ အပေါ်မူတည် ပြီး ဖတ်ရမဲ့ Curve က မတူတာ ကိုပါ သတိပြု စေချင် ပါတယ်။

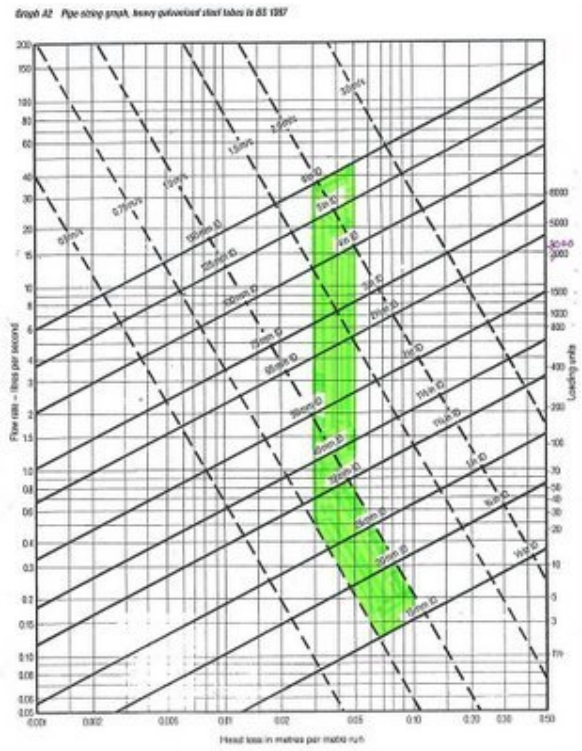
V. System Sizing (Pipe Sizing / Pump Sizing)

0. Pipe Sizing (ပိုက်အရွယ် အစား ရွေးချယ်ခြင်း)။

- Total LU ကို ရှာပြီးတဲ့ အခါ သက်ဆိုင်ရာ Pipe Friction Chart တွေ ကို သုံးပြီး Flowrate နဲ့ Pipe Size ကို ရွေးချယ် ဘို့အဆင့် ကိုရောက်ပါပြီ။ ဒီလို ရွေးချယ်နိုင်ဘို့ အတွက် လိုအပ်တဲ့ Chart တစ်ခု ကို အောက်မှာ နမူနာ ဖော်ပြ ထားပါတယ်။ သတိပြုရမှာ က Pipe material (or) Standard မတူရင် Friction Chart လည်းတူမှာ မဟုတ်ပါဘူး။
- အောက်မှာ နမူနာ ဖော်ပြထားတဲ့ Chart ကတော့ Copper Tube to BS2871, Table X အတွက်ပါ။



- BS 1387 Galvanized Steel



- ပထမ 30-50mm H2O အတွင်းမှာ ရှိစေပြီး Velocity ကိုတော့ **0.75** to **2.5** m/s အတွင်း (ပုံမှာ အစိမ်းရောင်ခြယ်ထားတဲ့ ဧရိယာ အတွင်း) မှာ ထားပြီး ရွေးချယ် သင့်ပါတယ်။ Friction ကတော့ Pump Head (or) Pressure Loss ပေါ်အကျိုးသက်ရောက် ပါတယ်။ Velocity < 0.75 m/s ဆိုရင် အထဲမှာ ခိုနေတဲ့ လေတွေ ကို တွန်းထုတ်နိုင်မှာ မဟုတ်ပါဘူး။ 2.5 m/s ကျော်လာရင် တော့ Flow noise အပြင် Water hammer ကြောင့်ဖြစ်တဲ့ Shock Vibration & Noise ပြဿနာ ကိုပါ ဖြေရှင်းရ ခက်ပါလိမ့်မယ်။
- စာရေးသူ ကတော့ Friction Loss 40mmAq/m (4ft / 100ft) နဲ့ Flow Velocity ကို 1 to 1.5 m/s (3 to 5 ft/s) လောက်မှာ ထားပြီး ရွေးလေ့ရှိပါတယ်။ ဒီလို သတ်မှတ်ပြီးတဲ့ အခါ အလွယ်တကူ အသင့် သုံးနိုင်တဲ့ ဇယားတစ်ခု ကို ဒီလို ရနိုင်ပါတယ်။
- Copper Tube BS2871 Table X

Pipe Size (mm)	L.U.	Flowrate	
		L/s (L/min)	gpm (U.S.)
15	3	0.15 (9)	2.4
22	12	0.34 (20)	5.3
28	30	0.58 (35)	9.2
35	65	0.92 (55)	14.5
42	115	1.4 (86)	22.6
54	300	2.9 (174)	46.0
67	630	5.0 (300)	79.4
76	900	6.5 (390)	103
108	2,800	14.0 (840)	222

133	5,000	21.0 (1,260)	333
159	8,000	30.0 (1,800)	476

- Galvanized Steel Tubes

Pipe Dia		Flowrate		Velocity	
(in)	(mm)	S.I (l/min)	I.P. (USgpm)	(m/s)	(ft/s)
1/2	15	9	2.4	1.0	3.0
3/4	20	18	4.8		
1	25	30	8.0		
1 1/4	32	54	14.5	1.1	3.5
1 1/2	40	84	22.0	1.2	4.0
2	50	150	40.0	1.4	4.5
2 1/2	65	300	80.0	1.5	5.0
3	80	420	110.0	1.5	5.0
4	100	780	200.0		
5	125	1200	320.0		
6	150	1620	430.0		
8	200	3000	800.0		

- ရွေးချယ်တဲ့ အခါ သိထားသင့်တဲ့ အခြေခံ တွေ ကို MEP Basic Calculations: Pipe & Duct Sizing[http://chawlwin.blogspot.com/2008/08/pipe-sizing-duct-sizing.html] မှာ ဆက်လက်လေ့လာနိုင်ပါတယ်။

1. Pump Sizing
   - Pump Size ရွေးချယ်တဲ့ အခါ အဓိက Parameters နှစ်ခု ရှိပါတယ်။
     . Flowrate
     i. Pump Head
   a. Transfer pumps
      - Flowrate
        - Transfer Pump အပေါ်ကန် ကို (ဒီအတိုင်း အလွတ်ဖြည့်ရင်) ဘယ်နနာရီ အတွင်း ပြည့်အောင် ဖြည့်မယ် ဆိုတဲ့ အချက် ကို အခြေခံပါတယ်။ တစ်ခါတစ်ရံ တစ်ရက်စာ ရေပမာဏ ကို ဘယ်နနာရီ အတွင်း ပြည့်အောင် ဖြည့်မယ် ဆိုတဲ့ အချက် ကို လည်း အခြေခံနိုင်ပါတယ်။ အနည်းဆုံး ၁ နာရီ ထက် မလျော့သင့်ပါဘူး။
        - တစ်ရက်စာ ခံတဲ့ အပေါ်ကန် ကို ဖြည့်မယ် ဆိုရင်တော့ အေးအေးဆေးဆေး 12 နာရီလောက် အထိ ထားပြီး ဖြည့်နိုင်ပါတယ်။ 6-8 hours ကတော့ သင့်တော်ပါတယ်။ (အထူးသဖြင့် Power Interruption အခြေအနေ မှာ Generator backup လုပ်တာနဲ့ ညှိပြီး တွက်ရတဲ့ အခါမှာပါ။)
      - Pump Head
        - Pump Head = Static Head + Friction / Dynamic Losses

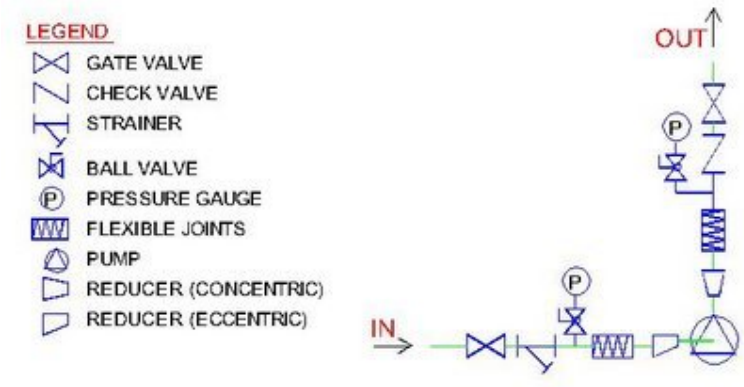
- ပုံမှန် ကတော့ Friction Losses တွေကို အသေးစိတ် တွက် ရမှာပါ။ ဒါပေမဲ့ ပိုက်အရွယ်အစား ကိုလည်း အပေါ်မှာ ပြခဲ့တဲ့ အတိုင်း 40mmAq/m အတွင်းထားပြီး ပိုက်အကွေးအကောက် နဲ့ Horizontal Run သိပ်မရှည်လွန်းရင် အကြမ်းအားဖြင့် Static Head ထက် 10-15% ပိုထားလိုက်ရင် အဆင်ပြေ လေ့ရှိ တတ်ပါတယ်။

b. Booster Pumps
   - Flowrate: Probable Max. Demand
   - Pump Head: To achieve min. pressure at use point
   - Pneumatic Tank: To limits maximum start/stops per hour

c. Hot-water Circulation Pumps
   - Flowrate: To maintain water temperature
   - Pump Head: To overcome friction loss (Static Loss, not important)

System Equipments / Components

2. **Pumps** ရေပန့်များ
   - အရည် အမျိုးမျိုး ကို တွန်းပို့ ဘို့ အတွက် Pump ကို သုံးရပါတယ်။ Domestic Cold & Water Supply Systems မှာ အသုံးများတဲ့ Applications တွေကတော့။
   - Transfer / Pump-ups: တစ်နေရာ က နေ တစ်နေရာ ကို မောင်းတင် ပို့ဘို့။ အောက်မှာ ရှိတဲ့ ရေကန် က နေ အပေါ်မှာ ရှိတဲ့ ရေကန် ကို ရေ မောင်းတင် ဘို့ အတွက် အသုံးပြုပါတယ်။
   - Pressure Boosting: လိုအပ်တဲ့ ဖိအား Pressure ရအောင် မြှင့်တင်ပေးဘို့။ ကန်အမြင့် က Appliance အထက် လိုသလောက် အမြင့် မရှိတဲ့ အခါ လိုအပ် တဲ့ ဖိအားရအောင် မြှင့်တင်ပေးဘို့ အတွက် အသုံးပြုပါတယ်။
   - Re-Circulation အရည်တွေ ကို ပိုက်တွေ Equipments တွေကြား Closed-loop လည် ပြီးစီးနေအောင် လုပ်ပေးနိုင်ဘို့။ ဒါကိုတော့ Hot water circulation အတွက် အသုံးပြုပါတယ်။
   - အသုံးများတဲ့ Pumps အမျိုးအစား ကတော့ Centrifugal Pumps ပါ။ သူ့မှာမှ သုံးရမဲ့ လိုအပ်ချက် ကို လိုက်လို့ Inline, Vertical, Split Case, Multi-stage စသည်ဖြင့် အမျိုးမျိုး ထပ်ကွဲ နိုင် ပါသေးတယ်။ ဘယ်လိုပဲ ဖြစ်ဖြစ် Pump Systems တစ်ခု အတွက် အနည်းဆုံး ပါဝင်ရမဲ့ Pipe Fittings တွေ ကို အောက်မှာ ဖော်ပြပေးထားပါတယ်။



   - ဒီ Fitting Arrangement (အစီအစဉ်) က Construction Industry ကို စဝင် ကတည်းက အလွတ်ရ နေရမဲ့ ပုံပါ။ စာဖတ်သူ လည်း Construction Industry မှာ mechanical services လုပ်မယ် ဆိုရင် မသိမဖြစ် သိနေရပါမယ်။
   - တစ်ခုစီ ကို လေ့လာကြည့်ရင်

. Gate Valves (or) Isolation ValvesPump (သို့) Fitting တစ်ခုခု ကို Maintenance လုပ်စရာ ရှိရင် ပိတ်ထားနိုင်ဘို့ ပါ။ Throttle လုပ်ဘို့တော့ မသင့်တော်ပါဘူး။

i. Strainer ကတော့ ရေထဲမှာ ပါလာမဲ့ ခဲသလဲ၊ အမှိုက်တွေ ကြောင့် Pump မပျက်စီး ရအောင် တပ်ပေးရတာပါ။ ဒါကြောင့် Pump မဝင်ခင် တပ်ပေးရပါတယ်။

ii. Flexible Connections က Pump က Vibration Pipe ကိုမကူးအောင် တားထားပေးတဲ့ သဘောပါ။ Pumps က rotating machine မို့ Vibration ဖြစ်ပါတယ်။

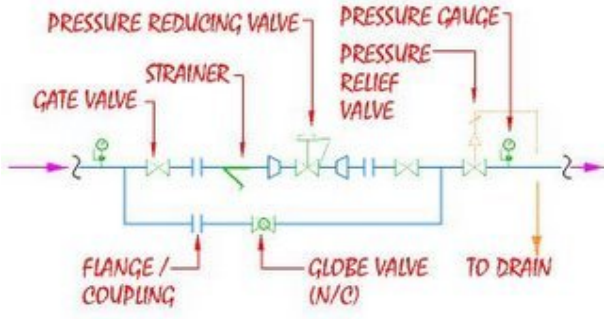
iii. Reducers က ပိုက်အရွယ် အစားနဲ့ Pump Connection Sizes တွေ မတူတဲ့ အခါ သုံးဘို့ပါ။ တစ်ခု သတိထားရမှာ က Pump Suction အတွက် Top Flat Eccentric Reducer သုံးဘို့ပါ။ အဓိက ရည်ရွယ်ချက် ကတော့ ပိုက်ထဲမှာ Air Pocket မပေါ်စေဘို့ပါ။

iv. Check Valve က တစ်ဘက်ထဲ စီးစေ မဲ့ One Direction Water Flow ဖြစ်စေဘို့ပါ။ ဒါကြောင့် Pump အထွက်ဘက်မှာ တတ်ပေးရပါတယ်။ ဒါမှ ပိုက်ထဲကရေတွေ ပြောင်းပြန် ပြန်စီးမလာမှာ ဖြစ်ပါတယ်။

v. Pressure Gauges ကတော့ Water Pressure ကိုသိဘို့ပါ။ Pump Performance ကို ခန့်မှန်းလို့ ရအောင်ပါ။ Suction ဘက်မှာတတ်ထားတဲ့ Gauge က Strainer ပိတ်နေ၊ မပိတ်နေ ကို လည်း သိစေ နိုင်ပါတယ်။

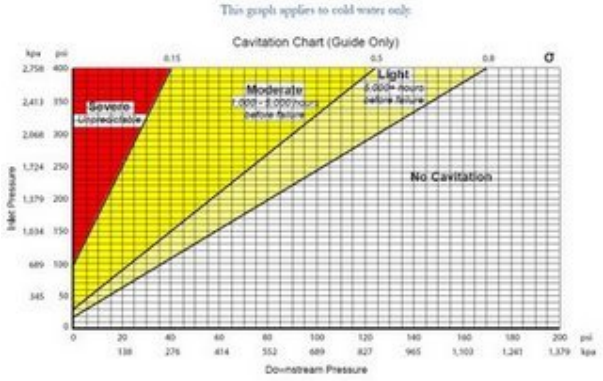
- လူစောင့်မလိုပဲ သူ့ အလိုအလျောက် မောင်းနိုင် ရပ်နိုင်အောင် Automatic Control လုပ်နိုင်တဲ့ Control Panel တွေ တတ်ဆင် ထားပေးရပါသေးတယ်။
- **Transfer Pumps**
  - ရေကန် တွေ မှာ Floatless Level Sensors တွေ တပ်ထားမယ်။ သူနဲ့ အတူ Pump ကိုမောင်းပေးမဲ့ level controllers တွေ တပ်ဆင် ထားပေးရပါမယ်။
  - အပေါ်ကန်မှာ ရေနည်းလာရင် မောင်းတင်မယ်။
  - ရေပြည့်ရင် ရပ်မယ်။
  - အောက်ကန် မှာ ရေ (Pump မောင်းလို့ မရလောက်အောင်) အရမ်းနည်း နေရင် Alarm
  - အပေါ်ကန် မှာ ရေလျှံသွားရင် Alarm
  - Pump Fault ဆိုရင် Alarm
  - စသည်ဖြင့်ပါ။ အများအားဖြင့် Pump အဝိုတစ်ခု ဆောင်းထားပြီး အပြန်အလှန် Duty ယူဘို့ လည်း လုပ်ထားပေးရပါတယ်။
- **Booster Pumps**
  - Cut-in and Cut-out Pressure သတ်မှတ် ထားပြီး Pressure Sensors တွေနဲ့ မောင်းတာ ရပ်တာ လုပ်ရပါတယ်။
  - Pressure က Cut-In Pressure ထိကျလာပြီဆိုရင် မောင်း
  - Pressure က Cut-Out Pressure ထိတက်လာပြီဆိုရင် ရပ်
  - စုတ်ယူတဲ့ ရေကန် မှာ ရေ (Pump မောင်းလို့ မရလောက်အောင်) အရမ်းနည်း နေရင် Alarm
  - Pump Fault ဆိုရင် Alarm
  - Pressure မှာ Standby Cut-in ဆိုတာပါ ထည့်ပြီး High Demand (or) Duty Pump failure ဖြစ်တဲ့ အခါ အကူ Pump မောင်းဘို့ လုပ်နိုင်ပါသေးတယ်။
- Pump တွေရဲ့ Characteristics တွေ က လည်း အထိုက်အလျောက် အသေးစိတ်ပြီး နက်နဲပါတာမို့ နောက်ကြုံတဲ့ အခါ သီးသန့် တင်ပြပေးပါမယ်။

3. **Pressure Reducing Valves Assembly**(ရေဖိအား လျှော့ ဗားအတွဲ)
   - Standard Pressure Reducing Valve Assembly for Domestic Water Systems ပုံကို အောက်မှာ



ဖော်ပြပေးထားပါတယ်။

   - Pressure Reducing Valve Fault ဖြစ်ရင် ယာယီ သုံးဘို့ Globe Valve တပ်ဆင်ထားတဲ့ Bypass ပါဝင်ပါတယ်။ (Globe Valve က Throttle ထိန်းညှိလို့ ကောင်းပါတယ်။ Bypass တွင် Gate valve မသုံးရပါ။)
   - ဒီ arrangement ကို လည်း အလွတ်ရထားသင့်ပါတယ်။ ရှေ့နောက် သူနေရာနဲ့ သူ ရှိမှ အလုပ်ကောင်းကောင်း လုပ်မှာမို့ပါ။
   - ရွေးချယ်တဲ့ အခါ သတိထားရမှာ က Cavitation Effect ပါ။ Cavitation ဆိုတာက စီးနေတဲ့ ရေထဲ မှာ ပလုံစီ လာတာ ကို ခေါ်တာပါ။
   - Pump တွေမှာ Cavitation ဖြစ်တာ ကိုတော့ တော်တော်များများ သိကြပေ မဲ့ valve တွေမှာ Cavitation ဖြစ်တာ ကိုတော့ သိပ်သတိ မထားမိ တတ်ကြပါဘူး။ အထူးသဖြင့် Pressure Reducing Valve တွေမှာ Cavitation မဖြစ်အောင် အရမ်း ဂရုစိုက် ရပါတယ်။
   - High pressure drop နဲ့ Low outlet pressure ဆိုတဲ့ Factors (အချက်) နှစ်ချက် ပေါင်းလိုက် တဲ့ အခါ Cavitation ဖြစ်လာပါတယ်။ အဲဒီ အခြေအနေ မှာ Fluid ရဲ့ Pressure က သူ့ Vapor Pressure အောက် ရောက်သွားတာ မို့ Bubbles လေးတွေ ပလုံစီ လာပါတယ်။ ဒီ Fluid Flow Stream မှာပဲ Pressure က Vapor Pressure အထက်ပြန် တက်လာတဲ့ အခါ ပလုံစီ နေတဲ့ Bubbles လေးတွေ ပြန် အရည်ထဲ ပျော်ဝင်ဘို့ ဖြစ်လာတဲ့ အခါ ဒီ Bubbles နေရာ ကို အရည်က အရှိန် နဲ့ ဝင် extremely high impact forces တွေ ဖြစ်ပေါ်လာပါတယ်။ ဒီအခါ Valve ကိုသာမက အနီးအနား က Pipe တွေကို ပါ ပြင်းပြင်းထန်ထန် တိုက်စားပါတော့ တယ်။ Pump တွေမှာ Cavitation ဖြစ်တဲ့ အခါ Impellers တွေ တွန့်လိမ် ကောက်ကွေး၊ လိပ်၊ ပျက်စီး သွားတာ တွေ့ ရပါတယ်။
   - ဒီလို Cavitation ဖြစ်တဲ့ အခါ ပိုက်ထဲ မှာ ကျောက်စရစ် ခဲ တွေ စီးသွား သလို အသံ နဲ့ တုန်ခါ မှု ကို ပါ ဖြစ်စေပါတယ်။
   - Pressure Reducing Valve က ဖြစ်နိုင်တဲ့ Cavitation Chart နမူနာ ကို အောက် မှာ ဖော်ပြ



ထားပါတယ်။

Saturday, October 11, 2008

Introduction to Fire Protection Systems

အဆောက်အအုံ တစ်ခု အတွက် အရေးကြီး တဲ့ အချက် ကတော့ မီးကြောင့် လူတွေ အနာတရ ဖြစ်ရတာ၊ အသက်ဆုံးရှုံးရတာ၊ ပစ္စည်းဥစ္စာ ဆုံးရှုံးရတာ တွေကို တတ်နိုင်သမျှ ကာကွယ်နိုင်ဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။
တိုးတက်နေတဲ့ နိုင်ငံတွေ မှာ အဆောက်အအုံ တွေ အတွက် Fire Protection Systems တွေ ကလည်း မပါမဖြစ် အဓိက လိုအပ်ချက် အနေ နဲ့ ပါဝင်ပါတယ်။ ဒါကြောင့်မို့ Fire Protection Systems တွေ ကို အကြောင်းအရာ ၄ - ပိုင်း ခွဲ ပြီး တင်ပြ ထားပါတယ်။

I. Introduction
II. Classification
III. Passive Fire Protection
IV. Active Fire Protection Systems

I. Introduction

- Fire Protection Systems
  - Fire Protection System ဆိုတာဘာလဲ။
    - A system that includes devices, wiring, piping, equipment and controls to detect a fire or smoke, to actuate signal, and to suppress the fire or smoke.
    - မီးလောင်မှု (သို့) မီးခိုး ကို အာရုံခံ သိရှိနိုင်ဘို့ နဲ့ မီးငြိမ်းသတ် နိုင်ဘို့ ရယ် မီးခိုးတွေ ကို ပြယ်သွားအောင် စုတ်ထုတ်ပစ်နိုင်ဘို့ တွေ အတွက် လိုအပ်တဲ့ ပစ္စည်းကိရိယာတွေ၊ ဝါယာကြိုးတွေ၊ ပိုက်တွေ၊ စက်ပစ္စည်း တွေ နဲ့ ထိန်းချုပ်တဲ့ စနစ်တွေ ပါတဲ့ စနစ် ကို မီးဘေးအန္တရာယ် ကာကွယ်ရေး စနစ် တွေ လို့ခေါ်ပါတယ်။
  - ဘာအတွက် လိုအပ် ရတာလဲ။
    - Primary Objectives (မူလ ရည်ရွယ်ချက်)
      - မီးကြောင့် အသက် တွေ ကို မဆုံးရှုံးစေဘို့
      - အိုးအိမ်၊ အဆောက်အအုံ စည်းစိမ် ဥစ္စာ တွေကို မီးဘေး ကနေ ကာကွယ်ဘို့
    - Secondary Objectives (ဒုတိယ ရည်ရွယ်ချက်)
      - မီးလောင်မှု ကြောင့် အလုပ်ပျက်ရတာ ကို လျော့ချနိုင်ဘို့။
  - Fire Produces
    - Thermal Element: Flame and Heat (မီးတောက် နဲ့ အပူ)
    - Non-Thermal Element: Smoke and Toxics(မီးခိုး နဲ့ အဆိပ်ငွေ့)

    Smoke is primary cause of fire related death. (မီးလောင်မှု နဲ့ ဆက်နွယ်တဲ့ အသက် ဆုံးရှုံး မှုတွေ ရဲ့ အဓိက အကြောင်းရင်း က မီးခိုးကြောင့် ပါ။)

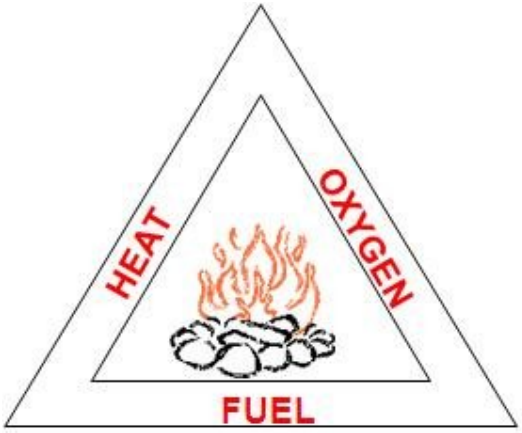
- Life Safety is Ultimate Building Design
  - အဆောက်အအုံ တစ်ခု မီးဘေးက နေ ကာကွယ်ဘို့ အတွက် အနိမ့်ဆုံး လိုအပ်ချက်တွေ ကတော့။
    - Mean of Escape for the Occupants (နေထိုင်သူ တွေ အန္တရာယ် ကင်းကင်း ထွက်ခွာ စေနိုင်ဘို့)
    - To prevent spread of fire within the building and from one building to another (အဆောက်အအုံ အတွင်း မှာ ပဲဖြစ်ဖြစ်၊ အခြားအဆောက်အအုံ ကိုဖြစ်ဖြစ် မီးကူးစက် ခြင်းကို ကာကွယ် ဘို့)

- Means of detection and extinguishment of fire (မီးလောင်တာ ကို အာရုံခံ သိရှိ နိုင်ဘို့ နဲ့ ငြိမ်းသတ် နိုင်ဘို့)တွေပါဝင်ပါတယ်။
- လူတွေရဲ့ အသက် အန္တရာယ် မဖြစ်စေဘို့ က အဆောက်အအုံ တစ်ခုအတွက် အရေးအကြီး ဆုံး လိုအပ်ချက် ပါ။ မီးလောင်မှု တစ်ခု ဖြစ်ပြီ ဆိုရင် ပထမဆုံး အန္တရာယ် ပေးမှာ က အထဲမှာ ရှိနေသူ တွေ ကို ပါ။ နေထိုင်၊ သုံးစွဲ တဲ့သူတွေ၊ အဆောက်အအုံ ကို အသုံးပြုမှု ပုံစံ၊ လုပ်ငန်း တွေ အပြင် အဆောက်အအုံ ရဲ့ အမျိုးအစား နဲ့ အမြင့်တွေ ပေါ် မူတည်ပြီး Structural Fire Precaution လိုအပ်ချက် ကွဲပြားနိုင်ပါတယ်။
- High-rise Building တွေမှာ ရှိနေတဲ့ လူတွေ ကို ကာကွယ် ဘို့ လိုအပ် တဲ့ Means of Escape က စိန်ခေါ်မှု တစ်ခုပါ။ အတွင်းထဲ မှာ ရှိနေတဲ့ လူတွေ ကို ကာကွယ် ပေးနိုင်ဘို့ အတွက် မီးအားကို မပြင်းအောင် ထိန်းနိုင်ဘို့ လိုအပ်သလို လူတွေ ကို လည်း ဒီ အ High-rise Building ထဲ မှာ ပဲ ဘေးကင်းရာ ကို ရွှေ့ပြောင်းပေး နိုင်ဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။
- ဘယ်အခြေအနေ မှာ မှ လူတွေ မီးထဲ မှာ ပိတ်မိ မနေအောင် ဒီဇိုင်း လုပ်ဘို့ ဆိုတာ တော့ မဖြစ်နိုင် ပါဘူး။ မီးသတ်စနစ် တွေ ကို သေသေချာချာ ထိန်းသိမ်း မထားတာ၊ အရေးပေါ် အခြေအနေ မှာ လုပ်သင့်တာ ကို မလုပ် နိုင်တာ တွေ စတဲ့ လူတွေ ရဲ့ ပေါ့လျော့ မှု ကြောင့် လည်း အဆောက်အအုံ ထဲ မှာ လုံးဝ အန္တရာယ် ကင်းရှင်းဘို့ က မဖြစ်နိုင်ပြန် ပါဘူး။
- ဒါကြောင့် မို့ Architects တွေ Engineers တွေ နဲ့ Building designers တွေ Life Safety၊ မီးဒါဏ် ခံနိုင်ရေး က တစ်ဖက်၊ လက်တွေ့လိုအပ်ချက်၊ အလှအပ၊ ဒီဇိုင်း နဲ့ Fire Regulations ကို မျှမျှတတ စဉ်းစားချင့်ချိန် တဲ့ အခါ အခက်အခဲ တွေ၊ ကန့်သတ်ချက် တွေ ကို ကြုံတွေ့ ရ လေ့ရှိပါတယ်။

- **Building Considered as a Whole**
  - အဆောက်အအုံ တစ်ခု လုံး အနေနဲ့ ခြုံငုံ ပြီး စဉ်းစားရင်
    - Passive Fire Protection (မီး ဒါဏ်ခံ နိုင်ဘို့)
    - Active Fire Protection (မီးငြိမ်းသတ် နိုင်ဘို့) ရယ် လို့ နှစ်ခု တွေနိုင် ပါတယ်။
  - ကြိုတင် ကာကွယ် တဲ့ Passive Fire Protection ဆိုတာ ကတော့ Planning ကိစ္စ မို့ Building Design Planning Stage မှာ ကတည်းက Fire Hazard, Fire Risk စတဲ့ မီး အန္တရာယ် တွေ ကို လျော့ကျ စေနိုင်ဘို့ ကြိုတင် စဉ်းစား ရမှာ ဖြစ်ပါတယ်။ မီးဒါဏ်ခံ နိုင်တဲ့၊ မီးမလောင် နိုင်တဲ့ ပစ္စည်းတွေ ရွေးချယ်ဘို့၊ မီးလောင်မှု ဖြစ်တဲ့ အခါ မီး၊ မီးခိုး နဲ့ Toxic Fumes (အဆိပ်ငွေ့) တွေ အခြားနေရာ တွေ ကို မပြန့်ရ အောင် ထိန်းချုပ် နိုင်ဘို့ အတွက် အဆောက်အအုံ ကို Fire-tight cells or compartments (မီးဒါဏ်ခံ နိုင်တဲ့ အခန်း တွေ) အဖြစ် Vertically ရော Horizontally ပါ ဖွဲ့ ထားပေးဘို့၊ စ တာတွေ ကို အခြေခံ အနေနဲ့ ထည့်သွင်း ပေးရပါတယ်။
  - ထိရောက်တဲ့ Passive Fire Protection ဆိုတာက Good Planning, Good Design and Sound Construction ကို ပြသပါတယ်။ ဒါက အဆောက်အအုံ ရဲ့ အခြားအခြေခံ လိုအပ်ချက်တွေ ကို အားဖြည့်ပေး ပါတယ်။
  - Active Fire Protection ဆိုတာကတော့ လူတွေ ကိုယ်တိုင် ပါဝင် ငြိမ်းသတ်ရတဲ့ Manual Fire Protection Systems တွေ နဲ့ အလိုအလျောက် ငြိမ်းသတ်ပေး နိုင်တဲ့ Automatic Fire Protection Systems တွေ ပါဝင် ပါတယ်။ မီးလောင်မှု ဖြစ်တာ ကို သတိပေးနိုင်ဘို့၊ မီးကို ထိန်းချုပ်နိုင်ဘို့ နဲ့ ငြိမ်းသတ် နိုင်မဲ့ စနစ်တွေ ဖြစ်တဲ့
    - Automatic Sprinklers (အလိုအလျောက် ရေဖြန်း မီးသတ်စနစ်)၊
    - Stand pipe (Wet/Dry Risers) (အထပ်အလိုက် မီးသတ်သမားသုံးရန် မီးသတ် ရေဘုံဘိုင် ခေါင်း)
    - Fire Hydrants (ခြံဝင်းအတွင်း နှင့် လမ်းဘေး တစ်လျောက် တွေ့ရလေ့ ရှိသော အဆောက်အအုံ ပြင်ပသုံး မီးသတ် ရေဘုံဘိုင် ခေါင်းများ၊)
    - Fire Hosereels (အဆောက်အအုံ တွင်းသုံး မီးသတ် ရေပိုက်)
    - Fire and Smoke Detection (မီး၊ အပူ နဲ့ မီးခိုး တို့ကို အာရုံခံ အချက်ပေးစနစ်),
    - Gas Fire Suppression Systems (မီးသတ် ဓာတ်ငွေ့သုံးစနစ် များ၊ Pyrogen, CO2, Inergen, Halon XXX, FM-200, NN100, etc. စသည်၊)

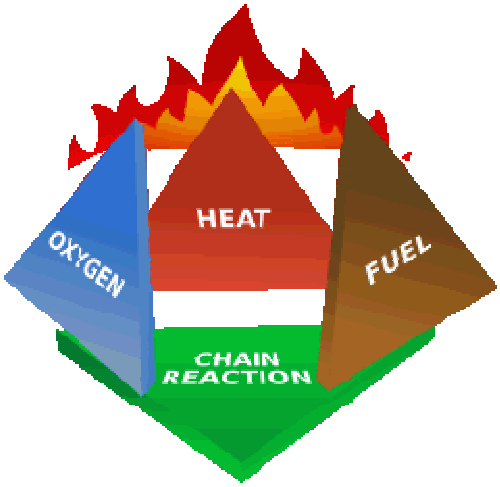
- Portable Fire Extinguishers (အသင့်သုံး မီးသတ်ဘူးများ၊)
- Smoke Spill / Smoke Control Systems (မီးခိုး ကိုပြယ်အောင် စုတ်ထုတ်တဲ့ စနစ် ၊ မီးခိုး ကိုထိန်းချုပ်တဲ့ စနစ်)၊ စသည်ဖြင့် ပါဝင်ပါတယ်။
- ဒါတွေ အပြင် Fire Alarm (မီးလှန့် အချက်ပေး စနစ်) တွေ နဲ့ Communication Systems ဆက်သွယ်ရေး စနစ်တွေ ကတော့
  - မီးသတ်တပ်ဖွဲ့ အချင်းချင်း ဆက်သွယ် နိုင်ဘို့ အတွက် Fire Brigade communication Systems
- အရေးပေါ် အခြေအနေ မှာ လူတွေ စနစ်တကျ Evacuate လုပ်နိုင်စေဘို့ ညွှန်ကြားပေးနိုင်ဘို့ အတွက်၊ Public Address Systems တွေ ပါဝင်ရ ပါလိမ့်မယ်။
- အရေးပေါ် အခြေအနေ မှာ သုံးလို့ ရမဲ့ Standby Power (Usually by Diesel Generator) ကို စဉ်းစားတဲ့ အခါ အောက်မှာ ဖော်ပြထားတဲ့ စက်ပစ္စည်း တွေ နဲ့ အရေးပေါ် လိုအပ်ချက် တွေ အပေါ် မှီပြီး တွက်ချက် ရပါမယ်။
  - Electric Fire Pumps
  - Emergency Command Center / Fire Command Center Equipment & Lighting
  - Fire Lifts (serving all floors)
  - Mechanical Equipment for Smoke Proof Enclosure
  - Power for Detection, Alarm, and Communication Systems
  - Emergency Lightings

- Fire Science
  - Fire Triangle (မီး တြိဂံ)



