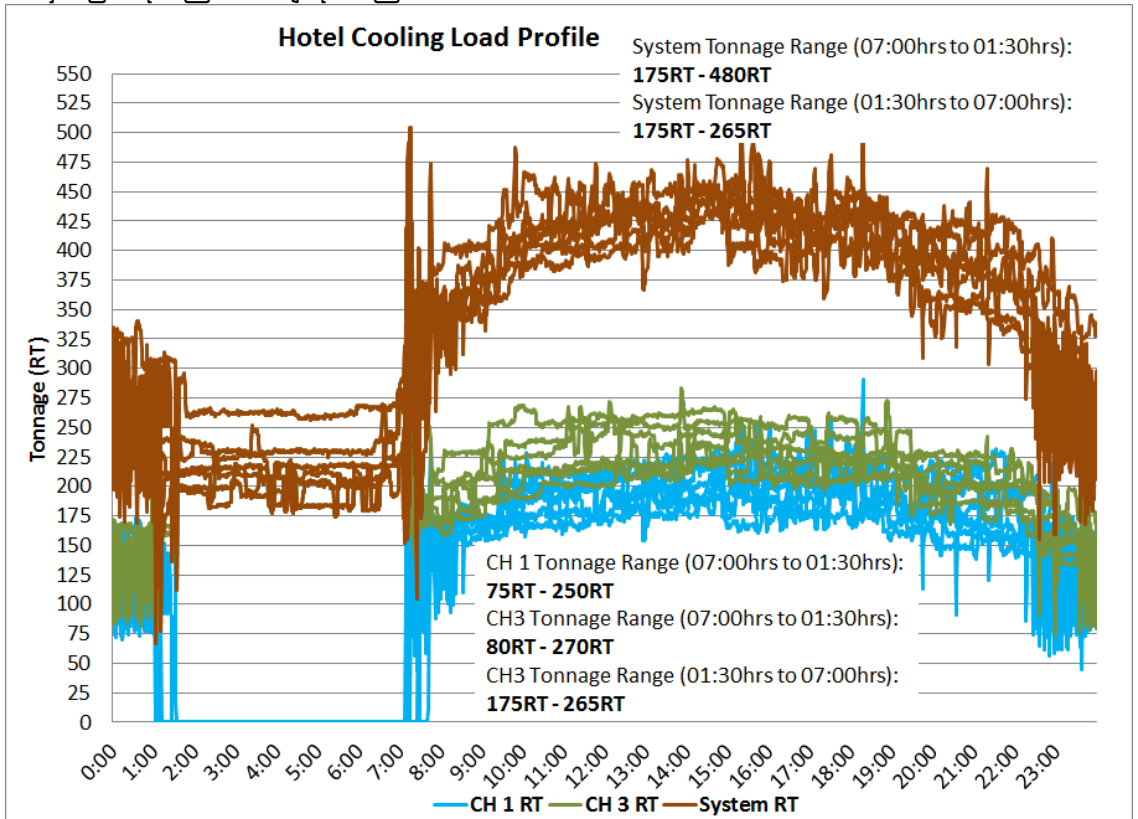


### Chiller Plant Performance ဒေတာများကို လေ့လာခြင်း(Performance Analysis)

ဟိုတယ်တစ်ခုတွင် တပ်ဆင်ထားသည့် chiller water plant တစ်ခုကို energy audit လုပ်၍ ရရှိသည့် ဒေတာများကို ဂရပ်များ ရေးဆွဲ(plot)၍ performance ကို လေ့လာခြင်း(analysis) ပြုလုပ်ပုံများကို အသေးစိတ် ရေးသားထားသည်။ လေ့လာနိုင်သည့် အချက်များစွာ ပါဝင်သည်။ ဟိုတယ်တစ်ခုတွင် ဖြစ်ပေါ်လေ့ရှိသည့် (typical) cooling load ပုံစံများကို လေ့လာနိုင်သည်။ Chiller တစ်လုံးမောင်းသည့်အခါ၊ နှစ်လုံးမောင်းသည့်အခါ ဖြစ်ပေါ်သည့် အခြေအနေများ၊ အရေးကြီးသည့် parameter များ ကို လေ့လာနိုင်သည်။ လက်ရှိမောင်းနေသည့် efficiency ထက် ပိုကောင်းအောင် ပြုလုပ်နိုင်သည့် အချက်များကိုလည်းလေ့လာနိုင်သည်။

ဂရပ်များ ရေးဆွဲ(plot)ပြီးနောက် parameter များ၏ သင့်လျော်သည့် တန်ဖိုးများ ဖော်ထုတ်ခြင်း၊ သတ်မှတ်ခြင်းကိုလည်း လေ့ကျင့်နိုင်သည်။



