

هفتمین همایش ملی

فن آوری های نوین صنعت ساختمان

07 National Conference of New Construction Industry Technologies



«تاثیر سیستم های تهویه مطبوع نوین بر رتبه بندی انرژی در ساختمان ها»

مسعود کاوه



- دکترای مهندسی مکانیک تبدیل انرژی
- مدرس دانشگاه و مباحث مقررات ملی ساختمان
- مشاور و طراح تاسیسات مکانیکی
- مخترع در حوزه تهویه مطبوع و فن آوری تولید آب

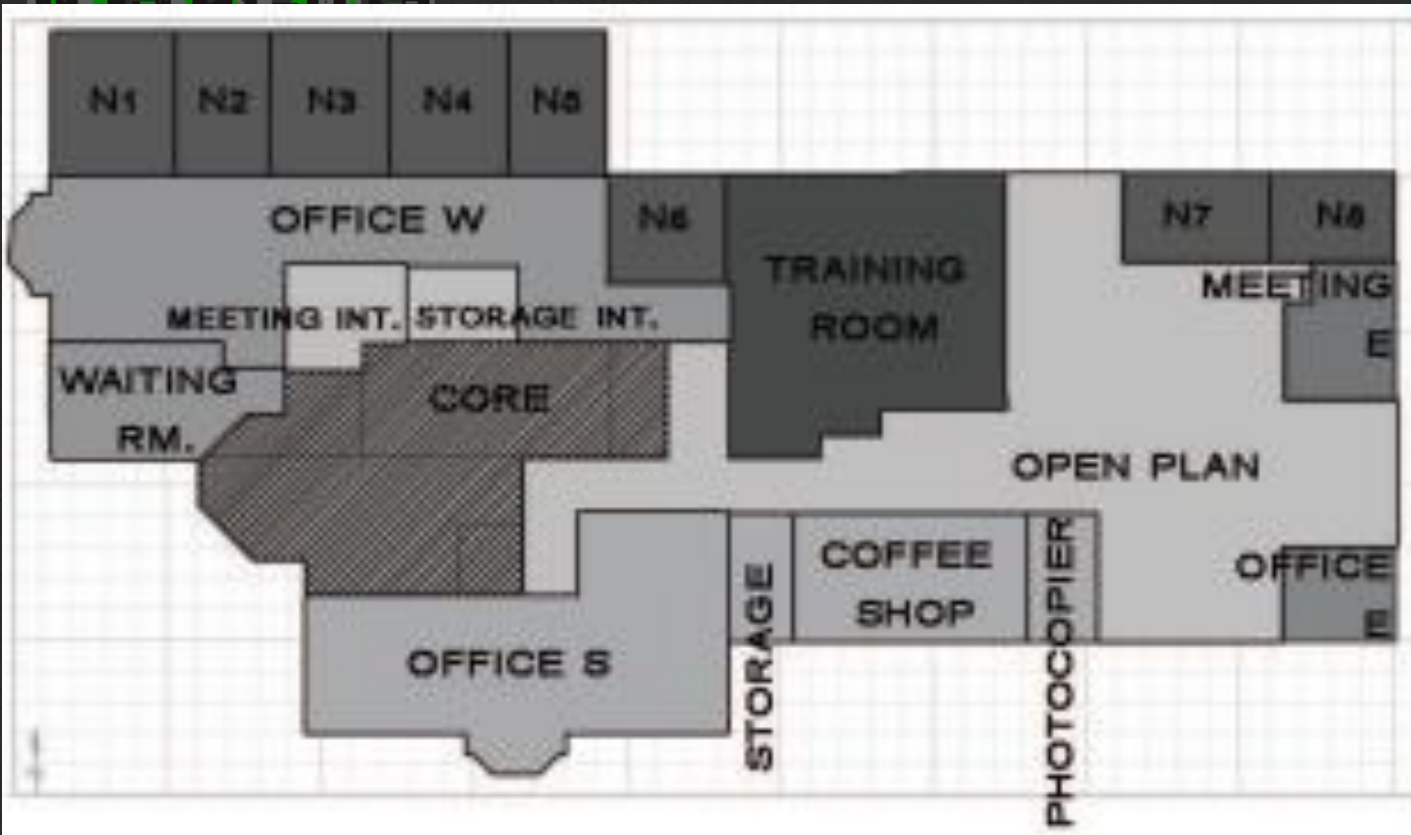


سیستم های تهویه مطبوع نوین

- منطقه بندی در تاسیسات و تهویه مطبوع (**Zoning**)
- سیستم های بازیافت انرژی (**ENERGY RECOVERY SYSTEMS**)
- موتورخانه با مدارهای اولیه – ثانویه (**Primary - Secondary**)
- سیستم **Free Cooling**

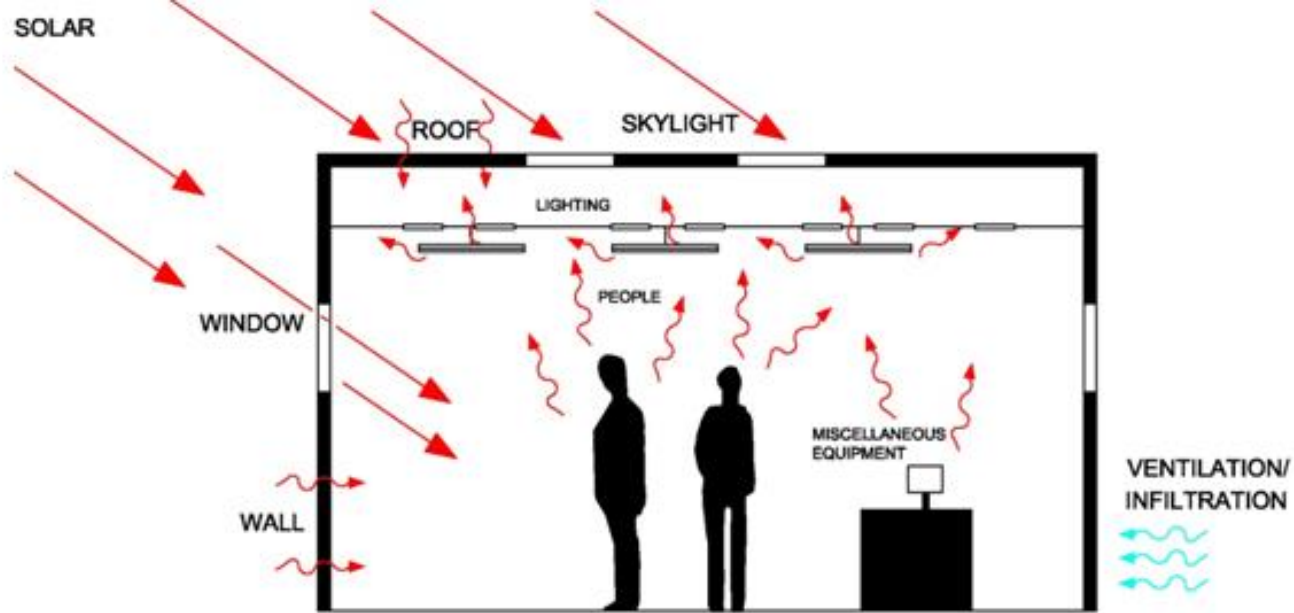
منطقه بندی در تاسیسات مکانیکی و تهویه مطبوع (Zoning)

- دسته بندی فضاهای یک ساختمان به چند منطقه به نحوی که فضاهای تشکیل دهنده هر منطقه چنان ویژگی هایی داشته باشند که بتوانند تحت پوشش یک سیستم کنترلی مشترک، شرایط آسایش مورد نظر را تأمین کنند.





منطقه بندی در تاسیسات مکانیکی و تهویه مطبوع (Zoning)



External	Internal
Roofs/Walls – Conduction	Lights
Roofs/Walls – Radiation	People
Skylights/Windows – Conduction	Miscellaneous Equipment
Skylights/Windows – Radiation	
Ventilation/Infiltration	



منطقه بندی در تاسیسات مکانیکی و تهویه مطبوع (Zoning)

• همسان بودن پروفیل بارهای پوسته خارجی فضاهای مختلف

• نحوه استقرار یکسان فضاها (orientation)

• شاخص خورشیدی یکسان (solar index)

• گروه اینرسی حرارتی یکسان (thermal inertia)

• شرط مشترک بودن سیستم کنترلی برای فضاهای یک منطقه

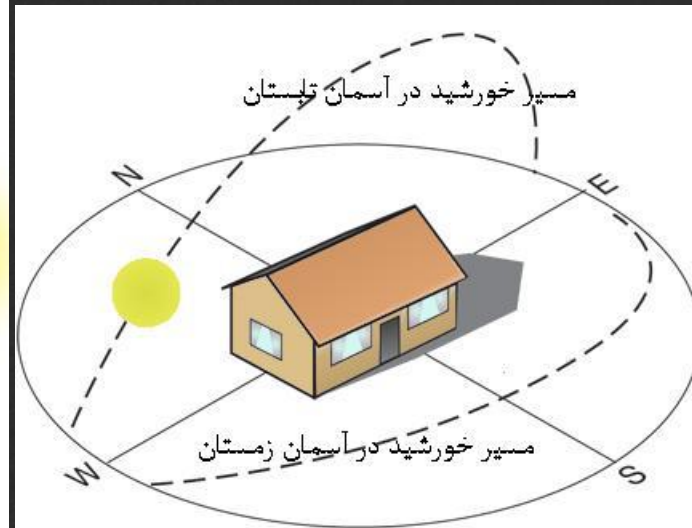
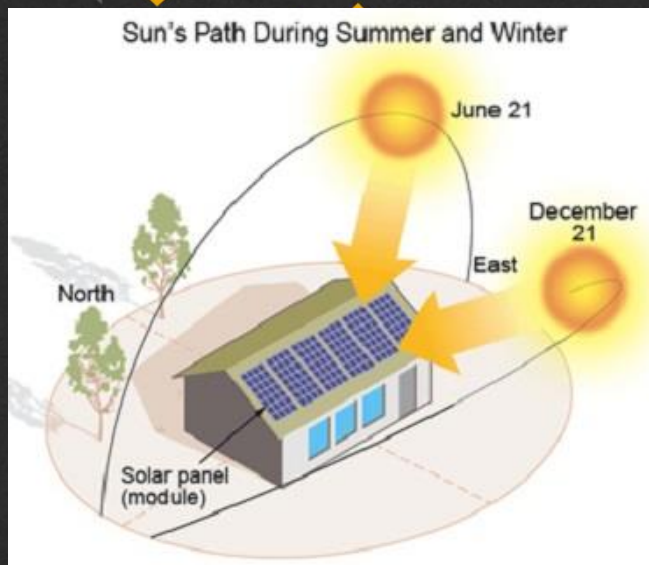
• همسان بودن پروفیل بارهای داخلی

• همسان بودن نوع کاربری از نظر شرایط مورد انتظار داخل فضاها

• همسان بودن نوع و پروفیل استفاده از سیستم روشنایی

• همسان بودن پروفیل حضور و نوع فعالیت افراد

• همسان بودن نوع و پروفیل استفاده از تجهیزات گرمازا



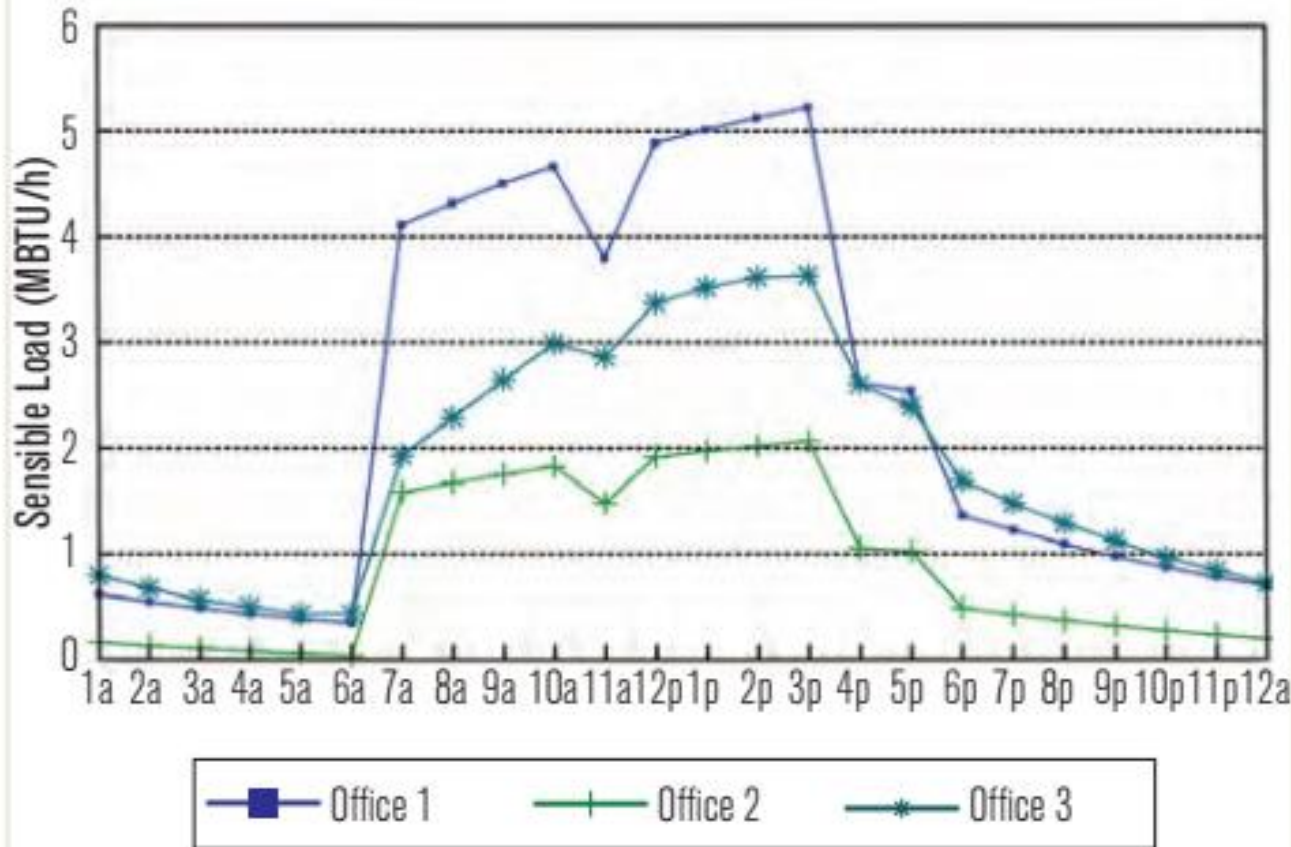


منطقه بندی در تاسیسات مکانیکی و تهویه مطبوع (Zoning)