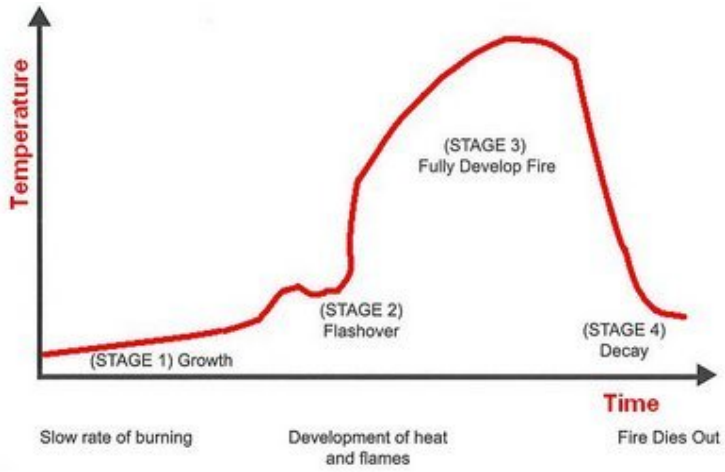
  - Fuel (လောင်စာ), i.e. Something to Burn
  - Air (လေ၊ အောက်ဆီဂျင်), i.e. Oxygen to Sustain the Combustion
  - Heat (အပူ)
- ဒီသုံးခု ပြည့်စုံ မှ မီး ဖြစ်နိုင်ပါတယ်။ ဒီအထဲမှာ Chemical Reaction ဆိုတာ ကိုပေါင်းထည့်ပြီး fire tetrahedron (မီး ပိရမစ်) လို့လည်းသတ်မှတ် ကြပါတယ်။ ဒီအထဲ ကတစ်ခု ကို ဖယ်နိုင်ရင် မီးငြိမ်းပါမယ်။ ဒီ

principle (နိယာမ) က မီးသတ်စနစ် တွေ အားလုံး အတွက် အခြေခံ ပါပဲ။



- အကြီးအကျယ် ဆုံးရှုံးမှု ကိုဖြစ်စေတဲ့ မီးလောင်မှု ကြီး တွေ ကို ဖြစ်စေတဲ့ မီးတွေ ကို၊ အချိန်မီ၊ အချိန်ကိုက် မှာ ဆိုရင် ရေ တစ်ခွက် တစ်ဖလား လောက် နဲ့တင် ငြိမ်းသတ်နိုင်ပါတယ်။

- **Ignition, Growth and Development of Fire**



  - Ignition : Fuel နဲ့ Oxygen ဓာတ်ပြု မီးပွင့်ပြီး အပူ နဲ့ အလင်း ထုတ်ပေးတဲ့ Process ပါ။
  - Growth : မီးပွင့်ပြီးတာ နဲ့ မီးက အရှိန်အဟုန် နဲ့ သူ့ဟာသူ ကြီးလာနိုင် ပါတယ်၊ ပိတ်လှောင်ထားတဲ့ အခန်း ထဲမှာ မီးလောင်နိုင်တဲ့ Combustible Material တွေကို မီးလောင်နိုင်တဲ့ Gas Constriction ရောက်အောင် အပူပေးခံ ရမယ်ဆိုရင် Critical Stage ကိုရောက်လာပြီး ရုတ်တရက် တစ်ခန်းလုံးက ပစ္စည်းတွေ မီးပွင့် တောက်လောင် လာပါ လိမ့်မယ်။ ဒီလိုဖြစ်တာကိုတော့ Flashover လို့ခေါ်ပါတယ်။
  - Flashover: Enclosed Area တစ်ခုမှာ Combustible Material တွေ အားလုံး တစ်ပြိုင်တည်း မီးထ တောက်တာ ကို ခေါ်ပါတယ်။
  - Development : ဒီအချိန် မှာ မီးအရှိန် ရနေပါပြီ။ အပူချိန် မြင့်လာတာ နဲ့ အတူ အခြားနေရာ တွေ ကိုပါ ပြန့်ပြီး အရှိန် နဲ့ ကူးစက်လောင်ကျွမ်းတာ ကို ဖြစ်စေ နိုင်ပါတယ်။
  - Decay : မီးလောင်စရာ လောင်စာ (သို့) အောက်ဆီဂျင် တစ်ခုခု ကုန်သွားတဲ့ အခါ၊ မီးအားလျော့ ကျပြီး မီးငြိမ်းတဲ့ (မီးညှိန့်ကျိုး တဲ့ အဆင့်) ကိုရောက်ပါတယ်။
  - Fuel Load : ရှိနေနိုင်တဲ့ (ရနိုင်တဲ့) မီးလောင်နိုင်တဲ့ Combustible Material အတိုင်းအဆ (အရည်အတွက်)

- **Principle of Smoke Propagation**
  - သဘာဝ နိယာမ တွေ အရ အပူ နဲ့ မီးခိုးတွေ က ပူတဲ့ နေရာ ကနေ အေးတဲ့ နေရာ ကို နည်းသုံးနည်း နဲ့ ကူးစက် ရောက်ရှိ နိုင်ပါတယ်။
    1. CONVECTION : မီးလောင်လို့ ထွက်လာတဲ့ products တွေရဲ့ ၇၅% အထက် ဖြစ်တဲ့ မီးစ၊ မီးခိုး တွေ Toxic Gases တွေ က အရမ်းပူနေ တဲ့ Rising convection currents of hot gases at 800 - 1000ºC (အထက်ထိုးတက်နေတဲ့ ဓာတ်ငွေ့ စီးကြောင်း) ထဲကို အလျင်အမြန် ပျံ့နှံ့သွားပါတယ်။ ဒီ Rising convection currents ကို ပိတ်လှောင်ခံ ရတဲ့ အခါ (ဥပမာ၊ Underside of floor or ceiling) Mushroom Effect ဖြစ်ပေါ် လာပါတယ်။ ဒဲ့အပြင် အခန်းတွေ escape route တွေကို ပါ မီးခိုးတွေ နဲ့ ပိတ်လှောင်ထားပြီး လူတွေ ထွက်ရခက်အောင်၊ ထွက်လို့ မရအောင် ဖြစ်စေပါတယ်။
    2. RADIATION : RADIATION : Radiant Heat က အနီးအနား မှာ ရှိတဲ့ အဆောက်အအုံ တွေ အားလုံး (သို့) ပစ္စည်းတွေ ဆီ ကို ကူးစက်စေ ပါတယ်။ Heat Energy ကို Electromagnetic Wave အနေ နဲ့ ပို့လွှတ် တာပါ။ Radiant Heat က Glass Windows လို မှန် တွေကို လွယ်လွယ်ကူကူ ဖြတ်ကူး နိုင်တာ မို့ Glass Widows ကြီးကြီးတွေ များများ ရှိတဲ့ အဆောက်အအုံ က အခြားအဆောက်အအုံ တွေ ကို ကူးစက်ဘို့ ပိုမို လွယ်ကူပါတယ်။
    3. CONDUCTION : အပူလျှောက်ကူးတယ် ဆိုတာ excitation of molecules ဖြစ်တာကြောင့် အပူ ကူးတာပါ။ Metal (သတ္တု) တွေ က ကျောက်ခဲ တွေထက် စာရင် Conduction အပူ ပို ကူးနိုင်ပါတယ်။ ဒါကြောင့် Conducted Heat က နံရံတွေ၊ မျက်နှာကြက်တွေ၊ ကြမ်းခင်းတွေ၊ ခန်းစီး တွေ ကနေ အခြားအခန်း ကို ကူးနိုင်ပါတယ်။ အထူးသဖြင့် metal joints တွေ က တစ်ဆင့်ပါ။ Conduction Heat က ကပ်လျက် အခန်းတွေ မှာ ရှိတဲ့ မီးလောင်နိုင်တဲ့ ပစ္စည်းတွေ ကို မီးထ တောက်နိုင်တဲ့ ignition temperature ကို ရောက်အောင် အပူပေး နိုင်ပါတယ်။
- **Fire Protection in Buildings**
  - မီးဘေးအန္တရာယ် က ကင်းဝေးစေ မဲ့ Total Fire Safety System မှာ Structural Integrity လို့ခေါ်တဲ့ မီးလောင် တဲ့ အချိန် မှာ အဆောက်အအုံ ရဲ့ မပြိုလဲပဲ တောင့်ခံ နိုင်စွမ်းရည် က မပါမဖြစ် ပါရပါတယ်။ အထဲမှာ လူတွေ ရှိနေတုန်း အဆောက်အအုံ ရဲ့ ပြိုလဲ ခဲ့ရင် ကပ်ဆိုက်တာ ပါပဲ။ Workmanship Quality (လက်ရာ အရည်အသွေး) နဲ့ သုံးစွဲ တဲ့ ပစ္စည်းတွေ ရဲ့ Durability (အကြမ်းခံ နိုင်မှု)၊ sustainability (တာရှည် ခံနိုင်မှု) တွေ ကို သေချာ ဂရုစိုက် ဘို့ လည်း လိုအပ်ပါတယ်။ ထိထိရောက်ရောက် မီးကို တားထား နိုင်ဘို့ အတွက် လိုအပ်တဲ့ အတိုင်းအတာ အထိ Fire Resistance (မီးဒါဏ်ခံ နိုင်ရည်အား) ရှိရပါမယ်။ Fire Resistance ရဲ့ Criteria တွေ က တော့
    - INSULATOIN: အပူဒါဏ် ခံနိုင်ရည် နဲ့ အပူကူးမှု အား ခုခံ နိုင်မှု စွမ်းရည်။
    - INTEGRITY: မပြိုမလဲ၊ မပျက်စီးပဲ တောင့်ခံ နိုင်ရုံ မက၊ မီးတောက် နှင့် မီးခိုး များကို တားထား နိုင်သော စွမ်းရည်။
    - STABILITY: Structural Element တစ်ခု ၏ အရေးပေါ် အခြေအနေ တွင် မပြိုမလဲ ပဲ ကြံ့ကြံ့ ခံနိုင်စွမ်းရည်။
  - Structural Fire Protection ရဲ့ အခန်း ကဏ္ဍ ကတော့ မီးနဲ့ မီးခိုး တွေ တစ်နေရာ ကနေ တစ်နေရာ ကို မကူးစက် စေဘို့ပါ။ မီးမကူးစက် စေဘို့ ကို ထိန်းချုပ်နိုင်ဘို့ အကောင်းဆုံး နည်းလမ်းကတော့ စောစော စီးစီး Detection (အာရုံခံ သိရှိ နိုင်ဘို့) နဲ့ Extinguishment (ငြိမ်းသတ်မှု) ဘို့ ဖြစ်ပါတယ်။ ဒီလို အခြေအနေ ကို ရဘို့ အတွက် ယုံကြည် စိတ်ချ နိုင် တဲ့ မီးသတ်စနစ် တွေ နဲ့ Good Housekeeping လိုအပ်ပါတယ်။

Fire Hazard Assessment

- မီးလောင် မှု ကို အထောက်အပံ့ ပေးနိုင်တဲ့ အချက်တွေ ကတော့
  - မီးလောင် နိုင်တဲ့ ပစ္စည်း အတိုင်းအဆ
  - အဲဒီ ပစ္စည်း တွေ ရဲ့ မီးလောင်မှု စွမ်း အား (i.e. their calorific value)
  - Surface Area : ပစ္စည်း တော်တော် များများ က near surface မှာ မီးလောင်ကျွမ်း လေ့ရှိပါတယ်။
  - The potential heat source
  - Airflow condition and unrestricted air supply that sustain combustion.
  - အဆောက်အအုံ ကို ဒီဇိုင်း လုပ်ခြင်း နဲ့ ဆောက်လုပ်ခြင်း တွေ က အထဲမှာ ရှိတဲ့ ပစ္စည်းတွေ ထက် အကျိုးသက်ရောက်မှု ပိုလို့ ရှိ နိုင်ပါတယ်။
- Architects or Engineer တွေ က အဆောက်အအုံ ရဲ့ အသုံး၊ တည်နေရာ၊ အကျယ်အဝန်း၊ အမြင့် နဲ့ အထဲမှာ ရှိနေနိုင်တဲ့ လူဦးရေ နဲ့ mobility (သွားလာ ရွှေ့ပြောင်းနိုင်မှု) တွေ ပေါ် မူတည် ပြီး မီး အန္တရာယ် အတိုင်းအဆ ကို ခန့်မှန်းရ ပြီး Design and Construction လုပ်ရပါတယ်။
- Fire Tests တွေ အရ အရာဝတ္ထု တွေ မီးလောင်တဲ့ အခါ အသက်ရှူကြပ် စေတဲ့ ဓာတ်ငွေ့တွေ၊ အဆိပ်ငွေ့ တွေ နဲ့ အတူ မျက်စေ့ ကိုယားယံစေ၊ အမြင်အာရုံကို လည်း ဝေဝါးစေပြီး မြင်ကွင်းကိုလည်း ပိတ်ဆို့စေတဲ့ မီးခိုးတွေ ထုတ်လွှတ် ပါတယ်။ ပလတ်စတစ် ပစ္စည်း တော်တော်များများ မီးလောင်တဲ့ အခါ highly poisonous vapors နဲ့ very dense smoke ကို ထုတ်လွှတ်ပါတယ်။ ဒါကြောင့် Building Consultant အဖို့ အဆောက်အအုံ သုံး ပစ္စည်းတွေ ရဲ့ အဂ်ါရပ် တွေ ထူးခြားချက်တွေ ကို မသုံးခင် စစ်ဆေးဘို့ က အရေးကြီးပါတယ်။ စဉ်းစားရမဲ့ အချက်တွေ ကတော့
  - မီး၊ မီးခိုး နဲ့ ရေ ကြောင့် ပျက်စီး နိုင်မှု
  - မီးလောင်နေတဲ့ အစိတ်အပိုင်းတွေ ပြုတ်ကျ နိုင်မှု - skylight etc.
  - မီးဒါဏ်သင့်ခဲ့ ရင် ပြင်ဆင်ရမဲ့ ကိစ္စ Repair Issue တွေ၊
  - ထိန်းသိမ်းဘို့ နဲ့ လဲလှယ်ဘို့ စတဲ့ maintenance and replacement issues တွေ၊

  ပါဝင်ပါတယ်။

- Good Building Design with Fire Safety Measures
  - မီးသတ်ယာဉ် နဲ့ fire appliances access လုံလုံလောက်လောက် ထားရှိပေးရမယ်။ မီးသတ်တပ်ဖွဲ့ နဲ့ ကယ်ဆယ်ရေး ပုဂ္ဂိုလ် တွေ ကို အထောက်အကူ ပေးမဲ့ fire hydrants နဲ့ အခြား လိုအပ်တဲ့ facilities တွေ ပါ ရှိထားရမယ်။
  - လျင်လျင်မြန်မြန် ထိထိရောက်ရောက် detection လုပ်နိုင်ဘို့ နဲ့ ငြိမ်းသတ် နိုင်ဘို့ အတွက် သင့်တော် တဲ့ အခြေအနေ ဆိုရင် လုံလောက် တဲ့ fixed installation ထားပေးရမယ်။
  - Building services ကို designing and installing လုပ်တဲ့ အခါ၊ ဒီ Services တွေ က မီး၊ မီးခိုး နဲ့ toxic fumes တွေ ကူးစက် ပျံ့နှံ့မှု ကို အကူအညီ မပေးဘို့ ထည့်သွင်း စဉ်းစား ရပါမယ်။ (ဥပမာ၊ ၊ Fire Damper in air ducts, fire seal for pipes when penetrating fire rated walls..)
  - Construction အတွက် မီးမြန်မြန် မကူးစေနိုင်တဲ့၊ အန္တရာယ် ရှိတဲ့ မီးခိုး နဲ့ အဆိပ်ငွေ့ မထုတ်လွှတ်မဲ့ materials တွေ ကို ရွေးချယ် ရပါမယ်။
  - အဆောက်အအုံ ကို fire resisting walls and floors, တွေ ကိုသုံး ပြီး မျှတတဲ့ အရွယ်အစား ရှိတဲ့ compartments (အခန်းတွေ) အဖြစ် ကန့်ပေးရပါမယ်။ Floor တစ်ခုနဲ့တစ်ခု (သို့) Fire compartment တစ်ခု နဲ့ တစ်ခု ကြားထဲမှာ ရှိနေတဲ့ openings တွေ မှာ လည်း သင့်တော်တဲ့ fire stops ထည့်ပေးရပါမယ်။
  - exterior of a building ကိုလည်း အဆောက်အအုံ တစ်ခုကနေ တစ်ခု ကို မီးကူးမလွယ်အောင် စဉ်းစား ဆင်ခြင်ပြီး Designing and constructing လုပ်ရပါမယ်။

- **Fire Safety Regulations / Acts**
  - နိုင်ငံတိုင်းလိုလို မှာ လူတွေ ရဲ့ အသက်အန္တရာယ် ကို ကာကွယ်ဘို့ အတွက် Fire Safety Regulations တွေ ပြဋ္ဌာန်းထားလေ့ ရှိပါတယ်။ အဓိက ကတော့ အဆောက်အအုံ ကိုရော၊ အထဲမှာ ရှိနေတဲ့ သူတွေ ကိုရော၊ မီးသတ်တပ်ဖွဲ့ ကိုပါ အကာအကွယ် ပေးဘို့ အတွက် မလိုက်နာ မနေရ ပြဋ္ဌာန်းချက်တွေ ပါဝင်လေ့ ရှိပါတယ်။
  - အဆောက်အအုံ ဆောက်လုပ်ခွင့် permit ရဘို့ အတွက်လည်း Fire Department ရဲ့ Approval လိုအပ်လေ့ ရှိပါတယ်။ ဒါကြောင့် မို့ International Fire legislations and Standards ကို သိရှိလေးစား လိုက်နာတတ်ဘို့ လိုအပ် ပါတယ်။
  - အဆောက်အအုံ တစ်ခု အတွက် မီး အန္တရာယ် ကာကွယ်ရေး ကို စဉ်းစားတဲ့ အခါ နေထိုင်သူ တွေ အန္တရာယ် ကင်းဝေးစေရေး နဲ့ မီးသတ်တပ်ဖွဲ့ အန္တရာယ် ကင်းဝေးစေရေး တွေ က ဆက်နွယ်နေတယ် ဆိုတဲ့ အချက်နဲ့ မီး၊ မီးခိုး၊ အဆိပ်ငွေ့ တွေရဲ့ effects (အကျိုးဆက်တွေ) အားလုံးခြုံငုံ သုံးသတ်ပြီး မှ ဒီဇိုင်း အဖြေ ရနိုင်မယ် ဆိုတာ သိရှိ နားလည် နေဘို့ အရေးကြီးပါတယ်

II. Classification

- Fire Protection Systems တွေ ကို ဒီဇိုင်းလုပ်တဲ့ အခါ Classification လို့ခေါ်တဲ့ အုပ်စုခွဲခြားမှု တွေ လုပ်ရပါတယ်။
  1. Classification of Fire
  2. Classification of Hazards
  3. Classification of Occupancy
  4. Classification of Commodity Stored

2. Classification of Fire (NFPA/B.S)

Class		Risk Involved	Method of Extinguishment	Extinguishing Agent
NFPA	B.S			
A	A	Ordinary Combustible Material (such as Woods, cloth, paper, plastics, etc.)	Cooling	Water Foam
B	B	Inflammable Liquid (Oils, Greases, Tars, Oil-based paints, Lacquers, flammable gases, etc.)	Smothering	Dry Powder, CO2 Gas, Foam
-	C	Fire Involving Gases, e.g oxygen, LPG, LNG, etc.	Smothering	Dry Chemical Powder
D	D	Combustible Materials (Magnesium, Titanium, zirconium, sodium, lithium and potassium)	Special Methods	Special Methods
C	E	Energized Electrical Equipment	Smothering with non-conductive agent	Dry Powder, CO2 Gas,
-	F	Fire Involving fats and cooking oils	Smothering	Dry Powder, CO2 Gas,

3. ဒီ Classifications တွေ က စနစ်တစ်ခု နဲ့ တစ်ခု မတူတာ သတိထားပြီး နိုင်ငံ အလိုက်သက်ဆိုင် တဲ့ Classifications တွေ ကိုလေ့လာပါ။ ဒီ သတ်မှတ်ချက် တွေ ကို Graphics နဲ့လည်း ပြတတ်ပါတယ်။ Wikipedia မှာ ကြည့်ပါ။

4. Classification of Hazards (NFPA)

Class	Locations	Combustible Materials	Abbr.
Light (Low)	Non-Industrial Type Premises (Offices, Classroom, churches, assembly halls, etc.)	Minor Amount of Class A Materials.	XLH
Ordinary (Moderate)	Commercial and Industrial Premises (mercantile shops and allied storage, light manufacturing, research operation, auto showroom, garages, etc.)	Handling and Processing of class A & B materials; Unlikely to burn intensely in the early stage of fire.	OH1 OH2 OH3 OH3(S)
Extra (high)	Commercial and Industrial Premises With abnormal Fire Load	High Storage / Production of class A & B materials. Likely to develop rapid and intensely burning fires	Cat I Cat II Cat III Cat IV

5. Classification of Occupancy (BOCA, UBC, SBC)

Group		Description	Abbr.
A	Assembly	**A-1**: Occupied by more than 1000 People **A-2**: Less Than 1000 People **A-3,A-4 & A-5** : Others	**A-1** to **A-5**
B	Business	Used for offices, professions, or service-type transitions	**B**
E	Educational	**E-1, E-2**: Elementary Schools, **E-3**: Daycare	**E-1** to **E-3**
F	Factory	**F-1**: Moderate Hazard, **F-2**: Low Hazard	**F1, F2**
H	Hazard	**H-1** to **7**: Depends on the hazardous material handled/stored.	**H-1** to **H-7**
I	Institutional	**I-1**: Nurseries, hospitals, nursing home. **I-2,I-3**: Others	**I-1** to **I-3**
M	Mercantile	Used for display, storage, and sale of merchandise	**M**
R	Residential	**R-1**: Hotels or Motels, or boarding Houses **R-2**: Multi-family dwellings **R-3**: One or Two Family dwelling. **R-4**: Child Care	**R-1** to **R-4**
S	Storage	**S-1**: Moderate Hazard **S-2**: Low Hazard **S-3**: Repair Garage **S-4**: Open Parking Garage	**S-1** to **S-5**

		S-5: Air Craft	
U	Utility	Building that does not covered by the above groups.	U

6. Classification of Commodity Stored
   - NFPA မှာတော့ ပလတ်စတစ်၊ ရာဘာ နဲ့ ရာဘာလို ပစ္စည်း မျိုး တွေ ကို ဂုဏ်သတ္တိ ကို လိုက်ပြီး Group A, Group B (သို့) Group C လို့ ခွဲခြား သတ်မှတ် ပါတယ်။ သိုလှောင်တဲ့ (သစ်၊ သတ္တု၊ သစ်သား၊ ပလတ်စတစ်၊ စသည်၊) ပစ္စည်း အမျိုးအစား (type) နဲ့ ပမာဏ (amount) ကို လိုက်ပြီး Commodity တွေ ကို Class I to IV လို့ ခွဲခြား သတ်မှတ်ပါတယ်။ ပစ္စည်းအမျိုးအစား တူပေမဲ့ ပမာဏ မတူ ရင် Class တူချင်မှ တူပါမယ်။
   - British Standard မှာရော အခြား Standards တွေ မှာပါ Class / Categories ခွဲ ခြားမှု တွေ ရှိပါတယ်။ လိုအပ်ရင် ဒီလိုအပ်ချက်တွေ ကို ရှာကြည့်နိုင်ဘို့ အသိပေးတာပါ။

III. **PASSIVE FIRE PROTECTION**

- Passive Fire Protectionမှာ ထည့်သွင်း စဉ်းစား ရမဲ့ အချက်တွေ ကတော့
  0. Purpose Groups
  1. Means of Escape
  2. Structural Fire Precautions
  3. Site Planning & External Fire Fighting Provisionတွေ ပါဝင်ပါတယ်။
- ဒီနေရာ မှာ မှီငြမ်း နိုင်ဘို့ Online References ကောင်း နေရာတစ်ခု ကိုညွှန်း လိုပါတယ်။ Singapore Civil Defence Force (စင်္ကာပူ မီးသတ်တပ်ဖွဲ့) ရဲ့ Publication Website ပါ။
- Fire Safety Code စည်းမျဉ်း တွေ ဖြစ်ပြီး စင်္ကာပူ နိုင်ငံ အတွက် Fire Safety Design လုပ်တဲ့ အခါလိုက်နာ ရမဲ့ အချက်တွေ ပါဝင်တာပါ။ ဘယ်နိုင်ငံ အတွက် မဆို ခပ်ဆင်ဆင် မို့ အခြေခံ ကောင်း တစ်ခု ကို ပေးနိုင်လိမ့် မယ် လို့ ယုံကြည်ပါတယ်။ Free Download လုပ်လို့ရနိုင်တာ မို့ လည်း ညွှန်းရတာပါ။
  ပါဝင်တဲ့ အခန်းတွေ ကတော့
  - Chapter 1: General
  - Chapter 2: Means of Escape
  - Chapter 3: Structural Fire Precautions
  - Chapter 4: Site Planning & External Fire Fighting Provision
  - Chapter 5: Electrical Power Supplies
  - Chapter 6: Fire Fighting Systems
  - Chapter 7: Mechanical Ventilation and Smoke Control Systems
  - Chapter 8: Other Systems
- Chapter 9: Fire Safety Report တွေဖြစ်ပါတယ်။
- ဒီနေရာ မှာ Free Download လုပ်လို့ရတဲ့ လေ့လာ သင့်တဲ့ စာအုပ်တွေ ကတော့
  - Fire Code 2007 Master Version
  - Fire Code 2002 Handbooks
- ပထမ ဆုံး ကြည့်တဲ့ သူတွေ အတွက် တော့ Fire Code 2002 Handbooks တွေ ကို ကြည့်စေ ချင်ပါတယ်။ Graphics ရုပ်ပုံတွေ နဲ့ ရှင်းပြထားတာ မို့ ပိုပြီး နားလည် လွယ်ပါလိမ့်မယ်။
- Mechanical Engineers တွေ အတွက် အဓိက လေ့လာသင့်တာ ကတော့
  - Chapter 6: Fire Fighting Systems
  - Chapter 7: Mechanical Ventilation and Smoke Control Systems
- Chapter 8: Other Systemsတွေဖြစ်ပါတယ်။
- သတိပြုဘို့ အချက်ကတော့ ဒီ Fire Code က ဘာတွေလိုအပ်တယ်၊ ဘယ်လို အချိန်မှာ ဘာကို သုံးရမယ် ဆိုတဲ့ လိုက်နာရမဲ့ စည်းမျဉ်းတွေ ကို ရှင်းပြထားတာပါ။ စင်္ကာပူနိုင်ငံ မှာ အဆောက်အအုံ တိုင်းအတွက် လုပ်ရမဲ့ Fire Safety

ဒီဖိုင်း အတွက် လိုက်နာရမဲ့ အချက်တွေ ပါဝင်တာသာ ဖြစ်ပြီး Fire Safety System Design Manual မဟုတ်တာ တော့ သတိပြုပါ။

IV. ACTIVE FIRE PROTECTION

Active Fire Protection Systems တွေမှာ အသုံးပြုလေ့ ရှိတဲ့ စနစ်တွေ ကို အောက်မှာ ဖော်ပြထားပါတယ်။

0. Portable Fire Extinguishers (အသင့်သုံး မီးသတ်ဘူးများ၊)
1. Fire Hydrants (ခြံဝင်းအတွင်း နှင့် လမ်းဘေး တစ်လျှောက် တွေ့ရလေ့ ရှိသော အဆောက်အအုံ ပြင်ပသုံး မီးသတ် ရေဘုံဘိုင် ခေါင်းများ၊)
2. Fire Hosereels (အဆောက်အအုံ တွင်းသုံး မီးသတ် ရေပိုက်)
3. Stand pipe / Rising Mains (Wet/Dry Risers) (အထပ်အလိုက် မီးသတ်သမားသုံးရန် မီးသတ် ရေဘုံဘိုင် ခေါင်း)
4. Automatic Sprinkler System (အလိုအလျောက် ရေဖြန်း မီးသတ်စနစ်)၊
5. Gas Fire Suppression / extinguishing Systems (မီးသတ် ဓာတ်ငွေ့သုံးစနစ် များ၊ Pyrogen, CO2, Inergen, Halon XXX, FM-200, NN100, etc. စသည်၊)
6. Fire (Heat) / Smoke detection and alarm systems (မီး၊ အပူ နဲ့ မီးခိုး တို့ကို အာရုံခံ အချက်ပေးစနစ်),
7. Pressurization system (လေဖိအားမြှင့် ပေးသော စနစ်များ)
8. Smoke Control System Using Natural (Displacement) or Powered (Extracted) Ventilation(မီးခိုး ကိုပြယ်အောင် စုတ်ထုတ်တဲ့ စနစ် ၊ မီးခိုး ကိုထိန်းချုပ်တဲ့ စနစ် များ)၊
9. Fire Lift (အရေးပေါ် အခြေအနေ တွင် မီးသတ်တပ်ဖွဲ့ သုံးရန် ဓာတ်လှေကား)
10. Emergency Power Systems (အရေးပေါ် မီးစက်)
11. The Fire Engineering - Performance Based Approach (စနစ်တကျ တွက်ချက်၊ Simulate လုပ် ပြီး အဖြေရှာ ရသော စနစ်။)

ဒီ Systems တွေ ရဲ့ အခြေခံတွေ ကို အရင် မိတ်ဆက်ပေးမှာ ဖြစ်ပါတယ်။ အသေးစိတ် လိုအပ်ချက် တွေ ကိုတော့ နောက်အခွင့်အရေး ရတဲ့ အခါ တစ်ခုစီ တင်ပြပေးသွား မှာဖြစ်ပါတယ်။

12. Portable Fire Extinguishers

- Portable Fire Extinguishers ဆိုတာကတော့ အသင့်သုံး မီးသတ်ဘူး တွေ ပါ။ အခြေခံ မီးသတ် ပစ္စည်းဖြစ်ပြီး initial outbreak of fire incident (မီးအစပျိုးစ) အခြေအနေမှာ မီးအရှိန် ပိုကြီးမလာအောင် ထိန်းသိမ်းနိုင်ဘို့ အသုံးပြုပါတယ်။ Fire Extinguisher ကို နည်းလမ်းကျကျ အသုံးချ မှ က ရံဖန်ရံခါ မီးသတ်တပ်ဖွဲ့ ကို မခေါ်သေးရခင် မှာပဲ မီးကို ထိထိရောက်ရောက် ထိန်းချုပ် ငြိမ်းသတ်နိုင်တာ ကိုတွေ့ရပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ အရှိန်ရ အားကောင်းနေတဲ့ large scale fire တွေ ကို ငြိမ်းသတ်နိုင် ဘို့ အတွက် တော့ မဟုတ်ပါဘူး။ Portable ဆိုတဲ့ အတိုင်း အလွယ်တကူ သယ်ယူ အသုံးပြုနိုင် စေဘို့ လိုအပ်တာ မို့ သိပ်မလေးဘို့ လိုအပ်ပြီး အလေးဆုံး 20kg (44lb) မကျော်ဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။
- Extinguishers တွေ ကို မီးအစပျိုးတဲ့ အချိန် အလျင်အမြန် ယူသုံး နိုင်ဘို့ အတွက် မြင်သာတဲ့ လွယ်လွယ်ကူကူ ယူသုံးလို့ ရတဲ့ နေရာ တွေ မှာ ထားပေးရပါမယ်။ room exit တံခါးပေါက် နား၊ ကော်ရစ်ဒါ၊ stairways လှေခါးအတွင်း၊ lobby နဲ့ landings တွေ မှာ ထားဘို့ ပိုသင့်ပါတယ်။ the potential fire hazards (မီးလောင်နိုင်မဲ့ ပစ္စည်းတွေ) နဲ့ နီးတဲ့ အနားမှာ လည်းထားပေးရပါမယ်။ မီးလောင်မှု ဖြစ်ခဲ့ရင် ယူသုံးလို့ မရမဲ့ နေရာ မဖြစ်ဘို့တော့ သတိထား ရပါမယ်။
- အထက်မှာ ဖော်ပြခဲ့ တဲ့ classification, hazard class နဲ့ fire size ပေါ်မူတည် တွက်ချက် ရွေးချယ်ရ ပါမယ်။
- Rating ဆိုတာကတော့ Fire Size လို့ခေါ်တဲ့ မီးတောက် ဘယ်လောက်အား ကို သတ်နိုင်တယ်ဆိုတဲ့ အားပါ။ အထဲမှာပါဝင် တဲ့ Fire extinguishing agent ပစ္စည်း ကိုလိုက်လို့ ဒီ Rating ကိုလည်း ဖော်ပြထားလေ့ ရှိပါတယ်။

Class of Fire	Nature of Fire	Fire Rating	Test Fire Size
A	Fire involving solids, organic in nature, combustion normally leads to formation of glowing embers, carbonaceous fires	5A 8A 13A 21A 27A	0.25 m² 0.40 m² 0.65 m² 1.05 m² 1.35 m²
B	Fires involving liquids or liquefiable solids	13B 21B 34B 55B 70B 89B 144B 183B	0.41 m² 0.66 m² 1.07 m² 1.73 m² 2.20 m² 2.80 m² 3.55 m² 5.75 m²
C	Fire involving gases Note : 1. Must turn off the gas valve or plug the leak before putting out the fire 2. Preferably to be handled by trained fire fighters 3. May require : protective clothing and/or SCBA (Self Contained Breathing Apparatus)	N.A.	N.A.
D	Fire involving metals Note : 1. To refer to material safety data sheet of types of metals used 2. Preferably to be handled by trained fire fighters 3. Special application and technique required 4. May require : protective clothing and/or SCBA (Self Contained Breathing Apparatus)	N.A.	N.A.
E	Fire involving electrical equipments Note : 1. Extinguisher must pass dielectric test of 35 kva to carry Class E marking 2. Shall not be used on live electrical equipment	N.A.	N.A.
F	Fire involving fats and cooking oils	5F 15F 25F 75F	0.015 m² 0.02 m² 0.04 m² 0.11 m²

- စကော်ပူ CP55:1991 အရ Class A Fire Extinguisher တွေ ကိုရွေးချယ်တဲ့ အခါ **A** တစ်ယူနစ် က 40m^2 for Low Hazard Occupancy, 20for Medium, 15 for high hazard. ဒီ Low, Med, High တွေ က Light, Ordinary, High တွေနဲ့ ဆင်တူပါတယ်။ 200m^2 ဧရိယာ ရှိတဲ့ Low hazard အခန်းတစ်ခန်း အတွက် 200 / 40 = 5**A** လိုအပ်ပါတယ်။ Class A Fire အတွက် အခန်းရဲ့ ဘယ်နေရာ ကနေ ပဲဖြစ်ဖြစ် အနီးဆုံး extinguisher အထိ သွားယူရမဲ့ Maximum travel distance က 15m ပါ။
- British Standard နဲ့ မလေးရှားစကော်ပူ နိုင်ငံ က သာမန် အဆောက်အအုံတွေ မှာ သုံးလေ့ရှိတာ ကတော့ ABC Fire Extinguisher လို့ခေါ်တဲ့ Dry Chemical Type ပါ။ သူက Class A, B, C Fire (in B.S.) တွေ အားလုံးအတွက် အသုံးပြုနိုင်တာ မို့ပါ။ ဒါ့အပြင် Class E (Electrical Fire)

အတွက်လည်းအသုံးပြုနိုင်ပါသေးတယ်။ ဒီ ABC Fire Extinguisher နဲ့ ငြိမ်းသတ်ဘို့ ရှောင်ရမှာ ကတော့ carbon disulphite နဲ့ Class D: flammable metal Fire ဖြစ်တဲ့ magnesium and sodium တွေကြောင့် ဖြစ်တဲ့ မီးဖြစ်ပါတယ်။

- အပေါ်ကပုံမှာ 6-kg Dry Chemical Fire Extinguisher ပုံတစ်ခုကိုဖော်ပြထားပါတယ်။ သူ့မှာ 27A ဆိုတာနဲ့ 144B ဆိုတာ တွေ့ရပါလိမ့်မယ်။ ဆိုလိုတာက Class A Rating 27 ရှိပြီး Class B Rating က 144 ရှိပါတယ်။ အထက်မှာပြခဲ့တဲ့ ဇယားနဲ့ နှိုင်းယှဉ်ကြည့်ပါ။
- လူတစ်ယောက် ထဲ ကိုင်တွယ် အသုံးပြု ရမှာ ဖြစ်တဲ့ အတွက် Portable fire extinguishers တွေ မှာ minimum gross weight but with higher fire rating (အလေးချိန် ပေါ့ပေါ့ နဲ့ အင်အားကောင်းကောင်း) ဖြစ်သင့်ပါတယ်။
- Portable fire extinguishers တွေရဲ့ effectiveness ကို ရဘို့ အတွက် နှစ်စဉ် ဂရုတစိုက် ထိန်းသိမ်း စောင့်ရှောက် ပြီး စစ်ဆေး service လုပ်ရပါမယ်။
- Potable fire extinguisher တွေ ကိုရှင်းပြချက် နဲ့ အသုံးပြုပုံ နမူနာ ကို လေ့လာနိုင်ဘို့ Weblink တစ်ခုကို အောက်မှာ ဖော်ပြထားပါတယ်။