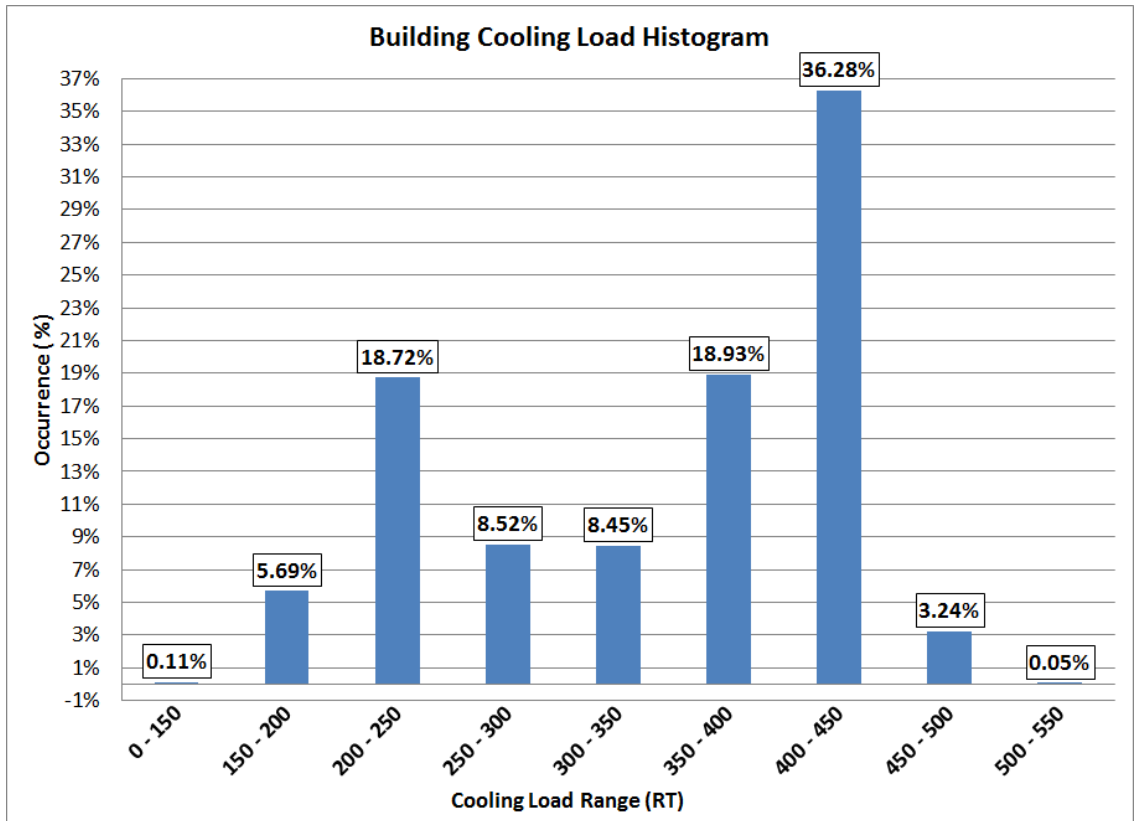
ပုံ -> Building Load Profile

#### လေ့လာတွေ့ရှိချက်များ(Observations)

- Average day peak load သည် 450 RT ခန့် ဖြစ်သည်။ ညသန်းခေါင်မတိုင်မီ(before midnight) night load သည် 275 RT ဖြစ်ပြီး သန်းခေါင်ချိန်နောက်ပိုင်း(after midnight)တွင် night load သည် 225 RT ဖြစ်သည်။
- Energy audit လုပ်နေစဉ် ညအချိန်၌ CH3 မောင်းသည်။ နေ့အချိန်တွင် CH1 နှင့် CH3 နှစ်လုံး တွဲမောင်းသည်။ CH3 ၏ cooling load သည် CH1 ထက် ပိုများသည်။