- در صورتیکه هزینه های ساخت اجازه میدهد فضاهای خاص مانند راهروها، سرویس های بهداشتی و انبارها بصورت مستقل منطقه بندی شوند یا مثلا در هتل ها اتاق های خانه داری، در غیر اینصورت به فضاهای مجاور که بهره برداری منظم و اولویت بیشتری دارند ملحق میشوند. عمدتا این فضاها یا تهویه خاصی ندارند یا از طریق انتقال هوای فضای مجاور تهویه می شوند.
- پس از محاسبه بار فضاها، منطقه بندی فضاها براساس پروفیل و رفتار بار در روز اهمیت داشته و مقدار بار فضاها اولویت ندارد.
- اصول طراحی منطقه بندی (zoning)
- ترجیحا منطقه بندی از فضاهایی در تراز افقی باشند و نه فضاهای عمودی و طبقاتی که بوسیله سقف از هم جدا شده اند
- منطقه بندی از فضاهای مجاور هم باشد، حتی فضاهایی کاملا مشابه اما دور از هم مناسب هم منطقه بودن نیستند
- منطقه بندی فضاهای داخلی با یکدیگر مد نظر قرار گیرد و فضاها در پوسته خارجی با یکدیگر در یک منطقه

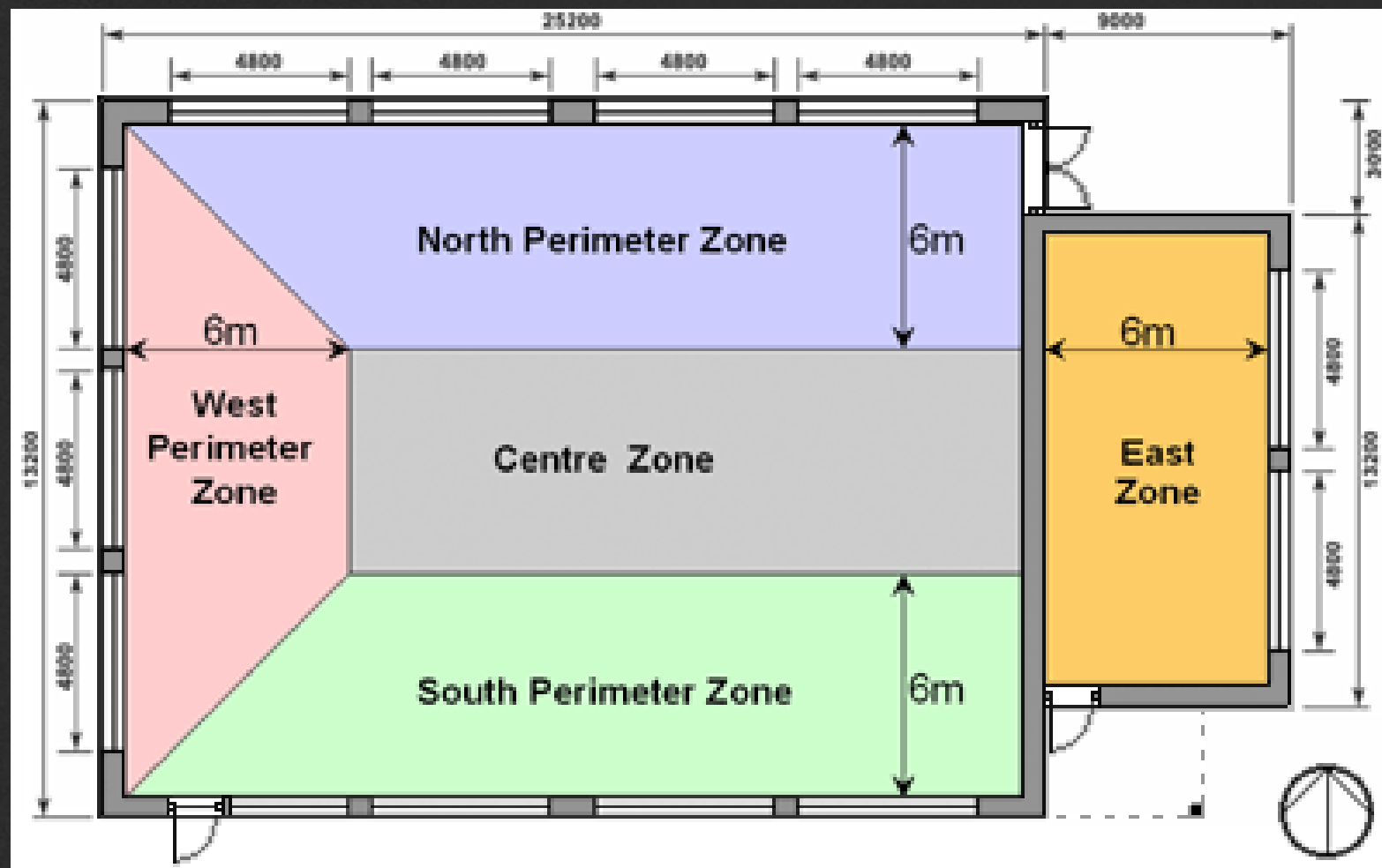
منطقه بندی در تاسیسات مکانیکی و تهویه مطبوع (Zoning)

- نمودار بارهای محسوس سرمایشی در ۲۱ ژوئن برای سه فضای اداری در یک ساختمان کوچک، فضاهای اداری یک و دو را می توان با هم منطقه بندی کرد، چون پروفیل بار فضای اداری سه بیش از حد متفاوت است و همچنین فضای اداری ۳ پیرامونی و فضای ۱ و ۲ در فضای داخلی اما در دو طبقه متفاوت مقدار بار مهم نیست رفتار پروفیل بار مهم است



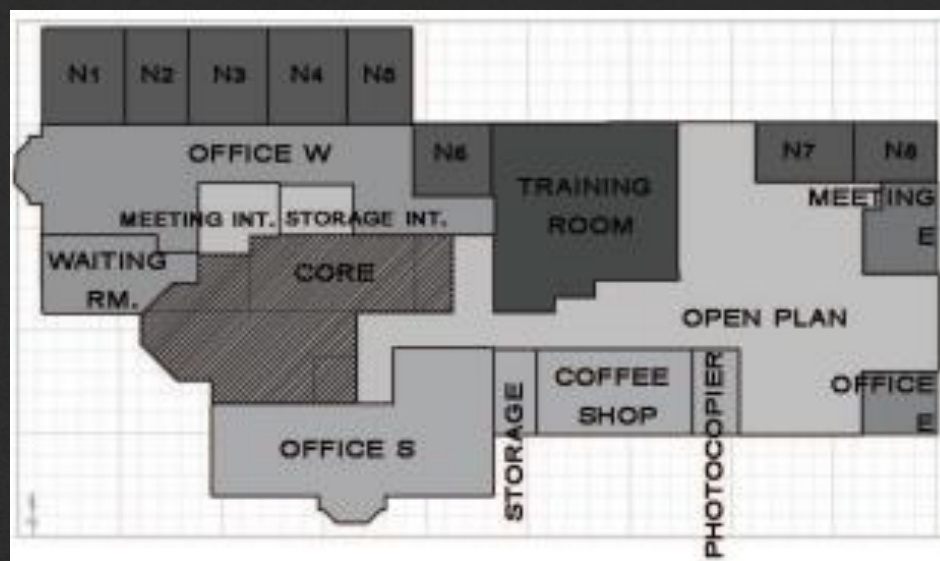
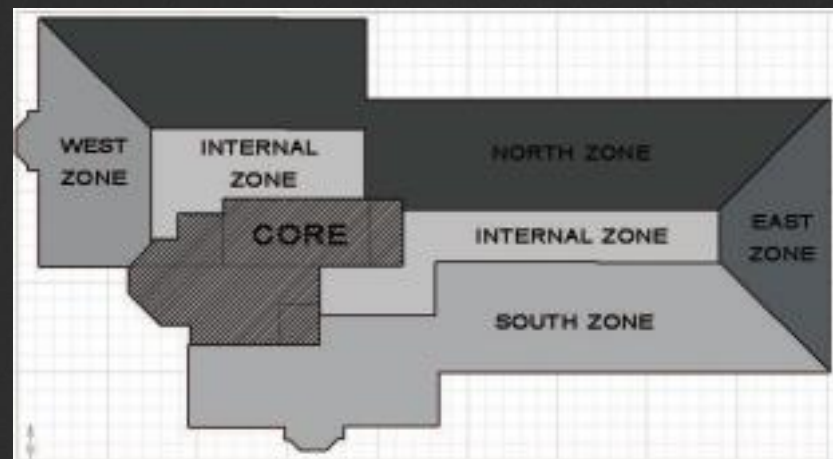
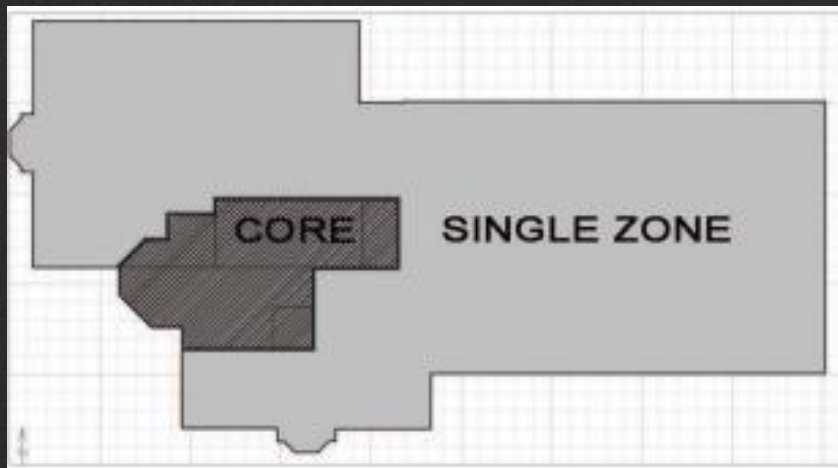


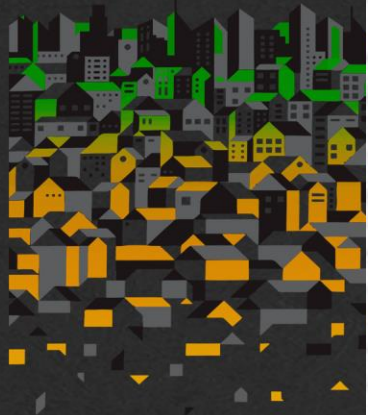
منطقه بندی در تاسیسات مکانیکی و تهویه مطبوع (Zoning)