  The Hanford Fire Department : All You Ever Wanted to Know about Fire Extinguishers

13. **Fire hydrant**

- တိုးတက်နေတဲ့ နိုင်ငံတွေ ရဲ့ လမ်းဘေး တစ်ဘက်တစ်ချက် နဲ့ အဆောက်အအုံ ခြံဝင်း တွေ ထဲမှာ Fire hydrants လို့ခေါ်တဲ့ မီးသတ်သမားသုံး ရေဘုံဘိုင် ခေါင်း တွေ ကို ပေ ၃၀၀ - ၅၀၀ လောက် စီခြားပြီး ရှိနေတာ တွေ့ ရပါလိမ့်မယ်။ အများအားဖြင့် သင့်တော်တဲ့ ရေဖိအား Pressure ရှိတဲ့ ရေတွေ နဲ့ ကို မီးသတ်တဲ့အခါ အဆင်သင့် လိုသလောက် ရအောင် စီစဉ်ထားတာပါ။
- Fire Hydrant နဲ့ အနီးအနား မှာ Firemen တွေပဲ ဖွင့်ခွင့် ပိတ်ခွင့် ရှိတဲ့ Valve Chamber တွေ ပါရှိလေ့ ရှိပါတယ်။ မီးသတ်ကား (သို့) အခြား fire engine တွေ ပိုက်ရေပန်း တွေ နဲ့ မီးကို ဖြန်းသတ်တဲ့ အခါ ဒီ Fire Hydrant တွေကရေ တွေ ကို အခြားတစ်ဘက်ကနေ စုတ်ယူ ဖြည့်တင်း ရပါတယ်။
- ဒီ Fire Hydrant ကရေတွေ သင့်တော်တဲ့ ရေဖိအား Pressure မရနိုင် ရင် hydrant pumps တွေ နဲ့ Pressure ပေးရနိုင်ပါတယ်။ ဒီလို Pressurized လုပ်ထား တာကြောင့်လည်း ရုပ်ရှင်တွေ ထဲ မှာ ကားတိုက်မှုပဲဖြစ်ဖြစ်၊ လမ်းပေါ်ကို လေယာဉ်ပဲ ထိုးကျကျ၊ အကောင်ကြီးတွေ ပဲသောင်းကျန်းသောင်းကျန်း ထိခိုက်သွားတဲ့ Fire Hydrant ကရေတွေ မိုးပေါ်ထောင်ပန်း နေတဲ့ မြင်ကွင်းတွေ ကို ရုပ်ရှင် ဒါရိုက်တာတွေ ယုတ္တိရှိရှိ ကူးယူ ဖန်တီး ရိုက်ကူးနေကြ တာဖြစ်ပါတယ်။ အပြင်မှာ တွေ့ရတဲ့ လက်တွေ့ အခြေအနေ တစ်ခု ကို ကြည့်နိုင်ဘို့ အောက်မှာ Link တွေ ပေးထားပါတယ်။
  - YouTube - Car vs. Fire Hydrant
  - YouTube - Fire Hydrant Burst
- မီးသတ်သမားတွေ Fire Hydrant အသုံးပြုပုံ နမူနာ ကို တော့ YouTube - Fire Hydrant Training မှာ ကြည့်နိုင်ပါတယ်။
- အများပိုင် လမ်းမတွေ ပေါ်က Fire Hydrant တွေ ကို Public Fire Hydrant လို့ခေါ်ပြီး အဆောက်အအုံ ခြံဝင်း တွေ ထဲမှာ ရှိရင်တော့ Private Fire Hydrant လို့ခေါ်ပါတယ်။ မီးလောင်တဲ့ အခါ လွတ်လွတ်ကင်းကင်း မီးသတ်ခွင့် ရနိုင်ဘို့ အတွက် အဆောက်အအုံ နဲ့ မနီးကပ်လွန်းတဲ့ အနည်းဆုံး အကွာအဝေး တစ်ခု [ဥပမာ။ NFPA: ပေ ၄၀ (22.2m)။ မလေးရှား၊ စကာ်ပူ 6m (ပေ ၂၀ ခန့်)] လိုအပ်လေ့ ရှိပါတယ်။
- Private Hydrant တစ်ခုနဲ့ တစ်ခု အများဆုံး အကွာအဝေး သတ်မှတ်ချက် အနေနဲ့ ကတော့ စကာ်ပူ နိုင်ငံ မှာ 100m ဖြစ်ပြီး မလေးရှား နိုင်ငံ ကတော့ 90m ဖြစ်ပါတယ်။ အခြားနေရာ တွေ မှာ တော့ ဒေသ အလိုက် Authority ရဲ့သတ်မှတ်ချက် ကို လိုက်နာရမှာ ဖြစ်ပါတယ်။
- System မှာပါဝင်မှာတွေ့ ကတော့ လိုအပ်တဲ့ Fire Hydrant အရေအတွက်၊ Hydraulic Pressure နဲ့ Flowrate ရနိုင်မဲ့ Piping Network နဲ့ လိုအပ်ရင် Pump sets & control systems တွေတပ်ဆင် ပေးရမှာ ဖြစ်ပါတယ်။
- အတွေ့များတဲ့ အမှားတွေ ကတော့ နိမ့်လွန်းတာ၊ မြင့်လွန်းတာ၊ ပိုက်ခေါင်းက သုံးလို့မရတဲ့၊ သုံးရခက်တဲ့ ဘက်လှည့်နေတာ၊ မြင်ကွင်းကပျောက်နေတာ (အပင် သို့ တစ်ခုခု တွေနဲ့ ဖုံးကွယ်နေတာ) တွေဖြစ်ပါတယ်။

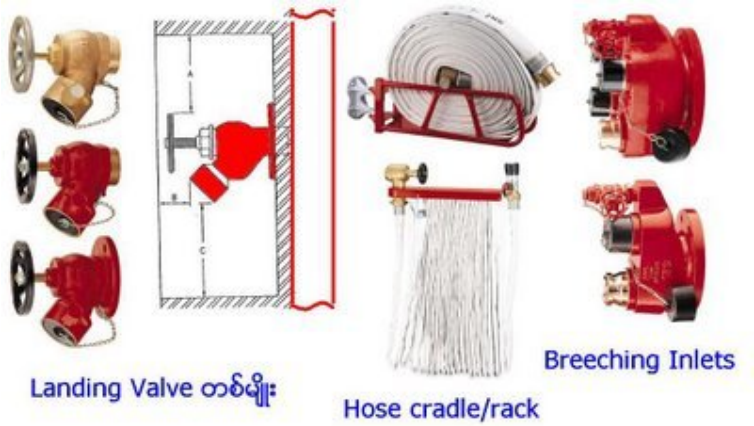
- အပေါ်က ပုံမှာ နယူးယောက်မြို့က Fire Hydrant တစ်ခုပုံ ကို Wiki ကနေကူးယူ ဖော်ပြထားပါတယ်။ နေရာဒေသ ကို လိုက်လို့ အခြားအရောင် တစ်ခုခုဖြစ်နိုင်သလို၊ ဒီဇိုင်းလည်း ပြောင်းလဲ နိုင်ပါတယ်။ Fire Engine က တိုက်ရိုက် ယူသုံးမှာမို့ Fire Department ရဲ့ လိုအပ်ချက် နဲ့ တော့ ကိုက်ညီရပါလိမ့်မယ်။ L.A (Los Angeles) County တစ်ဝိုက်မှာ တွေ့ရတဲ့ Public Fire Hydrant တွေ ကတော့ အဝါရောင် ဖျော့ဖျော့ ပါ။ နိုင်ငံ အလိုက်၊ မြို့ အလိုက် အသုံးပြုတဲ့ Fire Hydrants အမျိုးမျိုး ရဲ့ ပုံ အချို့ ကို လေ့လာနိုင်မဲ့ Website တစ်ခုကို အောက်မှာ ဖော်ပြထားပါတယ်။
  http://www.firehydrant.org/

14. **Fire Hose reel system**

- Hose reel ဆိုတာကတော့ အရေးပေါ် မီးအစပျိုးတဲ့ အချိန်မှာ အဆောက်အအုံ အထဲမှာ ရှိတဲ့ သူတွေ အသုံးပြုနိုင်ဘို့ ထားပေးရတဲ့ မီးသတ် ရေပိုက် တစ်မျိုးပါ။
- လိုအပ်တဲ့ ရေအား (Pressure + Flowrate) ရဘို့အတွက် လိုအပ်ရင် hose reel pumps, fire water storage tank, hose reels, pipe work and valves တွေထည့်ပေးရပါမယ်။
- ထားမဲ့နေရာ ရဲ့လိုအပ်ချက်ကို လိုက်ပြီး Cabinet (ပုံး) Compartment (အခန်းကန့်) အတွင်းမှာ ပဲ ဖြစ် နိုင်သလို အခန်းထဲမှာ အရှိအတိုင်း expose လည်း ပဲဖြစ် နိုင်ပါတယ်။
- အရေအတွက် ကိုရွေးချယ်တဲ့ အခါ Coverage ကို မူတည်ပြီး စဉ်းစားရပါတယ်။ ပုံမှန်ကတော့ Standard hose ရဲ့ အရှည် နဲ့ ရေပန်းအကွာအဝေး ဖြစ်ပြီး ကြိုတင် သတ်မှတ်ထားလေ့ ရှိပါတယ်။ ဒီနေရာမှာ အများစုက Coverage ကိုစက်ဝိုင်း နဲ့ ဆွဲကြည့်တတ် ကြပေမဲ့ တကယ့် လိုအပ်ချက်အရ ဆိုရင်တော့ လူသွားလို့ ရတဲ့ လမ်းကြောင်း ကနေ တိုင်းတာရ မှာပဲဖြစ်ပါတယ်။ Singapore Civil Defense Fire Codes တွေထဲ က Chapter 6 မှာကြည့်ပါ။

- Hose reels တွေကို အထဲမှာ ရှိနေတဲ့ သူတွေ အသုံးပြုနိုင်ဘို့ ရည်ရွယ်တဲ့ အတိုင်း သုံးတဲ့ သူ အန္တရာယ် ကင်းကင်း နဲ့ လွယ်လွယ်ကူကူ နီးနီးနားနား ယူသုံးနိုင် ဘို့ က အရေးကြီးပါတယ်။ ယေဘုယျ အားဖြင့် along escape routes (သို့) Fire exit နားမှာ ထားပေး ရ ပါမယ်။ မီး မတော်တဆ စဖြစ်တဲ့ အချိန် မှာ ထွက်ခွာလာ ကြတဲ့ လူတွေ အဆင်သင့် အသုံးပြု နိုင်မှာပါ။
- အထူးသဖြင့် ရုံးခန်းတွေ မှာ တော့ Lift or Stair Lobby ကိုထွက်တဲ့ Fire exits နဲ့ ကပ်ရက်မှာ ထားထား ပေးရပါမယ်။ ဒါမှ Lobby ရဲ့ Smoke Stop Doors တွေ ကို မဖွင့်ပဲ သုံးနိုင်မှာ မို့ Lobby ထဲမှာ မီးခိုးတွေ နဲ့ ပြည့်လာမဲ့ အခြေအနေ ကို ကာကွယ် နိုင်မှာ ဖြစ်ပါတယ်။
- အသုံး များတဲ့ Hose ကတော့ 30m Hose ပါ။ ပုံမှန် Hose nozzle က နေ 6-m အကွာအဝေး ကို Coverage လို့သတ်မှတ် ပေမဲ့ အများအားဖြင့် 30m နဲ့ မှန်းပြီး လျာထားလေ့ ရှိပါတယ်။ ပုံမှန် အားဖြင့် Architect က နေရာ ချပေးတာပါ။ ဒါကို လည်း နိုင်ငံ၊ မြို့ အလိုက်၊ Regulation နဲ့ပြန် စစ်ဘို့ လိုအပ်ပါလိမ့် မယ်။

15. **Standpipe / Rising Mains**



- Rising Mains ဆိုတာကတော့ Firemen တွေ အသုံးပြုဘို့ တပ်ဆင်ထားတဲ့ Internal Hydrants တွေပဲ ဖြစ်ကြပါတယ်။ သူ့ရဲ့ အခြားအခေါ်အဝေါ် ကတော့ Standpipe ပါ။ NFPA မှာ တော့ Standpipe လို့ပဲသုံးပါတယ်။ အဓိကသုံးတဲ့ Types ကနှစ်ခုရှိပါတယ်။
  - Dry(Dry Rising Mains / Dry Risers)
  - Wet (Wet Rising Mains / Wet Risers)

  Dry Riser ဆိုတာ ကပုံမှန် ရေဖြည့်မထားတဲ့ ပိုက်တွေ မို့ ခေါ်တာပါ။ သူ့ကို Fire Engine တွေကတစ်ဆင့် ရေဖြည့်ပြီး အသုံးပြုရပါတယ်။ Wet Riser တွေကတော့ Pressurized Water နဲ့ဖြည့်ထားတာပါ။ စက်ံပူ၊ မလေးရှား မှာသုံးတဲ့ Landing Valves တွေရဲ့ Hose connection size က 65mm (2-½") ဖြစ်ပါတယ်။ NFPA မှာတော့ 1-½" နဲ့ 2-½" ရှိပါတယ်။

- ပုံမှန်အားဖြင့် Wet riser system တွေမှာ ပါဝင်တာတွေ ကတော့
  - Riser ပိုက်ထဲ ရေမောင်းထည့်ပေးဘို့ duty fire pump with standby pump တွေ
  - 150mm diameter riser pipe နဲ့ အထပ်တိုင်း မှာ Canvas Hose ချိတ်ဆက် Connect လုပ်ဘို့ Landing Valves တွေ
  - မီးလောင်ရင် ပက်ဖြန်းဘို့ Canvas Hoses with nozzles တွေ
  - Canvas Hose တွေချိတ်တင်၊ ထားဘို့ အတွက် Hose cradle တွေ
  - System pressure ကို maintain လုပ်နိုင်ဘို့ အတွက် jockey pump လို့ခေါ်တဲ့ Pump အသေးစားလေးတွေ

တွေဖြစ်ကြပါတယ်။

- Wet Riser stage တစ်ခုစီ အတွက် အမြင့်သတ်မှတ်ချက် လည်းရှိပါတယ်။ စကာ်ပူမှာ 120m အထိ ခွင့်ပြုပြီး မလေးရှား မှာ တော့ 60m အထိသာ သတ်မှတ်ထားပြီး ခြွင်းချက်နဲ့ပ ခွင့်ပြုရင်တောင်မှ 70.15m အထိပဲ အများဆုံးထားခွင့် ရှိပါတယ်
- ဒီနေရာမှာ ကြုံလို့ Breeching Inlet လို့ခေါ်တဲ့ Fire Department Connection အကြောင်းကို ပြောပြလိုပါတယ်။ ဒီ Inlet တွေကို Fire Appliances Access နဲ့ ကပ်ရက်မှာ ထားပေးထားရ ပါတယ်။ လိုအပ်လို့ ရှိရင် အပြင်ကနေ ရေဖြည့်ပေးလို့ ရအောင်ပါ။ Dry Rising Mains တစ်ခုတည်း မှာသာ မဟုတ်ပဲ ရေသုံးတဲ့ စနစ် တွေဖြစ်တဲ့ Automatic Sprinkler Systems နဲ့ Wet Rising Main System တွေ မှာပါ ပါရပါတယ်။ ခြားနားချက် ကတော့ Dry rising mains က ဒီ Fire department connection ကိုလုံးလုံး အမှီပြုနေရတာပါ (မှတ်ချက်၊ ၊ ရေခဲလောက်အောင် မအေးသော နိုင်ငံ များအတွက်။)
- ဘယ်အခြေအနေ မှာ ဘယ်စနစ် ကို လိုအပ်တယ် ဆိုတာ ကတော့ အဆောက်အအုံ ရဲ့ အမြင့်ပေါ် မူတည်ပြီး သတ်မှတ်လေ့ ရှိပါတယ်။ ဒီအမြင့် ကို သတ်မှတ်တဲ့ အခါ fire appliance access level လို့ခေါ်တဲ့ မီးသတ်ယာဉ် ရပ်တဲ့ နေရာ ကို Base ထားပြီး တိုင်းတာ ရပါတယ်။
  - မလေးရှား နိုင်ငံ
    - 18.3 meters မှ 30.5 meters အထိ: Dry Riser
    - Above 30.5 meters: Wet Riser
    - Wet Riser: 60 to 70.15m/ Stage
  - စကာ်ပူ နိုင်ငံ
    - above 24m (general) /10m (Purpose group II - Other residential)မှ 60m အထိ: Dry Riser
    - Above 60m : Wet Riser
    - Wet Riser: 120m/ Stage
- NFPA (US)
  - NFPA အရ
    - အပေါ်ဆုံးထပ် က ပေ ၃၀ ထက် ပိုမြင့်နေရင် (သို့)
    - မြေအောက် အောက်ဆုံးထပ်က ပေ ၃၀ ထက် ပို နိမ့်နေရင်၊
    - Fire department vehicle access နဲ့ ပေ ၄၀၀ ထက်ပို ဝေးနေရင် (ခြွင်းချက်။ Sprinkler Protected (or) less than 10,000 sqft (or) BOCA: Group A-4, A-5, F-2, R-3, S-2and U.)
    - Malls
    - Stages of a theater, auditorium, etc. where props are prepared and used.

    ဖြစ်ခဲ့ရင် Standpipe တွေ ထည့်ပေးရပါမယ်။ ပြီးတော့ အောက်မှာ ဖော်ပြထားတဲ့ ဘောင်ထဲ မဝင်ရင် Wet System သုံးသင့်တယ် လို့ သတ်မှတ်ထားပါတယ်။

    - ၇၅ ပေ အောက် အဆောက်အအုံ
    - ပေ ၁၅၀ အောက် Automatic Sprinkler Protected Building
    - ပေ ၁၅၀ အောက် Open Parking Structure
  - Standpipe တွေ ကို Classes သုံးခု ခွဲခြားထားပါတယ်။
    - Class I : 2-½" Hose Station for use by the fire department
    - Class II : 1-½" Hose Station for use by the occupants of the building or the fire department
    - Class III: Both Class I & Class II hoses

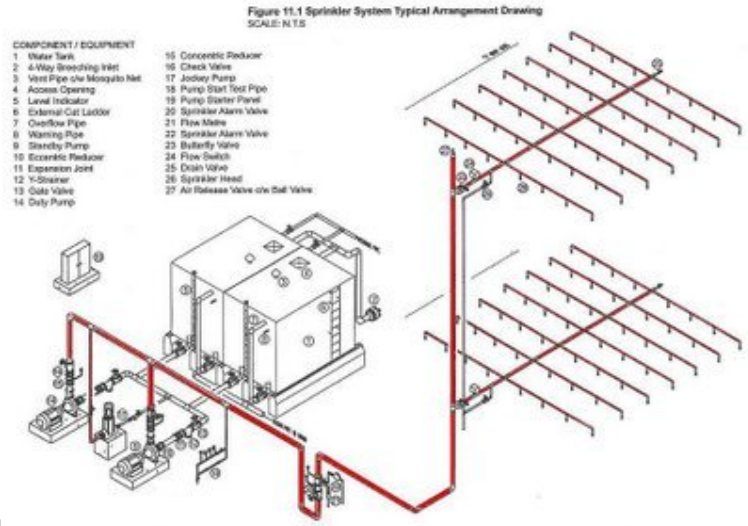
- Systems တွေကို Wet, Dry နဲ့ Manual ရယ်လို့ သုံးမျိုး Classified လုပ်ထားပါတယ်။ သူ့ရဲ့ Dry Systems ဆိုတာ က ပုံမှန်အခြေအနေ မှာ Compressed Air ဖြည့်ထားတာဖြစ်ပြီး လိုအပ်ရင် ရေကို Automatically ပဲဖြစ်ဖြစ်၊ Semi-automatically ပဲဖြစ်ဖြစ် မောင်းထည့်ပေး ရပါတယ်။ Manual ဆိုတာ ကတော့ Fire Department က လိုအပ်သလို (wet/dry) အသုံးပြုဘို့ အတွက် သီးသန့် တပ်ဆင် ပေးရတာပါ။

16. **Automatic Sprinkler System**
    - Automatic sprinkler system ဆိုတာကတော့ Water Supply, a network of pipes, sprinkler heads, and other components တွေ ပါဝင်ပြီး အဆောက်အအုံ ထဲမှာ Temperature (or) Smoke Level ကို Detect လုပ်နေပြီး၊ ကြိုတင် သတ်မှတ်ထား တဲ့ စိုးရိမ် အမှတ်ရောက် တဲ့ အခါ အလိုအလျောက် မီးကိုငြိမ်းသတ် ပေး၊ လူတွေကို လည်း wanring လုပ်ပေး နိုင် မဲ့ Integrated Fire Suppression System တစ်ခု ဖြစ်ပါတယ်။
    - ပုံမှန် Fire Sprinkler Systems တွေမှာ ပါဝင်နိုင်တာ ကတော့ fire pumps, water storage tanks, control valve sets, sprinkler heads, flow switches, pressure switches, pipework and valves တွေပါ။ ဒီ System က လူဝင်ပါစရာ မလိုပဲ သူ့အလိုလို automatically operates လုပ်နိုင်ပါတယ်။
    - ရိုးရိုး Sprinkler Head သတ်မှတ်ထားတဲ့ အပူချိန် တစ်ခု မှာ အပူ ကြောင့် ကွဲနိုင်တဲ့ liquid filled glass bulb ပါဝင်ပြီး၊ ဒီလိုကွဲတဲ့ အခါ ပိတ်ထားတဲ့ အဆို့ ပွင့်သွား ပြီး အထဲမှာ ရှိတဲ့ Pressurized (ဖိအားမြင့်) ရေတွေ ကို သူ့အနားတစ်ဝိုက် ကို အလိုလို ပက်ဖြန်းငြိမ်းသတ် ပါတော့တယ်။ လိုအပ်တဲ့ အပူချိန်ကို ရောက်တဲ့ မီးနဲ့ နီးတဲ့ နေရာက Sprinkler တွေပဲ Operate လုပ် (ကွဲပြီးရေဖြန်း) မှာပါ။

	Bulb shatters when Operating temperature is reached	Water is discharged onto the seat of the fire

    -
    - အောက်မှာ Sprinkler Systems တွေကို ခွဲခြားပြထားပါတယ်။
        1. Wet pipe installation : sprinkler bulb ကွဲတဲ့ အခါ အဆင်သင့် ပန်းထွက်နိုင်အောင် Pipework ထဲမှာ ဖိအားနဲ့ ရေဖြည့်ထား တဲ့ Installation ဖြစ်ပါတယ်။
        2. Dry pipe installation : ပိုက်ထဲမှာ Compressed Air နဲ့ဖြည့်ထားပြီး sprinkler bulb ကွဲတဲ့ အခါ ပထမ လေ တွေထွက် လာမယ် ပြီးရင် ပိုက်ထဲကို ရေဝင်လာပြီး Sprinkler Head ကနေ ရေ ပန်းထွက်နိုင်အောင် လုပ်ထားတဲ့ Installation ဖြစ်ပါတယ်။
        3. Pre-action installation : သူလည်း ပိုက်ထဲ ကို Compressed Air နဲ့ဖြည့်ထားပြီး smoke or heat detectors က မီး၊ မီးခိုး ကို Detect လုပ်တွေ့ တဲ့ အခါ ဒီပိုက်တွေ ထဲကို ရေဖြည့်ပြီး အဆင်သင့် ပြင်ထားပါတယ်။
           ရေ ကတော့ sprinkler bulb ကွဲတဲ့ အခါ မှ သာ Sprinkler Head ကနေ ရေ ပန်းထွက် မှာပါ။
        4. Deluge installation : Sprinkler မှာ bulb မပါပါဘူး၊ အပွင့်ပါ။ fire ကို detected တဲ့အခါမှာ the deluge valve ကို လျင်လျင်မြန်မြန် အလိုလိုဖွင့်ပေးမှာ ဖြစ်ပြီး Sprinkler heads တွေ အားလုံးကနေ တစ်ပြိုင်နက် ထဲ ထုတ်လွှတ် ပက်ဖြန်း မှာဖြစ်ပါတယ်။

- Wet pipe installation က အသုံးအများ ဆုံးပါ။ တွေ့ရလေ့ရှိတဲ့ Wet pipe installation Schematic Diagram ပုံစံ ကို အောက်မှာ



ဖော်ပြထားပါတယ်။

- အောက်မှာ သုံးလေ့ရှိတဲ့ နေရာ နဲ့ Architectural လိုအပ်ချက် ကို ဖြည့်ပေးနိုင်မဲ့ Sprinkler Heads ပုံစံ အမျိုးမျိုး ကို ဖော်ပြထားပါတယ်။

- ဒီလို အသုံးများတဲ့ Sprinkler Heads တွေ ကို လိုအပ်ချက် အလိုက် သိချင်ရင် Victaulic Company ရဲ့ Automatic Sprinkler Product Reference (pdf) မှာ လေ့လာနိုင်ပါတယ်။ ဒီလို လေ့လာတဲ့ အခါ ရှာကြည့်စေချင် တာ ကတော့
  - Sprinkler Types
  - Deflector Types
  - Response Category (Standard, Quick, Open, ESFR)
  - K-Factors (S.I / I.P unit dependent)
  - Temperature Rating [e.g. 68°C(Most commonly used) and 79°C (Kitchen) etc.] တွေပါ။
- ကိုယ်သုံးမဲ့ Hazard Class နဲ့ Application လိုအပ်ချက် ပေါ်မူတည် ပြီး သုံးရမဲ့ Sprinkler Head ကို သေချာ စိစစ် ရွေးချယ်ရပါတယ်။
- Architectural အမြင်ပန်း လှဘို့ လိုအပ်တဲ့ နေရာတွေ မှာလည်း လိုက်ဖက်တဲ့ Sprinkler အမျိုးအစား ကို ရွေးချယ် နိုင်ပါတယ်။
- Hazard Class အကြောင်းကို အထက်မှာ တင်ပြခဲ့ပါတယ်။ Hazard Class အလိုက် လိုအပ်တဲ့ ရေထွက်အား နဲ့ AMAO (Assumed Area of Operation) လို့ခေါ်တဲ့ မီးလောင်ရင် အများဆုံး ကာကွယ်ရမဲ့ ဧရိယာ

ခန့်မှန်း ချက် က လည်း ကွဲပြားခြားနား ပါလိမ့်မယ်။ သက်ဆိုင်တဲ့ Pump Capacity နဲ့ Water Storage Capacity တွေ လည်း ကွဲပြားခြားနား ပါတယ်။

- Hazard Class အလိုက် Sprinkler Head တစ်ခု ကနေ ကာကွယ်ပေးနိုင်တဲ့ Area ကိုလည်း သတ်မှတ် ပေးထား ပါတယ်။ ဒဲ့အပြင် Sprinkler တစ်ခုနဲ့ တစ်ခုကြား ရှိရမဲ့ အကွာအဝေး ကိုလည်း သတ်မှတ် ထားပါတယ်။
- K-Factor ကတော့ sprinkler ကနေဖွင့်ပေးမဲ့ Orifice ရဲ့ အရွယ်အစား ပါ။ K factor ကြီးရင် Orifice ကြီးတာမို့ ပန်းထွက်တဲ့ ရေအားလည်း များပါတယ်။ ဒီတန်ဘိုး က သုံးမဲ့ application နဲ့ hazard class ပေါ်မူတည်ပြီး ရွေးချယ်ရတာပါ။
- Sprinkler Head ကိုရွေးချယ်တဲ့ အခါ အခန်းရဲ့ အပူချိန် နဲ့ သုံးမဲ့ application ကို လိုက်ပြီး Temperature Rating ကို သတ်မှတ်ပါတယ်။ ပုံမှန်အားဖြင့် အခန်းအပူချိန် ထက် 30°C (54°F) လောက် လို့သတ်မှတ် ကြပါတယ်။ Sprinkler Bulb တွေရဲ့ temperature rating ကို color code နဲ့ခွဲထားလေ့ ရှိပါတယ်။
- အောက်မှာ Victaulic Company ရဲ့ Automatic Sprinkler Product Reference ကနေ ထုတ်ယူထားတဲ့ Sprinkler rating တွေကို ဖော်ပြထားပါတယ်။

Available Temperature Ratings

Part ID	Nominal Temperature Rating	Maximum Ambient Temp. Allowed	Glass Bulb Color
A	135°F/57°C	100°F/38°C	Orange
C	155°F/68°C	100°F/38°C	Red
E	175°F/79°C	150°F/65°C	Yellow
F	200°F/93°C	150°F/65°C	Green
J	286°F/141°C	225°F/107°C	Blue
K	360°F/182°C	300°F/149°C	Purple
M	Open	—	No Bulb

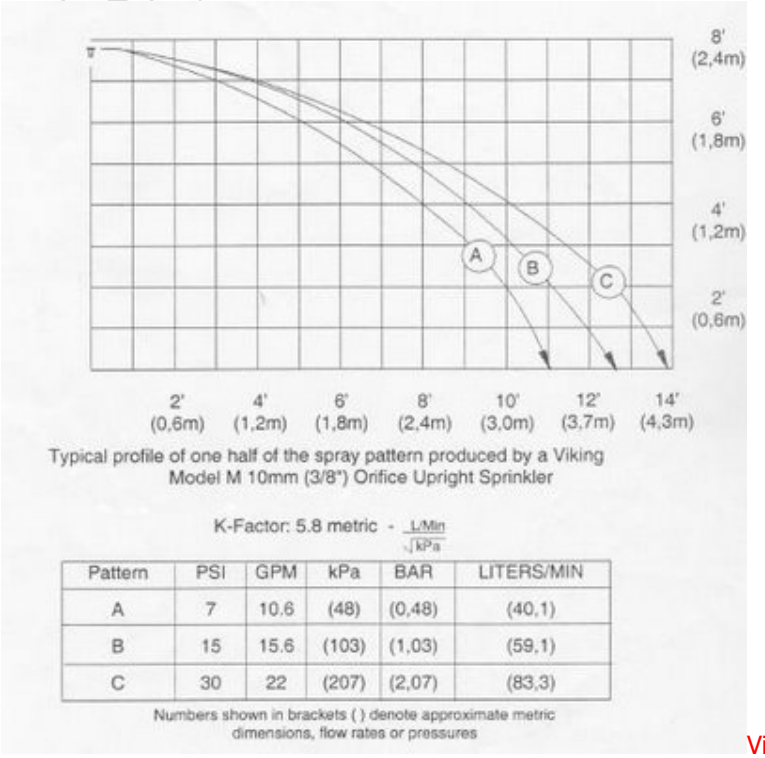
- All glass bulbs are rated for temperatures from -67°F/-55°C up to those shown in adjacent table.
  Manufacturer တစ်ခု နဲ့တစ်ခု product code လုပ်ပုံ တူချင်မှ တူပါမယ်။ Viking ကတော့ သူ့ရဲ့ Product Code ကို Temperature Suffix (°F/°C): 135°/68° = A, 155°/68° = B, 175°/79° = D, 200°/93° = E, 212°/100° = M, 286°/141° = G, 360°/182° = H, 500°/260° = L, OPEN = Z (Teflon® only) လို့ သတ်မှတ်ထား ပါတယ်။

- NFPA 13 အရဆိုရင်တော့

Maximum Ceiling Temperature	Temperature Rating	Temperature Classification	Color Code (with Fusible Link)	Glass Bulb Color
100°F / 38°C	135-170°F / 57-77°C	Ordinary	Uncolored or Black	Orange (135°F) or Red (155°F)
150°F /	175-225°F /	Intermediate	White	Yellow (175°F) or

66°C	79-107°C			Green (200°F)
225°F / 107°C	250-300°F / 121-149°C	High	Blue	Blue
300°F / 149°C	325-375°F / 163-191°C	Extra High	Red	Purple
375°F / 191°C	400-475°F / 204-246°C	Very Extra High	Green	Black
475°F / 246°C	500-575°F / 260-302°C	Ultra High	Orange	Black
625°F / 329°C	650°F / 343°C	Ultra High	Orange	Black

- BS 5306 မှာဖော်ပြထားတဲ့ Color Code ကလည်း NFPA နဲ့ ဆင်ပါတယ်။
- အသုံးအများ ဆုံး ကတော့ standard temperature rating ဖြစ်တဲ့ 155°F/68/°C ဖြစ်ပြီး အနီရောင် ပါ။
- အခန်းရဲ့ အမြင့် က သိပ်မြင့်လွန်း ရင် ရိုးရိုး sprinklers heads က သိပ် မထိရောက် တော့ပါဘူး။ ဒီအခြေအနေ တွေ မှာ early response sprinkler heads, large droplet sprinkler heads (သို့) deluge systems တွေကို စဉ်းစားရပါလိမ့်မယ်။ ဒီအမြင့် ရဲ့သတ်မှတ် ချက် ကိုတော့ သက်ဆိုင်ရာ နိုင်ငံ ရဲ့ Code Regulation နဲ့ တိုက်ဆိုင် စစ်ဆေးရမှာ ဖြစ်ပါတယ်။
- Sprinkler head တွေမှာ Spray Pattern ဆိုတာ ရှိပါတယ်။ နမူနာ ပုံ နဲ့ web link ကိုအောက်မှာ ဖော်ပြထားပါတယ်။ ဒီ pattern တွေ ကို သုံးရလောက်အောင် လိုအပ်ချက် ရှိလေ့မရှိပေမဲ့ သိထားသင့်တယ် ထင်လို့ ထည့်လိုက်ရတာပါ။



Typical profile of one half of the spray pattern produced by a Viking Model M 10mm (3/8") Orifice Upright Sprinkler

K-Factor: 5.8 metric - $\frac{L/Min}{\sqrt{kPa}}$

Pattern	PSI	GPM	kPa	BAR	LITERS/MIN
A	7	10.6	(48)	(0,48)	(40,1)
B	15	15.6	(103)	(1,03)	(59,1)
C	30	22	(207)	(2,07)	(83,3)

Numbers shown in brackets ( ) denote approximate metric dimensions, flow rates or pressures

Viking Sprinkler– Spray Patterns

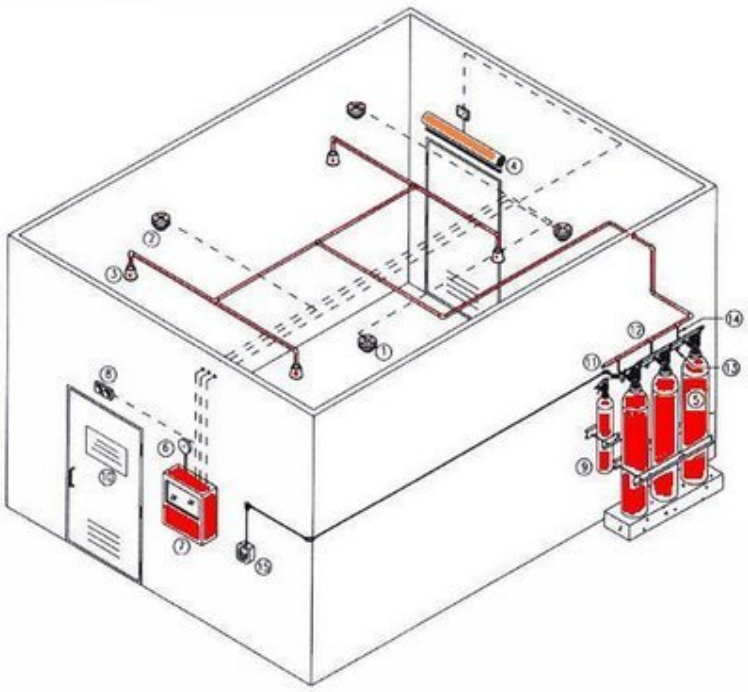
- Toronto Fire Dept-FIRE DEMO-Working Residential Sprinkler