**ဆန်းစစ်ချက်(Analysis)**

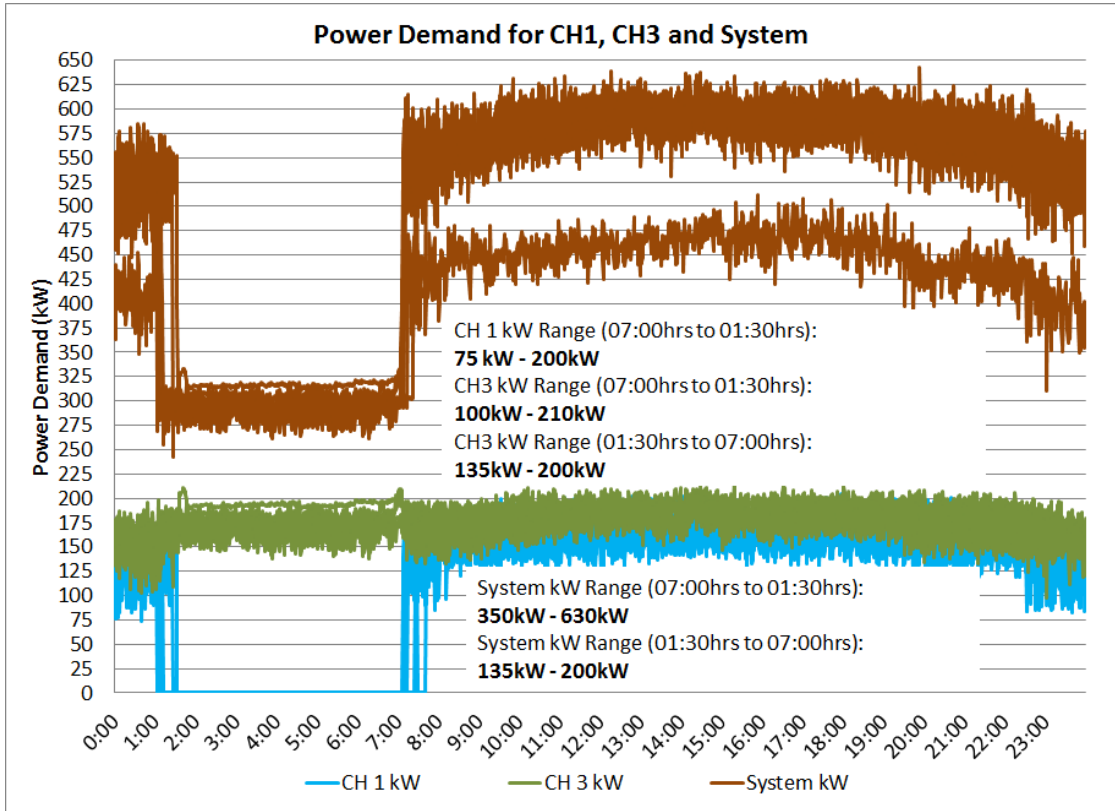
- CH1 နှင့် CH3 တို့သည် water cooled centrifugal 500 RT chiller များဖြစ်ကြသည်။ နေအချိန်(during daytime)တွင် chiller CH1 နှင့် CH3 နှစ်လုံးသည် part load ဖြင့် မောင်းသည်။ Rated design load ၏ 45% ဖြင့်မောင်းသည်။ (operating at around 45% rated design load)။ ညအချိန် သန်းခေါင်မတိုင်မီ(during before midnight period) chiller CH1 နှင့် CH3 နှစ်လုံးသည် 28% part load ဖြင့် မောင်းသည်။ ထိုကဲ့သို့ chiller နှစ်လုံးသည် အလွန်နည်းသည့် loading ဖြင့်မောင်းနေခြင်းကြောင့် efficiency အလွန်ညံ့ဖျင်းဆိုးဝါးနိုင်သည်။ သန်းခေါင်ချိန်နောက်ပိုင်း(after midnight)တွင် CH3 တည်းသာ 45% part load ဖြင့် မောင်းသည်။
- Chiller CH1 နှင့် CH3 နှစ်လုံးတို့တွင် တစ်လုံးသည် တခြားတစ်လုံးထက် မောင်းနေသည့် cooling load သည် 12.5% ပိုများသည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် Chiller CH1 နှင့် CH3 နှစ်လုံးတို့၏ loading(%) မတူညီကြပေ။ (There is roughly 12.5% difference in cooling load supply between both CH1 and CH3.)
- တစ်လုံးထက်ပိုများသည့် အရွယ်အစားတူညီသည့် chiller များ(same capacity multiple chillers)မောင်းသည့်အခါ optimum efficiency ရရှိရန်အတွက် chiller တစ်လုံးချင်းစီအတွက် chilled water return temperature နှင့် chilled water flow rate ကို ညီမျှအောင်(balance) ထိန်းချုပ်၍ chiller loading ညီမျှအောင်ပြုလုပ်နိုင်သည်။ Chilled water return temperature နှင့် chilled water flow rate တို့သည် chiller loading အနည်းအများကို ဖြစ်သောကြောင့်ဖြစ်သည်။
- Chiller တစ်လုံး၏ chilled water return temperature ပိုမြင့်လေ chiller loading ပိုများလေ ဖြစ်သည်။ Chilled water flow rate ပိုများလေ chiller loading ပိုများလေ ဖြစ်သည်။ ထိုနှစ်ချက်လုံးသည် building cooling load အပေါ်တွင်မူတည်သည်။ Chiller loading ညီမျှစေရုံသာ balance လုပ်ရန်အတွက်သာ ဆိုလိုသည်။