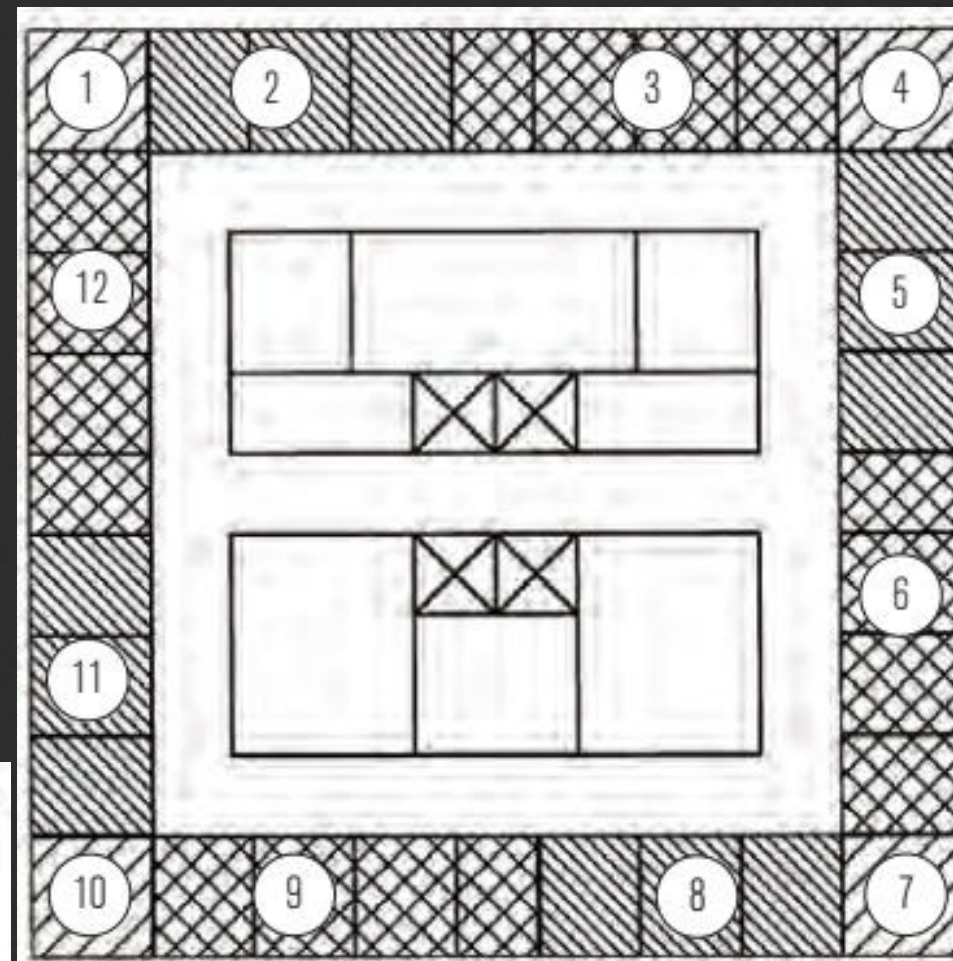
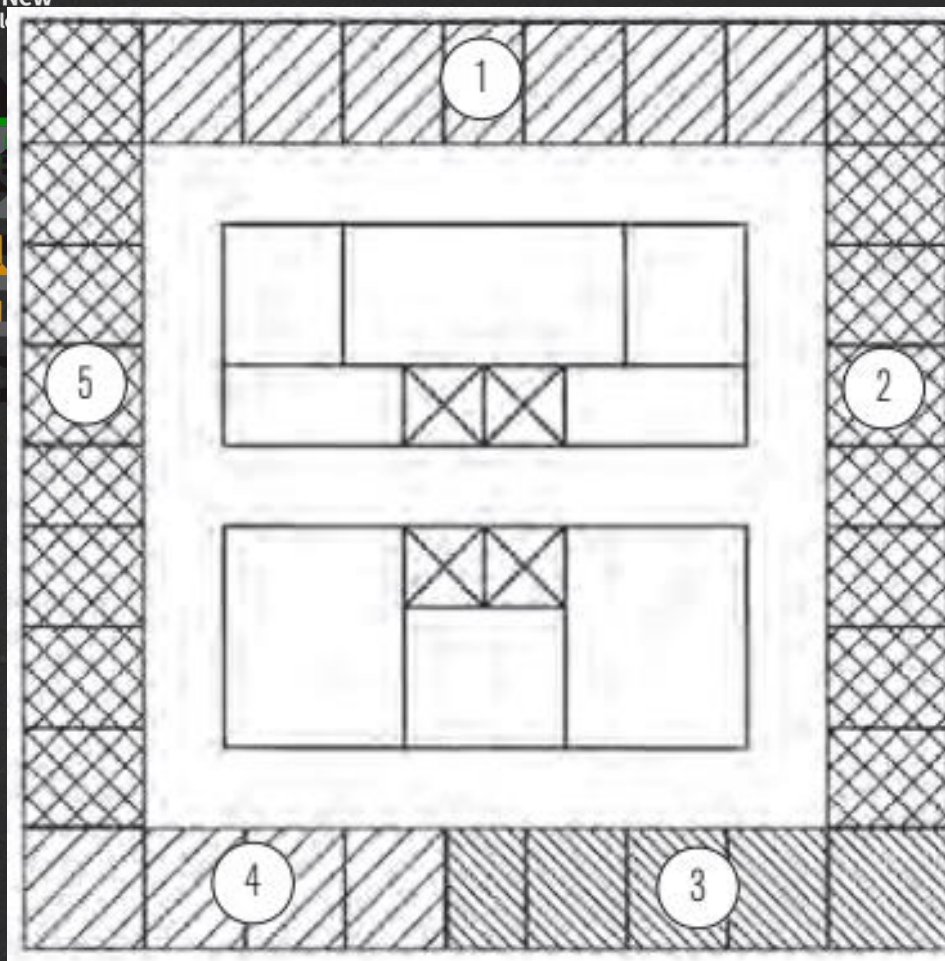


منطقه بندی در تاسیسات مکانیکی و تهویه مطبوع (Zoning)



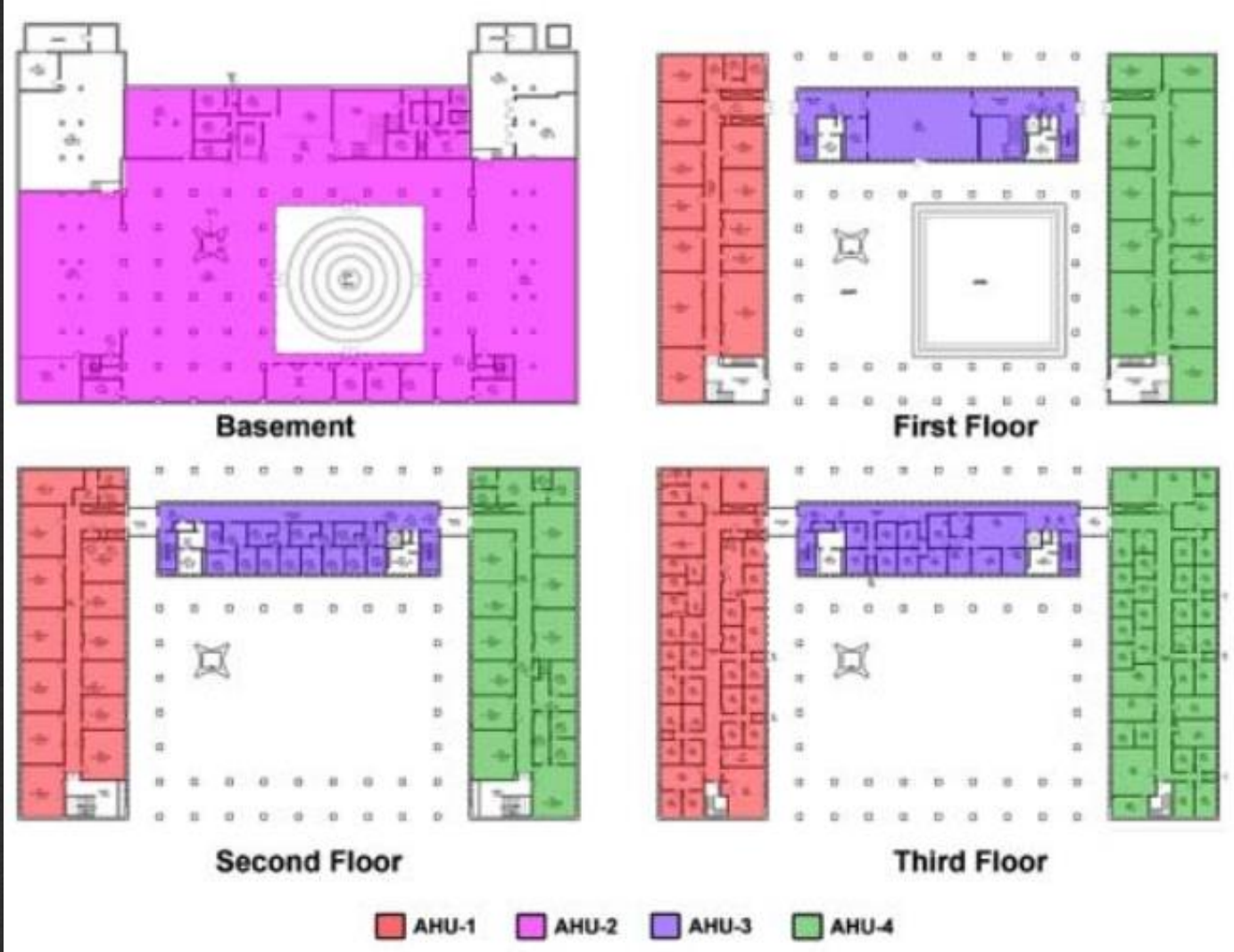


منطقه بندی در تاسیسات مکانیکی و تهویه مطبوع (Zoning)





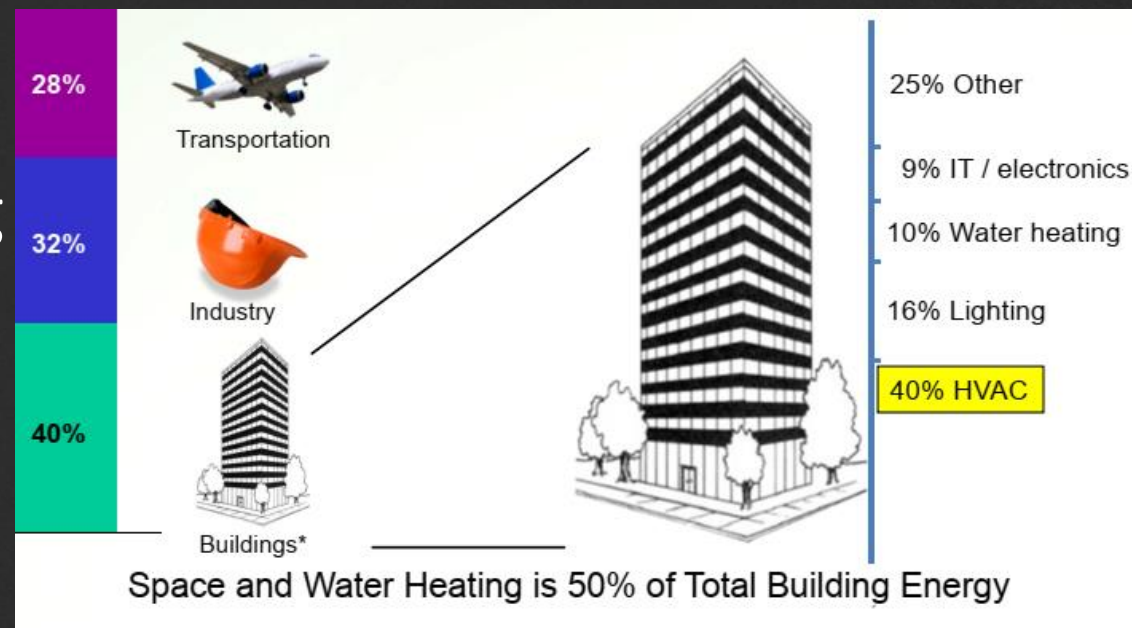
منطقه بندی در تاسیسات مکانیکی و تهویه مطبوع (Zoning)



سیستم های بازیافت انرژی (ENERGY RECOVERY SYSTEMS)



- What is waste HEAT ?
- Why is HEAT Recovery Important?
- HEAT Recovery Benefits?
- Uses **waste heat** to save energy
- Consumes **less power** during simultaneous heating and cooling
- Reduces **capacity** of equipments



سیستم های بازیافت انرژی (ENERGY RECOVERY SYSTEMS)



- **What is HEAT Recovery?**
- 1- Heat recovery is often referred to as a device operating **between two air sources** at different temperatures which transfers energy from one side to the other
- 2- Heat recovery is often referred to as a device operating **between two water sources or between air and water at different temperatures** which transfers energy from one side to the other
- Air-to-air Heat Recovery
- Heat recovery Ventilator (**HRV**)
- Energy recovery Ventilator (**ERV**)
- heat from the exhaust air stream or heat gain from condensor is used to **pre-heat** the building's hot water or space heating system
- **Heat Pumps**



سیستم های بازیافت انرژی (ENERGY RECOVERY SYSTEMS)

- **HRV** is a heat recovery ventilator and can be used in both the heating and cooling seasons.
- **HRV** is a **sensible-only** recovery device. That means it can recover sensible (dry) energy **but not latent (moisture) energy**. This does make it **less effective** during the cooling season.
- **ERV** provides savings in summer cooling and winter heating operations and can reduce the summer electrical peak load demand. There also can be a significant improvement in humidity control during both seasons.
- The decision to use an **ERV** (a sensible-plus-latent device) or an **HRV** (a sensible-only device) is a matter of psychometrics

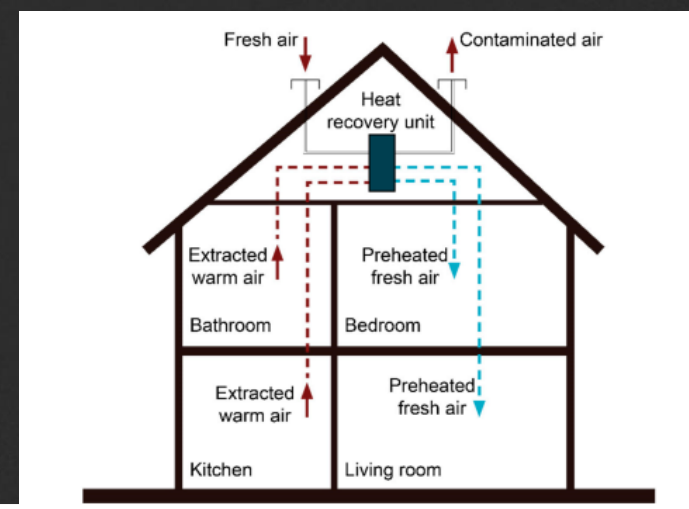
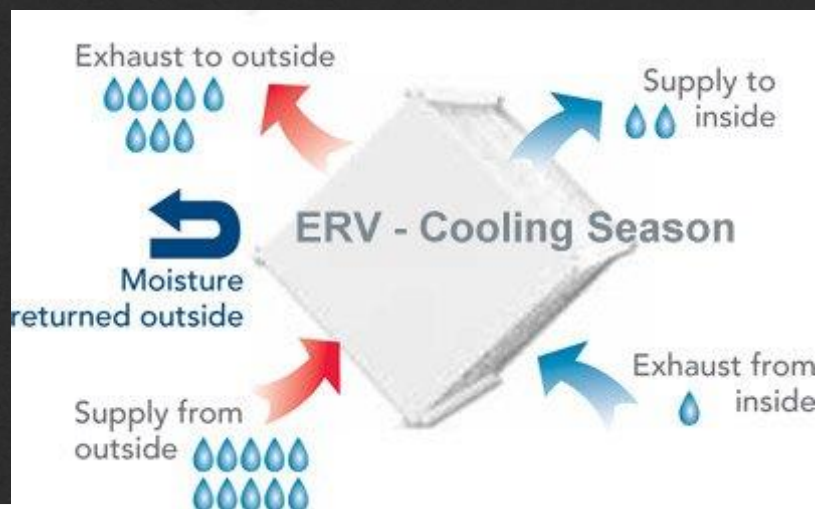
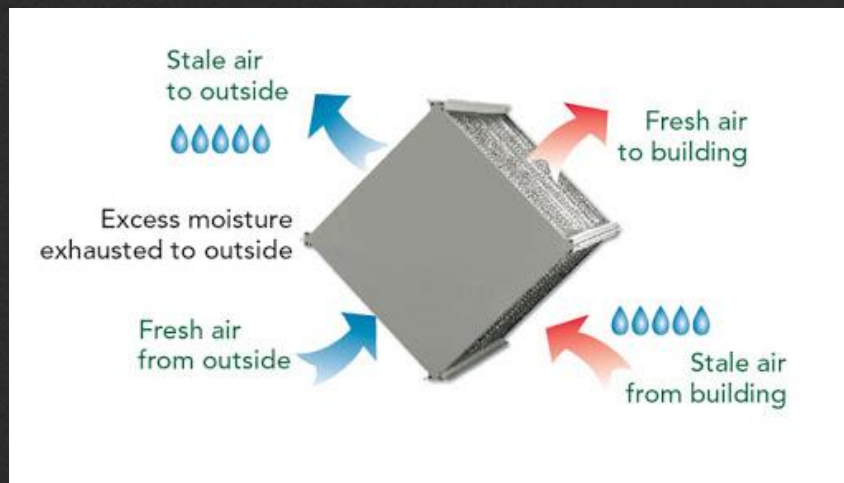