- Fire Sprinkler Demonstration

စိတ်ဝင်စား တယ်ဆိုရင် အောက်မှာ ပြထားတဲ့ စနစ်တွေ ကို လည်းရှာဖွေ လေ့လာ ဘို့ တိုက်တွန်းလိုပါတယ်။

- Drenchers
- Other Systems

17. **Gaseous Fire Suppression Systems**
    - Gaseous fire suppression systems (ဓာတ်ငွေ့သုံး မီးသတ် စနစ်များ) ဆိုတာကတော့ inert gases တွေနဲ့ chemical agents (မီးသတ်ပစ္စည်း၊ ဓာတ်ငွေ့) တွေ ကို အသုံးပြုပြီး မီးငြိမ်းသတ် တဲ့ စနစ်တွေ ကို ခေါ်တာပါ။
    - Electrical Equipments တွေ ကြောင့် ဖြစ်တဲ့ (NFPA Class C / BS Class E Fire) တွေ ကိုငြိမ်းသတ်ဘို့ အတွက် ပိုထိရောက်ပါတယ်။
    - ဒီလိုသုံးတဲ့ Agent (Gas) အများစု ကို အရည် (Liquid State under high pressure) နဲ့ သိုလှောင်ထားလေ့ရှိပြီး အချို့ အမျိုးအစား တွေကို တော့ High Pressure Compressed Gas အနေနဲ့ သိုလှောင်ထားလေ့ ရှိပါတယ်။ ဒီစနစ်မှာ ပုံမှန် ပါလေ့ရှိတာတွေ ကတော့
        - the agent
        - agent storage containers (cylinders)
        - agent release valves
        - fire detectors
        - fire detection system (wiring control panel, actuation signaling),
        - agent delivery piping, and
        - agent dispersion nozzles.
    - မီးကို Fire Detection System က Detect လုပ် တွေ့ရှိ တဲ့အခါ ရှိနေတဲ့ လူတွေကို အသိပေး ဘို့ warning sign / signal လုပ်ပြီး တော့ သတ်မှတ်ထားတဲ့ အချိန် Delay ရောက်တဲ့ အခါမှာ တော့ ဒီစနစ် က agent dispersion nozzle ကနေ ဒီ agent တွေကို ထုတ်လွှတ်ပေး ပါလိမ့်မယ်။
    - Agent အမျိုးအစား ကတော့ အဓိက သုံးမျိုးရှိပါတယ်။
        . The Carbon dioxide system: CO_2 ကို အရည်ပုံစံ နဲ့ Pressurized Tanks (Cylinders) တွေထဲမှာ သိုလှောင် ထားပါတယ်။ Nozzles တွေကနေ CO_2 ထုတ်လွှတ်တဲ့ အခါ အရည်ကနေ အငွေ့ပြန်ပြီးတော့ မီးကို အပူကိုလည်း စုတ် Oxygen ကိုလည်း လျော့ကျစေပြီး မီးကိုငြိမ်းစေပါတယ်။ ဒီလို Evaporate ဖြစ်တဲ့ အတွက် Heat Absorption: 120 BTU / lb.of gas ရှိပါတယ်။ ဒီစနစ် ထိထိရောက်ရောက် ဖြစ်နိုင်ဘို့ ကတော့ အလုံပိတ်ထားတဲ့ အခန်းဖြစ်ဘို့ လိုပါတယ်။ ဒါကြောင့် ဒီစနစ်မှာ Fire Detection ဖြစ်တာနဲ့ Ventilation အလိုလိုပိတ်ပေးမဲ့ စနစ်တွေ၊ Automatic Curtain တွေ ပါဝင်ရပါတယ်။ လေထဲမှာ CO_2 များရင် အသက်ရှူ ကြပ်စေပါတယ်။ လေထဲမှာ CO_2 အတိုင်းအဆ 10% ထက်ပိုပါရင် လူကို မူးမေ့သွားစေ နိုင်ပါတယ်။ ဒီစနစ် ကဓာတ်ငွေ့ ကို Discharge မလုပ်ခင် လူတွေ အခန်းထဲက နေ Evacuate လုပ်ခွင့် ရအောင် Visual and Audio Alarm နဲ့ သတိပေးပြီး Time delay အချိန်ပေးပါတယ်။ ဒီစနစ် တွေကို electrical transformer rooms, switchrooms and standby generator rooms တွေ မှာထားပေး လေ့ရှိပြီး လူတွေပုံမှန် ရှိနေလေ့ရှိတဲ့ အခန်းတွေ မှာ တော့



မသုံးသင့်ပါဘူး။ CO_2

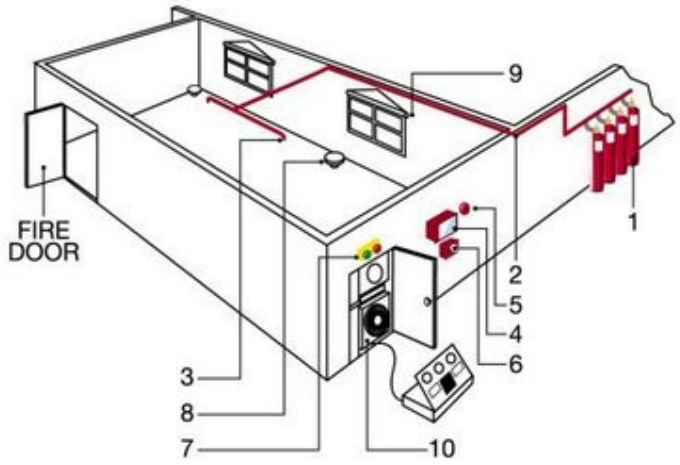
Fire Extinguishing System for Electrical Rooms

i. Halogenated gas ဆိုတာကတော့ Fluorine, Chlorine, Bromine, or Iodine စတဲ့ halogen တစ်မျိုးမျိုး ပါဝင်တဲ့ ဓာတ်ငွေ့ တွေကို ခေါ်တာပါ။ အရင်တုန်းက အသုံးအရမ်းများ ခဲ့တာ ကတော့ Halons 1211 နဲ့ Halon 1301 ပါ။ ဒါပေမဲ့ ဒီဓာတ်ငွေ့ တွေရဲ့ Ozone depletion property ဖြစ်တဲ့ ODP (Ozone Depletion Potential) များတာ ကြောင့် သုံးဘို့ ပိတ်ပင် ခဲ့ကြ ပြီး အခြား Alternatives အမျိုးမျိုး နဲ့ အစားထိုး ခဲ့ကြပါတယ်။ အဲဒါတွေ ကတော့ FE-13 (Trifluoromethane), FE-25 (Pentafluoroethane), FM-100 နဲ့ FM-200 တွေဖြစ်ပါတယ်။ ဒါအထဲ မှာ FM-200 ကလွဲလို့ အခြားဓာတ်ငွေ့ တွေရဲ့ ODP က များနေဆဲ မို့ တဖြည်းဖြည်း နဲ့လျော့ချရမဲ့ အထဲမှာ ပါနေပါတယ်။ အခြားပြဿနာ ဖြစ်တဲ့ လေထဲမှာ နှစ်ပေါင်းများစွာ မပြိုမကွဲ တည်ရှိ နေနိုင်တဲ့ atmospheric life ရှည်တာရယ်၊ Global warming potential (GWP) များတာတွေ ရယ် က FM-200 အပါအဝင် Halogenated gas တွေအားလုံး ကို ပိတ်ပင်ပစ် ဘို့ဖြစ်လာတော့ တာပါပဲ။အထူးသဖြင့် Green Building တွေမှာ Halon နဲ့ CFC ပါတဲ့ Agent တွေ ကို မသုံးဘို့ ကန့်သတ်လာတာ တွေ့ရပါတယ်။

FE-13 (also known as Trifluoromethane, HFC-23, CHF_3)

FE-25 (also known as Pentafluoroethane, HFC-125, C_2HF_5),

FE-232 (also known as Dichlorotrifluoroethane HCFC-123 , $C_2HCl_2F_3$)



FM200 Fire Extinguishing Systemfor Computer Rooms

ii. Atmospheric Gas Blend တွေကတော့ လေထဲမှာ သဘာဝအတိုင်းရှိ နေနိုင်တဲ့ ဓာတ်ငွေ့ တွေပါဝင်တဲ့ စနစ်ပါ။ Argon, Nitrogen တွေကို အဓိကပေါင်းစပ် ထားကြပြီး တစ်ခါတစ်ရံ Carbon dioxide ကိုပါထည့်သွင်း blend လုပ်ထားတတ် တဲ့ Agent တွေပါ။ ခုအသုံးများလာတာ ကတော့ NN100, Inergen & Argonite တွေဖြစ်ကြပါတယ်။ ဒီစနစ်တွေ က ပိုပြီးထိရောက် အကျိုးရှိစေတာ မှန်ပေမဲ့ Halogenated စနစ် တွေနဲ့ ယှဉ်ကြည့် ရင် Gas / volume of space ပိုပြီး လိုအပ်ပါတယ်။ ဥပမာ NN100 စနစ် က FM-100 စနစ်ထက် Storage Cylinders အရည်အတွက် ပိုပြီး လိုအပ်ပါတယ်။ ဒါကြောင့်နေရာ လည်းပိုလို အပ်ပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ ဒီ ဓာတ်ငွေ့တွေ သဘာဝ နဲ့ သဟဇာတဖြစ်တဲ့ ဓာတ်ငွေ့တွေပါ။ (GWP 0, ODP 0) ဖြစ်လို့ Ozone Depletion Potential မရှိသလို Global warming potential လည်းမရှိပါဘူး။

- **Theory:**Fire Tetrahedron နဲ့ ကြည့်မယ် ဆိုရင် တွေ့ရမယ့် ငြိမ်းသတ်ပေးပုံတွေ ကတော့
  - Reduction of heat (အပူကို လျော့ချခြင်း) : Representative agents: Novec 1230.
  - Reduction or isolation of oxygen (လေထဲမှ အောက်ဆီဂျင်ပါဝင် နှုန်းလျော့ချခြင်း) : Representative agents: Argonite / IG-55, carbon dioxide, Inergen, and NN100.
  - the chain reaction ကိုထိန်းချုပ်ခြင်း : Representative agents: FE-13, FE-227, FE-241, FE-25, FE-36, FM-200, Halons, Halon 1301, Freon 13T1, NAF P-IV, NAF S-III, and Triodide (Trifluoroiodomethane).

18. **Fire detection and Alarm systems**

- မီးလောင်မှု ဖြစ်တဲ့ အခါ မထိန်းချုပ် နိုင်လောက်အောင် ကြီးထွားမလာသေးခင် သင့်တော်တဲ့ ငြိမ်းသတ်မှု လုပ်ခွင့်ရအောင် မီးလှုန့် သတိပေးနိုင်ဘို့ Fire detection and alarm systems တွေကို ဒီဇိုင်း လုပ်ထားတာပါ။
- အဆောက်အအုံ တစ်ခုချင်းစီ မှာ မီးအန္တရာယ် နဲ့ ကူးစက်နိုင်မှု ပြဿနာ အစုလိုက်ရှိနေတတ် လို့ ဒီလို လူတွေရဲ့ အသက်နဲ့ စည်းစိမ်ကို ကာကွယ် ဘို့ အဓိက ရည်ရွယ် ထား တဲ့ စနစ်တွေ ကို လုပ်ရတဲ့ Designer တွေ အတွက် တာဝန်ကြီးပါတယ်။ ဒါကြောင့် အ ဆောက်အအုံ တစ်ခုချင်းစီ အလိုက် လိုအပ်ချက် ကို ဖြည့်ဆီးနိုင်အောင် ဒီဇိုင်း လုပ်ပေးနိုင်ဘို့ က အရေးကြီးပါတယ်။
- လူကပဲဖြစ်ဖြစ် Automatic Devices တွေကနေပဲ ဖြစ်ဖြစ် မီးလောင် တာကို တွေ့ရှိတဲ့အခါ အဆောက်အအုံ ရဲ့ management က အခြေအနေ ကိုဆန်းစစ်၊ ပြီးတော့ Activating Building Fire Alarm System, Total

or partial evacuation အတွက် ညွှန်ကြားပေးဘို့ နဲ့ လိုအပ်ရင် မီးသတ်ဌာန ကိုသတင်းပို့ ဘို့ အစရှိတဲ့ သင့်တော် တဲ့ တုန့်ပြန်မှု actions တွေကို လုပ်ဆောင်ရပါတယ်။ အဆောက်အအုံကြီးတွေ မှာ အလိုအလျောက် တုန့်ပြန် နိုင်တဲ့ Automatic Sensing (Detecting) Devices တွေ နဲ့ အတူ Automatic Alarm နဲ့ Signaling Systems တွေ ပါဝင်ဘို့ Fire Code တွေ မှာသတ်မှတ် ထားလေ့ရှိပါတယ်။

- Detection & Signaling devices တွေက addressable နဲ့ nonaddressable လို့ နှစ်မျိုးရှိပါတယ်။ Addressable type ကတော့ သူတို့ရဲ့ သီးသန့် address က နေ သက်ဆိုင်တဲ့ initiating devices' location တွေကို ပေးပါလိမ့်မယ်။
  - Manual Alarm Station (Manual Call Point)
  - Thermal Detectors
  - Smoke Detectors
  - Magnetic Door Release
  - Signal Devices
  - Flow Detectors
  - Visual Annunciation Devices

19. **Pressurization system**
    - အရေးပေါ် အခြေအနေ မှာ လူတွေ ထွက်ခွာ နိုင်မဲ့ လမ်းကြောင်း တွေ ဖြစ်တဲ့ Protected Escape Routes တွေ ကို မီးခိုးကင်းနေစေဘို့ အတွက် အရေးပေါ် အခြေအနေ မှာ Fresh Air တွေကို ဖိမှုတ်သွင်း ပြီး positive pressure ရအောင် လုပ်ပေးထား တာ ကို ဆိုလိုပါတယ်။ Protected routes ထဲမှာ ပါဝင်နိုင်တာ တွေ ကတော့ staircases, lobbies and in some cases, the corridor တို့ ဖြစ်ကြပါတယ်။
    - သက်ဆိုင်ရာ bylaws အရပဲဖြစ်ဖြစ်၊ လက်ခံနိုင်တဲ့ Standard အရပဲ ဖြစ်ဖြစ် လုံလောက်တဲ့ သဘာဝ Natural Ventilation ကိုပေးနိုင်ခဲ့မယ် ဆိုရင် တော့ Pressurization system မတပ်ဆင်ပေးလို့ ရကောင်းရနိုင်ပါတယ်။
    - ဒါကိုတွက်ချက် တဲ့ အခါ လိုအပ်တဲ့ Pressure Level, ဖွင့်ထားမဲ့ တံခါး အရေအတွက် နဲ့ သူကနေစီးထွက် သွားမဲ့ Air Flowrate, ပိတ်ထားတဲ့ တံခါးအရေအတွက် နဲ့ တံခါးကြားကနေ စိမ့်ထွက်သွားမဲ့ Air Flowrate, တံခါးဖွင့်ဘို့ လိုအပ်တဲ့ အား နဲ့အတူ အခြား losses တွေကို ထည့်သွင်းစဉ်းစား ပေးရပါတယ်။
20. **Smoke Control System Using Natural (Displacement) or Powered (Extracted) Ventilation**
    - မီးခိုးတွေ ပိတ်လှောင်မနေ အောင်၊ မီးခိုးတွေ ကို ထုတ်ပစ်တဲ့ နည်းပါ။ လိုအပ်ချက် နဲ့ အခြေအနေ ကို လိုက်ပြီး
      - Natural (displacement of exhaust) ventilation: သဘာဝ အတိုင်းထွက်ခွင့် ရအောင် လုပ်တာ သော်လည်းကောင်း၊
      - Powered (extract or exhaust and depressurization) ventilation: Fan နဲ့ပဲ စုတ်ထုတ်တဲ့ နည်းဖြင့် သော်လည်းကောင်း၊
      - A combination of both: နှစ်ခုကို သင့်တော် သလို ပေါင်းစပ် ပြီးတော့ သော်လည်းကောင်း ဖြစ်နိုင်ပါတယ်။
    - ဒီစနစ် ကို Sprnikler Protection နဲ့ တွဲပြီး စဉ်းစား ဒီဇိုင်း လုပ်လေ့ရှိပါတယ်။ မီးမတော်တဆ မှု ဖြစ်တဲ့ အခါ Sprinkler က ပက်ဖြန်းငြိမ်းသတ်၊ ပြီးမှ Smoke extraction systems နဲ့ မီးခိုးတွေ ကို ရှင်းလင်း ပေးမှာ ဖြစ်ပါတယ်။
    - နေရာ လိုအပ်ချက်လိုက်ပြီး သတ်မှတ်ထားတဲ့ မီးရှုပြင်းအား နဲ့ အရွယ်အစား နဲ့ အခြားလိုအပ်တဲ့ အခြေအနေ အချက်အလက်တွေ ကိုအခြေခံ ပြီး လိုအပ်တဲ့ Air Extraction rate ကိုတွက်ချက်ပေးရမှာ ဖြစ်ပါတယ်။

21. Fire Lift
    - အထပ်မြင့် အဆောက်အအုံ တွေ မှာ မီးလောင်မှု ဖြစ်ခဲ့ရင် မီးသတ်တပ်ဖွဲ့ အသုံးပြုနိုင် ဘို့ Fire Lift/Elevator ကိုတပ်ဆင် ထားပေး ရပါတယ်။ မီးသတ်တပ်ဖွဲ့ အလွယ်တကူ ဝင်ရောက် နိုင်တဲ့ နေရာမှာ ထားရှိပေးရ မှာ ဖြစ်ပြီး အမိုးအထိ ရှိသမျှ အထပ်တိုင်း ကို သွားနိုင် ဘို့လိုအပ် ပါတယ်။
    - အရေးပေါ် အခြေအနေ မှာ မီးသတ်သမားတွေ ပဲ သီးသန့် သုံးနိုင် ထိန်းသိမ်းနိုင်အောင် စီမံထားပေး ရပါမယ်။ ဒါ့အပြင် မီးသတ်ဌာန Fire Department တွေရဲ့ အခြား လိုအပ်ချက် တွေ (ရှိခဲ့ရင်) ကိုပါဝင်ထည့်သွင်း ထားပေးဘို့ လည်း လိုအပ်ပါတယ်။ ဥပမာ Firemen တွေပဲ သီးသန့် ထိန်းသိမ်း မောင်းနှင် လို့ ရနိုင်ဘို့အတွက် Fireman Switches တွေ နဲ့ Fireman အချင်းချင်း ဆက်သွယ်နိုင်ဘို့ Fireman Intercom တွေ ကို ပါဝင် ရမှာဖြစ်သလို Lift Shafts နဲ့ Fire Lift Lobby တွေက လည်း မီးဒါဏ်ခံ နိုင်တဲ့ Protected Area ဖြစ်ဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။
22. Emergency Power Systems
    - In the event of failure of the normal supply (ပုံမှန်လာနေကျ မီးပျက်ခဲ့ရင်) Life Safety စနစ် တွေ ကို ချက်ချင်းအလိုအလျောက် ပါဝါပေးနိုင်အောင် emergency power system တစ်ခုကို တပ်ဆင်ထားပေးရပါမယ်။
    - On failure of the normal service (မီးပြတ်သွားတဲ့ အခါ) အလိုအလျောက် Generator ရဲ့ စက် ကို နှိုး နိုင်ဘို့ သင့်တော်တဲ့ လုံလောက်တဲ့ အင်အားရှိတဲ့ prime mover လိုအပ်ပါတယ်။ Prime mover ဆိုတာ ကတော့ Motorized Starter ပါ။ သူ့အတွက် လုံလောက်တဲ့ electricity supply ရဘို့ ကိုတော့ Battery တွေ ထားပေးထားရပါမယ်။
    - Emergency power system ကနေပေး ရမဲ့ fire protection system နဲ့ သက်ဆိုင်တဲ့ emergency loads တွေကို အောက်မှာ ဖော်ပြထား ပါတယ်။
        . Pressurization system
        i. Smoke control and management system
        ii. Fire alarm and monitoring system
        iii. Pump sets for Firefighting
        iv. Emergency public address system
        v. Fire lifts
        vi. Emergency lighting
        vii. other emergency fire systems
    - Essential Systems လို့ခေါ်တဲ့ မီးသတ်စနစ် မဟုတ်ပေမဲ့ အဆောက်အအုံ အတွက် မရှိမဖြစ် အရေးပါတဲ့ စနစ် တွေ အတွက် လည်းထည့်သွင်း စဉ်းစားရပါတယ်။ ဒါတွေ ကတော့
        - Plumbing Pumps
        - Submersible Drainage / Sewerage Pumps
        - Elevators
        - Mechanical Ventilation Fans

      ဒါ့အပြင် အဆောက်အအုံ ရဲ့အသုံး ပြုမှု နဲ့ လိုအပ်ချက် ကို လိုက်ပြီး Client/Owner ရဲ့ လိုအပ်ချက် တွေ ကို လည်း ထည့်သွင်းစဉ်းစား ပေးရမယ်။

    - Blackout လို့ခေါ်တဲ့ Normal Power Failure အခြေအနေ နဲ့ Emergency က တစ်ထပ်တည်း ကျချင် မှ ကျပါလိမ့်မယ်။ ဒါကြောင့် Blackout (မီးပြတ်ပြီး) Emergency Fire Situation မဟုတ်ခဲ့ရင် Essential System တွေကို ပါဝါပေးလို့ ရပါတယ်။ အားလုံးက လိုအပ်ချက် တွေ ကို ကာမိအောင် ခြုံငုံ စဉ်းစားရတာပါ။ ဘယ်အချိန်ပဲ ဖြစ်ဖြစ် နှစ်ခုလုံး ကို ပေးချင်တယ်၊ ပေးရမယ် ဆိုရင် တော့ Generator ကြီးမှာပေါ့။

23. **The Fire Engineering - Performance Based Approach**
    - The Fire Engineering - Performance Based Approach (FE-PBA) is a methodology for design, evaluation and assessment office safety in buildings. it identifies an engineering approach to building fire safety, and gives guidance on the application of scientific and engineering principles, to the protection of people and property from unwanted fire. Additionally, it outlines a structured approach, to assessment of total building fire safety system effectiveness, and to the achievement of pre-identified design objectives
    - The methodology facilitates performance-based design that meets the fire safety objectives of Building Codes. Many factors, including a building's form of construction, means of escape, occupancy factors, smoke management, detection, alarm and fire suppression facilities, contribute to the achievement of fire-safety objectives. The guidelines of Fire Engineering-performance Based Approach, are based on the premise that all these measures, form part of an integrated fire safety system for the building, which must respond to any fire developing within that building,.
    - Consequently, it is required that designers recognize the interactions between elements of a fire safety system and that they develop complete and integrated design solutions.
    - The basic principles of Fire Engineering - Performance Based Approach may be applied to specific types of buildings and their uses. However, the principle and the guidelines developed do NOT cover buildings which are used for bulk storage or processing of flammable liquids, industrial chemicals or explosive materials. The intrinsic risks associated with such buildings will necessitate special consideration and is beyond the scope of this chapter.
    - The Fire Engineering - Performance Based Approach concept is intended for application during the conceptual phase of building fire safety system design, prior to the detail design, specification and documentation phase of selected fire-safety sub-systems (or elements). Fire Engineering procedures require early consultation and co-operation between the project manager, Architect and other members of the design team, together& with the Fire and Rescue Department.
    - The detailed design and specification of fire-safety sub-systems (which will follow agreement of the conceptual design) may not be specific during this stage. But it is imperative that when executed, these strictly adhere to the decisions and agreements reached during the conceptual phase.

V. **Others**

. **Fire Pumps & Water Tanks**
    - ရေသုံးတဲ့ Fire System တွေ မှာ ပါလေ့ရှိတာ ကတော့ အတော်ကြီးမားတဲ့ Pumps တွေ နဲ့ ရေလှောင်ကန် တွေ ပါ။
    - စာရေးသူ အရင် Projects တွေ မှာ အသုံးများ တဲ့ Pumps ကတော့ Aurora ပါ။ UL Listed Pumps တွေ မို့ အခြား Pumps တွေ ထက် ဈေး အတော် ပိုလေ့ ရှိပါတယ်။ နမူနာ အနေ နဲ့ သွားရောက် လေ့လာ နိုင် ဘို့ အတွက် Link ကို အောက်မှာ ပေးထား ပါတယ်။
        0. Aurora Fire Pumps Website
        1. Fire Pumps Brochure Download

- ပုံမှန်အားဖြင့် Pump one set မှာ one duty pumps + one standby pump + one jockey pumps ဆိုပြီး Pump သုံးလုံးတွဲ ပါလေ့ရှိပါတယ်။ Standby pump က အကြောင်းတစ်ခုခု ကြောင့် Duty pump အလုပ် မလုပ်တဲ့ အခါ အစားထိုး နိုင်ဘို့ ထားတဲ့ အရံပါ။ Highly Pressurized လုပ်ထားတဲ့ Pipe တွေ Fitting တွေ မှာ ရေယိုတာ၊ စိမ့်တာ ကို လုံးဝ တားဆီး နိုင်ဘို့ မလွယ်ပါဘူး။ ဒီအခြေအနေ မှာ System Pressure ကို ထိန်းထားဘို့ က လည်း အရေးကြီး ပါတယ်။ ဒီလို Pressure ထိန်းဘို့ တာဝန် ကို Jockey pumps ကယူပါတယ်။ Jockey pump က main pumps (duty+standby) တွေထက် flowrate အများကြီး နည်းပါတယ်။ သူ့ရဲ့တာဝန် က ရေယိုစိမ့်တဲ့ အခြေအနေ မှာ Pressure ထိန်းယုံ မို့ ဆောင့်ပန်း၊ ဆောင့်ရပ် မဖြစ်ရလေအောင် oversize မလုပ်မိစေဘို့ သတိထား ရပါမယ်။

a. Sprinkler Heads, Fire Water Tank Panels & Fire Pumps တွေ ကလွဲ လို့ အခြား Fire Protection နဲ့ ပတ်သက်တဲ့ Products တွေ အားလုံး နီးပါး ကို ထုတ်လုပ် ပြီး စက်ာပူ၊ မလေးရှား နဲ့၊ Australia ကို အဓိက ပို့နေတဲ့ Manufacturer တစ်ခု ရဲ့ web link ကို အောက်မှာ ဖော်ပြထားပါတယ်။ အဲဒီ မှာ ထုတ်လုပ်တဲ့ ပစ္စည်းတွေ ရဲ့ ပုံတွေ ကို သွားရောက် လေ့လာနိုင်ပါတယ်။
Steel Recon Industries (SRI) Malaysia Product Page

b. Web ပေါ်မှာ Fire Protection နဲ့ပတ်သက်လို့ ခြုံငုံ ရေးသားထားတဲ့ စိတ်ဝင်စားစရာ ဆောင်းပါး တစ်ခု ကို ဖတ်ဘူးပါတယ်။ အခု စာဖတ်သူ အတွက် ဆက်ညွှန်း လိုက်ပါတယ်။
Fire Protection Engineering *by Morgan Hurley, P.E., SFPE*

VI. Fire Safety Educations

- Fire Safety နဲ့ပတ်သက် လို့ စကာ်ပူ နိုင်ငံ မှာ Fire Safety Manager Courses တွေ ကို SCDF နဲ့ Polytechnics ကျောင်းအချို့ မှာ တက်ရောက်နိုင် ပါတယ်။။
  0. Fire Safety Manager
- Fire Protection Engineering Association/ Society အချို့ကနေ လည်း ကမ္ဘာ့ အဝှမ်း Learning Program တွေ ကို သင်ယူ နိုင်သလို Certification Tests / Exams တွေ ကို လည်း ဝင်ရောက် ဖြေဆို နိုင်ပါတယ်။
  0. Society of Fire Protection Engineers
  1. Institution of Fire Engineers

- In the United States, the University of Maryland (UMd) offers an ABET-accredited bachelor of science degree program in fire protection engineering, as well as graduate degrees. Worcester Polytechnic Institute (WPI) offers a masters and a Ph.D. in fire protection engineering. Other institutions, such as Oklahoma State University, the University of Kansas, Illinois Institute of Technology, University of

California, Berkeley, and University of Houston – Downtown have offered courses in fire protection engineering or technology.

- In Europe, the University of Edinburgh has been among the first universities to offer a degree in Fire Engineering and had its first research group in fire in the 1970's (these activities are now conducted at the new BRE Centre for Fire Safety Engineering). Other European Universities active in the fire engineering are Lund University, Stord/Haugesund University College, University of Manchester, University of Ulster, University of Leeds, University of Greenwich and London South Bank University

References:

1. BS 5306 : Part 2: "Design of Automatic Sprinkler Systems", 1990
2. Singapor Standard : Code of Practices
   i. CP 10 : "Code of practice for the installation and servicing of electrical fire alarm systems", 2005
   ii. CP 13 : "Code of practice for mechanical ventilation and air-conditioning in buildings", 1999
   iii. CP 29 : "Code of practice for fire hydrant systems and hose reels", 1998
   iv. CP 31 : "Code of practice for installation, operation, maintenance", performance and constructional requirements of mains failure standby generating systems", 1996 (Revised as SS 535 : 2007)
   v. CP 52 : "Code of practice for automatic fire sprinkler system", 2004
   vi. CP 55 : "Code of practice for use and maintenance of portable fire extinguishers", 1991
3. NFPA
   i. NFPA 10: Standard for Portable Fire Extinguishers
   ii. NFPA 12: Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems
   iii. NFPA 13: Standard for the Installation of Sprinkler Systems
   iv. NFPA 14: Standard for the Installation of Standpipe, Private Hydrant, and Hose Systems
   v. NFPA 17: Standard for Dry Chemical Extinguishing Systems
   vi. NFPA 17A: Standard for Wet Chemical Extinguishing Systems
   vii. NFPA 70: National Electrical Code
   viii. NFPA 72: National Fire Alarm Code
   ix. NFPA 92A: Recommended Practice for Smoke-Control Systems
   x. NFPA 101: Life Safety Code
   xi. NFPA 110: Standard for Emergency and Standby Power Systems
   xii. NFPA 170: Standard for Fire Safety Symbols
   xiii. NFPA 318: Standard for the Protection of Cleanrooms
4. Malaysia Regulations
   i. Uniform Building Bylaw
   ii. Guide on Fire Protection Systems in Buildings (Red Book)

မြန်မာနိုင်ငံ မှာလည်း နွေရာသီ ဆို မီးကိုပဲ ကြောက်နေရတာ ပါ။ သာမန် ပြည်သူတွေ မှာ မီးကင်းစောင့်ရ၊ အထုတ်ပြင်ရ နဲ့ အလုပ်လည်း ဖြောင့်ဖြောင့် လုပ်ကြရဟန် မတူပါဘူး။ ရန်သူမျိုးငါးပါး ထဲမှာ ပါဝင်တဲ့ မီးကြောင့် ဆုံးရှုံးတာ ကလည်း များလှပါပြီ။
ဒီမီးဘေး ကာကွယ်ရေး စနစ်တွေ ထွန်းကားလာ၊ သုံးစွဲလာ နိုင်မယ် ဆိုရင် ကုန်ကျစရိတ် ရှိပေမဲ့ မဆုံးရှုံးသင့် တာ မဆုံးရှုံးတော့ တဲ့အပြင် ပိုမို လုံခြုံမှု ကိုပေးပါလိမ့်မယ်။

Wednesday, April 29, 2009

Water Tanks (ရေကန် များ)

- အဆောက်အအုံ တိုင်းလိုလို မှာ သောက်ရေ၊ သုံးရေ က လိုအပ်ချက် အမျိုးမျိုး ရှိပါတယ်။ သောက်ဘို့၊ ချိုးဘို့၊ ဆေးကြောဘို့၊ အစားအစာ စီမံ ချက်ပြုတ်ဘို့၊ အပင်တွေရေလောင်း ဘို့၊ စိုက်ပျိုးရေး၊ မွေးမြူရေး အတွက်၊ အရေးပေါ် မီးငြိမ်းသတ် နိုင်ဘို့၊ ကုန်ပစ္စည်း ထုတ်လုပ်ဘို့ တွေ အပြင် အခြားသုံးစွဲစရာ အကြောင်းတွေ အများကြီး ရှိပါတယ်။
- ဒါကြောင့် Storage Water Cistern (Bulk Water Storage Tank) လို့ခေါ်တဲ့ အဆောက်အအုံ သုံး ရေလှောင်ကန် တွေ က မပါမဖြစ် ပါဝင်လာရပါတယ်။ ဒီလို ရေကန်၊ ရေစည် တွေ ကို သုံးခဲ့တာ ကလည်း ရှေးပဝေသဏီ၊ လူတွေရဲ့ ယဉ်ကျေးမှု စတင်ခဲ့တဲ့ အချိန် က စတင် ခဲ့တာပါ။

- Introduction
  - I. Basic Design Consideration
  - II. Components of a Water Tank
  - III. Level of Components (လိုအပ်တဲ့ အစိတ်အပိုင်း တွေရဲ့ အမြင့် သတ်မှတ် နေရာချထားခြင်း။)
  - IV. Coordination with Architecture & Structure : Architects & Structure Engineer တို့နှင့် ညှိနှိုင်း ခြင်း။
  - V. Tank Storage Capacity တွက်ချက်ခြင်း၊
  - VI. Maintaining Water Quality
  - VII. Design to Install Panel Tanks
  - VIII. Standard Specifications
  - IX. Review