ပုံ - ၂ Building Load Histogram

**လေ့လာတွေ့ရှိချက်များ(Observations)**

- Building load သည် 350 RT မှ 500 RT အတွင်း ဖြစ်ပေါ်သည့် အကြိမ် 58% (frequency)ဖြစ်သည်။ 300 – 350 RT range သည် ညသန်းခေါင်မတိုင်မီ (before midnight)တွင် ဖြစ်ပေါ်ပြီး 150 – 250 RT သည် သန်းခေါင်ချိန် နောက်ပိုင်း(after midnight period)တွင် ဖြစ်ပေါ်သည်။
- Chiller plant system ကို ပြန်လည် design လုပ်သည်အခါတွင် low tonnage အများဆုံး(highest frequency % ) ဖြစ်ပေါ်သည့် 250 RT ကို အခြေခံသင့်သည်။ Peak load tonnage အများဆုံး(highest frequency % ) ဖြစ်ပေါ်သည့် 500 RT ကို အခြေခံသင့်သည်။



ပုံ - ၃ System Power Demand Profile

လေ့လာတွေ့ရှိချက်များ(Observations)

System Power Demand Range

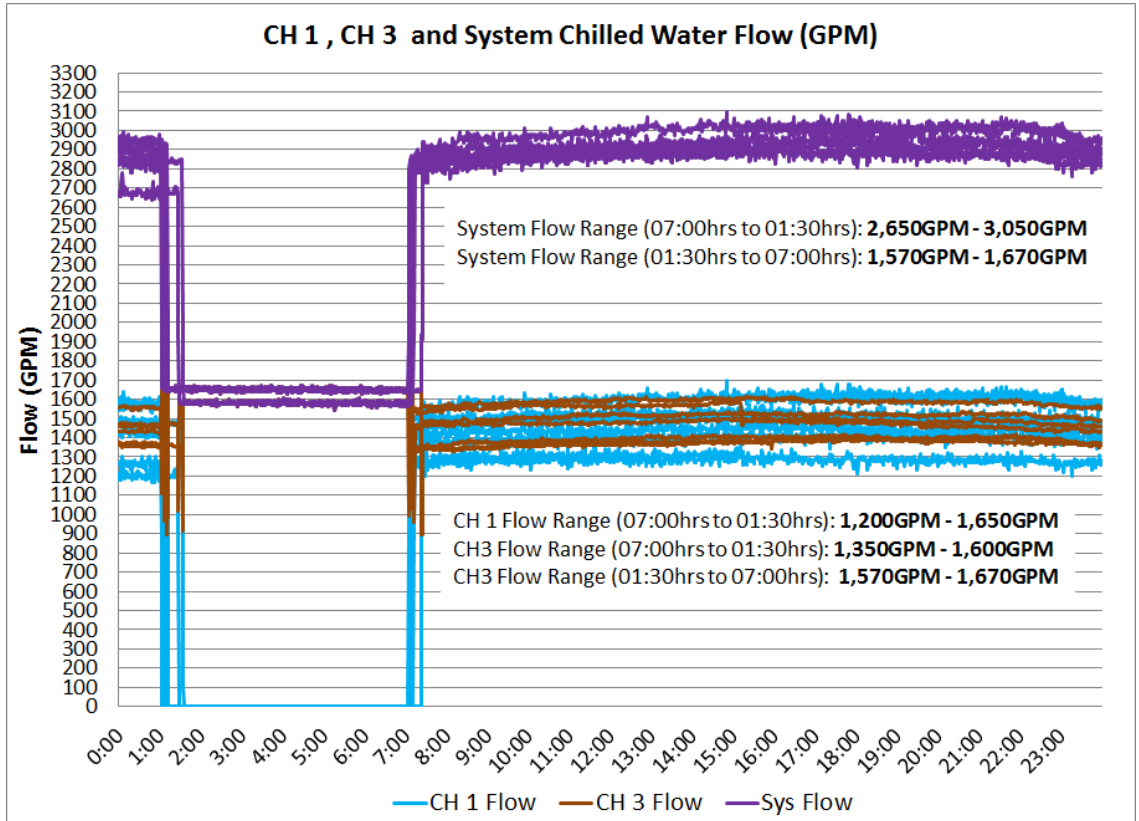
- System kW Range (07:00hrs to 01:30hrs): **350kW - 630kW**
- System kW Range (01:30hrs to 07:00hrs): **135kW - 200kW**

Individual Chiller Power Demand Range

- CH 1 kW Range (07:00hrs to 01:30hrs): **75 kW - 200kW**
- CH 3 kW Range (07:00hrs to 01:30hrs): **100kW - 210kW**
- CH 3 kW Range (01:30hrs to 07:00hrs): **135kW - 200kW**

ဆန်းစစ်ချက်(Analysis)

- CH3 ၏ power consumption သည် CH3 ထက် ပိုများသည်။
- System kW Range (အညှိရောင်လှိုင်း) တစ်လှိုင်းသည် ပုံမှန် power consumption ထက် သိသိသာသာ နည်းနေသည်ကို တခြားအချက်များနှင့် တိုက်၍ အသေးစိတ် လေ့လာဆန်းစစ်ရမည်။