سیستم های بازیافت انرژی (ENERGY RECOVERY SYSTEMS)

- There are applications where an **HRV** makes more sense, such as a locker/shower room. In this case, the indoor humidity always is much higher than the outdoor humidity and it is desirable to remove that moisture from the space at all times of the year.
- In some climates ,In the summer, an **ERV** removes the humidity from the incoming outdoor air and shifts it over to the exhaust air, keeping it out of the building. In the winter, an **ERV** removes humidity from the exhaust air and transfers it over to the outdoor ventilation air, eliminating the need for humidifiers

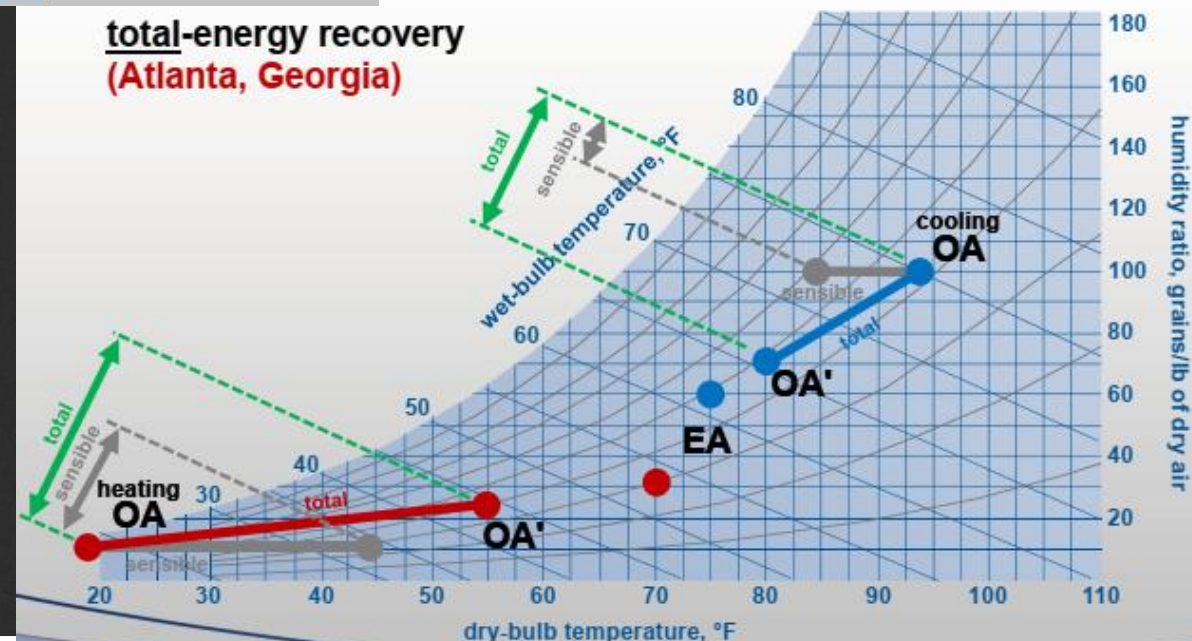
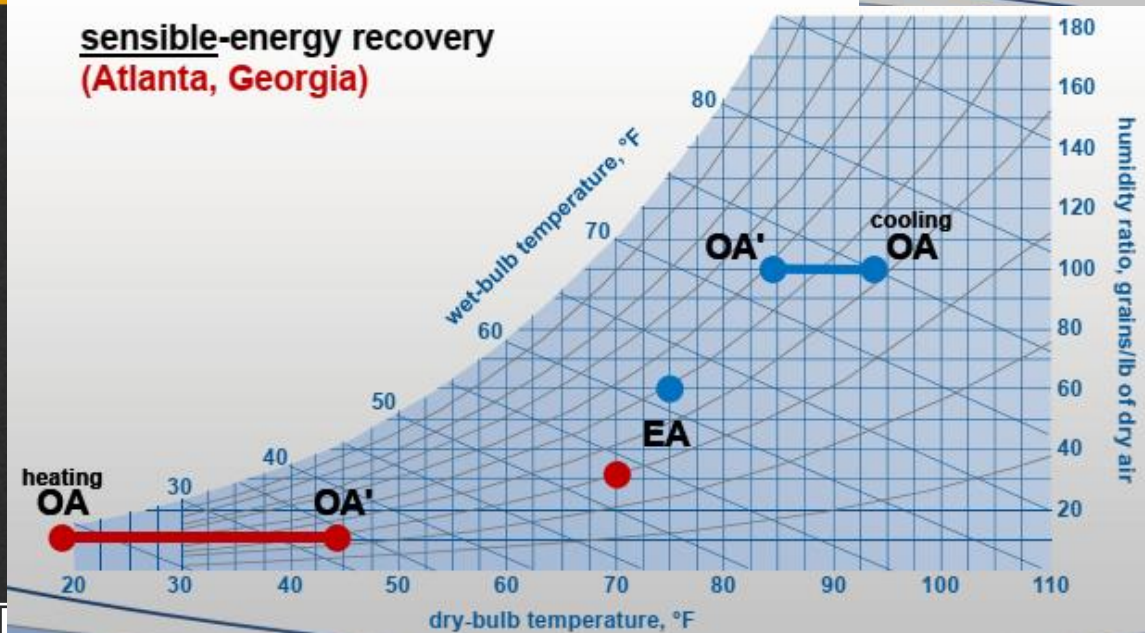
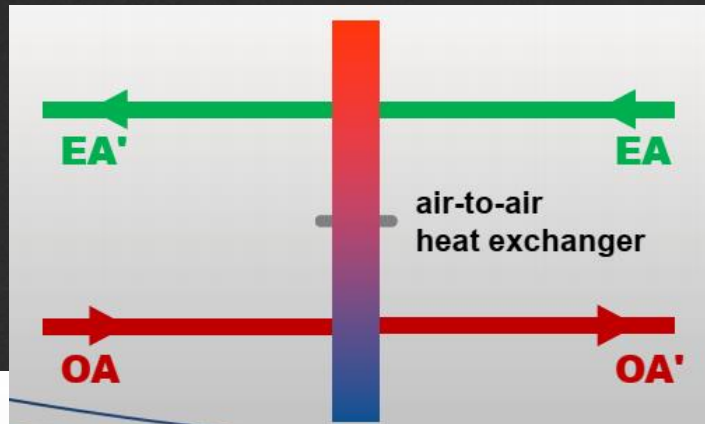


سیستم های بازیافت انرژی (ENERGY RECOVERY SYSTEMS)





سیستم های بازیافت انرژی (ENERGY RECOVERY SYSTEMS)



سیستم های بازیافت انرژی (ENERGY RECOVERY SYSTEMS)

• Heat pump benefits?

- Uses waste heat to save energy
- Consumes less power during simultaneous heating and cooling
 - Using less boiler power consumption
- Has many uses
 - Heating building
 - Heating service water
 - Heating process water



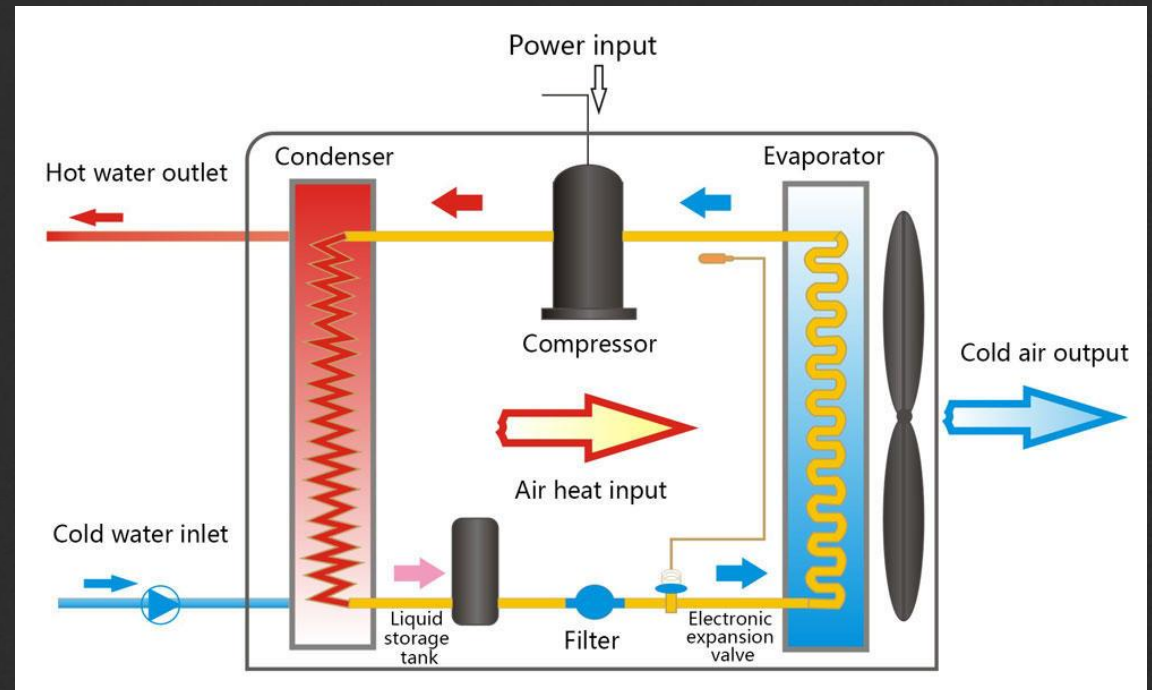
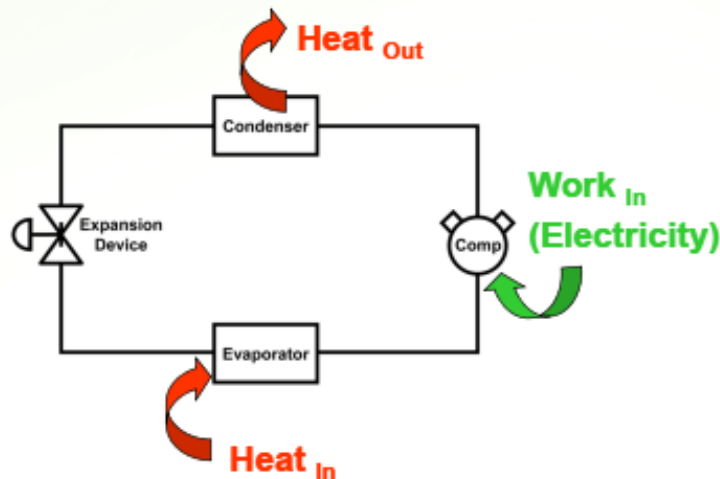
سیستم های بازیافت انرژی (ENERGY RECOVERY SYSTEMS)

• Heat pump Fundamentals

$$COP_{\text{heating}} = \frac{\text{Heat}_{\text{Out}}}{\text{Work}_{\text{In}}}$$