I. **Basic Design Consideration**

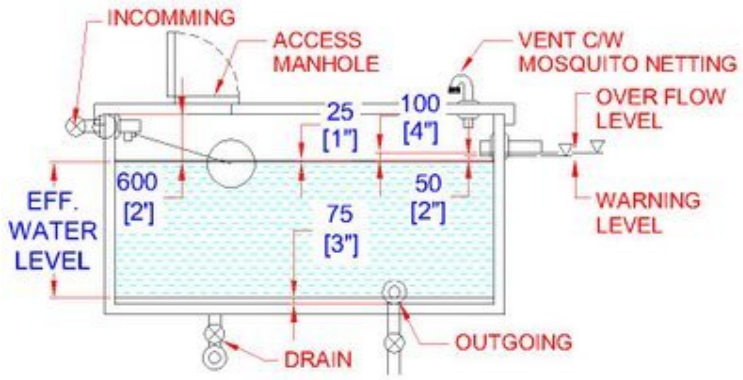
- ရေပေးဝေ တဲ့ စနစ် ရဲ့ reliability (မှီခိုအားထားနိုင်မှု) နဲ့ ကိုယ့် အဆောက်အအုံ ရဲ့ အသုံးပေါ် မူတည်ပြီး ရေမပြတ် ရလေအောင် (အမြဲတန်း လိုအပ်တဲ့ ရေ အဆင်သင့် ရနိုင်အောင်)၊ လိုအပ်တဲ့ ရေ ပမာဏ ကို သိုလှောင်မှုလည်း လိုအပ်လေ့ ရှိပါတယ်။
- အဆောက်အအုံ တွေမှာ ရေကို သိုလှောင် ရခြင်း အကြောင်းရင်းတွေ ကတော့
  - i. ရေဝေတဲ့ ဌာန က ပေးတဲ့ ရေမလာတဲ့ အခါ၊ လိုအပ်ချက် ကိုဖြည့်နိုင်အောင်
  - ii. ရေပေးတဲ့ ပိုက် mains တွေအတွက် maximum rate of demand ကိုလျော့ချ ပေးဘို့ပါ။ ဒါက ရေဖြန့်တဲ့ ဘက်ကကြည့်မယ် ဆိုရင် လည်း ဖြန်းကနဲ တအားဆွဲသုံး မဲ့ အစား တဖြည်းဖြည်း ချင်းဖြည့်ပေး ခြင်းအားဖြင့် maximum rate of demand ကိုလျော့ချ ပေးနိုင်ဘို့ပါ။ Water supply company တွေ က လည်း ရေမီတာ တွေ ကို တတ်ဆင်ပေးတဲ့ အခါ Maximum demand အပေါ် ကို အခြေခံ လေ့ မရှိပဲ တစ်နေ့ပျမ်းမျှ အသုံးအား ပေါ်မှာပဲ အခြေခံ တွက်ချက်ပြီး တတ်ဆင် ပေးလေ့ရှိပါတယ်။ Maximum demand လိုအပ်ချက် ရဲ့ တစ်စိတ်တစ်ပိုင်း ကို Storage Tank က နေ ဖြည့်ဆီးပေး ရပါတယ်။
  - iii. Fire Protection (မီးသတ်ဘို့ အတွက်) ဆိုရင် လည်း အရေးပေါ်အခြေအနေ အတွက် လိုအပ်မဲ့ ရေ အမြဲ အဆင်သင့် ဖြစ်နေအောင် သိုလှောင် ထားရပါတယ်။
- ရေလှောင်မဲ့ Water Tanks အပြင်က ရေညစ်ပတ် တွေစိမ့်မဝင် အောင်၊ အထဲက ရေတွေ စိမ့်မထွက်နိုင်အောင် watertight ဖြစ်နေဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။ ဒါ့အပြင် တိုက်စား၊ပွန်းစား၊ (သံ) ချေးတက်၊ စတဲ့ Corrosion ဒါဏ်တွေ ကို လည်း ခံနိုင်ရည် ရှိတဲ့ material တွေကိုသုံးပြီး တည်ဆောက် ရပါတယ်။ ဒီ materials တွေ က ရေရဲ့ quality ကို မထိခိုက်စေဘို့ လိုပါတယ်။ အရသာ နဲ့ အနံ့ ကိုသာမက ရေရဲ့ PH Level နဲ့ အခြား ဓာတ်ပြုမှုတွေ ကိုပါ မဖြစ်စေဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။ ရေညို၊ ဘက်တီးရီးယား နဲ့ အခြား အနုဇီဝ ပိုးမွှားတွေ ပေါက်ပွားတာ ကို အားပေးနိုင် တဲ့ materials တွေ လည်း မဖြစ်ရပါဘူး။ ခဲဆိပ် မသင့်စေဘို့ အတွက် ခဲ (Lead) လုံးဝ မသုံးရပါဘူး။
  (မြန်မာပြည်မှာတော့ သံဖြူဆရာတွေ သွပ်ရေပုံး၊ ရေကန် လုပ်ဘို့ ခဲသုံးနေဆဲ ဖြစ်တာ ကို စိတ်မကောင်းစရာ တွေ့နေ ရဆဲပါ။)
- ဒါကြောင့် water tank/container ကိုဒီဇိုင်းလုပ်တဲ့ အခါ ရေကို မထိခိုက် မညစ်ညမ်းစေရအောင် ဂရုစိုက်ရပါမယ်။ ဘက်တီးရီးယား နဲ့ ပိုးမွှားတွေ၊ ရေညှိရေမှော်တွေ၊ pH အပြောင်းအလဲ၊ minerals (သတ္တုဓာတ်) တွေ စုလာတာ အစ ရှိတဲ့ ပတ်ဝန်းကျင်ရဲ့ negative influences (ပယောဂ) တွေ ကြောင့် သိုလှောင်ထားတဲ့ ရေတွေကို ညစ်ညမ်းသွားစေ နိုင် ပါတယ်။ မှန်မှန်ကန်ကန် စနစ်တကျ ဒီဇိုင်း လုပ်ထားမယ် ဆိုရင် ဒီ negative effects တွေ ကို လျော့ပါးစေ နိုင်ပါတယ်။
- သောက်သုံးရေ ကို ညစ်ညမ်းစေနိုင်တာ ကို ကာကွယ်ဘို့ အတွက် မလိုအပ်တဲ့ unauthorized access ကနေ လုံခြုံအောင် ကာကွယ် ပေးရပါမယ်။ အပြင်လူ အလွယ်တကူ မဝင်ရောက် နိုင်ဘို့ အတားအဆီး ထား ပေးရပါမယ်။ Contamination နဲ့ pollution လို့ခေါ်တဲ့ ရေကို ညစ်ညမ်းစေမှု အမျိုးမျိုး မဖြစ်အောင် လည်း ကာကွယ်ပေးရပါမယ်။
- အဆောက်အအုံ တွေ မှာ အသုံးများတဲ့ materials တွေ ကတော့
  - i. ကွန်ကရစ်၊ ကျောက်တုံး concrete, stone,
  - ii. ပလတ်စတစ် တွေဖြစ်ကြ တဲ့ plastics [polyethylene (PE), polypropylene (PP)],
  - iii. ဖန်မျှင် တွေနဲ့ အားဖြည့်ထားတဲ့ fiberglass, [FRP/GRP (Glass-fiber Reinforced Polyester)]
  - iv. သံမဏိ steel (welded or bolted, carbon or stainless) တွေဖြစ်ကြပါတယ်။
- မြေကြီးကို တူးပြီး ရေလှောင်ထားတဲ့ ကန်တွေ ကို လည်း tanks လို့ ခေါ်နိုင်ပါတယ်။ (မြန်မာပြည် က မြစ်ဝကွန်းပေါ် ရေငံဒေသတွေ မှာ တစ်နှစ်စာ အတွက် မိုးရေလှောင် ဘို့ တွေ့ရလေ့ရှိတဲ့ သောက်ရေကန် မျိုး ကိုခေါ်တာ လို့ ထင်ပါတယ်။။) သစ်သားနဲ့ လုပ်တဲ့ စည်တွေ လည်း အချို့နိုင်ငံ (မလေးရှား၊ စကာ်ပူ မပါ။) တွေ မှာသုံးတာတွေ့ရပါတယ်။
- အဆောက်အအုံ တွေ မှာ အသုံးများတာ က FRP (GRP) Tanks, Steel Tanks နဲ့ RC Tanks တွေ ပါ။ မလေးရှားနိုင်ငံ မှာတော့ သောက်ရေ သိုလှောင်မဲ့ RC Concrete tank တွေ မှာ PE lining ပါထည့်ပေး ရလေ့ရှိပါတယ်။

- အမြင့်ကို တင်ထားတဲ့ ရေကန် (ရေစင်) တွေ ကိုတော့ Elevated Water Tanks (သို့) water towers လို့ခေါ်လေ့ရှိသလို High Level Cistern လို့လည်းခေါ်တတ်ပါတယ်။ လိုအပ်တဲ့ ဖိအား pressure ရနိုင်တဲ့ အမြင့်မှာတင်ထား ခဲ့မယ် ဆိုရင် pressure boosting လုပ်ဘို့ မလိုအပ်ပဲ တန်းသုံးနိုင်ပါတယ်။ ဒီလို high level cistern ကနေထုတ်ယူ သုံးစွဲ တာ ကို Gravity Feed လို့ ခေါ်လေ့ရှိပါတယ်။ ဥပမာ အားဖြင့် သုံးစွဲမဲ့ နေရာအထက် 70 feet (21 m) အမြင့်မှာ တင်ထားတဲ့ water tank တစ်ခု က နေ gravity feed နဲ့ပေးခဲ့ မယ်ဆိုရင် static pressure 30 psig (~ 2.1 barg) လောက်ရပါလိမ့်မယ်။ ဒါက အိမ်သုံး domestic plumbing appliances အတော်များများ အတွက် လုံလောက်တဲ့ pressure ပါ။
- Water tank application အတွက် လိုအပ်တဲ့ အချက်အလက် တွေ က material ရွေးတာတင် မကပါဘူး။ အောက်မှာ ဖော်ပြထားတဲ့ အချက်အချို့လည်း လိုအပ်လေ့ ရှိတတ်ပါတယ်။
  - i. Water tank ထားမဲ့နေရာ။ (indoors, outdoors, above ground or underground)
  - ii. သိုလှောင်ရမဲ့ ရေထုထည် ပမာဏ (Volume of water tank will need to hold)
  - iii. ဒီထဲက ရေကို ဘာအတွက် အသုံးပြုမှာလဲ။
  - iv. ပတ်ဝန်းကျင် အပူချိန်။ ရေခဲနိုင်မဲ့ နေရာ ဆို Insulation လိုလာမယ်၊ နေရောင် တိုက်ရိုက်ထိ လို့ ကြွတ်နေအောင် ပူလာနိုင်မဲ့ နေရာဆို ထပ်ဆင့် အမိုး လိုကောင်း လိုမယ်။
  - v. ရေဖိအား Pressure requirements
  - vi. ရေကို ဘယ်လိုသွင်းယူမှာလဲ။ (Automatic Control Valve, Sensor operated valves, pumps, etc.)
  - vii. ဘယ်လို ထုတ်ပေးမှာလဲ။ (Gravity, Via Pump, etc.)
  - viii. မုန်တိုင်း၊ လေပြင်းဒါဏ်၊ ငလျင်ဒါဏ် ခံနိုင်ရည် ရှိဘို့ လိုအပ်တဲ့ နေရာတွေ အတွက်လား။ ဒါဆိုရင် Wind and Earthquake design considerations ထည့်သွင်း ပေးရ ပါမယ်။
- FRP နဲ့ GRP က Glass-fiber Reinforced Polyester တစ်ခုထဲ ကိုပဲ အတိုကောက် ခေါ်တဲ့ အမည် ကွဲ တွေပါ။ ဒီ material မှာ အထူးသတိ ထားရမဲ့ အချက် ကတော့ လိုအပ်ချက် ကို ဖြည့်ဆီးပေးနိုင်တဲ့ material quality ပါပဲ။ Manufacturer တစ်ခုထည်း မှာတောင် မှ ဒီဇိုင်း ကို လိုက်ပြီး quality က ကွာခြားနိုင်ပါတယ်။ ဒါကြောင့် Sekisui Tank က ဘယ်လို ဆိုထားလဲ ဆိုရင်.

  "All Water Tanks Are NOT Created Equally!"
- နာမည် ရှိတဲ့ Sekisui လို FRP Tanks Manufacturer အများစု က လူတွေ လက်ခံနိုင်တဲ့ material quality ကိုပေးနိုင် ပေမဲ့ အချို့ Manufacturer က ပြီးစလွယ် ထုတ်တဲ့ Poor Quality Tank တွေ က ခနလေးနဲ့ ပျက်စီးတာ၊ ရေရဲ့ Quality ကို ထိခိုက်စေတာ မို့ မလေးရှား နိုင်ငံ KL တစ်ဝိုက် ကို ရေဖြန့်ဖြူးပေးတဲ့ S Y A B A S က 2005-2006 ဝန်းကျင်လောက် မှာ FRP Tank တွေကို သုံးစွဲ ခွင့် (ယာယီ) ပိတ်ခဲ့ပါတယ်။ အဲဒီနောက် ထုတ်လုပ်သူတွေ က ၁၀နှစ် အနည်းဆုံး အာမခံ ကြောင်း 10 Years Warranty ပါ တင်ပြ မှပဲ ပြန်လက်ခံမယ် လို့ ဆိုခဲ့ပါတယ်။

II. Components of a Water Tank

o အတန်အသင့် ကြီးမားတဲ့ ရေကန် တစ်ခုမှာ ပါဝင်ရလေ့ တဲ့ components အစိတ်အပိုင်း တွေ ကို အောက်ကပုံ



မှာဖော်ပြထားပါတယ်။

o Water Tank တစ်ခု မှာ ပါဝင်ရမဲ့ အဓိက အစိတ်အပိုင်း တွေ ကတော့

1. Water Inlet (ရေဝင်ပေါက်)
2. Water Outlet (ရေထွက်ပေါက်)
3. Overflow (ရေလျှံ ပေါက်)
4. Drain (ရေဖောက်ထုတ် ပေါက်)
5. Vent (လေဝင်၊ လေထွက်)
6. Access Manhole (Hatch) (အဖုံး (သို့) လူဝင်ပေါက်)

   အခြား လိုအပ်နိုင်တာ တွေ ကတော့။

7. Warning (အသိပေးပိုက်)
8. Cat Ladders လှေခါး (အတွင်း၊ အပြင်၊)
9. Level Indicators (ရေမှတ်)
10. Partitions
11. Balancing Pipe (if partitioned / compartmented)
12. Level Sensors / Electrodes
13. Sampling Pipes

o ဒီ Components တွေ ကို စဉ်းစားတဲ့ အခါ အသုံးပြုမဲ့ လိုအပ်ချက် နဲ့ တွဲ စဉ်းစားပေးရပါတယ်။ ဥပမာ။

. Water Inlet မှာ Ball Float Valve ပါဝင်ခဲ့မယ် ဆိုရင် သူ့ကို maintenance လုပ်ဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။ ဒီအခါ မှာ ရေကို မထိခိုက်စေပဲ လွယ်လွယ် ကူကူ maintenance လုပ်နိုင်ဘို့ Manhole က Inlet နဲ့ ကပ်လျက် adjacent panel ဖြစ်ဘို့ လိုပါတယ်။

i. Manhole နဲ့ Internal Cat Ladder ကို တည့်တည့် ရှိနေမှ အောက်ကို ဆင်းလို့ လွယ်ကူပါမယ်။

ii. Manhole ကို ဖွင့်ထားတဲ့ အခါ Cad Ladder (သို့) သွားမဲ့ လမ်းကြောင်း ကို ပိတ်ပစ်သလို မဖြစ်သွား အောင် ဖွင့်မဲ့ ဘက်ကို လည်း စဉ်းစားရပါမယ်။

iii. Manhole ထားဘို့ အသင့်တော်ဆုံး Panel ကတော့ Corner ပါ။

iv. ရေတွေ stagnant သိပ်မဖြစ်ပဲ ညီညီမျှမျှ စီးသွားနိုင်ဘို့ Inlet နဲ့ Outlet နှစ်ခု Diagonally Opposite ဖြစ်ဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။

v. Vent Opening က အမြင့်ဆုံးမှာ ရှိရမယ်။ ဒါမှ ရေအတွက်အကျ ဖြစ်တဲ့ အခါ လေကို အသွင်းအထုတ် လုပ်နိုင်မှာ ဖြစ်ပြီး Harmful gas accumulation ကိုလည်း ကာကွယ်နိုင်မယ်။

vi. Drain/ Scour က အနိမ့်ဆုံး မှာရှိရမယ်။ ဒါမှ ရေ အားလုံး ကုန်အောင် ဖောက်ထုတ်နိုင်မယ်။

စသည်ဖြင့်.... ပေါ့။

III. **Level of Components (လိုအပ်တဲ့ အစိတ်အပိုင်း တွေရဲ့ အမြင့် သတ်မှတ် နေရာချထားခြင်း။)**

o ရေကန် တစ်ခုရဲ့ လိုအပ်တဲ့ အစိတ်အပိုင်း တွေရဲ့ အမြင့်တွေ ကို သတ်မှတ်နိုင်ဘို့ လိုအပ်တဲ့ အစီအစဉ် ကို အောက်မှာ

ဖော်ပြထားပါတယ်။

0. INLET LEVEL: ကန်ထဲ ကို ရေဝင် လာမဲ့ အပေါက်ရဲ့ အောက်ခြေအမှတ် ကို ခေါ်တာပါ။ Float Valve ဆိုရင်တော့ သူ့ရဲ့ ထွက်ပေါက်ရဲ့ အနိမ့်ဆုံး အမှတ် ကိုခေါ်ရပါလိမ့်မယ်။

1. OVERFLOW LEVEL: အဓိက ကတော့ ကန်ထဲကရေ နဲ့ အဝင်ပိုက် က ရေ၊ တိုက်ရိုက် မထိရအောင် ကာကွယ်ပေးဘို့ အတွက် ရေလျှံကျစေဘို့ပါ။ အရွယ်အစား အားဖြင့် အဝင်ပိုက်ထက် အနည်းဆုံး One Size-up ကနေ 50% လောက်ထိ ပိုကြီးထား ပေးရပါတယ်။ (အဝင် က Pressure များရင် များသလောက် အားကောင်းနိုင်ပေမဲ့ အထွက် က gravity flow မို့ အရွယ်တူရင် ဝင်သလောက် လျှံထွက်နိုင်မှာ မဟုတ်ပါဘူး။) အမြင့်ဆုံး အမှတ် က Inlet Level ထက်နိမ့်ရမှာ ဖြစ်ပြီး warning pipe ထက် ၂ လက်မ (50mm) လောက် မြင့်ထားပေးရပါတယ်။

2. WARNING LEVEL: ရေလျှံကျတော့ မဲ့ အကြောင်း အသိပေးနိုင်ဘို့ ပါ။ အချိန်မီ အဝင် ကို ပိတ်ပေးရင် ရေ မဆုံးရှုံး ရဘူးပေါ့။ ရေကန်အကြီးတွေ မှာ ထည့်ပေးရလေ့ ရှိပါတယ်။ ရေကန်ငယ် တွေ မှာ တော့ Overflow pipe က warning pipe ပါပဲ။ ပုံမှန်အားဖြင့် လိုအပ်တဲ့ Top water level ထက် ၁ လက်မ (25mm) လောက် မြင့်ထားပေးရပါတယ်။

U P C မှာတော့ ဝင်လာတဲ့ ရေရဲ့ Flowrate ကိုမူတည် ပြီး Overflow Pipe Sizes တွေ ကို အခုလို သတ်မှတ် ပေးထားပါတယ်။

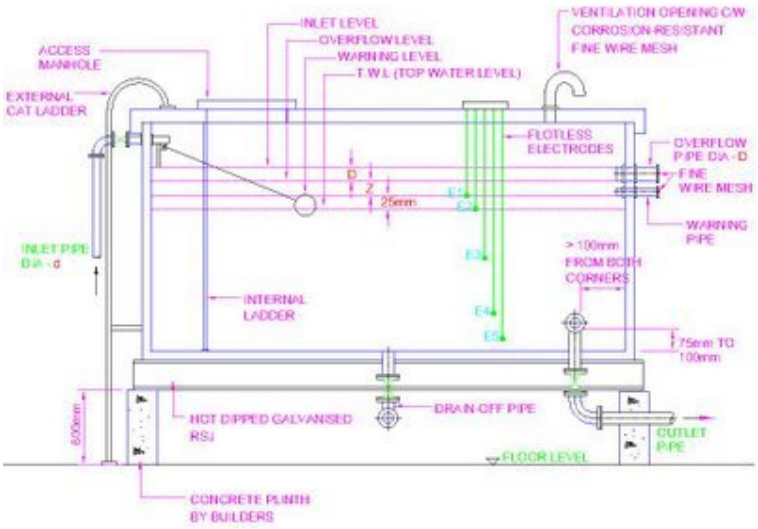
Maximum Capacity of Water Supply Line to Tank (gpm)	Diameter of Overflow Pipe (inches)
0 - 50	2
50 - 150	2½
150 - 200	3
200 - 400	4
400 - 700	5
700 - 1,000	6
Over 1,000	8

3. For SI: 1 inch = 25.4 mm, 1 gallon per minute = 3.785 L/m.
4. T.W.L (TOP WATER LEVEL): အမြင့်ဆုံး ထိန်းသိမ်းသိုလှောင် ဘို့ လိုအပ်တဲ့ ရေမှတ်ပါ။ အရံသိုလှောင်ရတဲ့ Fire Protection Storage Tanks တွေမှာဆို သူ့ကို ပုံမှန်ရေမှတ် NORMAL WATER LEVEL လို့ခေါ်ပါတယ်။ ဒီရေမှတ် ရောက်ရင် ရေအဝင် ကိုပိတ်ပေး ရပါမယ်။ ဝင်လာမဲ့ ရေကို မလျှံကျခင် အလိုအလျောက် ပိတ်ပေးနိုင်ဘို့ Float-operated valve (or) adjustable valve (or) pilot operated valve (သို့) အခြားသင့်တော်တဲ့ နည်းလမ်း တစ်ခုခု ကိုသုံးပေးရပါမယ်။ လွယ်လွယ်ကူကူ ပြင်ဆင် လဲလှယ်နိုင်တဲ့ ပစ္စည်း ဖြစ်ဘို့လည်း လိုအပ်ပါတယ်။
5. L.W.L (LOW WATER LEVEL): ရေကန် က အနိမ့်ဆုံး ထိန်းသိမ်းသိုလှောင် ဘို့ လိုအပ်တဲ့ ရေမှတ်ပါ။ Pump Suction မဟုတ်တဲ့ gravity outlet ရှိတဲ့ water tank အတွက် ကတော့ Outlet Level ကို ခေါ်ပါတယ်။ Pump Suction အတွက်ဆိုရင် တော့ Pump ကလက်ခံနိုင်တဲ့ အမြင့် ကို ခေါ်ပါတယ်။
6. OUTLET LEVEL: ရေထွက်ပေါက် ရဲ့ အောက်ခြေမှတ် ဖြစ်ပါတယ်။ သောက်သုံးရေကန် တွေဆို အနည်အနှစ် တွေ မပါဘို့ အတွက် ကန်အောက်ခြေ မျက်နှာပြင် ကနေ ၃-၄ လက်မ (75 to 100mm) လောက် မြှင့်ထား ပေးရပါတယ်။
7. DRAIN / SCOUR LEVEL: ကန်ထဲ ကရေတွေ ကို အကုန်လုံး ဖောက်ထုတ်ဘို့ အတွက် လိုအပ်တဲ့ ရေထုတ်ပေါက် ပါ။ လွယ်လွယ် ကူကူ ဖောက်ထုတ် နိုင်ဘို့ အတွက် ကန်ရဲ့ အောက်ခြေ မျက်နှာပြင် ကို drain ရှိတဲ့ ဘက်ကို Sloped ခပ်ပြေပြေ လျော့စောက် လုပ်ပေးရပါတယ်။ ရေကန်ရဲ့ ရေရှိတဲ့ နေရာ ရဲ့ အနိမ့်ဆုံး အမှတ်ပါ။
   U P C မှာတော့ သိုလှောင်ထားနိုင်မဲ့ ရေပမာဏTank Storage Capacity ကိုမူတည် ပြီး Drain Pipe Sizes တွေ ကို အခုလို သတ်မှတ် ထားပါတယ်။

Tank Capacity (gallons)	Drain Pipe (inches)
Up to 750	1
751 to 1,500	1½
1,501 to 3,000	2
3,001 to 5,000	2½
5,000 to 7,500	3
Over 7,500	4

8. For SI: 1 inch = 25.4 mm, 1 gallon = 3.785 L.

- ဒီ အမြင့် လိုအပ်ချက် တွေ ကို နေရာချ ထားတဲ့ Panel Tank တစ်ခု အတွက် လိုအပ်ချက်တွေ ကို (Ref: စကာ်ပူ) မှာ

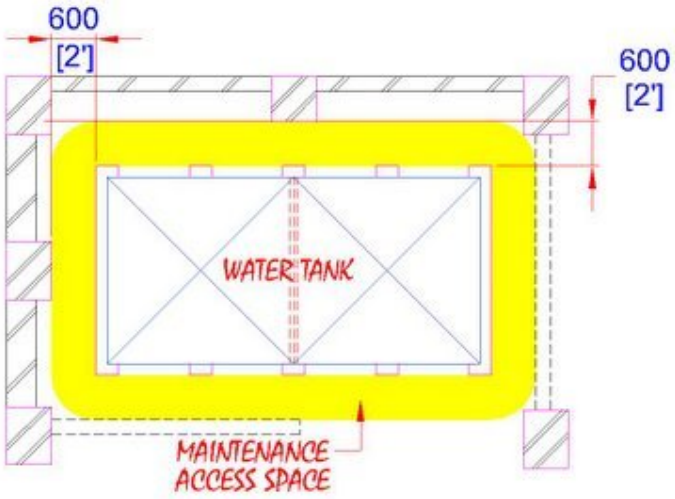


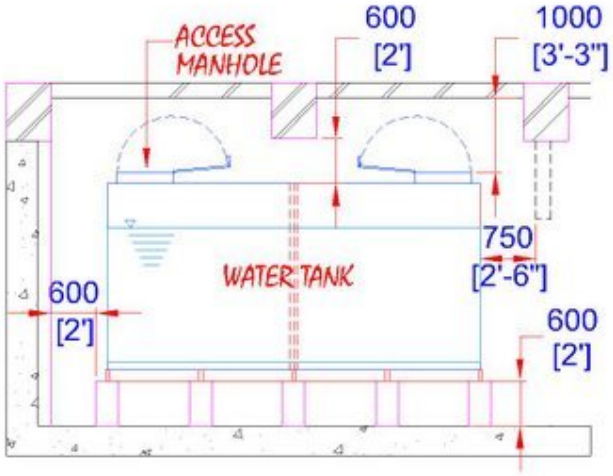
ဒီလို ဖော်ပြထားပါတယ်။

Inlet - d (mm)	20	25	30	40	50	65	100	150	200	300
Overflow Minimum D(mm)	25	30	40	50	65	100	150	200	300	500
Minium Z (mm)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

IV. Coordination with Architecture & Structure

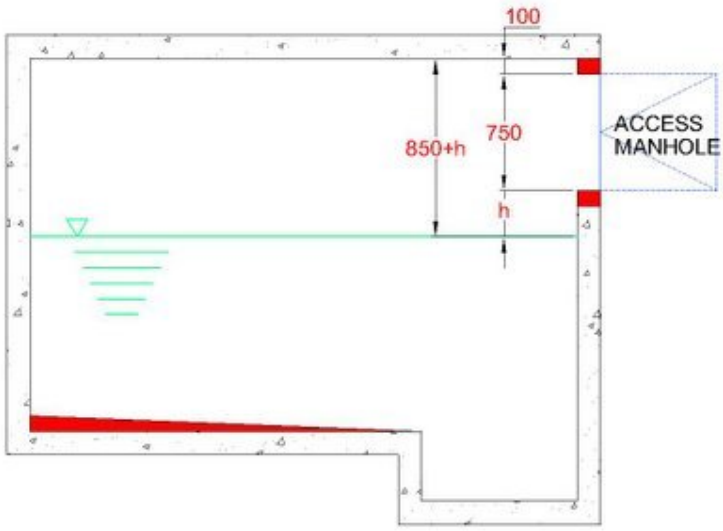
- **Space Coordination : နေရာလျာထား သတ်မှတ်ခြင်း။**
  - Space for Access Manhole Openings (min 3ft (or) 900mm. Clear) ကန် အပေါ်က Manhole (လူဝင်ပေါက်) ကိုသွားနိုင်ဘို့ အတွက် အနည်းဆုံး ၃ပေ၊
  - For Panel Tanks: Parameter Maintenance Access (2 ft (or) 600mm Net min.), and Bottom of the Tank (2 ft (or) 600mm Net min.) Panel Tanks: တွေ တပ်ဆင်ဘို့ နဲ့ ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းနိုင်ဘို့အတွက် ဘေးပတ်ပတ်လည် မှာ အလွတ် သက်သက် အနည်းဆုံး ၂-ပေ စီ။





o တကယ်လို့ Manhole (လူဝင်ပေါက်) ကဘေးဘက်မှာ ထားရမယ်ဆိုရင် Manhole အရွယ်ကို 750mm(၂-ပေခွဲ) x 750mm (၂-ပေခွဲ) လောက်ထားရပါမယ်။ 600mm(၂-ပေ) x 600mm (၂-ပေ) ဆိုရင် အဝင်အထွက် အလွန်ခက် လို့ပါ။ ဒီအခါ Freeboard လိုအပ်ချက်က 1,200mm (၄-ပေ)

လောက်ဖြစ်သွားပါလိမ့်မယ်။



- ဒါ့အပြင် သင့်တော်တဲ့ နေရာမှာ ချထားပေးဘို့၊ စဉ်းစားရမဲ့ အချက်တွေ ကတော့
  - i. Plumbing System တွေ ရဲ့ Pressure Requirements
  - ii. ပြုပြင်ထိန်းသိမ်း ဘို့ အတွက် လိုအပ်တဲ့ Maintainability Access
  - iii. အပေါ်၊ အောက်၊ ဘေးမှာ ရှိတဲ့ အခန်းတွေ နဲ့ တတ်ဆင် မဲ့ Services တွေ (to check if there is any contamination source)
- **Structural Impacts**
  - Structural Load တွက်တဲ့ အချိန် မှာ ရေကန်တွေ ရှိတဲ့ နေရာ ကို အထူး သတိထား ဦးစားပေး စဉ်းစားရပါတယ်။ ရေရဲ့ အလေးချိန် (Load) က များလို့ ပါ။ ဥပမာ။ Unit Area (1 m^2) နဲ့ စဉ်းစားမယ် ဆိုရင် 1m Height ရေထု ရှိတဲ့ ရေရဲ့ weight က 9.81kN/m^2 ရှိပါတယ်။
  - ဒါ့အပြင် ရေကန် ကို I-Beam တွေ RC Plinth တွေ နဲ့ Support လုပ်ရတဲ့ အခါ more concentrated load ဖြစ်သွားပါတယ်။ ဒါကြောင့် ကန်မြင့်လာလေ Structure Design က ရှုတ်ထွေးလာလေ ဖြစ်ပါတယ်။ (ဒါကြောင့် ကန်ရဲ့ အမြင့် ကို Structural Engineer နဲ့ မဆွေးနွေးပဲ ပြောင်းလို့ မရကြောင်း အမှတ်ရစေ လိုပါတယ်။)

V. Tank Storage Capacity တွက်ချက်ခြင်း၊

- တကယ်သုံး လို့ရမဲ့ ရေပမာဏ ကို Effective Capacity လို့ခေါ်ပါတယ်။ သူ့ကို ရဘို့ အတွက် ပထမ Effective Height ကို တွက် ယူရပါမယ်။ Top Water Level Low Water Level နှစ်ခုကြားက အမြင့်ပါ။

  Effective Height = T.W.L – L.W.L

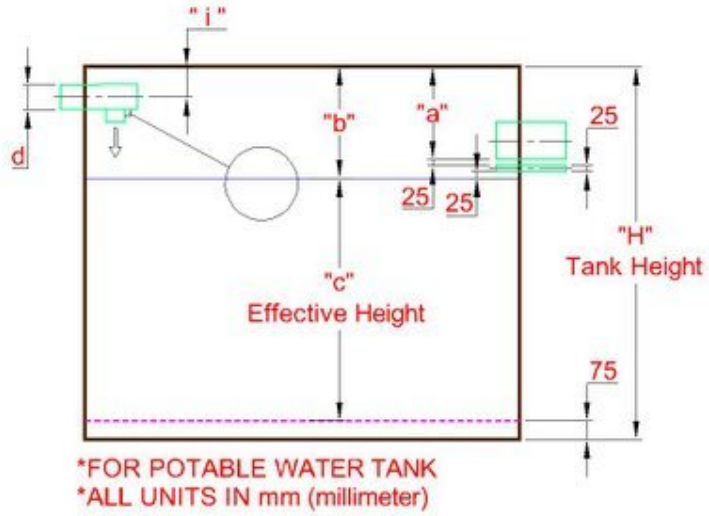
- ဒီ T.W.L နဲ့ L.W.L အမှတ်နှစ်မှတ် ကြားမှာ ရှိနေတဲ့ water volume ကို effective capacity လို့သတ်မှတ်ပါတယ်။ Uniform Tank Internal Area ဆိုရင်တော့

  Effective Vol = Tank Internal Area x Effective Height

- အများအားဖြင့် ရေလျှံ ဆုံးရှုံးမဲ့ High Level ထက်ကျော်လာတဲ့ အခြေအနေ နဲ့ ရေပြတ်လပ်မဲ့ အခြေအနေ ဖြစ်တဲ့ Low Level အောက် ရောက်သွားတဲ့ အခြေအနေ တွေ မှာ အသိပေး နိုင်ဘို့ Alarm ကိုလည်း ထည့်သွင်း ထားလေ့ ရှိပါတယ်။

- **Domestic Water Storage Tank**

- စကာ်ပူ နိုင်ငံ မှာ တွက်ချက်လေ့ ရှိတဲ့ ပုံကို အပေါ်မှာ ဖော်ပြခဲ့ ပါတယ်။ အသုံးများတဲ့ ပုံစံ နဲ့ Simplify



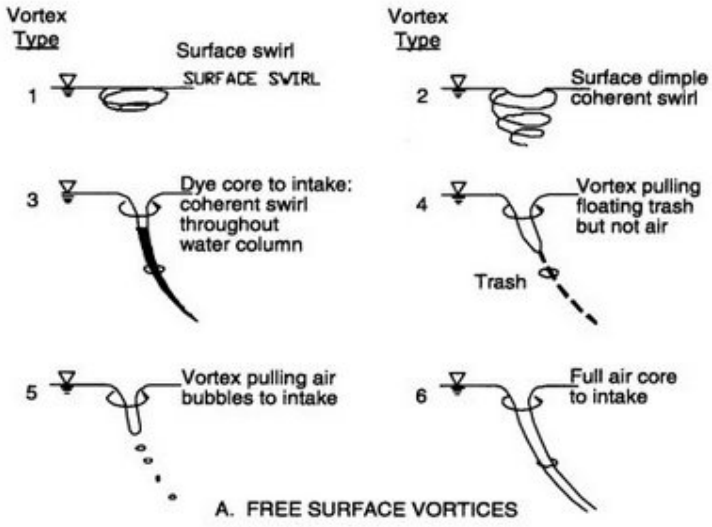
လုပ်မယ် ဆိုရင်

d (mm)	100	150
i (mm)	142	178
a (mm)	440	530
b (mm)	515	605
c (mm)= H-b - 75	H - 590	H - 680

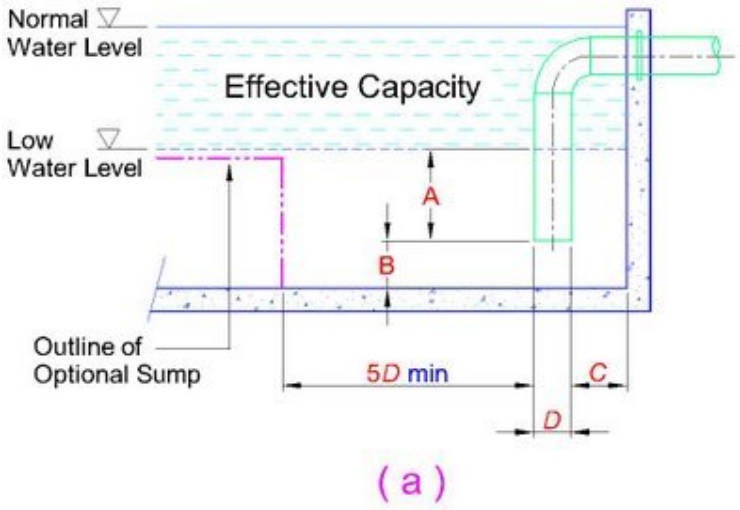
-
- ဒါကြောင့် ဒီဇိုင်း အစ နဲ့ နေရလျာထားဘို့ တွက်ချက်တဲ့ အခါ အကြမ်းအားဖြင့်
  Effective Water Height (m) = Tank Height (m) – 0.7 m
  နဲ့ယူလေ့ရှိပါတယ်။
- ဒီမှာ သုံးထားတဲ့ Float Valve ရဲ့ နမူနာ ကို လေ့လာ ချင်ရင်တော့ EBCO Ball Float Valve ကို Download လုပ်ယူပါ။
- Pilot-Controlled-Valve ကို တော့ Singer Valves: Non-Modulating Float Control Valve မှာ လေ့လာ နိုင်ပါတယ်။
- Floatless Level Controller အသုံး နမူနာ တွေကိုတော့ Omron: Automatic Water Supply and Drainage Control မှာ Download Product Brochure ကို နှိပ်ပြီး ရယူနိုင်ပါတယ်။

- **Pump Suction Tanks**
  - Pump တွေ ရေစုတ်ယူ တဲ့အခါ Water Level နဲ့ Suction Pipe က အရမ်း နီးလာရင် အပေါ်က လေကို ပါဆွဲစုတ်ပါတယ်။ လေဆင်နှာမောင်း အသေးစား ပုံစံ မျိုးပါ။ Pump Suction ရေထဲမှာ လေခိုလာရင် Cavitation လို့ခေါ်တဲ့ Pump Impeller ကိုဒုက္ခပေးမဲ့ အဖြစ် ဖြစ်ပေါ်လာပါတယ်။ ဒီအကြောင်းအသေးစိတ် ကို သိချင်ရင်တော့ Pump Intake Basin Design နဲ့ပတ်သက်တဲ့ စာအုပ်တွေ ကိုရှာဖွေ ဖတ်ရှု နိုင်ပါတယ်။

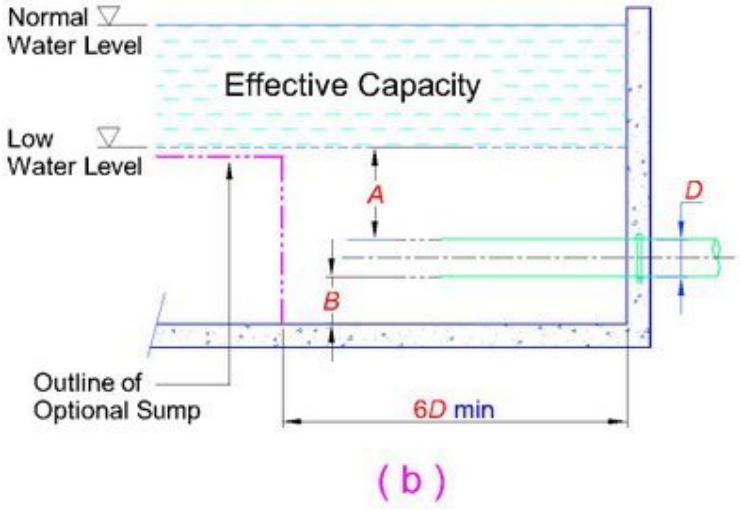
- Help for calculating the minimum submersion to avoid vortex formation at the pump suction tank



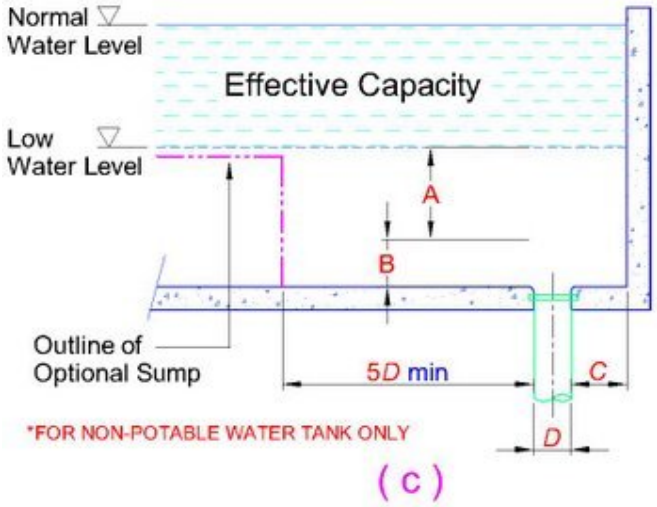
  - ဒါကြောင့် ဒီလို vortex ဖြစ်ပေါ်ပြီး နောက် Air bubbles တွေပိုက်ထဲ ဝင်လာနိုင်တဲ့ Water Level အထိမကျ ခင် Pump ကို ရပ်ရပါမယ်။ ဒီ Level ကို Low Level လို့သတ်မှတ်ပါတယ်။
  - Pump Suction Tank တွေကို တွက်တဲ့ အခါ ဒီအချက် ကိုပါထည့်သွင်း စဉ်းစားပေးစေလိုပါတယ်။
- **Fire Protection System Storage Tank (for Pump Suction)**
  - Fire Protection အတွက် လိုအပ်တဲ့၊ အမှန်တကယ် သုံးလို့ ရနိုင်မဲ့ Effective Capacity ကို ရေပမာဏ ကို တွက်ချက်တဲ့ အခါ အထက် က ပြောခဲ့တဲ့ Pump Suction အတွက် လိုအပ်ချက် တွေ ကို သတ်မှတ်ထည့်သွင်း ပေးထားတတ်ပါတယ်။ vortex inhibitor လို့ခေါ်တဲ့ vortex ကို လျော့နည်းစေနိုင်တဲ့ Fitting ကို သုံးဘို့လည်း အားပေး လေ့ရှိပါတယ်။ ဒီလို သတ်မှတ်ချက် ပုံတွေ ကို အောက်မှာ ဖော်ပြထားပါတယ်။(Ref: BS 5306: Part 2 : 1990)



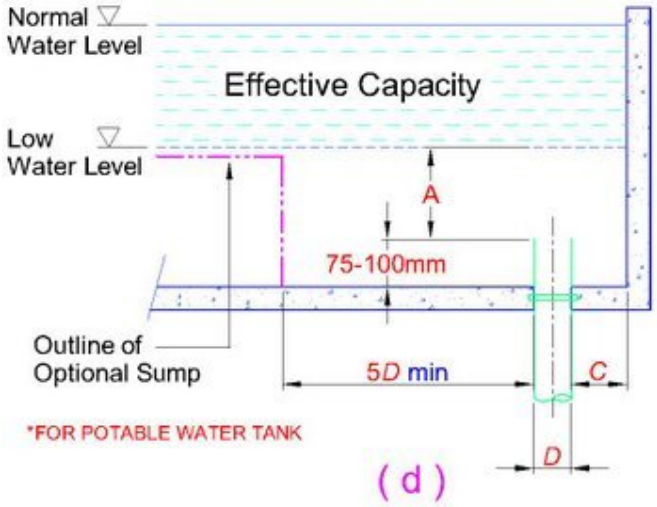
.