ပုံ -၄ Chilled Water Flow Rate Chart

**လေ့လာတွေ့ရှိချက်များ(Observations)**

- နေ့စဉ်ဖြစ်ပေါ်သည့် system chilled water flow rate တူညီ(consistent)သည်။ သို့သော် CH1 နှင့် CH3 တို့၏ chilled water flow rate အနည်းငယ်ကွဲပြားသည်။

**System Flow Range**

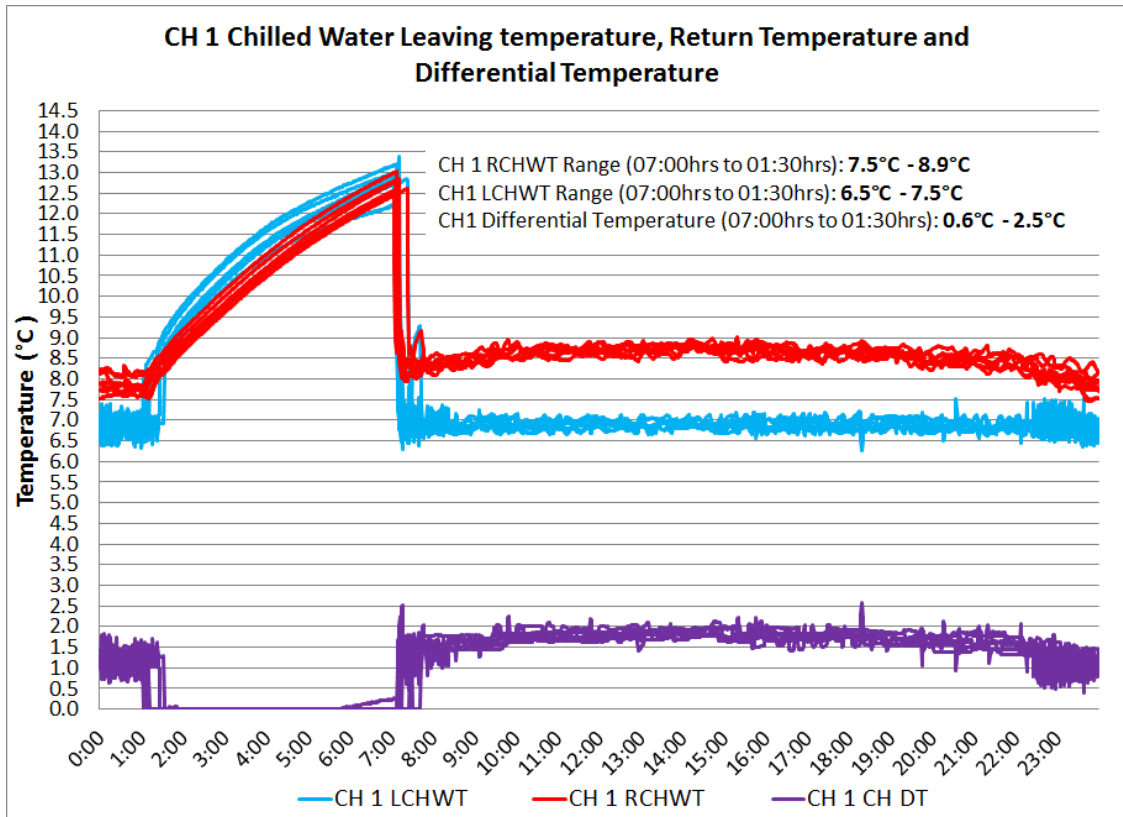
- System Flow Range (07:00hrs to 01:30hrs): **2,650GPM - 3,050GPM**
- System Flow Range (01:30hrs to 07:00hrs): **1,570GPM - 1,670GPM**