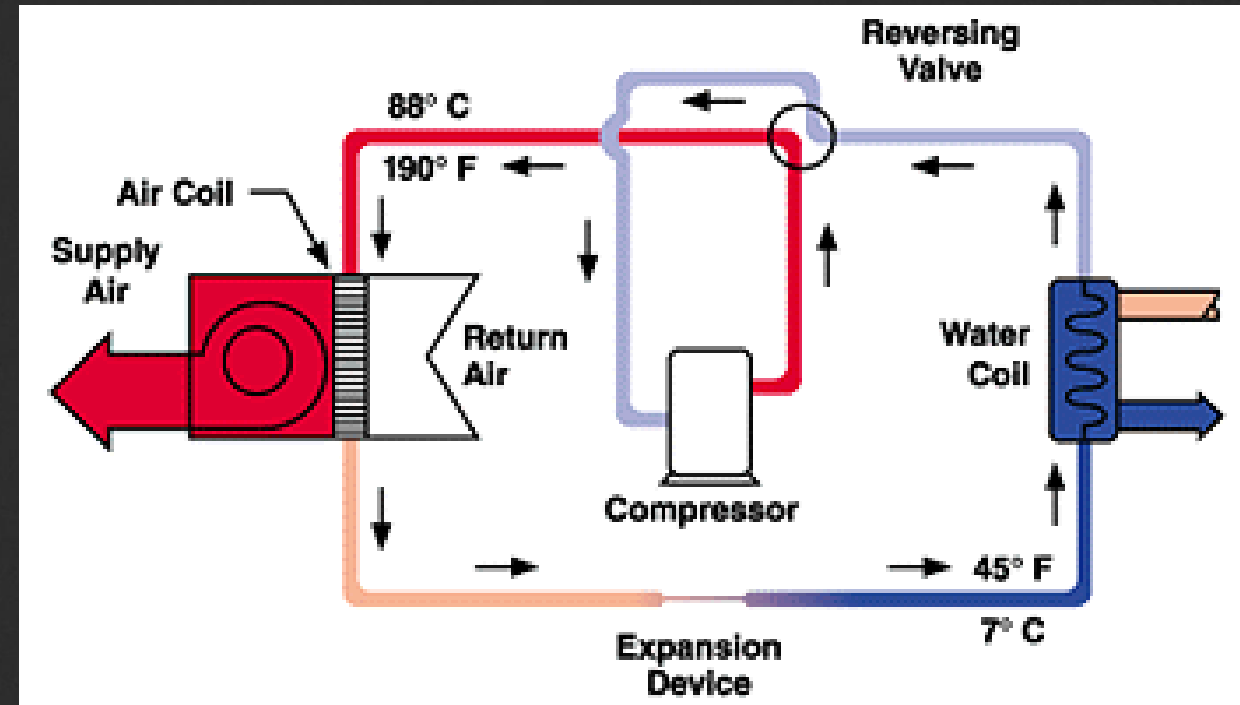
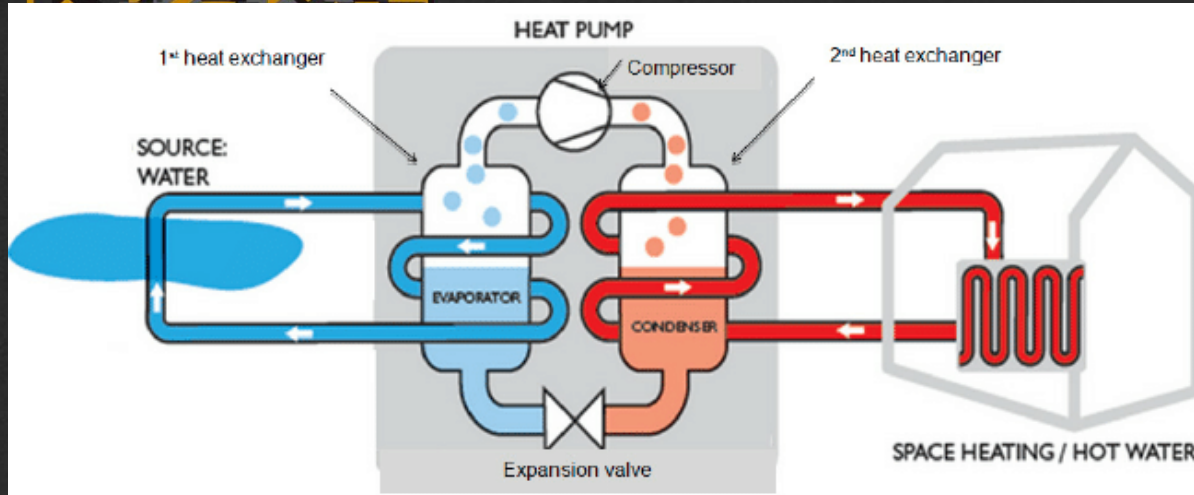
$$COP_{\text{cooling}} = \frac{\text{Heat}_{\text{In}}}{\text{Work}_{\text{In}}}$$

$$COP_{\text{total}} = \frac{\text{Heat}_{\text{Out}}}{\text{Work}_{\text{In}}} + \frac{\text{Heat}_{\text{In}}}{\text{Work}_{\text{In}}} = \text{Energy Savings!}$$



سیستم های بازیافت انرژی (ENERGY RECOVERY SYSTEMS)

• Heat pump Fundamentals



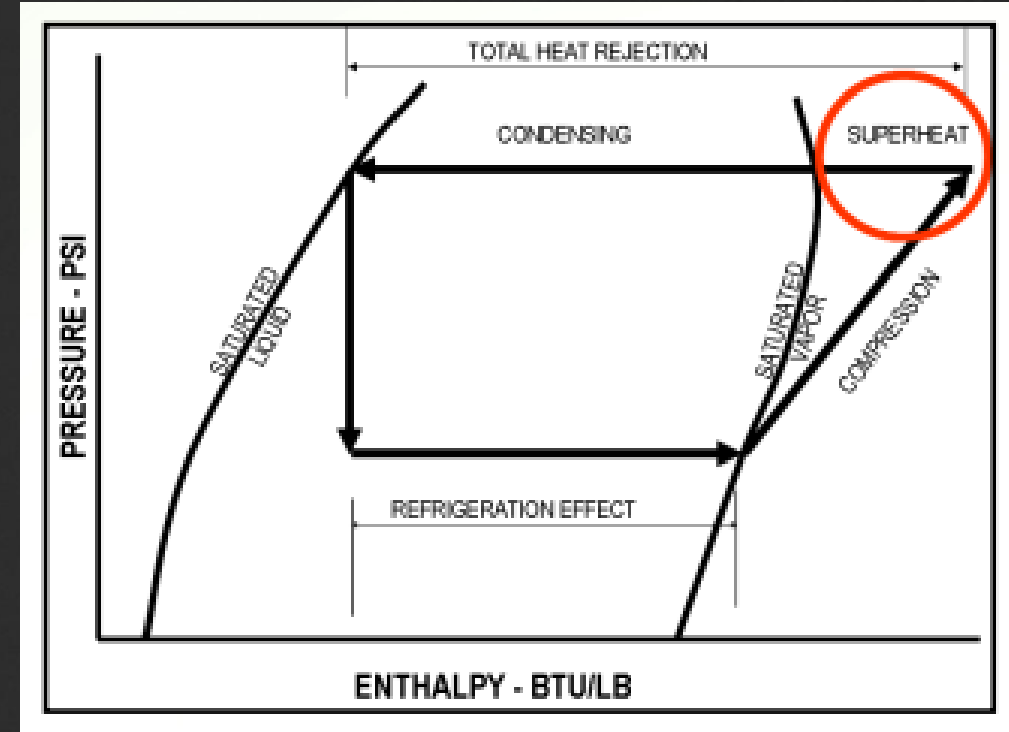


سیستم های بازیافت انرژی (ENERGY RECOVERY SYSTEMS)

TWO COMMON WAYS TO PERFORM HEAT RECOVERY

1-Desuperheater

- Refrigerant-to-water heat exchanger between compressor and condenser
- Captures heat from superheated refrigerant
- Provides uncontrolled hot water temp
- Allows chiller to produce higher hot water temps
- Only small quantity of heat is available since only superheat is removed from refrigerant (25% heat of compression)

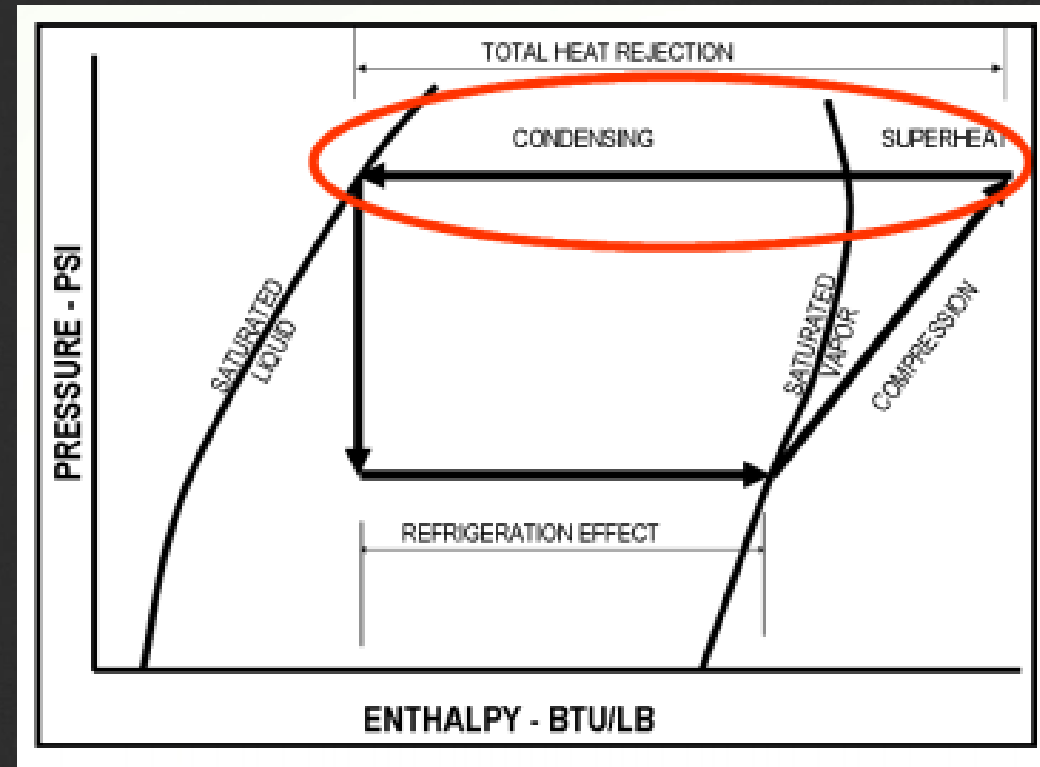


سیستم های بازیافت انرژی (ENERGY RECOVERY SYSTEMS)

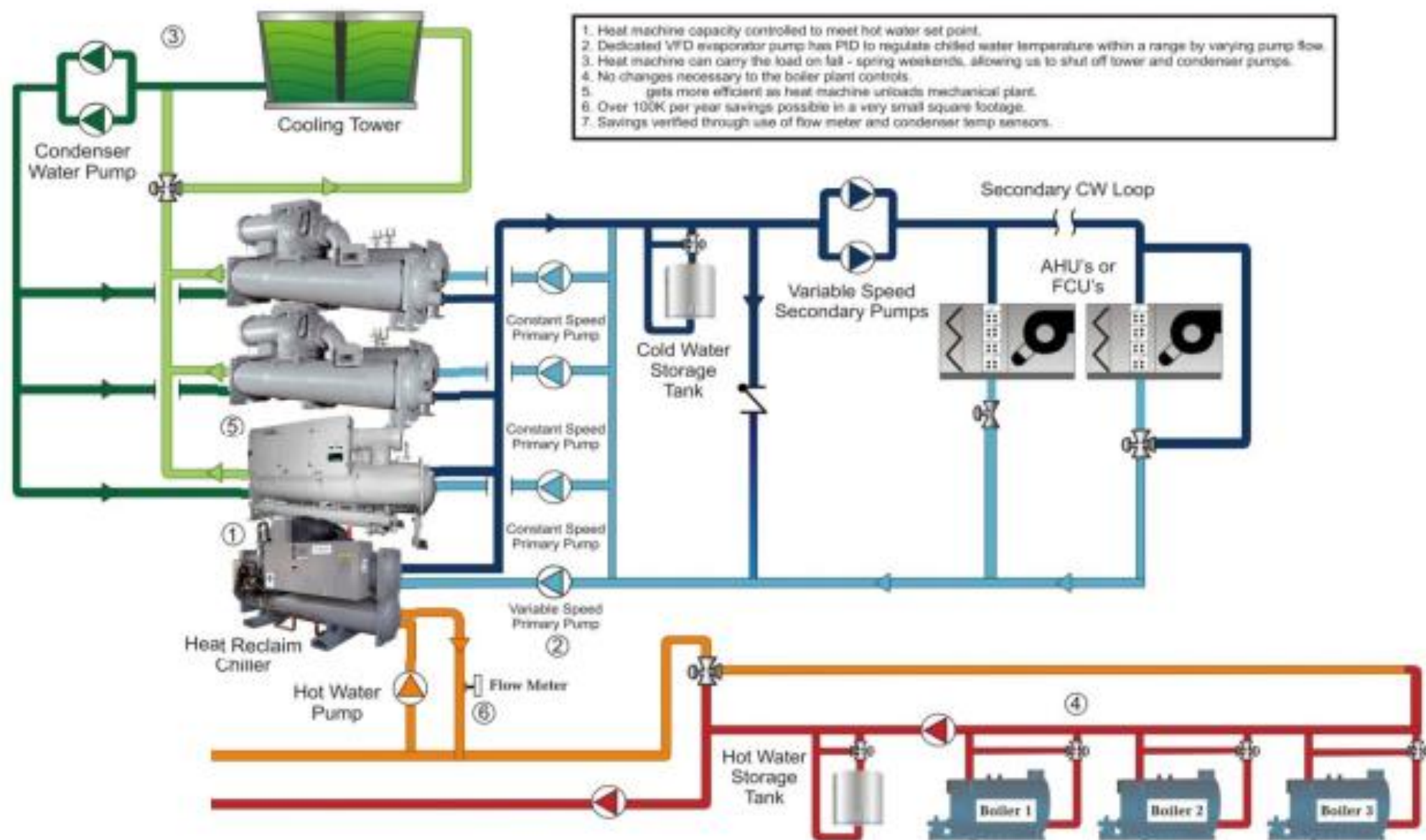
TWO COMMON WAYS TO PERFORM HEAT RECOVERY

2- Full Condensing

- Refrigerant-to-water heat exchanger
- Captures heat from refrigerant condensing process
- Provides uncontrolled hot water temp
- Hot water temp a function of the condensing temp
- Larger quantity of heat is available compared to desuperheater



Chiller Room Piping Layout Diagram





سیستم های بازیافت انرژی (ENERGY RECOVERY SYSTEMS)

Comply with standards

- Energy codes (IECC), following either **ASHRAE Standard 90.1** or ICC requirements
- Green-building codes (IgCC-based), following either **Standard 189.1** or **ICC requirements**
- Energy label (ENERGY STAR) or building rating systems (LEED®)

IECC—International Energy Conservation Code

ICC—International Code Council (ICC) requirements

IgCC—International green Construction Code



سیستم های بازیافت انرژی (ENERGY RECOVERY SYSTEMS) **Exhaust-Air Energy Recovery** Standard 90.1-2019, Section 6.5.6.1

6.5.6 Energy Recovery

6.5.6.1 Exhaust Air Energy Recovery

6.5.6.1.1 Nontransient Dwelling Units

Nontransient dwelling units shall be provided with outdoor air energy recovery ventilation systems. *For nontransient dwelling units, energy recovery systems shall result in an enthalpy recovery ratio of at least 50% at cooling design condition and at least 60% at heating design condition.* The energy recovery system shall provide the required *enthalpy recovery ratio* at both heating and cooling *design conditions*, unless one mode is not required for the climate zone by the exceptions below.