Normal
Water Level
Effective Capacity
Low
Water Level
A
D
B
Outline of
Optional Sump
6D min
(b)

a.


Normal
Water Level
Effective Capacity
Low
Water Level
A
B
Outline of
Optional Sump
5D min
C
*FOR NON-POTABLE WATER TANK ONLY
D
(c)

b.


Normal
Water Level
Effective Capacity
Low
Water Level
A
75-100mm
Outline of
Optional Sump
5D min
C
*FOR POTABLE WATER TANK
D
(d)

c.

o မှတ်ချက်။

- Provision of Sump လုပ်ပေးတာ က Effective Capacity ကို တိုးစေပါတယ်။ ဘာလို့လဲ ဆိုတော့ tank ရဲ့ အခြေက Low Water Level ဖြစ်နိုင်လို့ပါပဲ။
- Dimension **A** = Distance between Low Water Level and Highest Point of Water Entry into the pipe
- Dimension **B** = Distance between the base of the Tank (or sump if provided) and Lowest edge of the Pipe (or the underside of vortex inhibitor if vortex inhibitor is fitted)
- Dimension **C** = Distance from the Wall to the nearest edge of the pipe bore (or nearest periphery of vortex inhibitor if vortex inhibitor is fitted)

- Table for Suction Size Inlet Clearance

Normal Suction Pipe Size **D** (mm)	Dimension **A** (mm)	Dimension **B** (mm)	Dimension **C** (mm)
65	250	80	20
80	310	80	24
100	370	100	30
150	500	100	45
200	620	150	60
250	750	150	75
300	875	200	90
350	1,000	200	105

- **Tank Storage Capacity**
  - Symbol တွေကို ဒီလို သတ်မှတ်ရအောင်။ (အပေါ်က Dimensions တွေ နဲ့ သွား မရောမိစေနဲ့အုံး နော။)
    - **A** = Internal Area
    - **d** = Internal Diameter
    - **L** = Internal Length
    - **W** = Internal Width
    - **H** = Effective Height
  - တွက်ချက် ပုံ ကတော့ ရေရဲ့ Volume (ထုထည်) ကို ရိုးရိုးလေး တွက် အဖြေ ရှာရ တာပါပဲ။ သိထားရမဲ့ Unit Conversions တွေ ကတော့
    - 1 m^3 = 1,000 L (liters)
    - 1 ft^3 = 7.48 gal (U.S gallon)
    - 1 ft^3 = 6.23 igal (U.K Imperial gallon)
    - 1 gal (U.S gallon) = 0.833 igal (U.K Imperial gallon)
  - တွက်ပုံတွက်နည်းတွေ ကို အောက်မှာ ဆက်လက် ဖော်ပြ ပေးထားပါတယ်။

  - **I.P** (USCS) Units
    - Capacity (gal) =[A (ft^2) x H(ft)] x 7.48 (gal/ft^3)
    - For Rectangular Tank Capacity (gal) = 7.48 x L(ft) x W(ft) x H (ft)

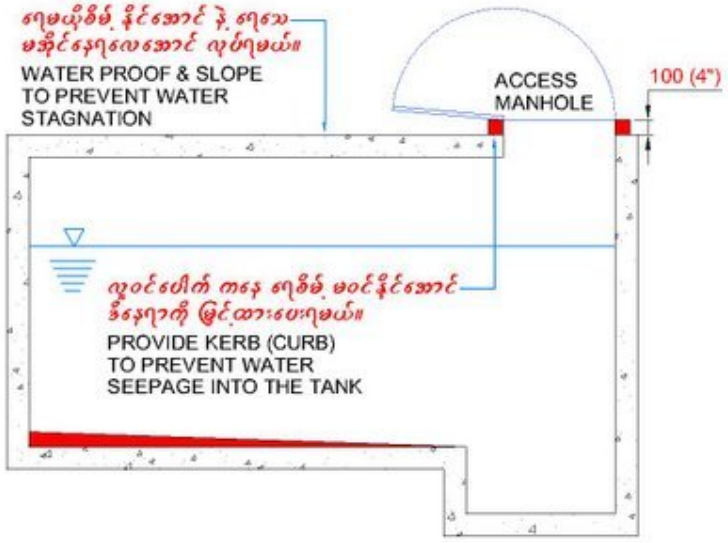
- Cylindrical Tank Capacity (gal) = 0.25 x π x d(ft)² x H (ft) x 7.48
  (OR) 5.875 x d(ft)² x H (ft)
- To get imperial (UK) gallon (igal), multiply (US gal) by 0.833(I gal / US gal)

- **S.I** Units
  - Capacity (m^3) = [A (m) x H(m)]
  - Rectangular Tank Capacity(m^3) = L(m) x W(m) x H (m)
  - Cylindrical Tank Capacity (m^3) = 0.25 x π x d(m)² x H (m)
    (OR) 0.7854 x d(m)² x H (m)
  - To get liters (L), multiply (m^3) by 1,000 (L / m^3)

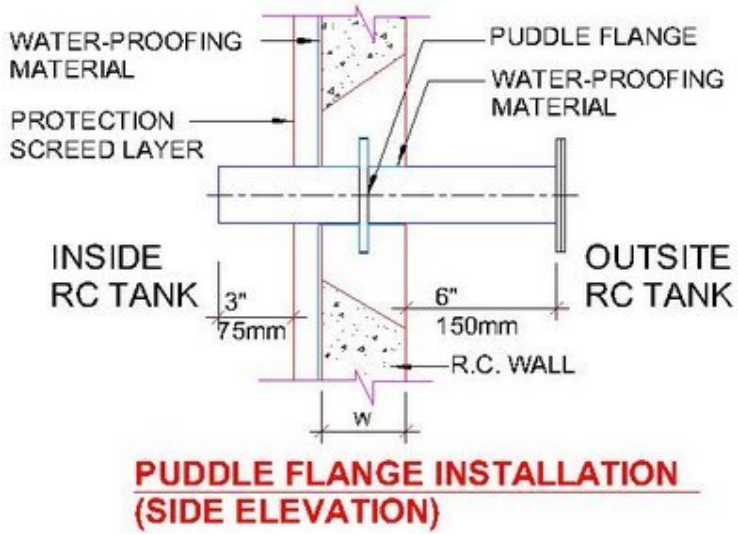
VI. Maintaining Water Quality

- ရေရဲ့ quality ကို မထိခိုက်စေဘို့ လိုအပ်ချက်တွေ ထဲ မှာပထမ ပါတာ က back-siphonage (or) cross connection ကို ကာကွယ်ဘို့ လိုအပ်တဲ့ back flow prevention ပါ။ အဝင် ပိုက်ဘက် ကို contamination ပြန်မသွားနိုင်ဘို့ အတွက် ကတော့ အထက်မှာ ဖော်ပြခဲ့ တဲ့ overflow pipe arrangement က တာဝန်ယူပါလိမ့်မယ်။ ရေကန် ကနေ ပေးတဲ့ ဘက်မှာ တော့ good plumbing practices အတိုင်း appliances တွေ မှာ လိုအပ်တဲ့ air gap / air break (or) back flow prevention devices ပါရင်ပါ၊ Check valve လို back flow prevention devices တွေ မပါပဲ တိုက်ရိုက် ဆက်လို့ မရပါဘူး။
- သောက်သုံးရေ တွေ အတွက် အဓိက စဉ်းစားရတာ က stagnant (ရေသေ) ဖြစ်မနေဘို့ပါ။ ရေအဝင် နဲ့ အထွက် ကို ဝေးအောင် diagonally opposite ထားပေးခြင်း အားဖြင့် ရေကို ပုံမှန်လည်သွားအောင် လုပ်နိုင်ပါတယ်။ ဒါကြောင့် ဒီအချက် ကို လည်း Code of Practices အချို့မှာ ထည့်သွင်းထားပါတယ်။ အသုံးနည်းတဲ့ နေရာတွေ မှာ တစ်ခါတစ်ရံ ရေသေ တွေ ကို ဖောက်ထုတ် လဲလှယ် ပေးရ နိုင်ပါသေးတယ်။
- အထူးသဖြင့် potable water storage tank (သောက်ရေကန်) တွေ ဆောက်တဲ့ အခါ ပတ်ဝန်းကျင် က အညစ်အကြေး တွေ စိမ့်ဝင်မလာဘို့ အထူးသတိ ထားရပါတယ်။ ကန်ရဲ့ အပေါ်မှာ Drainage / Sewerage ရေဆိုး ပိုက်တွေ၊ ထွက်ပေါက်တွေ နဲ့ အခြား Contamination Sources တစ်ခုမှ မရှိရပါဘူး။ တစ်နည်းအားဖြင့် ပြောရရင် အိမ်သာတို့၊ kitchen တို့ အောက်တည့်တည့် မှာ မဖြစ်ရပါဘူး။ (ဖြစ်ခဲ့ရင် နောက်ထပ် RC slab အလွှာ တစ်ခု (သို့) အားလုံးကို ကာမိမဲ့ drain pan ကိုသုံးရပါလိမ့်မယ်။)
- သောက်ရေ နဲ့ သောက်ရေ မဟုတ်တဲ့ ကန်နှစ်ခု ကို Common wall မသုံးရပါဘူး။ R.C Tank ဆိုရင် မြေကြီးနဲ့ တိုက်ရိုက်ထိနေ တဲ့ Lean concrete (or) retaining wall တွေ ကို တိုက်ရိုက်သုံးခွင့် မရှိပါဘူး။ ဒီ wall / floor နဲ့ကြားမှာ ရေဖြတ် မစီးနိုင်အောင် small air gap (or) perforated material ကြားခံပြီး သီးသန့် wall layer သတ်သတ်ကို ဆောက်ပေးရပါမယ်။
- ရေကြီးနိုင်တဲ့ နေရာ၊ ရေစိမ့်ဝင် နိုင်တဲ့ နေရာတွေ မှာ လည်း potable water tank (သောက်ရေကန်) မထားသင့်ပါဘူး။
- ရေမစိမ့်ထွက်စေဘို့ Water proofing ကလည်း R.C tank တွေအတွက် အဓိက အရေးပါ ပါတယ်။ water tank က အရေးကြီးတဲ့ အခန်းတစ်ခုခု ရဲ့ အပေါ်ရောက် နေရင် water proofing layers သာမက double layer slabs တွေ ကိုပါ ထည့်သွင်းပေးရ နိုင်ပါတယ်။

- Water tank ရဲ့ အမိုးမှာ ရေမစိမ့်၊ မဝပ်နေ ရအောင် ဂရုစိုက် ရတဲ့ အပြင် Access Manhole ကနေ ရေစိမ့် မဝင်အောင် ပါ ဂရုစိုက်ရပါမယ်။



- RC Tank တွေမှာ ရှိတဲ့ Penetration ပိုက်တွေ ဘေးကနေ ရေယိုစိမ့် တာကို တားဆီးပေးဘို့ နဲ့ ရေရဲ့ တွန်းအား ကို ခံနိုင်ဘို့ Puddle Flange ကို ထည့်ပေးရပါတယ်။ Puddle Flange သုံးရခြင်း အကြောင်းရင်းတွေ ကတော့၊
  - ရေစိမ့်တာ ကို တားဘို့ (To provide water barrier when a pipe passes through a concrete wall of a water retaining structure.)
  - ရေတွန်းအား ကို ခုခံပေးဘို့၊ (To act as a thrust flange when enclosed within a concrete wall, for example, a valve pit.)
  - ဒီလို သုံးဘို့ အတွက် puddle flanges တွေကို စက်ရုံ မှာ တပ်ဆင် ထုတ်လုပ် ထားတဲ့ pipes တွေရဲ့ အရည်အသွေး က ပိုကောင်း နိုင်ပါတယ်။ (It is recommended that puddle flanges are factory fitted onto pipes.)
  - Puddle Flange နမူနာ ပုံတစ်ခု ကို အောက်မှာ ဖော်ပြပေးထားပါတယ်။



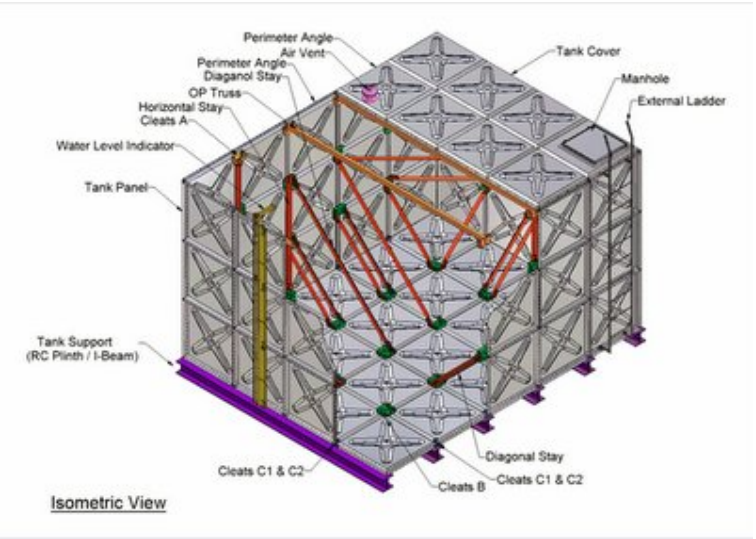
- အတန်သင့်ကြီးမားတဲ့ (SS CP48: Storage Capacity : 5 cu.meter ထက်ကြီးတဲ့) water tank တွေမှာ လိုအပ်လာမဲ့ maintenance တွေဖြစ်တဲ့ repair (ပြင်ဆင်ဘို့)၊ cleaning (သန့်ရှင်းရေးလုပ်ဘို့) တွေ အတွက် လည်း

အခန်း နှစ်ခန်းခွဲ (compartmented) ၊ ဒါမှမဟုတ် နှစ်ကန်ခွဲ (Series of Tanks) လုပ်ပေးရပါတယ်။ နှစ်ကန့်လုံးမှာ Inlet, outlets, overflow, warning, manhole, ladders အစရှိတဲ့ components တွေ သီးသန့် ပါဝင်လေ့ ရှိပြီး ပုံမှန် အခြေအနေ မှာ water level နှစ်ခုကို ထိန်းညှိပေးမဲ့ balancing pipe ကိုထည့်သွင်းပေးရပါတယ်။

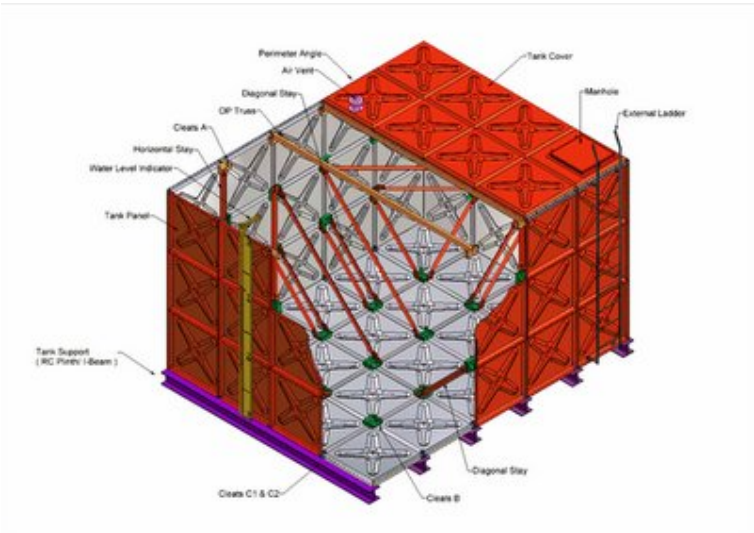
- o အင်းဆက် ပိုးမွှားတွေ မဝင်နိုင်အောင်၊ ခြင်ဝင်မည အောင်၊ ပေါက်လာတဲ့ ခြင်တွေ မထွက်လာ နိုင်အောင် Vent & Overflow Opening တွေ မှာ Corrosion-Resistant Screen ခပ်စိတ်စိတ် နဲ့ အုပ်ပေး၊ ကာပေး ထားရပါမယ်။ Singapore SS CP48 အရ ဆိုရင် Corrosion-resistant mosquito-proof netting of aperture size not exceeding 0.65 mm ဖြစ်ပြီး U P C မှာ သတ်မှတ်ထားတာ အရ ဆိုရင်တော့ not less than 16 by 20 mesh per inch (630 by 787 mesh per m) နဲ့ Screen လုပ်ထားပေး ရပါမယ်။

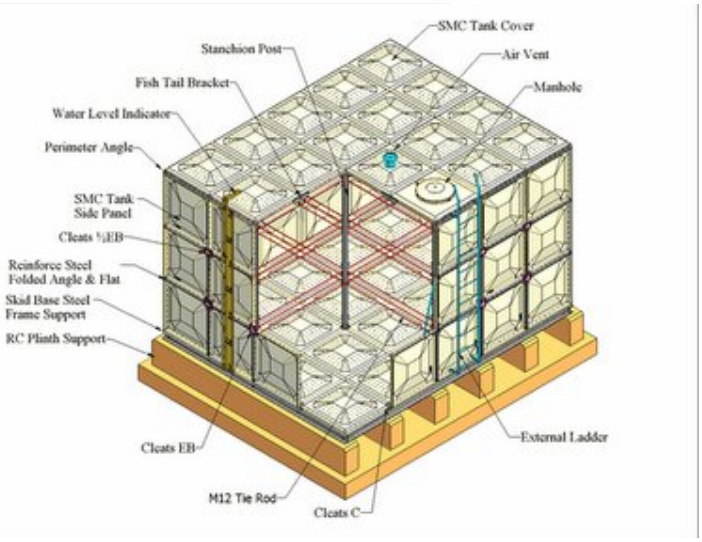
VII. **Design to Install Panel Tanks**

- o FRP Tank မှာပါတဲ့ Panels တွေ နဲ့ Components တွေ ကို Web ပေါ်မှာ လေ့လာချင်ရင် တော့ အောက်မှာ ဖော်ပြထားတဲ့ Manufacturer – Bridgestone (နာမည်ကြီး ကားတာယာတွေ လည်း ထုတ်လုပ်သူ) ကိုရည်ညွှန်း လိုက်ပါတယ်။
  0. Bridgestone Water Supply Systems
  1. Bridgestone Tank Features
  2. Bridgestone Tank Configuration : ဒီ page ရဲ့ အောက်ဆုံး Accessories အောက်မှာ Interactive Figure တစ်ခု ပါပါတယ်။ အကြမ်းဖျဉ်း သွားရောက် လေ့လာနိုင်ပါတယ်။
- o စကာ်ပူ မှာ တော့ Bridge Stone နဲ့ Sekisui အသုံးများပါတယ်။ မလေးရှား နိုင်ငံ ကထုတ်တာတွေ ကိုလည်း သုံးတာ တစ်ခါတစ်ရံ တွေ့ရပါတယ်။
  0. Sekisui Water Storage Tanks, Japan
- o မလေးရှားနိုင်ငံ မှာ အသုံးများတဲ့ Manufacturers တွေကတော့
  0. Hong Fatt, Water Tank Manufacturer, Malaysia
  1. Steelworks Engineering, Water tank manufacturer and supplier, Malaysia
- o U.S လို မြေနေရာ ပေါတဲ့ ဒေသ မှာတော့ Cylindrical Tank ကြီးတွေ အသုံးများပါတယ်။ Manufacturers အချို့ကို အောက်မှာ ဖော်ပြ ပေးထား ပါတယ်။ U.S Manufacturersတွေက Literature တွေ စုံစုံလင်လင် ပေးထားလေ့ ရှိတာမို့ သွားရောက်လေ့လာ စေလိုပါတယ်။
  0. American Tank Co., Inc., U.S.A
  1. Aquastore Tanks , Engineered Storage Products Company, U.S.A
  2. BH Tanks Inc., U.S.A
  3. Rosenwach Tank Inc.: ဒီ ကုမ္ပဏီ ကWooden Tanks (သစ်သားစည်) တွေကိုပါ ထုတ်လုပ် ပေးပါတယ်။
- o FRP Panel Tanks တွေက FRP အများအားဖြင့် Metric Tanks : 4m (1m x 4), 16 ft (4' x 4) လောက် အထိပဲ ထုတ်လုပ် တပ်ဆင် လေ့ရှိပါတယ်။ ခံနိုင်ရည် ကြောင့် ဖြစ်မလားပဲ။ ဒီထက် Height ပိုတဲ့ Tank တွေက တော့ Steel Tank ကိုသုံးရပါလိမ့်မယ်။
- o Panel Tank အချို့ရဲ့ ပုံကို အောက်မှာဖော်ပြထားပါတယ်။



- Typical Steel Tank
- Typical Galvanised Epoxy Coated Tank





- Typical SMC/FRP Tank

- တပ်ဆင် မှု အဆင့်ဆင့် ကတော့ အကြမ်းအားဖြင့်
  . RC Foundations
  A. Steel Skids
  B. Install Panels & Components
  C. Water Leak Test
- ရေဖိအား ဒါဇာခံနိုင်ဘို့ အထဲ မှာ ကျားကန် ထားတဲ့ bracing steel rods တွေ ထည့်သွင်း ပေးထားရပါတယ်။
- စာရေးသူ အလုပ်စလုပ် ခါစ လောက်တုန်းက FRP Tank ဆင်တာကို ပထမဆုံး မြင်ဘူးခဲ့ ပါတယ်။ Tank က အကြီးကြီး၊ ပြီးတော့ Bolt & nut တွေ ကလည်းအများကြီး တပ်ရမှာ မို့ အတော်ကြာမယ် လို့ထင်ခဲ့ ပါတယ်။ တစ်ရက်၊ နှစ်ရက်လောက် မှာပြန်သွားကြည့်တော့ ပြီးနေပါပြီ။ Power Tools တွေရဲ့ စွမ်းအားကို အဲဒီမှာ စ သတိပြုမိ ပါတယ်။ Bolt & nut တစ်ခုစီ ကို တက်တောက်တက်တောက် ခွ နဲ့ ကျပ်ရမယ် လို့ထင်ခဲ့ မိတာကိုး။
- ကန်တွေ က ဆင်ပြီးခါစ Water Leak Test လုပ်ရင် ယိုတာပါပဲ။ အရင်တုန်းက စာရေးသူ က ဆင်တဲ့သူ ကို မေးခွန်းတစ်ခု မေးဘူးပါတယ်။
  "Are you sure that there will be no leak?
  "I can guarantee you there will not be no leak? If no leak, it is not we, who install them..."
  မယိုရင် ငါတို့ကြောင့် မဟုတ်ဘူး တဲ့။ မှန်ပါတယ်။ ပြီးမှ ယိုတဲ့ နေရာတွေ နား တစ်ဝိုက် က bolt & nut ကိုပြန် လိုက် tighten လုပ်ပေးမှ အယိုရပ် သွားတာပါ။ နောက်ပိုင်းမှာ တော့ ယိုခဲပါတယ်။
- Sekisui Plant Systems Co., Ltd တပ်ဆင်မှု အသေးစိတ် ဖော်ပြထားတဲ့ "Sekisui Plant Systems Co. Ltd – Tank Installation Manual " ကို pdf ပြောင်းပြီး mediafire မှာ တင်ပေးထားပါတယ်။

- FRP Panel Tank တစ်ခု၏ အတွင်းပိုင်း မြင်ကွင်း

(၁)

- FRP Panel Tank တစ်ခု၏ အတွင်းပိုင်း မြင်ကွင်း

(၂)

- ကျားကန်ပေးထားသော Bracing Rods များ။

- Galvanized Steel Panel Tank တစ်ခု အတွက် Steel Skid

ဆင်နေပုံ။

- Galvanized Steel Panel Tank တစ်ခု အတွက် Panel စတင်

တပ်ဆင်နေပုံ။

- ပြီးစီးသွားသော Galvanized Steel Panel Tank [For Fire Protection

Services]

VIII. **Standard Specifications**

Water Tank တွေ က အရေးကြီး တာ မို့ တိုးတက်တဲ့ နိုင်ငံတိုင်း လိုလိုမှာ လိုက်နာရမဲ့ Standard Specificatioinsတွေ ကို ဖော်ပြထားလေ့ ရှိပါတယ်။ ဥပမာ FRP Tank အတွက် ဆိုရင်

- Singapore Standard SS 245 : 1995 Glass reinforced polyester sectional water tanks
- British Standard BS EN 13280:2001 Title Specification for glass fibre reinforced cisterns of one-piece and sectional construction, for the storage, above ground, of cold water
- AWWA American Water Works Association ကလည်း လိုက်နာရမဲ့ AWWA Standards တွေ ကို သတ်မှတ်ပေးထားပါတယ်။

IX. **Review**

1. Effective Water Depth (Height) ကို ဘယ်လိုတွက် မှာလဲ။
2. Effective Capacity ကို အမြန်ဆုံး ဘယ်လိုတွက် မှာလဲ ရော သိပြီလား။
3. ဆင်ရ လည်း လွယ်အောင်၊ Maintenance လည်း လွယ်လွယ် ကူကူ လုပ်လို့ ရအောင် လိုအပ်တဲ့ နေရာကို ဘယ်လိုလျာထား ရမှာလဲ။
4. Tank Assembly ကို ဖြန့်ချတဲ့ Assembly Drawing က ဘယ်လိုလဲ။ Most Economy ဖြစ်အောင် ဘယ်လို အချိုး (L x W x H) ကိုရွေးချယ်သင့်သလဲ။
5. Tank ရဲ့ Pump Suction အတွက် ဘာတွေ သတိထားရမလဲ။
6. Components တွေ ကို ဘယ်လို Arrange လုပ်မလဲ။

References:

1. Plumbing Engineering Services Design Guide, *The Institute of Plumbing, UK*
2. International Plumbing Code , *International Code Council*
3. *Singapore Standard Code of Practice* - CP: 48 Code of Practice for Water Services
4. *British Standard* BS 5306: Part 2 : 1990 Design of Automatic Sprinkler Systems

Wednesday, February 11, 2009

Electrical Power Distribution in Buildings

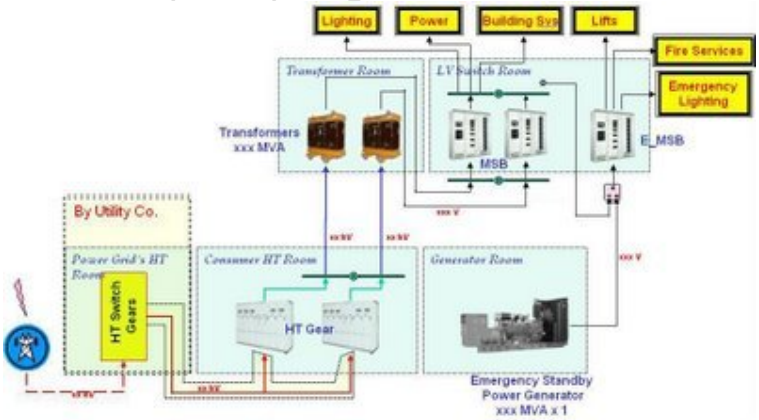
- စက်မှုထွန်းကားလာတာ နဲ့ အတူ လျှပ်စစ်ဓာတ်အား သုံးစွဲ မှု ကလည်း ပိုမိုလာပါတယ်။ မီးထွန်းဘို့၊ အိမ်သုံးဘို့ သာမက စက်ရုံအလုပ်ရုံ နဲ့ အဆောက်အအုံ တွေ၊ လမ်းပန်းဆက်သွယ်ရေး တွေ မှာပါ မရှိမဖြစ် အရေးပါ လာပါတယ်။
- ဒါကြောင့် ဒီတစ်ပါတ်တော့ Building Electrical Service ထဲ က Electrical Power Distribution အကြောင်းကို စာဖတ်သူ နဲ့ မိတ်ဆက်ပေးဘို့ ရည်ရွယ်ထားပါတယ်။

- စာရေးသူ က Mechanical အဓိက မို့ Lighting & Power ကို ဒီဇိုင်း အခြေခံ လောက် နဲ့ Design Coordination လုပ်တဲ့ အခါ သိထားသင့် တာတွေ ကို ပဲ Applied Electrical Power အနေ နဲ့ တင်ပြပေးနိုင် ပါတယ်။ ပိုမို အသေးစိတ် သိချင်ရင်တော့ စာလည်းဖတ်၊ လေ့လည်းလေ့လာ၊ အတွေ့အကြုံ ရှိတဲ့ Electrical Engineer ဆီမှာ လည်း ဆည်းပူးပါ လို့ တိုက်တွန်း လိုက်ပါတယ်။ မှီငြမ်းစရာ စာအုပ်တွေ ကိုလည်း အောက်က References Section မှာ ထည့်သွင်း ပေးထားပါတယ်။
- အဓိက တင်ပြမှာ ကတော့ အဆောက်အအုံ အတွင်း သုံး Low Voltage (LV) Systems တွေ အကြောင်း ဖြစ်ပါတယ်။
  1. Introduction to Electrical Power Distribution in Buildings
  2. Power Distribution Systems
  3. AC Fundamentals

4. Power Grids, Preliminary Load Estimates, Basic Metering Scheme
5. Major Components
    i. High Tension (Medium Voltage) Switchgear
    ii. Transformers
    iii. Standby Power Generators
    iv. Main Switch Board
    v. Control Systems
    vi. Fuse, Circuit Breakers, Protective Devices
    vii. Earth fault protection
6. Cable Sizing / Voltage Drop
7. Basic Design
8. Regulations

I. Introduction to Electrical Power Distribution in Buildings

- အတန်သင့် ကြီးမားတဲ့ အဆောက်အအုံ တစ်ခု အတွက် Power Distribution Systems တွေ့ရလေ့ ရှိတဲ့ arrangement ကို အောက်မှာ ဖော်ပြထားပါတယ်။



i. Power Grids Substation

- Utility Company အတွက် Sub-station ပါ။ HT Switch Gear ဖြစ်ပြီး အဓိက ပါဝင်မှာ က High tension အတွက် သင့်တော်တဲ့ Circuit Breaker နဲ့ Control Components တွေ ဖြစ်ကြပါတယ်။ Equipment တွေ ကို Utility Company က တပ်ဆင် ပေးပါလိမ့် မယ်။
- Switchgear : An assembly of main and auxiliary switching apparatus for operating, regulating, protection or other control of an electrical installation.

ii. Consumer Substation

- အဆောက်အအုံ ပိုင်ရှင် ရဲ့ Substation မို့ Consumer Sub-station လို့ခေါ်တာ ပါ။ HT Switch Gear ဖြစ်ပြီး အဓိက ပါဝင်မှာ က High tension အတွက် သင့်တော်တဲ့ Circuit Breaker နဲ့ Control Components တွေ ဖြစ်ကြပါတယ်။ Gas Insulated နဲ့ Air Insulated Switchgear တွေ က အသုံးများပြီး အထဲမှာ ပါဝင်တဲ့ Circuit Breaker ကတော့ SF6 Insulated Circuit Breaker (or) Vacuum Circuit Breaker ဖြစ်နိုင်ပါတယ်။
- A circuit breaker is a safety device enabling switching and protection of electrical distribution networks.