**Individual Chiller Flow Range**

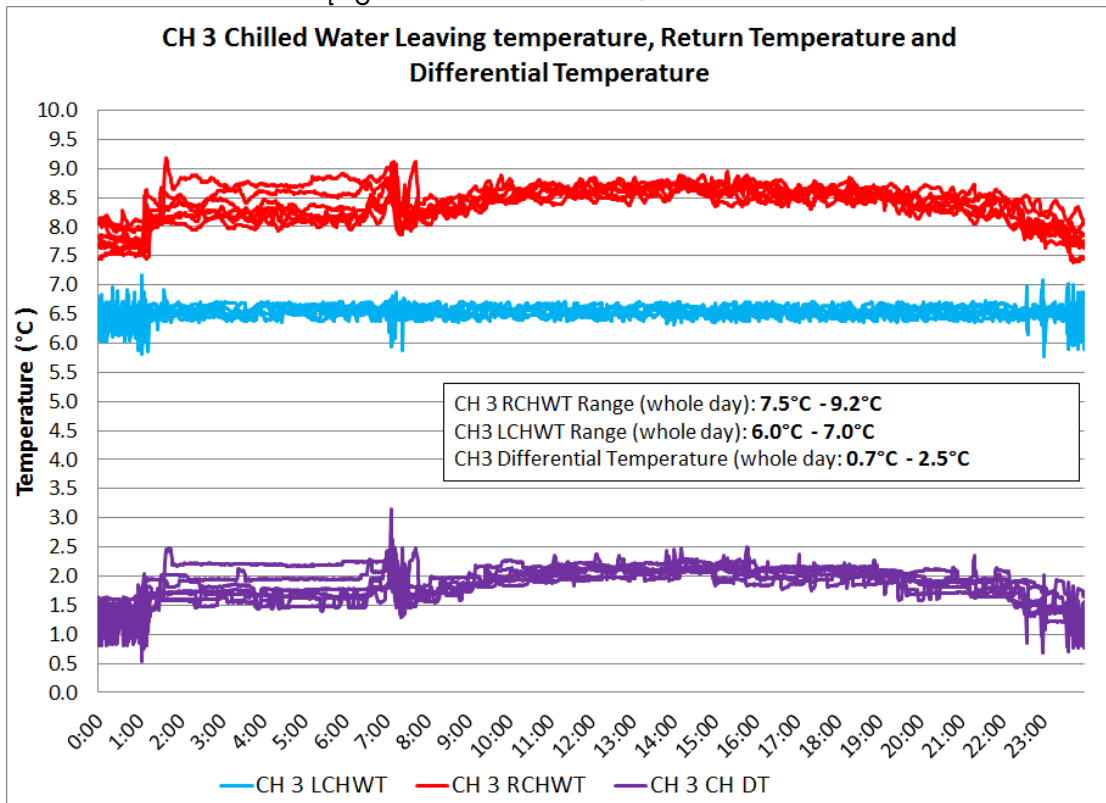
- CH 1 Flow Range (07:00hrs to 01:30hrs): **1,200GPM - 1,650GPM**
- CH3 Flow Range (07:00hrs to 01:30hrs): **1,350GPM - 1,600GPM**
- CH3 Flow Range (01:30hrs to 07:00hrs): **1,570GPM - 1,670GPM**

**ဆန်းစစ်ချက်(Analysis)**

- CH1 နှင့် CH3 တို့၏ chilled water အနည်းငယ် မတူညီရသည့်အကြောင်း(inconsistent)ကို တခြားအချက်များနှင့် တိုက်၍ အသေးစိတ် လေ့လာဆန်းစစ်ရမည်။



ပုံ-၅ CH1 Chilled Water Temperature Profile



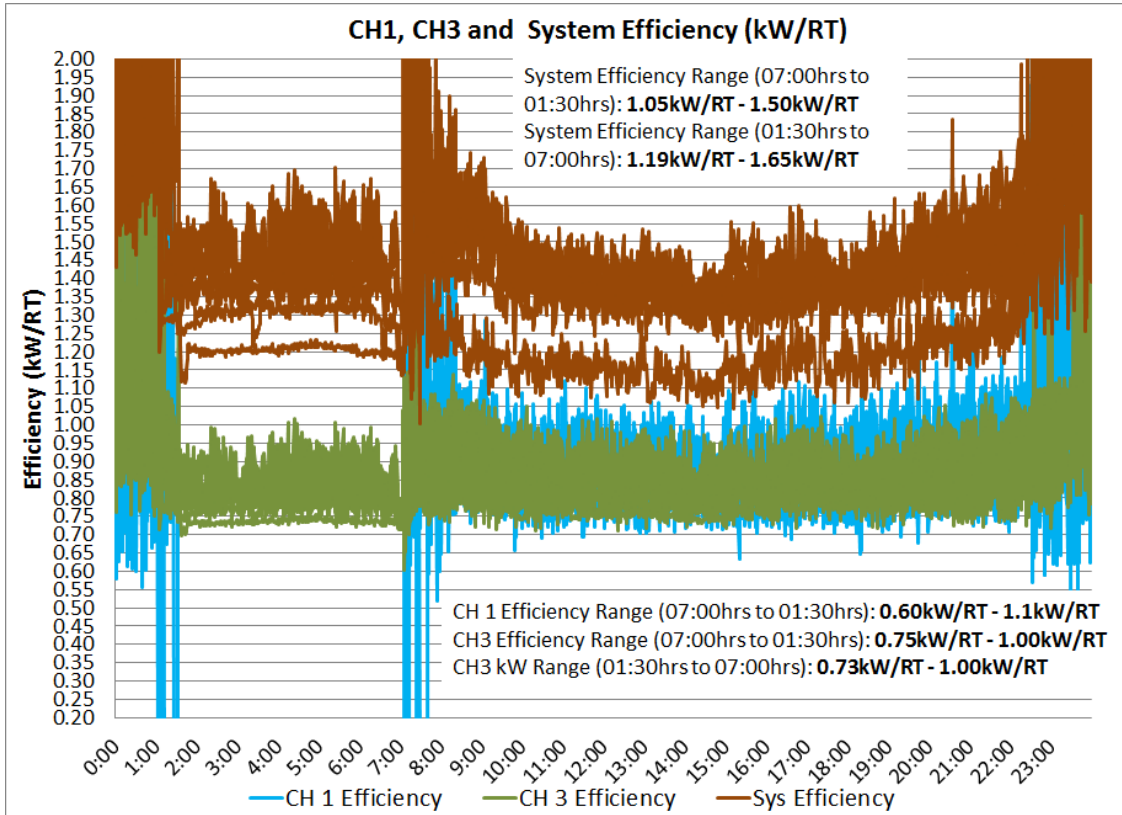
ပုံ-၆ CH3 Chilled Water Temperature Profile