Exceptions to 6.5.6.1.1

1. Nontransient dwelling units in Climate Zone 3C.
2. Nontransient dwelling units with no more than 500 ft² of conditioned floor area in Climate Zone 0, 1, 2, 3, 4C, and 5C.
3. Enthalpy recovery ratio requirements at heating design condition in Climate Zones 0, 1, and 2.
4. Enthalpy recovery ratio requirements at cooling design condition in Climate Zones 4, 5, 6, 7, 8.



سیستم های بازیافت انرژی (ENERGY RECOVERY SYSTEMS)

Exhaust-Air Energy Recovery

Standard 90.1-2019, Section 6.5.6.2

6.5.6.1.2 Spaces Other than Nontransient Dwelling Units

Each fan system serving spaces other than *nontransient dwelling units* shall have an *energy recovery system* where the design supply fan airflow rate exceeds the value listed in Tables 6.5.6.1.2-1 and 6.5.6.1.2-2, based on the climate zone and percentage of *outdoor air* at design airflow conditions. Table 6.5.6.1.2-1 shall be used for all *ventilation systems* that operate *less than 8000 hours per year*, and Table 6.5.6.1.2-1 shall be used for all *ventilation systems* that operate *8000 or more hours per year*.

For spaces other than *nontransient dwelling units*, *energy recovery systems* shall result in an *enthalpy recovery ratio* of at least 50%. The *energy recovery system* shall provide the required *enthalpy recovery ratio* at both heating and cooling *design conditions*, unless one mode is not required for the climate zone by the exceptions below. Provision shall be made to bypass or *control* the *energy recovery system* to permit *air economizer* operation as required by Section 6.5.1.1.

Exceptions to 6.5.6.1.2

1. Laboratory systems meeting Section 6.5.7.3.
2. Systems serving spaces that are not cooled and that are heated to less than 60°F.
3. Heating energy recovery where more than 60% of the *outdoor air* heating energy is provided from *site-recovered energy* or *site-solar energy* in Climate Zones 5 through 8.
4. *Enthalpy recovery ratio* requirements at heating design condition in Climate Zones 0, 1, and 2.
5. *Enthalpy recovery ratio* requirements at cooling design condition in Climate Zones 3C, 4C, 5B, 5C, 6B, 7, and 8.
6. Where the sum of the airflow rates exhausted and relieved within 20 ft of each other is less than 75% of the design outdoor airflow rate, excluding exhaust air that is
 - a. used for another *energy recovery system*,



سیستم های بازیافت انرژی (ENERGY RECOVERY SYSTEMS)

Recovery for heat pump

Standard 90.1-2019, Section 6.5.6.2

6.5.6.2 Heat Recovery for Service Water Heating

6.5.6.2.1

Condenser heat recovery *systems* shall be installed for heating or preheating of service hot water provided all of the following are true:

- The facility operates 24 hours a day.
- The total installed heat-rejection capacity of the water-cooled *systems* exceeds 6,000,000 Btu/h of heat rejection.
- The design *service water-heating* load exceeds 1,000,000 Btu/h.

6.5.6.2.2

The required heat recovery *system* shall have the capacity to provide the smaller of

- 60% of the peak heat-rejection load at *design conditions* or

6.5.6.3 Heat Recovery for Space Conditioning

Where heating water is used for space heating, a condenser heat recovery *system* shall be installed, provided all of the following are true:

- The building is an acute inpatient hospital, where the building or portion of a building is used on a 24-hour basis for the inpatient medical, obstetric, or surgical care for patients.
- The total design chilled-water capacity for the acute inpatient hospital, either air cooled or water cooled, required at cooling *design conditions* exceeds 3,600,000 Btu/h of cooling.
- Simultaneous heating and cooling occurs above 60°F *outdoor air temperature*.

The required heat recovery *system* shall have a cooling capacity that is at least 7% of the total design chilled-water capacity of the acute inpatient hospital at peak *design conditions*.

Exceptions to 6.5.6.3

- Buildings that provide $\geq 60\%$ of their reheat energy from *on-site renewable energy* or *site-recovered energy*.
- Buildings in Climate Zones 5C, 6B, 7, and 8.



سیستم های بازیافت انرژی (ENERGY RECOVERY SYSTEMS)

الزامات مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان

۱۹-۵-۳ بازیافت انرژی

۱۹-۵-۳-۱ بازیافت انرژی در سیستم های هوارسان

در ساختمان های با رده کم انرژی (EC+) و بسیار کم انرژی (EC++), در صورت استفاده از سیستم هوارسان, لازم است موارد زیر, برای بازیافت انرژی, مورد رعایت قرار گیرد:

الف) استفاده از سامانه های بازیافت انرژی در سیستم های سرمایی مناطق گرم (با نیاز سرمایی غالب طبق پیوست ۳) و سیستم های گرمایی مناطق سرد (با نیاز گرمایی غالب طبق پیوست ۳), در صورتی که دبی کل دستگاه از مقادیر جدول ۱۹-۵-۲۲ و جدول ۱۹-۵-۲۳ بیشتر باشد الزامی است.

جدول ۱۹-۵-۲۲ حداکثر دبی تهویه* قابل قبول، بر حسب l/s (و ft^3/min), در حالت عدم استفاده از بازیافت انرژی

(در صورت کارکرد بیش از ۸۰۰۰ ساعت در سال)

رده انرژی	نیاز غالب	درصد هوای تازه بیشتر یا مساوی ۸۰٪	درصد هوای تازه کمتر از ۸۰٪
EC+	سرمایی	۱۰۰۰ (۲۱۱۹)	۳۰۰۰ (۶۳۵۷)
	گرمایی	۱۰۰۰ (۲۱۱۹)	۳۰۰۰ (۶۳۵۷)
EC++	سرمایی	۵۰۰ (۱۰۵۹)	۲۰۰۰ (۴۲۳۸)
	گرمایی	۵۰۰ (۱۰۵۹)	۲۰۰۰ (۴۲۳۸)

* حداکثر دبی کل خروجی از فن دستگاه هواساز (هوارسان)

جدول ۱۹-۵-۲۳ حداکثر دبی تهویه* قابل قبول، بر حسب l/s (و ft^3/min), در حالت عدم استفاده از بازیافت انرژی

(در صورت کارکرد کمتر از ۸۰۰۰ ساعت در سال)

رده انرژی	نیاز غالب	درصد هوای تازه بیشتر یا مساوی ۸۰٪	درصد هوای تازه کمتر از ۸۰٪
EC+	سرمایی	۲۰۰۰ (۴۲۳۸)	۵۰۰۰ (۱۰۵۹۴)
	گرمایی	۱۰۰۰ (۲۱۱۹)	۵۰۰۰ (۱۰۵۹۴)
EC++	سرمایی	۱۰۰۰ (۲۱۱۹)	۴۰۰۰ (۸۴۷۶)
	گرمایی	۵۰۰ (۱۰۵۹)	۴۰۰۰ (۸۴۷۶)

* حداکثر دبی کل خروجی از فن دستگاه هواساز (هوارسان)



سیستم های بازیافت انرژی (ENERGY RECOVERY SYSTEMS)

الزامات مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان

ب) سیستم های بازیافت انرژی مجاز باید بتوانند آنتالپی هوای تازه را به مقدار نسبی (درصد) تعیین شده در جدول ۱۹-۵-۲۴ افزایش یا کاهش دهند.

پ) در سیستم های با ساعت کارکرد کم، که کمتر از ۵۰۰ ساعت در سال تأمین هوای تازه دارند، نیازی به سامانه بازیافت انرژی نیست.

جدول ۱۹-۵-۲۴ کاهش نسبی اختلاف آنتالپی برای سیستم های بازیافت انرژی مجاز

کاهش نسبی اختلاف آنتالپی هوای ورودی و هوای تخلیه (درصد)	رده انرژی
۶۰	ساختمان کم انرژی (EC+)
۷۰	ساختمان بسیار کم انرژی (EC++)



سیستم های بازیافت انرژی (ENERGY RECOVERY SYSTEMS)

الزامات مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان

۱۹-۵-۳-۲ بازیافت انرژی در کندانسورهای سیستم های آب خنک

در ساختمان های با رده کم انرژی ($EC+$) و بسیار کم انرژی ($EC++$)، در کندانسورهای سیستم های آب خنک، لازم است موارد زیر، برای بازیافت انرژی، مورد رعایت قرار گیرد:

الف) استفاده از سامانه بازیافت انرژی برای گرم کردن و یا پیش گرم کردن آب گرم مصرفی، در صورتی که میزان گرمای دفع شده از کندانسور بیشتر از ۱۸۰۰ کیلووات و بار آب گرم مصرفی بیشتر از ۳۰۰ کیلووات باشد و آن سیستم به صورت ۲۴ ساعته کار کند، الزامی است.

ب) سامانه بازیافت انرژی در کندانسورها در صورتی قابل قبول است که بتواند دمای آب در زمان اوج مصرف آب راه با پیش گرم کردن، حداقل به ۳۰ درجه سلسیوس برساند و یا تا ۶۰ درصد انرژی تخلیه شده از کندانسور در شرایط طراحی را بازیافت نماید.

پ) در صورت عدم رعایت بند (الف)، لازم است کاهش مصرف انرژی سیستم سرمایی و یا گرمایی، به میزان معادل اقدامات تعیین شده در بند (ب)، با استفاده از فناوری های دیگر، نظیر سیستم های بر پایه انرژی های تجدیدپذیر، یا سیستم های تولید هم زمان مورد تأیید نهاد دارای صلاحیت قانونی، انجام شود.



سیستم های بازیافت انرژی (ENERGY RECOVERY SYSTEMS)

الزامات مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان

۱۴-۵-۷ بازیافت انرژی

۱۴-۵-۷-۱ تاسیسات بازیافت انرژی در سیستمهای تعویض هوا باید طبق الزامات مندرج در این قسمت طراحی، نصب و بازرسی شود.

الف) سیستم بازیافت انرژی از نوع کانالی باید بر اساس استاندارد UL-1812 باشد.

ب) سیستم بازیافت انرژی از نوع غیر کانالی باید بر اساس استاندارد UL-1815 باشد.

پ) در سیستمهای زیر نباید از تجهیزات بازیافت انرژی استفاده شود.