iii. Transformers

- ဒီမှာ သုံးတဲ့ Transformer ရဲ့ တာဝန်က medium voltage ကနေ အိမ်သုံး၊ စက်ရုံသုံး Equipment နဲ့ Electrical Appliance တွေ အတွက် သင့်တော်တဲ့ voltage ရအောင် step down လုပ်ပေးဘို့ပါ။

- Transformers : A device that is used to convert electricity energy from higher a.c voltage to desire consumer voltage (step down) or vice versa.

iv. **Standby Emergency Power Generators**

- အရေးပေါ် အခြေအနေ မှာ လိုအပ်မဲ့ Life Safety Systems တွေ နဲ့ မီးပြတ်ရင် ဆုံးရှုံးမှု အများကြီးရှိနိုင်တဲ့ စက်ပစ္စည်း တွေ အတွက် လိုအပ်မဲ့ standby power ပေးဘို့ အတွက် တွက်ချက် တပ်ဆင်ထားတဲ့ (အများအားဖြင့်) ဒီဇယ် Standby Power Generator ကိုခေါ်တာပါ။
- Standby Emergency Power Generators : Electricity Generator set driven by prime mover and of sufficient capacity to supply circuits carrying emergency loads with suitable means for automatic starting of the prime mover on failure of normal service

v. **Main Switchboard (MSB)**

- Switchboard : An assembly of switchgear with or without instruments, but the term does not apply to groups of local switches in final circuits.

vi. **Emergency Main Switchboard (EMSB)**

- Utility Network ကဝင်လာတဲ့ မီးပြတ်တောက် ခဲ့ ရင် Standby Back-up Electricity ကနေ အလိုအလျောက် လျှပ်စစ်ပါဝါ ပြောင်းပေးနိုင်ဘို့ တပ်ဆင်ထားတဲ့ Switchboard ပါ။ အရေးအကြီး ဆုံး ကတော့ လူတွေ ရဲ့ အသက် life safety ကို စောင့်ရှောက်ဘို့ တပ်ဆင်ထားတဲ့ Fire Protection, Smoke control systems, Emergency Lighting နဲ့ Emergency evacuation support systems တွေအတွက် မရှိမဖြစ် လိုအပ်ပါတယ်။
- Emergency Power : To supply electrical power automatically in the event of failure of the normal supply to protect equipment essential of safety to life

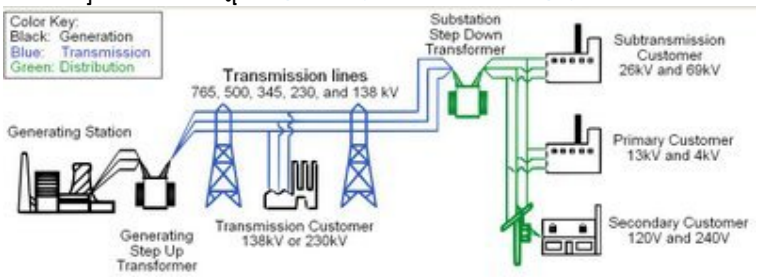
vii. **Building Power Distribution**

- Transformer အဝင်အထိ က ဗို့အားမြင့်တာမို့ High Tension (HT) Circuits တွေ လို့ခေါ်ပြီး Transformer အထွက်ကို တော့ ဗို့အားနိမ့် LV Circuits တွေလို့ခေါ်ပါတယ်။
- Cable / Busducts တွေ အတွက် လမ်းကြောင်းရှာတာ၊ Major Equipments တွေအတွက် သင့်တော်တဲ့ နေရာ လျာထား သတ်မှတ် တာ တွေ ကို Project Design Phase မှာကတည်းက လေ့လာ ညှိနှိုင်း သတ်မှတ် ထားရမှာ ဖြစ်ပါတယ်။

II. Electricity (Power) Supply Systems

- LV Distribution Systems တွေအကြောင်း ကို မဆက်ခင် အခြေခံ တချို့ကို ပြန်ပြီး မိတ်ဆက်ပေးပါမယ်။ Electricity (Power) Supply Systems တွေ ကိုခြုံငုံ ကြည့်မယ်ဆိုရင် တွေ့ရမှာကတော့၊
  - A. Power Generation Systems
  - B. Power Transmission Systems
  - C. Power Distribution Systems
  - D. Low-Voltage Systems
- Power Plants လို့ခေါ်တဲ့ Electrical Power Generators အမျိုးမျိုး ကနေ လျှပ်စစ်မာတ် ကို ထုတ်လုပ် နိုင်ပါတယ်။ ဒီ Generators တွေ ကို မောင်းနှင်ဘို့ အတွက် prime mover တွေကို ရေနံ၊ ဒီဇယ်သုံး အင်ဂျင်တွေ၊ ကျောက်မီးသွေး၊ အခြားလောင်စာတွေ Biogasifier တွေ နဲ့ Nuclear တွေ ကိုအသုံးပြုတဲ့ Steam Turbines တွေ၊ Gas Turbines တွေ သာမက Green Sources တွေဖြစ်တဲ့ Geothermal, Hydro, Tidal, Wind, Solar, etc. တွေကနေလည်း ရရှိနိုင်ပါတယ်။
- ဘယ်ကနေ ပဲ ထုတ်ထုတ်၊ စျေးနှုန်းသက်သက်သာသာ နဲ့ ဖြန့်ဝေပေးနိုင် ဘို့၊ လိုအပ်ချက်အတိုင်း အရည်အသွေး ပြည့်ဝတဲ့ ပါဝါ ရနိုင်ဘို့၊ နဲ့ ရေရှည်ထုတ်ယူနိုင်ဘို့ လိုအပ်ပါတယ်။ ဒါ့အပြင် လုံခြုံစိတ်ချ အန္တရာယ် ကင်းဝေးစေဘို့ နဲ့ ပတ်ဝန်းကျင် အပေါ် ထိခိုက် မှု နည်းစေဘို့ တွေ ကလည်းထည့်သွင်းစဉ်းစားရမဲ့ အချက်တွေပါ။

- အကြမ်း အားဖြင့် ရင်းနှီးမြှုပ်နှံမှု ရဲ့ ၅၀% ကို လျှပ်စစ်ထုတ် စက်ရုံတွေ အတွက်၊ ၃၀% ကို ပို့ဆောင်မှု အတွက်၊ နဲ့ ၂၀% ကိုဖြန့်ဖြူးဘို့ အတွက် အသုံးပြုရပါတယ်။ လောင်စာဆီဘိုး၊ လည်ပတ်စရိတ် နဲ့ ပြုပြင်ထိန်းသိမ်း စရိတ်က လည်း annual investment cost (တစ်နှစ်စာ ရင်းနှီးမြှုပ်နှံမှု ငွေ) ရဲ့ ၂၃၀% လောက် ကို ရှိနိုင်ပါတယ်။
- Power Station တစ်ခုတည်ဆောက်ဘို့ အတွက် ပျမ်းမျှ Lead Time က ၅ နှစ်လောက် လိုအပ်ပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ Investment Cost (ရင်းနှီးမြှုပ်နှံငွေ) နဲ့ (Operating Cost) လည်ပတ်ငွေ တွေကို Optimize (အကျိုးအရှိ ဆုံး အသုံးချ) နိုင်ဘို့ အတွက် Expansion Planning ကို ၁၅နှစ်လောက် ကြိုတင်လေ့လာ ဆန်းစစ်မှုပြုရပါတယ်။
- အောက်မှာ US. DOE ရဲ့ Simple diagram of electricity grids in North America ကိုဖော်ပြထားပါတယ်။



G. **Electrical Power Generation Systems**

- Electric Energy ကို အခြား Energy Supply Systems တွေ လို စီးပွားရေး အရ တွက်ချေကိုက်ကိုက် နဲ့ အကြီးအကျယ် သိုလှောင်ထားနိုင် ဘို့ဆိုတာ မဖြစ်နိုင်ပါဘူး။ ဒါကြောင့် အချိန်တိုင်း မှာ ထုတ်လုပ်တဲ့ ပါဝါ နဲ့ သုံးစွဲ တဲ့ ပါဝါ မျှနေဘို့ လိုပါတယ်။
- ဒါကြောင့် Power Plant စက်ရုံတွေကို ထိန်းချုပ်မောင်းနှင် နေတဲ့ System Control Engineer တွေက သုံးစွဲ နေတဲ့ ပါဝါ နဲ့ မျှအောင် ထုတ်လုပ်နိုင်ဘို့ စီမံရပါတယ်။ Historical Trends နောက် ၂၄ နာရီ အတွင်း လိုအပ်မဲ့ ပါဝါ အနည်းအများ ပုံစံ ကို ခန့်မှန်း နိုင်ဘို့ နဲ့ မှန်းချက် အတိုင်း ထုတ်လုပ်ပေးနိုင်ဘို့ လည်း လိုအပ်ပါတယ်။ ရှိနေတဲ့ Generators တွေနဲ့ efficiency တွေပေါ်မူတည်ပြီး အသင့်တော်ဆုံး၊ အကျိုးအဖြစ်ဆုံး၊ ရနိုင်အောင် Generators ဘယ်နှစ်ခု ဘယ်လို အစီအစဉ် နဲ့ လည်ပတ် ထုတ်လုပ် မှာလည်း အစီအစဉ် ချရပါတယ်။ ခုနောက်ပိုင်း ကွန်ပြူတာ တွေပေါ်လာတော့ ဒီလိုလုပ်ရတာ ပိုပြီး လွယ်ကူလာပါတယ်။ System Control Engineers တွေရဲ့ အဓိက တာဝန်တွေ ကတော့၊
- Minimize generation cost (ထုတ်လုပ်မှု စရိတ် လျော့ချနိုင်ဘို့)
- Ensure continuity of supply (အဆက်မပြတ် ပို့လွှတ်နိုင်တာ သေချာစေဘို့၊)
- ပုံမှန် အခြေအနေ နဲ့ ပုံမှန် မဟုတ်တဲ့ abnormal conditions အခြေအနေ အချို့တွက် Generating Units ရဲ့ operating constraints အားလုံးနဲ့ Transmission Network ရဲ့ Limits တွေ အတွင်းမှာ ပဲရှိနေဘို့ လည်းလိုအပ်ပါတယ်။

H. **Power Transmission Systems**

- Transmission Systems တွေဆိုတာ က တစ်နေရာ က တစ်နေရာ ကိုပို့လွှတ်ပေးတဲ့ စနစ်တွေ ကိုခေါ်တာပါ။
- အသုံးပြုမယ့် အနားမှာ Power Plant ရှိနေရင် တော့ Transmission Systems တွေ မလိုအပ်တော့တာမို့ အကောင်းဆုံးပေါ့။ ဒါပေမဲ့ ဒီလိုဖြစ်နိုင်ဘို့ ဆိုတာက လက်တွေ့မှာတော့ ဖြစ်နိုင်ဘို့ မလွယ်ပါဘူး။ ဥပမာ မြို့လယ်ခေါင် မှာ Power Plant ဆောက်ဘို့ဆိုတာ က အများအားဖြင့် မသင့်တော်ပါဘူး။ အလားတူပဲ သုံးစွဲနိုင်တဲ့ ပို့အားအတိုင်း အကြီးအကျယ် ထုတ်လုပ်ဘို့ ဆိုတာလည်း နည်းပညာအရ မဖြစ်နိုင်ပါဘူး။
- ဥပမာ 400V နဲ့ ထုတ်လုပ်ဖြန့်ဖြူးရင် 3 to 4 MW လောက်အထိပဲ လက်ရှိနည်းပညာ အရသင့်တော်ပါတယ်။ အလားတူပဲ 22kV နဲ့ဆို 200 MW, 66kV ဆို 780MW, ကျော်ရင် 230kV သုံး၊ 5,000 MW ကျော်လာရင် 400kV စ သည်ဖြင့်ပေါ့။
- ပို့လွှတ်ရမဲ့ စွမ်းအင် (MW) များလာတာ နဲ့ အမျှ ပို့အားမြှင့်မပေးရင် Short-circuit current က Breakers တွေ ရဲ့ Breaking Capacity ကို ကျော်လွန်လာနိုင်တာ မို့ ပို့အားကို မြှင့်ပေးရတာ ဖြစ်ပါတယ်။
- မဟာဓာတ်အားလိုင်း တွေကို မြေပေါ်၊ မြေအောက် ပို့လွှတ်ရလေ့ ရှိပေမဲ့ မြေပေါ်ကပို့လွှတ်ရတာ က ကုန်ကျစရိတ် သက်သာတာရယ်၊ သာမန် လုပ်သားကျွမ်းကျင်မှု နဲ့တင် လုပ်နိုင်တာ ရယ်၊ ထိန်းသိမ်းပြုပြင်

လို့ လွယ်ကူတာရယ် တွေ ကြောင့် ဖြစ်နိုင်ရင် Over Head Line လို့ခေါ်တဲ့ ကောင်းကင် ဓာတ်လိုင်း တွေကို အသုံးပြုကြပါတယ်။ စကာ်ပူ မှာတော့ အဓိက မြေအောက် ကနေ ပို့လွှတ်တာ ကို သုံးပါတယ်။

I. **Distribution Systems**

- Distribution Systems တွေရဲ့ အဓိက အလုပ် ကတော့ လျှပ်စစ်ဓာတ်ကို လက်ကားယူ၊ (သိုလှောင် ထားလို့ တော့ မရပဲ) ချက်ချင်း လက်လီဖြန့် ရတဲ့ သဘောမျိုး ပါ။ Large, bulk power sources ကနေ လျှပ်စစ်ဓာတ်အား ကို လက်ခံရယူ၊ တစ်ပြိုင်တည်းမှာပဲ လိုအပ်တဲ့ ဗို့အားအမျိုးမျိုး နဲ့ လက်ခံနိုင်လောက်တဲ့ reliability (ယုံကြည်စိတ်ချရမှု) နဲ့အတူ သုံးစွဲသူတွေ ဆီ အရောက်ဖြန့်ဝေ ပေးရပါတယ်။ အသုံးပြုလေ့ ရှိတဲ့ ဗို့အားတွေ ကတော့ 3.3kV, 6.6kV, 11kV, 22kV & 33kV တွေ ဖြစ်ကြပါတယ်။ အထက်မှာ ပြခဲ့တဲ့ ပုံအရ North America လို ပါဝါသုံးအား အရမ်းကြီးတဲ့ နေရာမှာတော့ 765kV အထိ သုံးတာ ကို တွေ့ရပါတယ်။
- အဓိက စဉ်းစားရမဲ့ လိုအပ်ချက်တွေ ကတော့
  - Different source to increase reliability
  - Minimum voltage variation
  - Minimum supply interruption
  - Minimum Overall cost consistent with the power quality
  - Flexible to allow expansion in small increments

J. **Low-Voltage Systems**

- LV Systems ဆိုတာကတော့ Distribution Voltage က 1000 V ထက် နည်းတဲ့ ဗို့အား ကို ဆိုလိုတာဖြစ်ပါတယ်။ အများအားဖြင့် 240, 380, 400, 415, 440, 480, 550 နဲ့ 600 V တွေပါ။
- နိုင်ငံအလိုက် သုံးစွဲတဲ့ အိမ်သုံး ဗို့ နဲ့ Frequency တွေ ကို လေ့လာနိုင်ဘို့ အတွက် ကောက်နုတ် ဖော်ပြထားပါတယ်။

Region	Type(s) of plug / socket	Voltage	Frequency
Australia	I	230 V	50 Hz
Brunei	G	240 V	50 Hz
China (mainland only)	A, C, I	220 V	50 Hz
Canada	A, B	120 V	60 Hz
France	C, E	230 V	50 Hz
Germany	C, F	230 V	50 Hz
India	C, D, M	230 V	50 Hz
Indonesia	C, F, G	127 V / 230 V	50 Hz
Japan	A, B	100 V	50 Hz & 60 Hz
Korea, South	A, B, C, F	220 V	60 Hz
Malaysia	G, M	240 V	50 Hz
Mozambique	C, F, M	220 V	50 Hz
Myanmar/Burma	C, D, F, G	230 V	50 Hz
New Zealand	I	230 V	50 Hz

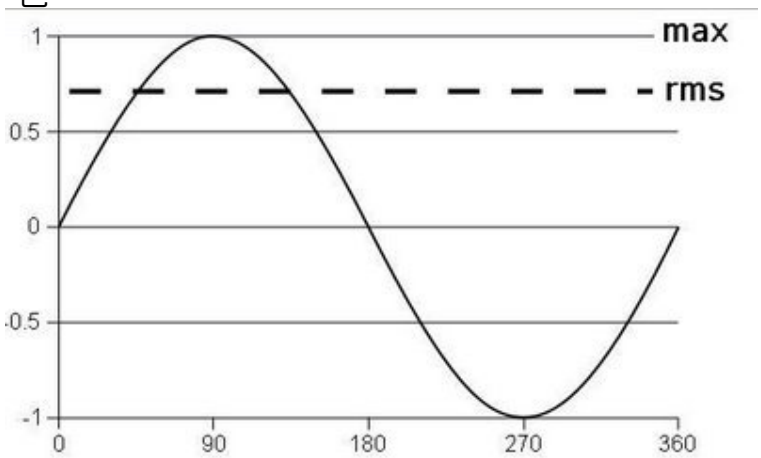
Singapore	G, M	230 V	50 Hz
Thailand	A, B, C	220 V	50 Hz
United Arab Emirates	C, D, G	220 V	50 Hz
United Kingdom	G	230 V	50 Hz
United States of America	A, B	120 V	60 Hz

- နိုင်ငံတကာ မှာ သုံးစွဲတဲ့ Voltage/ frequency အချက်အလက် တွေ နဲ့ သုံးစွဲလေ့ ရှိတဲ့ plug / socket အမျိုးအစား တွေကို ကို Mains power systems မှာ မှီငြမ်းလို့ရပါတယ်။
- AC power plugs နဲ့ sockets တွေရဲ့ အကြောင်းကို လည်း AC power plugs and sockets မှာလေ့လာနိုင်ပါတယ်။
- အသုံးများတဲ့ Frequency တွေကတော့ 50Hz / 60 Hz တွေ ဖြစ်ပါတယ်။ ဒီ Frequency ကနေ အဓိကသက်ရောက် တာကတော့ AC Motor တွေရဲ့ လည်ပတ်မှုနှုန်း rpm ပါ။ AC motor တွေရဲ့ rpm က Frequency နဲ့ စီမံထားတဲ့ Stator ရဲ့ သံလိုက်ဝင်ရိုး Pole အရေအတွက် နဲ့ သက်ဆိုင်တာ မို့ပါ။ AC motor တွေရဲ့ ideal rpm ကိုပြလေ့ ရှိတဲ့ formula ကို ကြည့်ရင်။
  rpm = (120 x F) / P
  F: Frequency (Hz), **P**: no. of Poles
- Rpm ကွာခြားလာတာနဲ့ အမျှ ဒီ motor က နေ မောင်းပေးရတဲ့ fan, pumps, compressors, etc. တွေ ရဲ့ Mechanical Power ကလည်း n^3 (Tube) တက်လာမှာ ဖြစ်ပါတယ်။ အလားတူပဲ 60Hz နဲ့ ရွေးထားတဲ့ စက်ပစ္စည်းတွေ ကို 50Hz နဲ့သုံးရင် Capacity စွမ်းအား အပြည့်ရမှာ မဟုတ်ပါဘူး။ အထူးသဖြင့် HVAC equipments တွေ နဲ့ Pumps ရွေးချယ် ဘို့ Engineering Data တွေကို ဖတ် တဲ့ အခါ 50Hz လား 60Hz လား သေချာစစ်ဆေးရမှာ ဖြစ်ပါတယ်။
- စကော်ပူ နိုင်ငံ မှာ LV Systems ဆိုတာ က Three-phase, four-wire system ဖြစ်ပြီး between line-to-line 400V ရှိပြီး between line-to-neutral ကတော့ 230V ပါ။ ဒါက distribution voltage တင်မဟုတ်ပဲ အသုံးအဆောင် appliance အများစုရဲ့ လိုအပ်တဲ့ utilization voltage လည်းဖြစ်ပါတယ်။

III. AC Fundamentals

. Sin Wave and Root Mean Square Value

- AC ဗို့အား က Frequency တစ်ခုနဲ့ အပေါင်းအနုတ် ပြောင်းလဲနေပါတယ်။ Sinusoidal Voltage အနေနဲ့ပါ။ Voltage ပြောင်းတာ နဲ့ အညီ Current



  ကလည်းပြောင်းပါတယ်။
- AC power တွေ ကို တွက်တဲ့ အခါ maximum အစား ပျမ်းမျှ voltage နဲ့ current ကိုအခြေခံ ဘို့လိုပါတယ်။ Root mean square value (rms) လို့လည်း ခေါ်ပါတယ်။ Sine wave တစ်ခုရဲ့ rms value က max value

ရဲ့ 1/√2 (~ 0.707) လောက်ရှိပါတယ်။

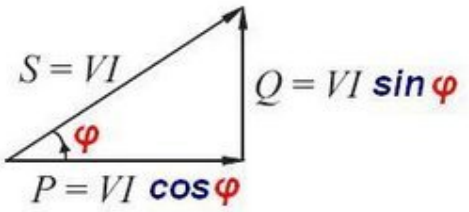
$V_{rms} = V_{max} / \sqrt{2}$

$I_{rms} = I_{max} / \sqrt{2}$

- တွက်ချက်တဲ့ အခါမှာရော rms value ကိုပဲသုံးပါတယ်။ ဒါကြောင့် rms မပါပေမဲ့ rms value ကိုသုံးမှန်းတော့ သိရပါမယ်။

A. **Complex Power**

- နောက်တစ်ခု သိရမှာ က AC power တွေက Complex Power ဖြစ်နေတာကိုပါ။ သူ့မှာ Real Power & Reactive Power ဆိုပြီး အပိုင်းနှစ်ခု ပါပါတယ်။ Voltage နဲ့ Current Wave တွေက တစ်ထပ်တည်း မကျပဲ အချိန်တစ်ခု ကွာနေတာ (Leading or Laging)



Complex Power Triangle (Inductive Load)

ဖြစ်နေတာပါ။

- ဒါကြောင့် Power Factor (p.f) လို့ခေါ်တဲ့ real power ရဲ့အချိုးအဆ ကိုဖော်ပြတဲ့ Term တစ်ခု ကိုသတ်မှတ် ကြတာ ဖြစ်ပါတယ်။

  Power Factor = Real Power / Complex Power = cos φ

- Power factor က ဘယ်တော့မှ တစ် (1) ထက်မကျော်နိုင်ပါဘူး။ တစ်ရရင် အကောင်းဆုံး လို့ သတ်မှတ် ပါတယ်။

  i. Real Power, **P** (watts):

  $P = V \times I \times \cos \varphi$

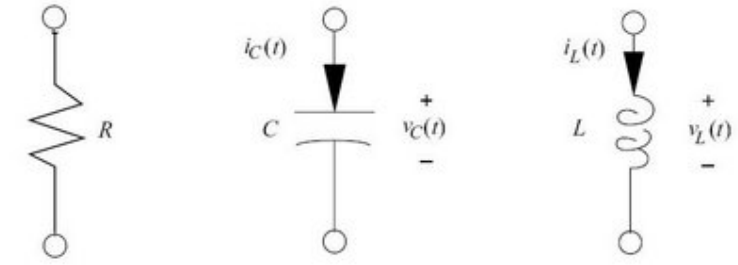
  ii. Reactive Power, **Q** (vars):

  $Q = V \times I \times \sin \varphi$

  iii. Complex Power, **S** (watts):

  $S = V \times I = P + jQ$

- ဒီလိုဖြစ်ရခြင်း အကြောင်းရင်း ကတော့ Circuit ရဲ့ Properties တွေ ထဲမှာ Resistance သာမက Reactance ကို ဖြစ်ပေါ်စေတဲ့ Capacitance ရော inductance တွေပါပါဝင် နေတာကြောင့်ပါ။



RESISTOR CAPACITOR INDUCTOR

- Inductance ဆိုတာက လျှပ်စစ်သံလိုက်ညှိုကွိုင် တွေ ပါဝင်တဲ့ မီးချောင်း ballast လို motor, transformer တွေလို စက်ပစ္စည်းတွေ က နေဖြစ်ပေါ်တဲ့ ဂုဏ်သတ္တိပါ။ အဆောက်အအုံ တိုင်းလိုလို မှာ ဒီစက်ပစ္စည်းတွေ ကို အသုံးပြုလေ့ ရှိကြတာမို့အများအားဖြင့် Load မှာက ဒီလို Inductance ပါဝင်လေ့ ရှိပြီး သူ့ကြောင့် ကျသွားတဲ့ Power Factor ကို 1 နဲ့ အနီးဆုံး ရအောင် ပြန်မြှင့် ပေးဘို့ အတွက် Capacitor Bank တွေ ထည့်သွင်းပေးကြတာ ဖြစ်ပါတယ်။ ဒီလို Power Factor Correction လုပ်ဘို့ အတွက် Shunt Reactor

Bank နဲ့ Capacitor Bank တွေပါဝင်တတ်သလို အခြားနည်းတွေ လည်းရှိပါတယ်။ ပိုမို ရှုတ်ထွေးတဲ့ Non-Linear Distortion (or) Harmonic ကို ဖြစ်စေတဲ့ Rectifier (AC to DC converters) တွေ ဖြစ်တဲ့ fluorescent lamp, electric welding machine, or arc furnace တွေ ပါလာတဲ့ အခါ ပိုပြီး ထိန်းရ ခက်ပါတယ်။ Inverter နဲ့ VSD (Variable Speed Drive) တွေ လည်း ဒီအမျိုးအစား ထဲ မှာ ပါဝင်ပါတယ်။ အသေးစိတ် သိချင်ရင်တော့ Power Factor correction units တွေအကြောင်း ကို ရှာဖွေ လေ့လာနိုင်ပါတယ်။

- ဒီလို Reactance တွေ ပါဝင် နေတတ် တာမို့ AC တွက်ချက်မှု တွေ ကို Faradays Law (I = V/R) နဲ့တွက်ချက် လို့မရပဲ Resistace: R နေရာ မှာ Impedance: Z ကိုအသုံးပြုရတာ ဖြစ်ပါတယ်။ Impedance ဆိုတာကတော့ the ratio of phasor voltage to phasor current ပါ။

  $Z = V / I$

  - Resistor: $Z_R = R$
  - Capacitor: $Z_C = 1 / (j\omega C) = jX_C$
  - Inductor: $Z_L = j\omega L = jX_L$

    Where;

    C = capacitance (farads)

    L = inductance (henrys)

    ဒီမှာပါတဲ့ j ဆိုတာ ကတော့ Complex index ဖြစ်တဲ့ √-1 ပါ။
- Power factor က inductive circuit မှာဆိုရင် Lagging (current lags the voltage) ဖြစ်ပြီး capacitative circuits ဆိုရင်တော့ Leading (current leads the voltage) ဖြစ်ပါတယ်။

B. **Design Calculation Formulae**

. Power, **P** (kW):

- Single Phase Load:

  $P = V \times I \times p.f$

- Three Phase Load:

  $P = \sqrt{3} \times V \times I \times p.f$

i. Design Current, **I** (A):

- Single Phase Load:

  $I = kW \times 1000 / (V \times p.f)$

- Three Phase Load:

  $I = kW \times 1000 / (\sqrt{3} \times V \times p.f)$

- Three Phase Motor :

  $I = kW \times 1000 / (\sqrt{3} \times V \times p.f \times Eff)$

- Discharge Lighting :

  $I = \text{Wattage of Lamp} \times 1.8 / V$

- Motor Starting Current:

  Manufacturer's Data မရနိုင်တဲ့ အခြေအနေ မှာ ခန့်မှန်းဘို့ အတွက်

  - DOL Starter:

    $I_{starting} = 7 \times I_{full\ load}$ for 10s

- Other Starter:

$I_{starting} = 4 \times I_{full\ load}$ for 15 s

ii. Voltage Drop (V)

- $V_{drop} = [(r \cos \varphi + x \sin \varphi) / 1000] \times I \times Length$

IV. Power Grids, Preliminary Load Estimates, Basic Metering Scheme

. Power Grids

- အဆောက်အအုံ တွေ ဆောက်လုပ်တဲ့ အခါ အရေးကြီး တဲ့ အချက် ကတော့ လိုအပ်တဲ့ လိုအပ်တဲ့ Power နဲ့ Power Quality ကို အဆက်မပြတ် ရရှိနိုင်ဘို့ ပါ။ ဒီလို နိုင်အောင် အဆောက်အအုံ မဆောက်ခင် ထဲ က စပြီး လေ့လာပြင်ဆင်မှု တွေ လုပ်ရပါတယ်။
- ပါဝါဖြန့်ဝေတဲ့ Power Grid / Utility Company နဲ့ဆက်သွယ်၊ လိုအပ်ချက်တွေ ကိုတင်ပြ၊ ရှိနေတဲ့ Power Grid Infrastructure တွေနဲ့ ပါဝါ ဆက်သွယ် ရရှိနိုင်မှု တွေ ကို လေ့လာ ပြီး ဆွေးနွေးမှု၊ ညှိနှိုင်းမှု တွေ လုပ်ရသလို ဆောက်နေဆဲ အချိန်မှာ လည်း လိုအပ်သလို တင်ပြ ညှိနှိုင်းမှု တွေ လုပ်ဆောင်ရပါတယ်။ ဒီလို အဆင့်ဆင့် ပူးပေါင်းဆောင်ရွက် မှု ရှိမှ သာ အဆောက်အအုံ ဆောက်ပြီးတဲ့ အချိန်မှာ အချိန်မီ လျှပ်စစ် ပါဝါ ရရှိမှာ ဖြစ်ပါတယ်။
- တိုးတက်နေတဲ့ နိုင်ငံတွေမှာ အဆောက်အအုံ တစ်ခု က ဆောက်လုပ်ပြီးစီး သွားပေမဲ့ လျှပ်စစ် ပါဝါ မရသေးမချင်း အသုံးမဝင်လှ ပါဘူး။ ရောင်းလို့မရ၊ နေလို့မရ၊ ငှားလို့ မရ နဲ့ပေါ့။ ဒါကြောင့် အချိန်မီ ပါဝါ ရဘို့ က အင်မတန် အရေးကြီး ပါတယ်။
- လျှပ်စစ် ပါဝါ လျှောက်ထားရတဲ့ Electricity Supply Application Process တွေကို စနစ်တကျ ဖြစ်စေဘို့ အတွက် Power Grid / Utility Company တွေ က Electricity Supply Application Handbook တွေ ရိုက်နှိပ် ထုတ်ဝေ ထားလေ့ရှိပါတယ်။ ဒီစာမှာ တော့ လေ့လာစရာ နမူနာ အဖြစ် Internet ကနေ အလွယ်တကူ Download လုပ်ယူ နိုင်တဲ့ မလေးရှား နိုင်ငံ TNB ရဲ့ "Electricity Supply Application Handbook", TNB Malaysia ကို ညွှန်းလိုပါတယ်။ ဒီစာအုပ် ထဲ မှာ သုံးစွဲသူ ဘက်ကရော၊ ပါဝါဖြန့်ဝေသူ ဘက်ကရော ရှိတဲ့ တာဝန် တွေ ကို ရှင်းရှင်းလင်းလင်း ဖော်ပြထားပါတယ်။ သုံးစွဲသူဘက် က စနစ်ကျဘို့ လိုအပ်သလို ဖြန့်ဝေသူ ဘက် ကလည်း မီးမှန်ဘို့ တာဝန်ယူရပါတယ်။ ထိန်းသိမ်းလို့ မရတဲ့ အခြေအနေ (ဥပမာ။ ။ မုန်တိုင်း အကြီးအကျယ် တိုက်တာ မျိုး၊ မြေပြိုတာ မျိုး၊) ကလွဲရင် အခြားအခြေအနေ တွေ မှာ ခနခန မပြတ်တောက် ဘို့ နဲ့ ပြတ်တောက် ခဲ့ရင် ဘယ်နှနာရီ အတွင်း ပြန်ရအောင် လုပ်ပေးမယ် ဆိုတဲ့ အာမခံချက် တွေ ပေးရပါတယ်။မီးကို ဖြတ်ချင်သလိုဖြတ် ပေးချင်သလို ပေး ၊ မီးအား တက်တက်ကျကျ၊ ဘယ်သူဘာဖြစ်ဖြစ် ဆိုပြီး ထင်ရာစိုင်းခွင့် မရှိတာ ကို တွေ့ရပါလိမ့်မယ်။
- ပထမ အဆောက်အအုံ မှာ သုံးမဲ့ Load/ Maximum Demand နဲ့ Load Characteristics တွေ ကို ခန့်မှန်း ရပါတယ်။ ပြီးမှ Power Grid Company ကိုတင်ပြရင်း အနီးစပ်ဆုံး ပါဝါလိုင်း က ဘယ်မှာလဲ။ Voltage က HT (High Tension) / Medium Voltage လား LT (Low Tension) လား၊ ဘယ်နှ ဗို့အား တွေ ရနိုင်လဲ ဆိုတဲ့ အချက်အလက် တွေ ကိုလည်း တောင်းယူရပါတယ်။
- ပေးမှာက ဗို့အား အမြင့် ဆိုရင် ကိုယ်လိုချင်တဲ့ ဗို့အား ရဘို့အတွက် Transformers လိုပါတယ်။ နောက် Power Company's အတွက် Switch Gear ထားဘို့ အခန်းနေရာ ဆောက်ပေးရတတ်ပါတယ်။ ဒီ အခန်း ရဲ့ အရွယ်အစား လိုအပ်ချက် နဲ့ ထားရမဲ့ နေရာ တွေ ကို လည်း သူတို့ Handbook မှာထည့်သွင်း ဖော်ပြလေ့ ရှိပြီး လိုက်နာဘို့ လည်း လိုအပ်ပါတယ်။
- ကိုယ်သုံးချင်တဲ့ ဗို့အား (ဥပမာ အိမ်သုံးဗို့အား) တန်းရနိုင်ရင် Transformers မလိုသလို HT Switchgear လည်း မလိုအပ် ပါဘူး။ နေရာလည်းသက်သာပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ Tariff ယူနစ်တစ်ခု (per VA) အတွက် ကုန်ကျငွေတော့ ပိုနိုင်ပါတယ်။
- Power Company's ရဲ့ပေးနိုင်တဲ့ ဗို့အားက က ကိုယ်လိုချင်တဲ့ Load/ Maximum Demand ပေါ်မှာ လည်း မူတည် တာမို့ ကိုယ်လိုချင် သလို ပေးမှာ တော့ မဟုတ်ပါဘူး။ Negotiation တော့ အနည်း နဲ့ အများ လုပ်ကြည့် နိုင်ပါတယ်။

- လိုအပ်တဲ့ အဆောက်အအုံ ရဲ့ Maximum demand (Load) ပေါ်မူတည်ပြီး ပေးနိုင်တဲ့ Supply Voltage တွေ ကို လည်း သတ်မှတ် ဖော်ပြ ထားလေ့ရှိပါတယ်။
  - Malaysia
    - Low Voltage
      i. 240V, 50Hz, Single-phase, two-wire, up to 12 kVA
      ii. 415V, 50Hz, Three-phase, four-wire,up to 45 kVA
      iii. 415V, 50Hz, Three-phase, four-wire, C.T. metered, up to 1,000 kVA
    - Medium Voltage & High Voltage
      i. 11 kV, 50Hz, Three-phase, three-wire, 1,000 kVA maximum demand and above
      ii. 22 kV or 33kV Three-phase, three-wire, 5,000 kVA maximum demand and above
      iii. 66kV, 132kV and 275kV, Three-phase, three-wire, exceptionally large load of above 25 MVA
  - Singapore
    i. 230V, 50Hz, Single-phase, two-wire, up to 23 kVA
    ii. 400V, 50Hz, Three-phase, four-wire, up to 2,000 kVA
    iii. 22 kV, 50Hz, Three-phase, three-wire, up to 30,000 kVA
    iv. 66 kV, 50Hz, Three-phase, three-wire, greater than 30,000 kVA
- နောက် ပိုစိတ်ချချင် Alternative Source နောက်တစ်ခု ရနိုင်၊ မရနိုင် လည်း ညှိနှိုင်း နိုင်ပါတယ် (ငွေတော့ပိုကုန်မယ်)။
- နောက် Metering Scheme လို့ခေါ်တဲ့ မီတာတွေ ကို ဘယ်လို အစီအစဉ် နဲ့ တပ်ဆင် မှာလည်း ဆိုတာ ကို လည်း သတ်မှတ်ညှိနှိုင်း ရပါတယ်။