**လေ့လာတွေ့ရှိချက်များ(Observations)**

- Chilled water supply temperature ကို 6.5°C ခန့်တွင် ထိန်းထား(maintain)သည်။
- Chiller တစ်လုံး၏ differential temperature သည် 1.8°C ခန့်ဖြစ်ပြီး တခြား chiller သည် 1.1°C ခန့်ဖြစ်သည်။

**ဆန်းစစ်ချက်(Analysis)**

- တစ်ခါတစ်ရံ chilled water supply temperature သည် 6.5°C ခန့်အထိ နိမ့်ဆင်းသွားသည်။ chilled water supply temperature နိမ့်သောကြောင့် chiller ၏ lift ပိုမြင့်သွားသည်။ ထို့ကြောင့် chiller compressor သည် ပို၍ အလုပ်လုပ်ရသည်။ chilled water plant system efficiency သည် chilled water supply temperature အပေါ်တွင် မူတည်နေသောကြောင့် system efficiency ပိုကောင်းလိုလျှင် chilled water supply temperature set point ကို အနည်းငယ် ပိုမြင့်၍ မောင်းသင့်သည်။ chilled water supply temperature အနည်းငယ်ပိုမြင့်တက်လာခြင်းကြောင့် အခန်းအတွင်းရှိလေ၏ စိုထိုင်းဆ(relative humidity of the rooms) အနည်းငယ် ပိုမြင့်တက်လိမ့်မည်။
- Chilled water differential temperature သည် 2°C ထက်နည်းသည်။ စံ(standard) အဖြစ် သတ်မှတ်ထားသည့် chilled water differential temperature သည် 5.5°C ဖြစ်သည်။ Chilled water differential temperature သည် စံ(standard) 5.5°C ထက်များစွာ လျော့နည်းနေခြင်းသည် chilled water overpumping ဖြစ်နေခြင်း ဖြစ်သည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် chilled water pump သည် လိုအပ်သည်ထက် များစွာ ပိုများနေသည်။ ထိုသို့ဖြစ်ခြင်းကို overpumping ဖြစ်သည်ဟု ပြောဆိုလေ့ရှိသည်။ overpumping ဖြစ်ခြင်းကြောင့် chiller water pump efficiency ကောင်းလိမ့်မည် မဟုတ်ပေ။