(۱) سیستم های تخلیه هوای مراکز تولید و نگهداری مواد خطر زا مندرج در ۱۴-۵-۳

(۲) سیستم های تخلیه هوای حاوی بخارات، دود و ذرات قابل اشتعال و ذرات گرد و غبار

(۳) سیستم های تخلیه هوای هودهای نوع I و II در آشپزخانه های تجاری

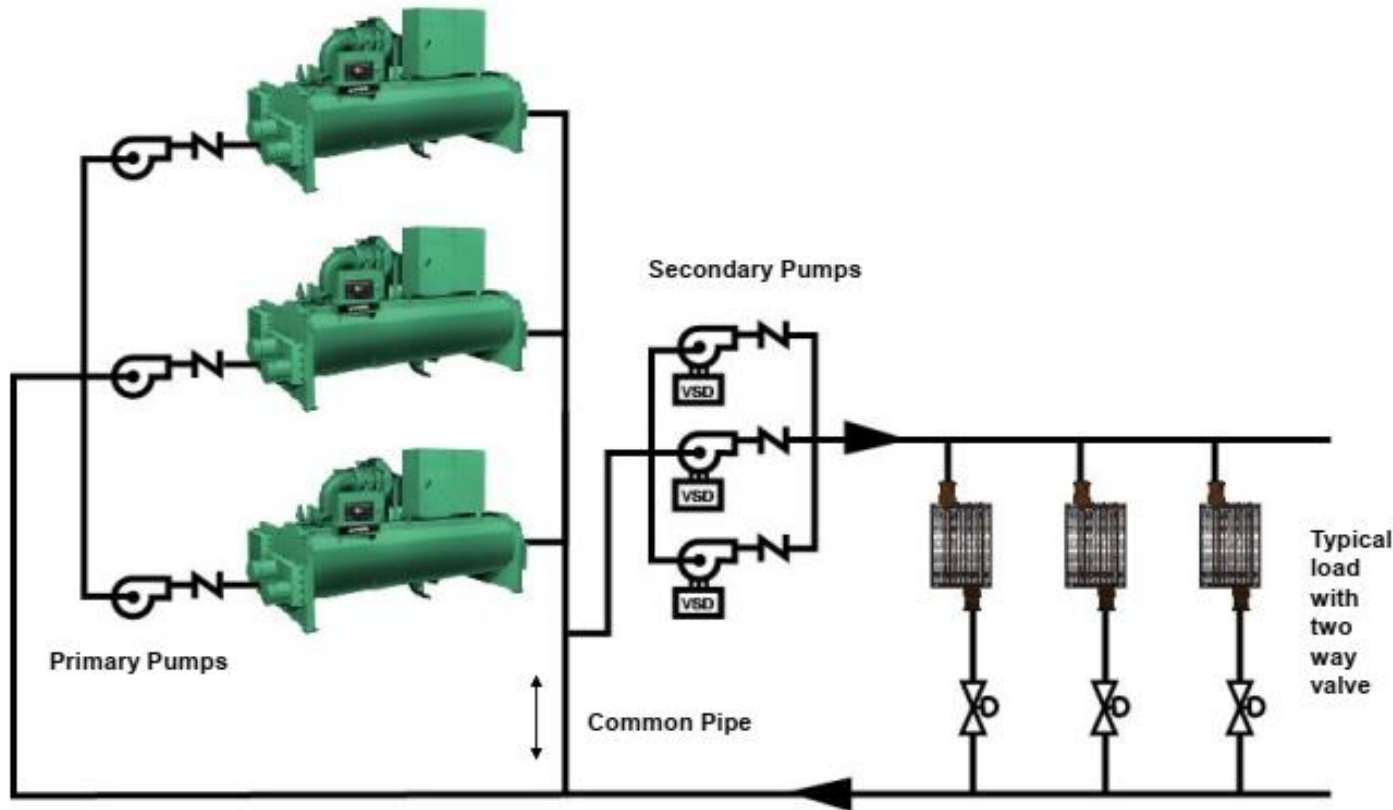
(۴) سیستم های تخلیه هوای ماشین رخت خشک کن مندرج در ۱۴-۵-۲-۵

(۵) سیستم های کنترل دود

ت) مبدل حرارتی و سایر اجزای سیستم بازیافت انرژی باید برای نگهداری، تعمیر و جایگزینی قابل دسترسی باشند.

موتورخانه با مدارهای اولیه – ثانویه (Primary – Secondary)

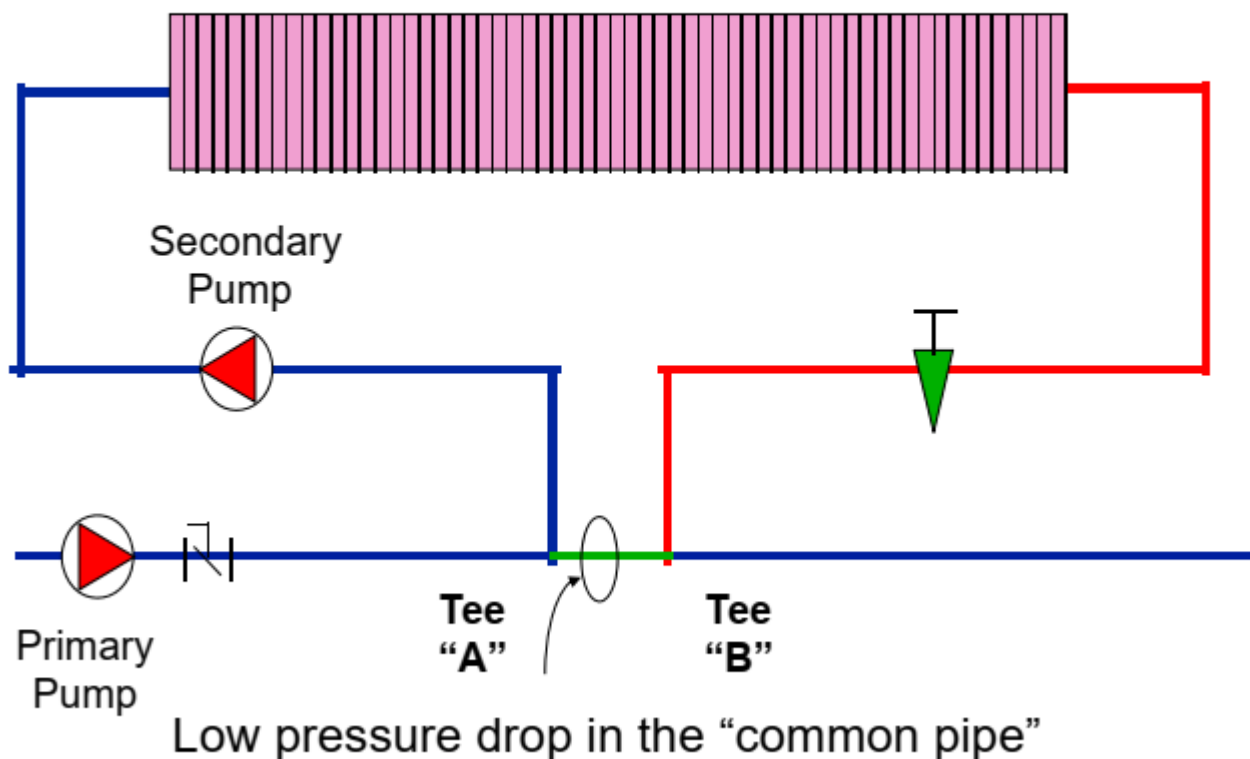
Primary/Secondary System



- **Primary – Secondary :**
- Was developed by Bell & Gossett in 1954 as a method to increase system temperature drops, decrease total pump Horse Power and increase system controllability.
- Systems utilizing low or medium temperatures were allowed due to Primary – Secondary pumping. Most modern systems utilize some variation of Primary – Secondary pumps.

موتورخانه با مدارهای اولیه - ثانویه (Primary - Secondary)

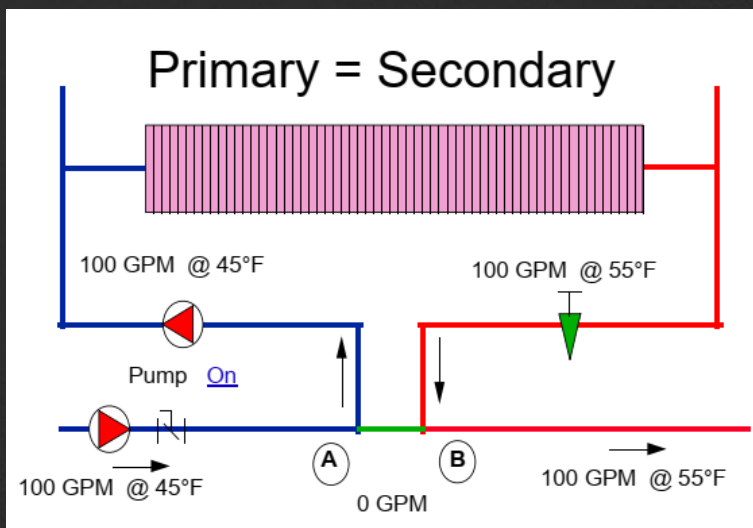
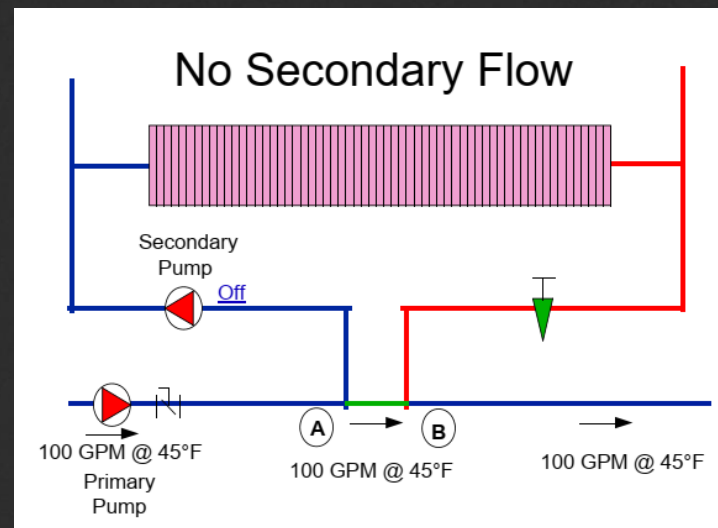
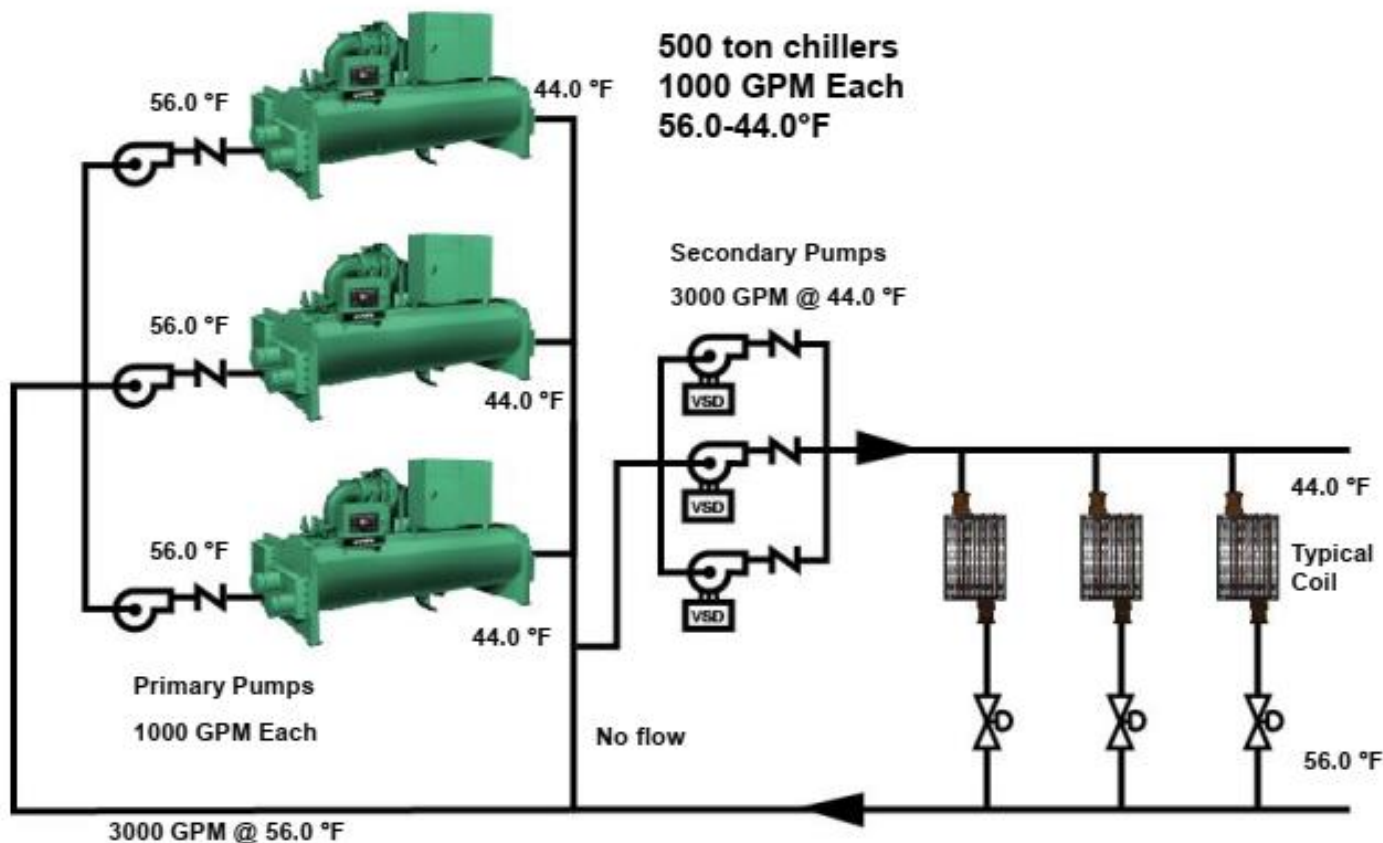
Fundamental Idea



- "Common Piping" **interconnects** the Primary to the Secondary Circuit
- "Common Piping" should have minimal to **no pressure drop** to be designed correctly
- Hydraulically disconnects the two piping loops
- **Flow in one loop will not cause flow in the other loop**