A. **Preliminary Load Estimates**

- Project ရဲ့ လိုအပ်ချက် ကို လိုက်လို့ သုံးစွဲမဲ့ လျှပ်စစ်ဓာတ်အား Load ကို အကြမ်းဖျင်း လျာထားရပါတယ်။ Experienced Electrical Engineer တွေ အတွက် ကတော့ ဒါက ထမင်းစားရေသောက် အလုပ်ပါ။ ခပ်ဆင်ဆင် တူတဲ့ အခြား Project တွေ ကနေလည်း မှီငြမ်း နိုင်ပါတယ်။ Utilities Company တွေ မှာလည်း ဒီလို သုံးအား Statistics တွေရှိပါတယ်။ TNB ကတော့ မလေးရှား နိုင်ငံ က သုံးစွဲသူ အမျိုးအစား အချို့ရဲ့ အသုံး Statistics ကို ဒီလို ဖော်ပြထားပါတယ်။
- Table 3-1: Range of maximum demand (M.D) for domestic consumer sub-classes or premises

No:	Type Of Premises	Minimum (kW)	Average (kW)	Maximum (kW)
1	Low cost flats, single storey terrace	1.5	2	3
2	Double storey terrace or apartment	3	4	5
3	Single storey, semidetached	3	5	7
4	Single storey bungalow & three-room condominium	5	7	10
5	Double storey bungalow & luxury condominium	8	12	15

- Table 3-2: Range of maximum demand (M.D) for types of shop-houses

No:	Type Of Premises	Minimum (kW)	Average (kW)	Maximum (kW)
1	Single storey shop house	5	10	15
2	Double storey shop house	15	20	25
3	Three storey shop house	20	30	35
4	Four storey shop house	25	35	45
5	Five storey shop house	30	40	55

- ဒီအချက်အလက်တွေ ကို မျက်စိမှိတ် သုံးရမှာတော့ မဟုတ်ပါဘူး။ မသုံးခင် ကိုယ့် Project ရဲ့ Nature နဲ့ အဆောက်အအုံ ရဲ့ အမှန်တကယ် လိုအပ်ချက် နဲ့ ကိုက်ညီမှု ရှိမရှိ ဆန်းစစ်ရပါတယ်။
- Project ရဲ့ လိုအပ်ချက် ကို လိုက်လို့ သုံးစွဲမဲ့ လျှပ်စစ်ဓာတ်အား Load ကို အကြမ်းဖျင်း လျာထားရပါတယ်။
- ဒီလို ခန့်မှန်းတဲ့ အခါ သုံးစွဲတဲ့ အသုံးကို လိုက်ပြီး ထပ်ဆင့် ခွဲခြားမှုတွေ လည်း လုပ်ရပါတယ်။
  - Power သုံးဘို့ ဆိုရင်
    - Home / Office Appliances
    - Process Equipments (Client ဆီကနေ တောင်းယူရပါမယ်။)
    - Building Services Equipments (such as pumps, fans, chillers, elevators/escalator machines, and extra low voltage systems)
    - Essential Services (အရေးပေါ် မဟုတ်သော်လည်း အခြေခံ မရှိမဖြစ် လိုအပ်ချက် များ)
    - Emergency Services (Fire Services, Emergency Lighting etc. (အရေးပေါ် အခြေအနေ လိုအပ်ချက် များ)
  - Lighting (မီးထွန်းဘို့) ဆိုရင်လည်း
    - General Lighting
    - Special / Task Lightings
    - Emergency Lighting
    - Outdoor / Street Lighting

    အစရှိသဖြင့် ထပ်မံခွဲခြားရပါတယ်။

- ဒါမှ Circuit Arrangement လုပ်တဲ့ အခါ နဲ့ Emergency Load တွေ ကိုလည်း စနစ်တကျ တွက်ချက်နိုင်မှာ ဖြစ်ပါတယ်။

B. Basic Metering Scheme

- ပုံမှန်အားဖြင့် လိုအပ်တဲ့ Meter အားလုံး ကို Power Grid က သူ့စရိတ် နဲ့ သူ တာဝန်ယူ ပြီး တတ်ဆင်ပေး ရလေ့ရှိ ပါတယ်။ လိုအပ်တဲ့ Maintenance ကိုလည်း Power Grid ကပဲတာဝန် ယူရပါတယ်။ မီတာထားဘို့ နေရာ၊ Board, compartments, kiosks, အစရှိတာ တွေ ကိုတော့ သုံးစွဲသူ က တာဝန်ယူ ရလေ့ရှိ ပါတယ်။
- မီတာ Faulty ဖြစ်ခဲ့ရင် Grid ကပဲ ပြုပြင် ပေးရလေ့ ရှိတယ်။ ထိခိုက် ပျက်စီးခဲ့ ရင်တော့ သုံးစွဲသူ ကသူ့ ပရောဂ မပါကြောင်း သက်သေ မပြနိုင်ရင် ကုန်ကျစရိတ် ကို ကျခံရပါလိမ့်မယ်။
- Master and Sub-Metering Scheme
  - Multi-tenanted premises လို့ခေါ်တဲ့ သုံးစွဲတဲ့ သူ အမျိုးမျိုး ရှိနေတဲ့ အဆောက်အအုံ တွေ မှာ Master and Sub-Metering Scheme လို့ခေါ်တဲ့ မီတာမကြီး နဲ့ ထပ်ဆင့် မီတာငယ် တွေ ပါတဲ့

အတွဲ့ ကို သုံးနိုင်ပါတယ်။ ဒီလိုသုံးတဲ့ အခါ tenant တစ်ခုစီ ကို သင့်တော်တဲ့ appropriate tariff နဲ့ မီတာခ တောင်းခံ နိုင်ပါတယ်။ Master Meter ရဲ့ ယူနစ်ထဲ က Tenants တွေ သုံးတဲ့ ယူနစ် ကို နှတ်လိုက် ပြီး ကျန်တာက Owner/Developer/Landlord ရဲ့ အသုံးဝို့ အဲဒီ မီတာခ ကို တော့ Owner /Developer /Landlord ကို တောင်းခံ ပါလိမ့်မယ်။

- တစ်ခါတစ်ရံ Owner/Developer/Landlord က High Tension ယူ၊ ပြီး Low tension ချပြီး ဖြန့်ဝေတဲ့ အခါ သူ့အတွက် အခွင့်အရေး အချို့ကို လည်း Grid ကပေးတတ်ပါသေးတယ်။

- Tariffs
  - Electricity Supply Application တွေကို စဉ်းစားတဲ့ အခါ ဂရုစိုက် ရမဲ့ အချက်တစ်ခု ကတော့ Tariffs လို့ခေါ်တဲ့ မီတာခနှုန်းထား တွေပါ။ သုံးစွဲတဲ့ Tenants ရဲ့ အမျိုးအစား (သို့) အသုံးပြုပုံ Application ၊ သုံးစွဲတဲ့ အချိန် (နေ့ညဉ့ နာရီသတ်မှတ်ချက်)၊ Voltage နဲ့ သုံးစွဲတဲ့ Power နဲ့ Low Voltage , High Tension စသည်ဖြင့် အနေအထား ကို လိုက်ပြီး သတ်မှတ်ချက် တွေ ရှိနိုင်ပါတယ်။
  - တိုးတက်နေတဲ့ နိုင်ငံ အများစု မှာ စီးပွားရေးအတွက် နေ့ပိုင်းသုံးစွဲ တဲ့ Power ကများ လေ့ရှိတာ မို့ ပိုပြီးတော့ ဈေးကြီး လေ့ရှိပါတယ်။ ညပိုင်းက ပိုသက်သာနိုင်ပါတယ်။ ဒါကြောင့် Air-conditioning systems တွေ အတွက် Thermal Storage System လို့ခေါ်တဲ့ ညပိုင်းပါလည်ပြီး သိုလှောင်ထားတဲ့ Chilled water system တွေ သုံးတဲ့ အခါ ဈေးပိုချို စေနိုင်ပါတယ်။
  - မလေးရှား နိုင်ငံ ရဲ့ မီတာခ နှုန်းထား သတ်မှတ်ပုံ ကို အောက်မှာ ဖော်ပြထားပါတယ်။ March 2009 အရ ပါ။

A	Tariff A- Domestic Tariff		
	First 200 kWh (1 - 200 kWh) per month	21.8	sen/kWh
	Next 800 kWh (201 - 1,000 kWh) per month	28.9	sen/kWh
	Over 1,000 kWh (1,001 kWh onwards) per month	31.2	sen/kWh
	The minimum monthly charge is RM3.00		
B	Tariff B - Low Voltage Commercial Tariff		
	For all kWh	32.3	sen/kWh
	The minimum monthly charge is RM7.20		
C1	Tariff C1- Medium Voltage General Commercial Tariff		
	For each kilowatt of maximum demand per month	19.5	RM/kW
	For all kWh	23.4	sen/kWh
	The minimum monthly charge is RM600.00		
C2	Tariff C2 - Medium Voltage Peak/Off-Peak Commercial Tariff		
	For each kilowatt of maximum demand per month during the peak period	29	RM/kW
	For all kWh during the peak period	23.4	sen/kWh
	For all kWh during the off-peak period	14.4	sen/kWh
	The minimum monthly charge is RM600.00		

D	Tariff D - Low Voltage Industrial Tariff		
	For all kWh	29	sen/kWh
	The minimum monthly charge is RM7.20		
Ds	Tariff Ds – Special Industrial Tariff		
	(for consumers who qualify only)		
	For all kWh	27.2	sen/kWh
	The minimum monthly charge is RM7.20		
E1	Tariff E1 - Medium Voltage General Industrial Tariff		
	For each kilowatt of maximum demand per month	19.5	RM/kW
	For all kWh	22.2	sen/kWh
	The minimum monthly charge is RM600.00		
E1s	Tariff E1s – Special Industrial Tariff		
	(for consumers who qualify only)		
	For each kilowatt of maximum demand per month	15.1	RM/kW
	For all kWh	21.5	sen/kWh
	The minimum monthly charge is RM600.00		
E2	Tariff E2- Medium Voltage Peak/Off-Peak Industrial Tariff		
	For each kilowatt of maximum demand per month during the peak period	24.4	RM/kW
	For all kWh during the peak period	23.4	sen/kWh
	For all kWh during the off-peak period	14.4	sen/kWh
	The minimum monthly charge is RM600.00		
E2s	Tariff E2s – Special Industrial Tariff		
	(for consumers who qualify only)		
	For each kilowatt of maximum demand per month during the peak period	21	RM/kW
	For all kWh during the peak period	21.5	sen/kWh
	For all kWh during the off-peak period	12.3	sen/kWh
	The minimum monthly charge is RM600.00		
E3	Tariff E3- High Voltage Peak/Off-Peak Industrial Tariff		
	For each kilowatt of maximum demand per month during the peak period	23.4	RM/kW
	For all kWh during the peak period	22.2	sen/kWh

	For all kWh during the off-peak period	13.3	sen/kWh
	The minimum monthly charge is RM600.00		
E3s	Tariff E3s– Special Industrial Tariff		
	(for consumers who qualify only)		
	For each kilowatt of maximum demand per month during the peak period	18.5	RM/kW
	For all kWh during the peak period	20.3	sen/kWh
	For all kWh during the off-peak period	11.2	sen/kWh
	The minimum monthly charge is RM600.00		

- March 2009 ရဲ့ နှုန်းထားပါ။ နှုန်း အတက်အကျ ရှိနိုင်ပါတယ်။
- RM ဆိုတာကတော့ မလေးရှား နိုင်ငံ သုံးငွေ Ringgit Malaysia ကိုဆိုလိုတာ ဖြစ်ပြီး 1 RM = 100 sen (ပြား) ရှိပါတယ်။
- ပိုပြီး အသေးစိတ် သိချင်ရင် TNB Website မှာ Tariff Booklet Download လုပ်ပြီး လေ့လာ နိုင်ပါတယ်။

- Singapore နိုင်ငံရဲ့ tariff ကိုသိချင်ရင် တော့ Singapore Power Website မှာသွားရောက် ရှာဖွေ လေ့လာ နိုင်ပါတယ်။ 01 April 2009 အတွက် tariff rate တွေကတော့ ၊

Description	Tariff (with 7% GST)	
LOW TENSION SUPPLIES, DOMESTIC		
All units	19.29	¢/kWh
LOW TENSION SUPPLIES, NON-DOMESTIC		
All units	19.29	¢/kWh
HIGH TENSION SMALL (HTS) SUPPLIES		
Contracted Capacity Charge	7.45	S$/kW/month
Uncontracted Capacity Charge	11.17	S$/chargeable kW/month
kWh charge		
Peak period(7am to 11pm)	16.54	¢/kWh
Off-peak period(11pm to 7am)	9.71	¢/kWh
Reactive power Charge	0.63	¢/chargeable kVARh
HIGH TENSION LARGE (HTL) SUPPLIES		
Contracted Capacity Charge	7.45	S$/kW/month
Uncontracted Capacity Charge	11.17	S$/chargeable kW/month
kWh charge		
Peak period(7am to 11pm)	16.38	¢/kWh

Off-peak period(11pm to 7am)	9.7	¢/kWh
Reactive power Charge	0.63	¢/chargeable kVARh
EXTRA HIGH TENSION (EHT) SUPPLIES		
Contracted Capacity Charge	6.98	S$/kW/month
Uncontracted Capacity Charge	10.46	S$/chargeable kW/month
kWh charge		
Peak period(7am to 11pm)	15.4	¢/kWh
Off-peak period(11pm to 7am)	9.55	¢/kWh
Reactive power Charge	0.51	¢/chargeable kVARh

V. -- ဆက်ရန် --
အောက် က စာ တွေ ကတော့ အကြမ်းရေးလက်စပါ။

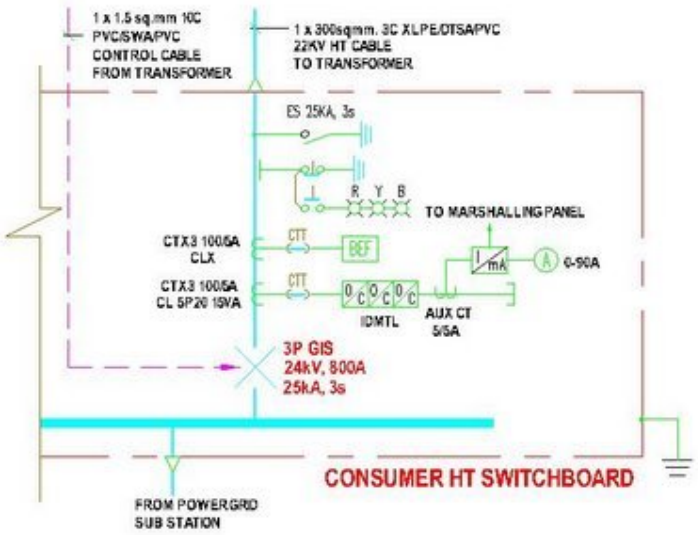
VI. Major Components

- LV system နဲ့ earthing ကို install လုပ်တဲ့ အခါ ဘယ် appliance မှာပဲ fault ဖြစ်ဖြစ်၊ လူတွေ ထိမိ ကိုင်မိ နိုင်တဲ့ နေရာ အားလုံးမှာ အန္တရာယ် ဖြစ်နိုင်လောက် တဲ့ ဗို့အား အထိအောင် တက်မလာ အောင် စီစဉ်ရပါမယ်။
- ဒါ့အပြင် Circuit တိုင်းကို overload , earth fault နဲ့ short-circuit currents တွေက နေ လုံလုံလောက်လောက် ptotect လုပ်ပေးရပါမယ်။
- Electrical Installation မှာ ထိခိုက်ဒါဏ်ရာ ရမှု အများစု ကိုဖြစ်စေတာ က Electrical Wiring ကို မကျွမ်းကျင် တဲ့ Electrical personnel ကြောင့်ပါ။
- Equipments တွေ၊ Conductor တွေ၊ Protective Devices တွေ နဲ့ accessories တွေ ကို စီစစ်ရွေးချယ် တဲ့ အခါ စွမ်းဆောင်ရည် Performance, capacity, efficiency နဲ့ ဒါဏ်ခံနိုင်မှု စွမ်းရည် တွေ ဖြစ်တဲ့ rating, short-circuit rating တွေ အပြင် Electrical Distributions System ထဲမှာ တပ်ဆင်ထားတဲ့ စက် ပစ္စည်း Major Equipments တွေ Cables, busbars conductors တွေ နဲ့ Protect devices တွေကို ၊ သုံးစွဲမဲ့ electrical appliances တွေ၊ အခြား Building Systems တွေ နဲ့ ရှိနေတဲ့ Occupants လူတွေ ကို အန္တရာယ် ကင်းဝေး ရအောင် သေသေချာချာ ဂရုစိုက် စဉ်းစား ရွေးချယ် ပေးရပါမယ်။
- Design / Installation မှာ အဓိက စဉ်းစားရမဲ့ အချက်တွေ ကတော့
  - အန္တရာယ် ကင်းကင်း အလုပ်လုပ် နိုင်ဘို့၊ Maintenance လုပ်နိုင်ဘို့၊ လဲလှယ်နိုင်ဘို့ Withdrawable Parts တွေ ကို လွတ်လွတ်လပ်လပ် အန္တရာယ် ကင်းကင်း ထုတ်နိုင်၊ သွင်းနိုင်ဘို့
  - Equipment ပစ္စည်း အထုတ်အသွင်း၊ အလဲအလှယ် လုပ်နိုင်ဘို့၊
  - Short Circuit ဒါဏ် ခံနိုင်စွမ်းရည် အတွင်းရှိဘို့၊
  - Temperature (Conductors/ Equipments)ခံနိုင်ရည် အပူချိန် ထက် ပိုတက်မလာဘို့၊
  - Voltage Drop Limits ကို သတ်မှတ်ချက် အတွင်း ထိန်းထားနိုင်ဘို့၊
  - Disturbance (Magnetic) တွေ ကို ကန့်သတ်နိုင်ဘို့၊
  - Phase တစ်ခုစီ ကဆွဲ တဲ့ Ampere တွေ အတတ်နိုင်ဆုံး Balance ဖြစ်စေဘို့ Circuit တွေ မှာ စီစဉ်ပေးဘို့။
  - Total Safety ကို သေသေချာချာ စဉ်းစားထည့်သွင်း ပေးထားဘို့

5. High Tension (Medium Voltage) Switchgear in Consumer Substation
   - အဆောက်အအုံ ပိုင်ရှင် ရဲ့ Substation မို့ Consumer Sub-station လို့ခေါ်တာ ပါ။ HT Switch Gear ဖြစ်ပြီး အဓိက ပါဝင်မှာ က High tension အတွက် သင့်တော်တဲ့ Circuit Breaker နဲ့ Control Components တွေ ဖြစ်ကြပါတယ်။ Gas Insulated နဲ့ Air Insulated Switchgear တွေ က အသုံးများပြီး

အထဲမှာ ပါဝင်တဲ့ Circuit Breaker ကတော့ SF6 Insulated Circuit Breaker (or) Vacuum Circuit Breaker ဖြစ်နိုင်ပါတယ်။

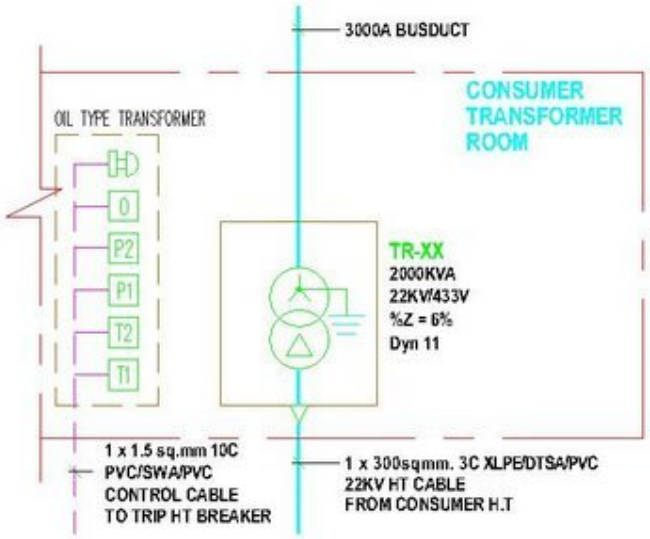
- Switchgear : An assembly of main and auxiliary switching apparatus for operating, regulating, protection or other control of an electrical installation.
- A circuit breaker is a safety device enabling switching and protection of electrical distribution networks.
- အောက်မှာ HT Switchboard ရဲ့ Schematic ကို HT Single Line drawing တစ်ခု ကနေ extract လုပ်ပြီး ဖော်ပြ ထားပါတယ်။



- အဝင် ကတော့ Power-Grid Substation ကဖြစ်ပြီး အများအားဖြင့် Busbar conductor နဲ့ ဖြစ်လေ့ ရှိပါတယ်။ ဒီမှာ သုံးထား တာ က GIS (Gas Insulated Circuit Breaker) ဖြစ်ပါတယ်။ သူရဲ့ Characteristics တွေ ကတော့
  - 3P: Three Poles (For 3 Phase Conductors)
  - 24kV: Rated Voltage ဖြစ်ပြီး 24kV အတွက် သင့်တော်ရမယ် လို့ ဆိုလိုပါတယ်။
  - 800A: Rated Current ပါ။ ဒီ Current ကို continuously carry လုပ်နိုင်ရပါမယ်။
  - 25kA, 3s: Short Circuit Capacity(Rated Breaking Capacity)
- Control & Monitoring လုပ်ဘို့ အတွက် အခြား Current Transformers တွေ နဲ့ components တွေ ကိုလည်း တွေ့ရပါလိမ့်မယ်။
- ဒီမှာ အထွက် ကတော့ Transformer ဆီကို သွားရမှာ ဖြစ်ပါတယ်။ ဒီမှာ သုံးထားတာက 22kV HT Cable ဖြစ်ပါတယ်။ Cable အစား Busbar Conductor ကိုလည်း သုံးနိုင်ပါတယ်။
- အောက်မှာ HT Switchboard တွေ ရဲ့ နမူနာ ပုံတွေ ကို ဖော်ပြ ထားပါတယ်။ Catalog & Technical Data တွေ နဲ့ အသေးစိတ် ကို လေ့လာချင် နိုင်ဘို့ အတွက် ထုတ်လုပ်သူ အချို့ ရဲ့ Link တွေ ကတော့
  - Schneider Electric
  - Square D by Schneider Electric
  - ABB

6. Transformers
   - ဒီမှာ သုံးတဲ့ Transformer ရဲ့ တာဝန်က medium voltage ကနေ အိမ်သုံး၊ စက်ရုံသုံး Equipment နဲ့ Electrical Appliance တွေ အတွက် သင့်တော်တဲ့ voltage ရအောင် step down လုပ်ပေးဘို့ပါ။
   - Transformers : A device that is used to convert electricity energy from higher a.c voltage to desire consumer voltage (step down) or vice versa.
   - အဓိက အသုံးများ တာ ကတော့ Liquid (Mineral Oil or Fire resistance Liquid Filled) နဲ့ Dry Type (Cast Resin) တွေ ဖြစ်ကြပါတယ်။ Oil Type Transformer တွေ အတွက် ဆီယိုတဲ့ အခါ၊ ဖောက်ထုတ်ဘို့ လိုတဲ့ အခါ ဆီ လျှောက် မပြန့်စေဘို့ အကန့် (Oil pit) လိုအပ်ပါတယ်။ Dry Type Transformer တွေ မှာ သတိထား ဘို့ လိုအပ်တာ ကတော့ Temperature Rise class ပါ။(Class A:60°C, E:75°C, B:80°C, F:100°C, H: 125°C, etc.)

- အများအားဖြင့် Indoor ထားလေ့ ရှိတာ မို့ လုံလောက်တဲ့ Ventilation နဲ့ Fire Protection System တွေ ပါဝင် ရပါမယ်။ လိုအပ်တဲ့ Ventilation Rate (or) Cooling Load ကိုတွက် တဲ့ အခါ Transformer Loss (ပျမ်းမျှ 2.5%) လောက်နဲ့ load factor (0.8) တွေ ကိုထည့် သွင်း စဉ်းစားပေးပါ။ Mechanical Ventilation ပဲပေးမယ် ဆိုရင်တော့ အပြင်က အပူချိန် ထက် 5°C (9°F) ထက် မပိုအောင် စဉ်းစားပြီး အတတ်နိုင်ဆုံး Transformer ရဲ့ အပေါ်တဲ့တဲ့ ကနေ Exhaust ကို ဆွဲထုတ်ပေးပါ။
- အောက်မှာ Transformer ရဲ့ Schematic ကို HT Single Line drawing တစ်ခု ကနေ extract လုပ်ပြီး ဖော်ပြ ထားပါတယ်။



- %Z ဆိုတာကတော့ Impedance ရဲ့ တန်ဘိုး Limits ကို ပေးထား တာပါ။

7. Standby Emergency Power Generators
   - အရေးပေါ် အခြေအနေ မှာ လိုအပ်မဲ့ Life Safety Systems တွေ နဲ့ မီးပြတ်ရင် ဆုံးရှုံးမှု အများကြီးရှိနိုင်တဲ့ စက်ပစ္စည်း တွေ အတွက် လိုအပ်မဲ့ standby power ပေးဘို့ အတွက် တွက်ချက် တပ်ဆင်ထားတဲ့ (အများအားဖြင့်) ဒီဇယ် Standby Power Generator ကိုခေါ်တာပါ။
   - Standby Emergency Power Generators : Electricity Generator set driven by prime mover and of sufficient capacity to supply circuits carrying emergency loads with suitable means for automatic starting of the prime mover on failure of normal service
8. Main Switchboard (MSB)
   - Switchboard : An assembly of switchgear with or without instruments, but the term does not apply to groups of local switches in final circuits.
9. Emergency Main Switchboard (EMSB)
   - Utility Network ကဝင်လာတဲ့ မီးပြတ်တောက် ခဲ့ ရင် Standby Back-up Electricity ကနေ အလိုအလျောက် လျှပ်စစ်ပါဝါ ပြောင်းပေးနိုင်ဘို့ တပ်ဆင်ထားတဲ့ Switchboard ပါ။ အရေးအကြီး ဆုံး ကတော့ လူတွေ ရဲ့ အသက် life safety ကို စောင့်ရှောက်ဘို့ တပ်ဆင်ထားတဲ့ Fire Protection, Smoke control systems, Emergency Lighting နဲ့ Emergency evacuation support systems တွေအတွက် မရှိမဖြစ် လိုအပ်ပါတယ်။

- Emergency Power : To supply electrical power automatically in the event of failure of the normal supply to protect equipment essential of safety to life

10. Control Systems
11. Fuse, Circuit Breakers, Protective Devices
    . The rated current (IN) of a circuit breaker is the current that it can carry continuously, generally for a duration of more thon eight hours. The rated current must not cause a temperature rise in excess of the specified values when the ambient temperature is between -5°C to 40°C.
    Different temperature rise limits are specified for different ports of a circuit breaker. A circuit breaker will not operate (trip) if the current passing through if is 105% to 113% of its rated current. It will take one to two hours to trip if the current passing through it is 130% to 145% of the rated current.
    i. The breaking capacity of a circuit breaker is the maximum current (in r.m.s.) that flows through the breaker and the breaker is capable to interrupt at the instant of initiation of the arc during a breaking operation at a started voltage under prescribed conditions. The breaking capacity is usually expressed in kA or MVA. Typical values range from 3 kA to 43 kA.
    ii. The making capacity of a circuit breaker is the maximum current that will flow through the breaker and the breaker is capable of withstanding of the instance during a closing operation at a stated voltage under prescribed conditions. Typical values range from 7.4 to 2.2 times the r.m.s. value of the breaking capacity.
        - Miniature Circuit Breaker (MCB)
        - Molded Case Circuit Breaker (MCCB)
        - Air Circuit Breakers (ACB)
        - Residual Circuit Operated Circuit Breakers (RCCB)
12. Earth fault protection

VII. Cable Sizing / Voltage Drop

- Conductor (Cable Sizing) အတွက် အဓိက နားလည်ရမှာ တွေ ကတော့။
    - Schedule of Method of Installation of Cables
    - Correction Factors
        - For cables more than one circuit
        - Mineral insulated Cables installed on perforated tray
        - Cable installed in enclosed Trenches
        - Temperature (Operating and Ambient)
    - Conductor Current-Carrying Capacity and Voltage Drop Cables
    - Circuit Breaker Characteristics
    - Load Characteristics (e.g. Motor Starting, Running etc.)
- ဒီအကြောင်း နဲ့ ပတ်သက်ပြီး စကာ်ပူ နိုင်ငံ က NTU (Nanyang Technological University), Electrical Engineering Department ရဲ့ Head တာဝန်ယူ ခဲ့ဘူးတဲ့ Professor CY Teo ရေးသားထားတဲ့ "Principles and Design of Low Voltage Systems" မှာရှင်းပြထားပါတယ်။ ဒီစာအုပ်ကို ဝယ်ယူနိုင်မဲ့ နေရာ ကတော့

Clementi Book Store
450 Clementi Avenue 3 #01-297,
Singapore 120450
Phone: 6776-2146| Fax: 67742362

Opening Hours: Monday to Friday 9:30 am to 7:00 pm; Saturday 9:30 am to 6:00 pm
မသွားခင် stock ရှိမရှိ ဖုန်းဆက်မေးပါ။

- Prof CY Teo က Consultant တွေ သုံးဘို့ Program တွေ ကို လည်း develop လုပ်ခဲ့ ပါသေးတယ်။ ဒီ Program တွေ အကြောင်းကို
  Byte Power Publication မှာသွားရောက် ကြည့်ရှု နိုင်ပါတယ်။
  - VipCoda is a computer program developed for consultant and owner to design and assess electrical system in Buildings and the completed design can be automatically plotted and exported to AutoCAD by another program SmartDraw.
  - VipCrop is another program for the simulation of HT network operation including Load Flow, Fault Current Calculation and Protective Relay Modeling. It is mainly used for HT network planning and analysis for new network, operational planning and switching simulation for existing network and also for pre-fault or post fault network analysis and on how to restore supply during fault conditions.
  - VipCag is another program for the grading of over current and earth fault relays including graphical presentation in log-log scale for fault current and relay operating time.

VIII. Basic Design

IX. Regulations

Manufacturers

- Schneider Electric
- Square D by Schneider Electric
- ABB
- MEIDEN (Energy)
- MEIDEN (Singapore)
- Cummins Power Generators
- Henikwon Busbar
- Taisin Cable

References:

1. "Regulation for Electrical Installations", 16th Edition, IEE Wiring Regulations, 1991.
2. ဦးဖေသိန်း (B.Sc. Engg: Electrical) ၊ "လျှပ်စစ်ပညာ၊ သဘောတရား နှင့် လက်တွေ့", 1992.
3. Singapore CP5: "Code of Practice for Wiring of Electrical Equipment of Buildings", 2005.
4. Teo C Y, "Principles and Design of Low Voltage Systems", 2nd Edition, Byte Power Publications Singapore, 1999.
5. "Electricity Supply Application Handbook", TNB Malaysia
6. "Application for Electricity Supply Handbook", Singapore Power

IP Rating

- သိသင့်တဲ့ နောက်တစ်ခု ကတော့ IP Codes of Ingress Protection (BS EN 60947–1: 1998) ပါ။

- ပြောလေ့ပြောထ ရှိတာကတော့ IP ဘယ်လောက်လဲ ဆိုတဲ့ အချက်ပါ။ ဖုန်ဒါဏ်၊ ရေဒါဏ်၊ ရာသီဥတု ဒါဏ် ဘယ်လောက် ခံနိုင်လဲ ဆိုတာ ကို ရည်ညွှန်းတဲ့ Code ပါ။ သူမှာ ဂဏန်း နှစ်လုံး ပါပြီး ပထမ အမှိုက် နဲ့ Dust တွေ ကနေ ကာကွယ်နိုင်မှု ဖြစ်ပြီး ဒုတိယ ကတော့ ရေ အဝင် ကာကွယ်မှု အညွှန်းပါ။

Singapore နိုင်ငံ သုံး Code of Practice တွေ ကို ရောင်းချပေးနေတဲ့ Website ကိုအောက်မှာ ပေးထားပါတယ်။
http://www.singaporestandardseshop.sgSingapore Standard e-Shop
ကိုယ်ပိုင် ဝယ်သုံးဘို့ ကတော့ ဈေးအတော် ကြီးပါတယ်။ (တစ်မျက်နှာ တစ်ဒေါ်လာ ကျော်ခန့်)။ ကိုယ့် ရုံးက Library ကပဲ ဖြစ်ဖြစ် နီးစပ်ခင်မင် ရင်းနှီးရာ က ပဲဖြစ်ဖြစ် ရယူ မှီငြမ်း နိုင်ပါတယ်။ Electrical Engineer တွေ အတွက် အသုံးတဲ့ မဲ့ Code of Practices တွေ ကို အောက်မှာ ဖော်ပြထားပါတယ်။ CP 5 နဲ့ HT Distribution Network တွေ အကြောင်း ပို့ချတဲ့ Training တွေ ရှိပါတယ်။ BCA ရဲ့ BCA Corenet မှာ Subscribe လုပ်ထားရင် ဒီ Training Information အပါအဝင် Circulars တွေ ကို email နဲ့ ပို့ပေး ပါလိမ့်မယ်။

Singapore Standard Code of Practices for Electrical Engineers

- **Power & Lighting**
  - CP 5 : 1998 "Code of practice for electrical installations"
  - AMD CP 5 : 2008 "Amendment No. 1 to CP 5 - Code of practice for electrical installations"
  - CP 16 : 1991 "Code of practice for earthing"
  - CP 18 : 1992 "Code of practice for earthworks"
  - CP 19 : 2000 "Code of practice for the installation and maintenance of emergency lighting and power supply systems in buildings"
  - CP 38 : 1999 "Code of practice for artificial lighting in buildings"
  - CP 47 : 1989 "Code of practice for temporary electrical installations for shipbuilding and shiprepairing yards"
  - CP 87 : 2001 "Code of practice for illumination in industrial premises"
  - CP 88 - 1 : 2001 "Code of practice for temporary electrical installations - Construction and building sites"
  - CP 88 - 2 : 2001 "Code of practice for temporary electrical installations - Festive lighting, trade-fairs, mini-fairs and exhibition sites"
  - CP 88 - 3 : 2004 "Code of practice for temporary electrical installations - Shipbuilding and ship-repairing yards"
  - Vertical Transportation Systems
  - CP 2 : 2000 "Code of practice for installation, operation and maintenance of electric passenger and goods lifts"
  - CP 15 : 2004 "Code of practice for installation, operation and maintenance of escalators and passenger conveyors"
- **Fire Alarm System**
  - CP 10 : 2005 "Code of practice for the installation and servicing of electrical fire alarm systems"
- **Public Address System**
  - CP 25 : 1999 "Code of practice for emergency voice communication system in buildings"
- **Lightning Protection**
  - CP 33 : 1996 "Code of practice for lightning protection"

- MATV
  - CP 39 : 1994 "Code of practice for the installation of master antennae television systems for the reception of VHF and UHF sound and television broadcasting transmission operating between 5 MHz and 824 MHz"

Checklist

1. Normal power source
* Utility or on-site power (capacity, phase, and voltage)
* service entrance
* substations
* vaults, etc.
2. Emergency power source
* Separate service,
* on-site generation, etc.
3. Power distribution
* Primary or secondary voltages
* panels and substation locations
4. On-floor distribution
* Under floor ducts
* cellular floors,
* raised floors,
* ceiling conduit network,
* poke-thru, etc.
5. Emergency power distribution
* Critical equipment load,
* emergency lighting. etc.
* Critical building loads
* power source (batteries. UPS, etc.)
* Critical building loads, power source (batteries. UPS, etc.)
6. Power for building equipment
* Mechanical
* food services
* process
* Vertical Transportation (Elevator, escalators), etc.