ပုံ -၇ Chiller Plant Room System Efficiency Chart

**လေ့လာတွေ့ရှိချက်များ(Observations)**

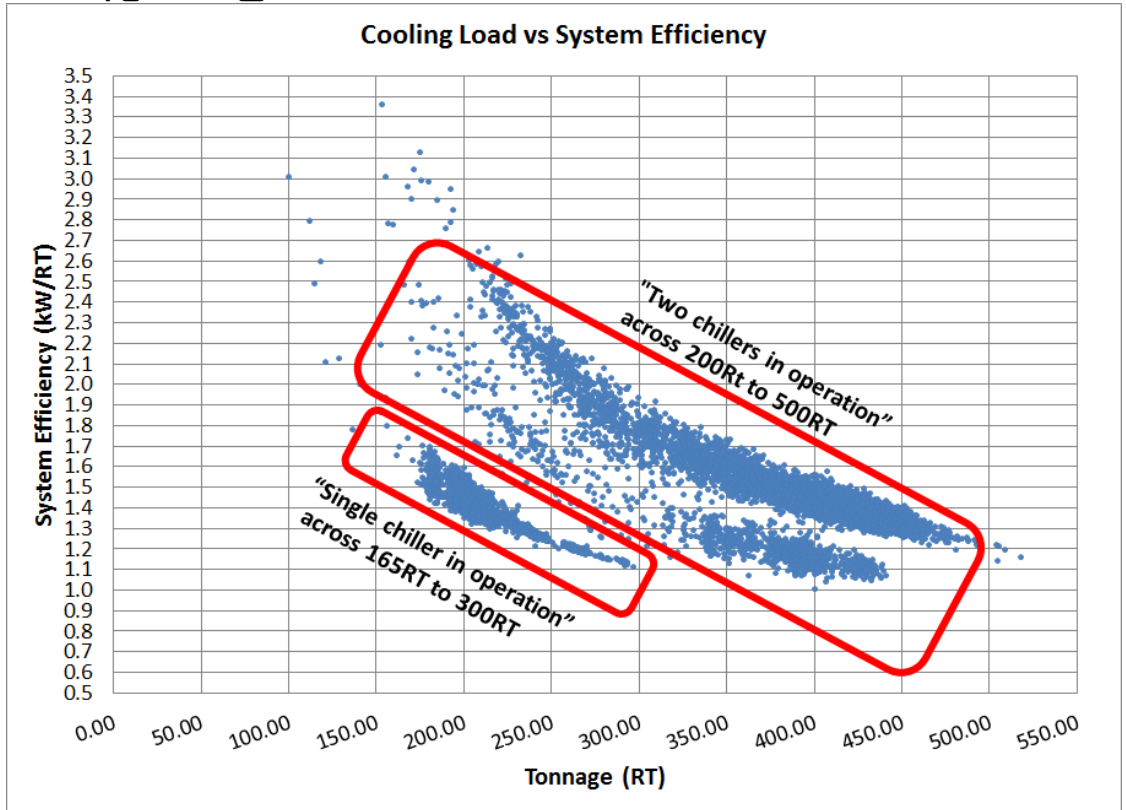
- နေ့အချိန် chiller နှစ်လုံးမောင်းနေစဉ်အတွင်း(during two chillers operation in the day time) ဖြစ်ပေါ်သည့် CH1 နှင့် CH3 တို့၏ efficiency သည် 0.75kW/RT မှ 1.00kW/RT အတွင်း ဖြစ်သည်။
- Load နည်းနေချိန်(lower loads period) ည(၁၀)နာရီ(22:00hrs)နောက်ပိုင်း CH1 နှင့် CH3 တို့၏ efficiency သည် 0.80 kW/RT မှ 1.50 kW/RT အတွင်း ဖြစ်သည်။ သန်းခေါင်ချိန်နောက်ပိုင်း chiller တစ်လုံးတည်းသာ မောင်းနေချိန်(during single chiller operation after midnight)တွင် efficiency သည် 0.73 kW/RT မှ 0.95 kW/RT အတွင်း ဖြစ်သည်။
- System efficiency သည် 1.30kW/RT မှ 1.50kW/RT အတွင်း ဖြစ်သည်။

**ဆန်းစစ်ချက်(Analysis)**

- အကယ်၍ chiller များကို အသစ်လဲလိုက်လျှင် ရရှိနိုင်သည့် system efficiency သည် 0.62 kW/RT ခန့် ဖြစ်သည်။
- အကောင်းဆုံး system efficiency ရရှိနေသည့်အချိန်သည် နေ့အချိန်(during the day time)ဖြစ်သည်။ ထိုအချိန်တွင် 45% loading ဖြင့် မောင်းနေသည်။ 28% loading သို့ကျဆင်းသွားသည့်အခါ system efficiency ညံ့ဖျင်းသွားသည်။ chiller အသစ်များဖြင့် လဲလှယ်ရန် ဒီဇိုင်းလုပ်သည်အခါ(sizing the new equipment) ဤအချက်ကို အထူးဂရုပြုစိုက်ရန် လိုအပ်သည်။



- Centrifugal chiller များသည် 80-90% part load condition တွင် အကောင်းဆုံး(optimum) efficiency ပေးနိုင်သည်။ Variable Speed Drive ဖြင့်မောင်းသည် screw chiller များသည် 60-70% part load condition တွင် အကောင်းဆုံး(optimum) efficiency ပေးနိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် မိမိအသစ်တပ်ဆင်မည့် chiller များ၏ အမျိုးအစား(type)၊ အရွယ်အစား(size)နှင့် performance ကို အသေးစိတ်လေ့လာပြီး ဆုံးဖြတ်သင့်သည်။



ပုံ - ၈ System Efficiency vs Cooling Load Chart

**လေ့လာတွေ့ရှိချက်များ(Observations)**

Occurrence patterns နှစ်မျိုး ဖြစ်ပေါ်နေသည်ကို လေ့လာတွေ့ရှိ(observe)သည်။ "two chillers in operation" 200 RT မှ 500 RT အတွင်း နှင့် "single chiller in operation" 165 RT မှ 300 RT အတွင်း

- System efficiency အကောင်းဆုံးဖြစ်ပေါ်သည့် အခြေအနေသည် "single chiller in operation" at near 300 RT (60% part load) နှင့် "two chillers in operation" near 500 RT (50% part load) တို့ဖြစ်သည်။

- End -