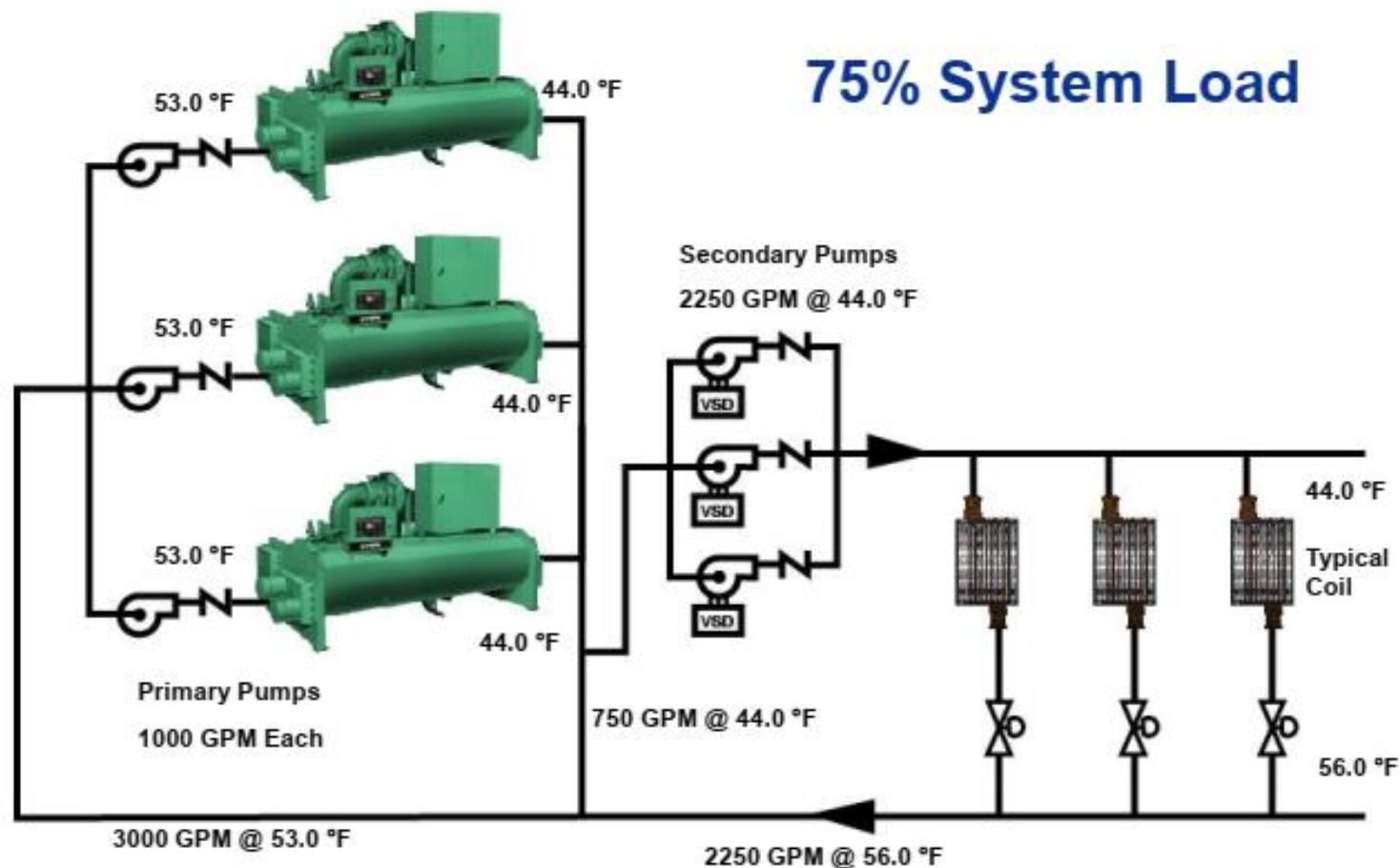
موتورخانه با مدارهای اولیه - ثانویه (Primary - Secondary)

Primary/Secondary System at Design

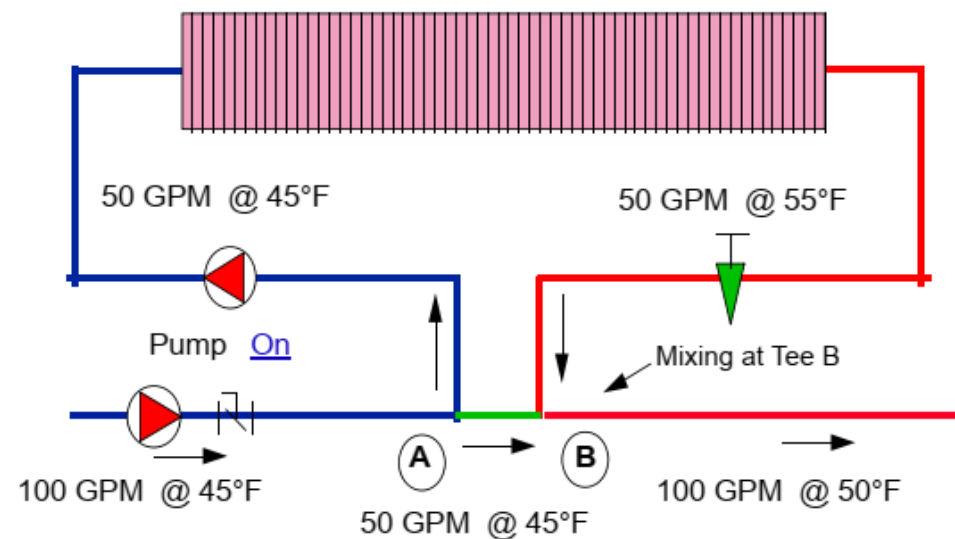


موتورخانه با مدارهای اولیه - ثانویه (Primary - Secondary)

Primary/Secondary System at Part Load

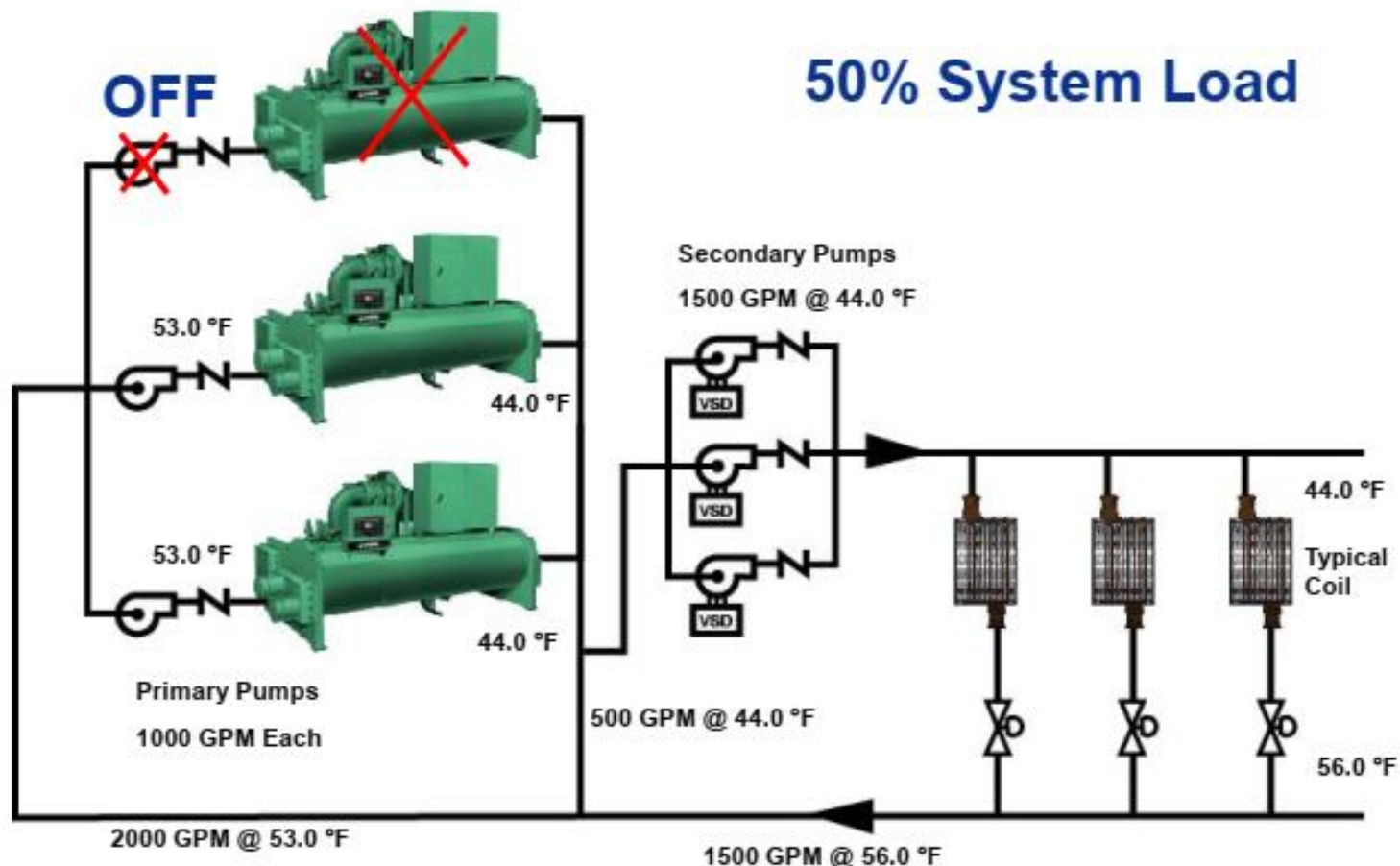


Primary > Secondary

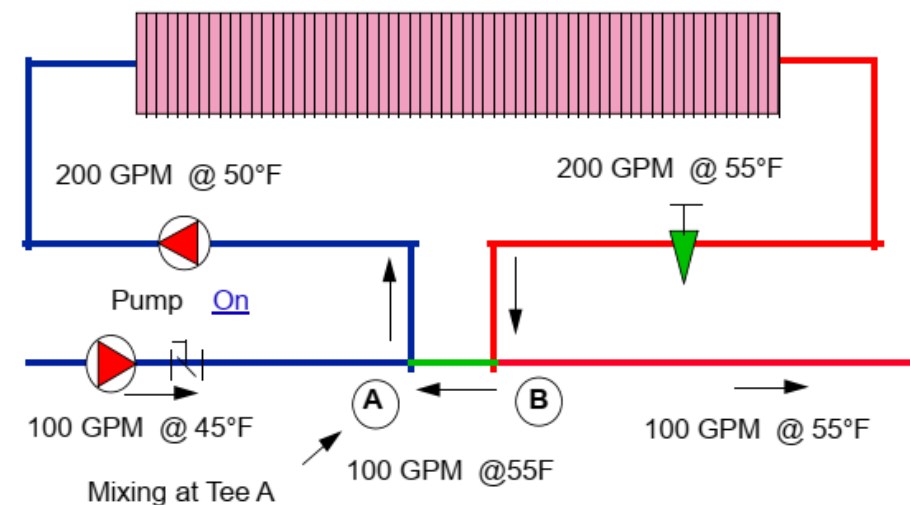


موتورخانه با مدارهای اولیه - ثانویه (Primary - Secondary)

Primary/Secondary System



Primary < Secondary





- An exact load calculation is not necessary to select a free cooling system, but a load estimate is required to closely predict a system's number of hours of operation and its annual energy savings.
- For industrial process, computer, and other constant load systems, winter cooling load is known.
- For air conditioning systems, winter cooling load is always less than summer cooling load and represents mostly internal heat gains, which are fairly constant,
- although winter solar heat gain can be significant

سیستم Free Cooling

- Many air conditioning and industrial cooling systems require chilled water throughout the year. During fall, winter, and spring
- system's cooling tower or closed circuit cooling tower can produce water cool enough to eliminate the need to operate a chiller.
- This is known as free cooling or evaporative chilling.

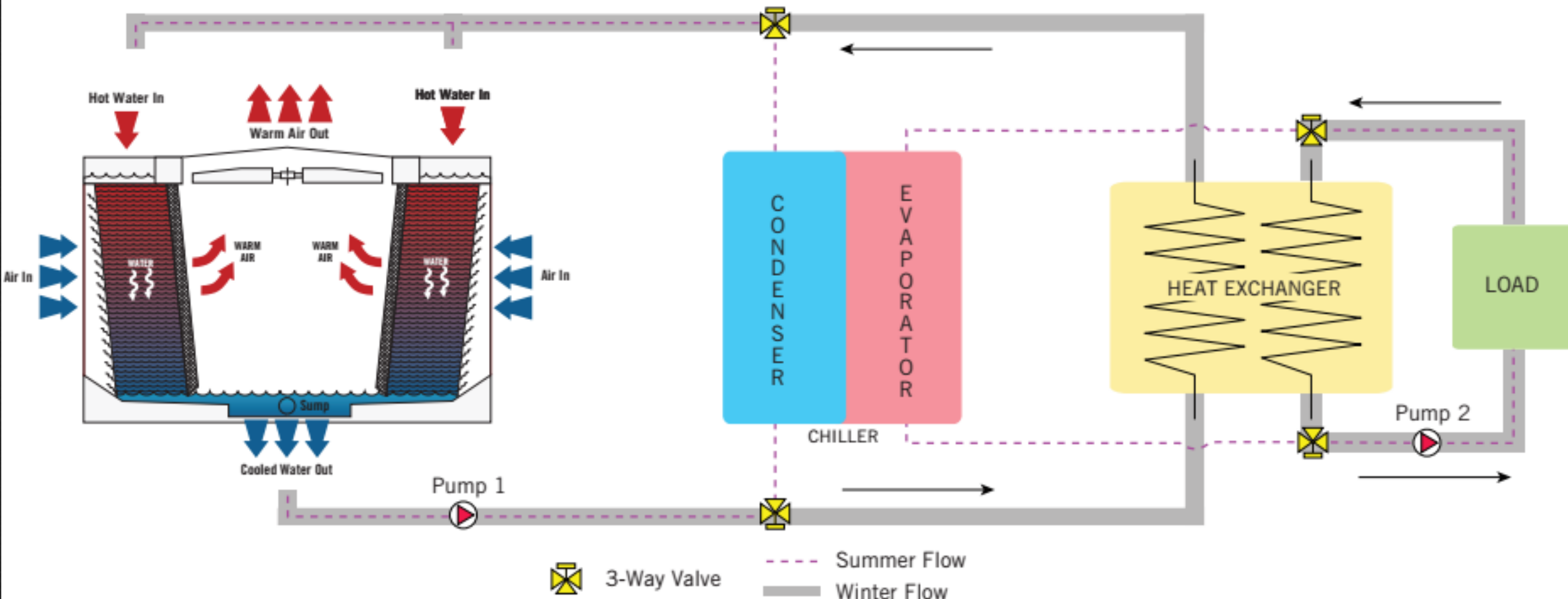


Figure 2. Cooling Tower and Heat Exchanger Free Cooling System

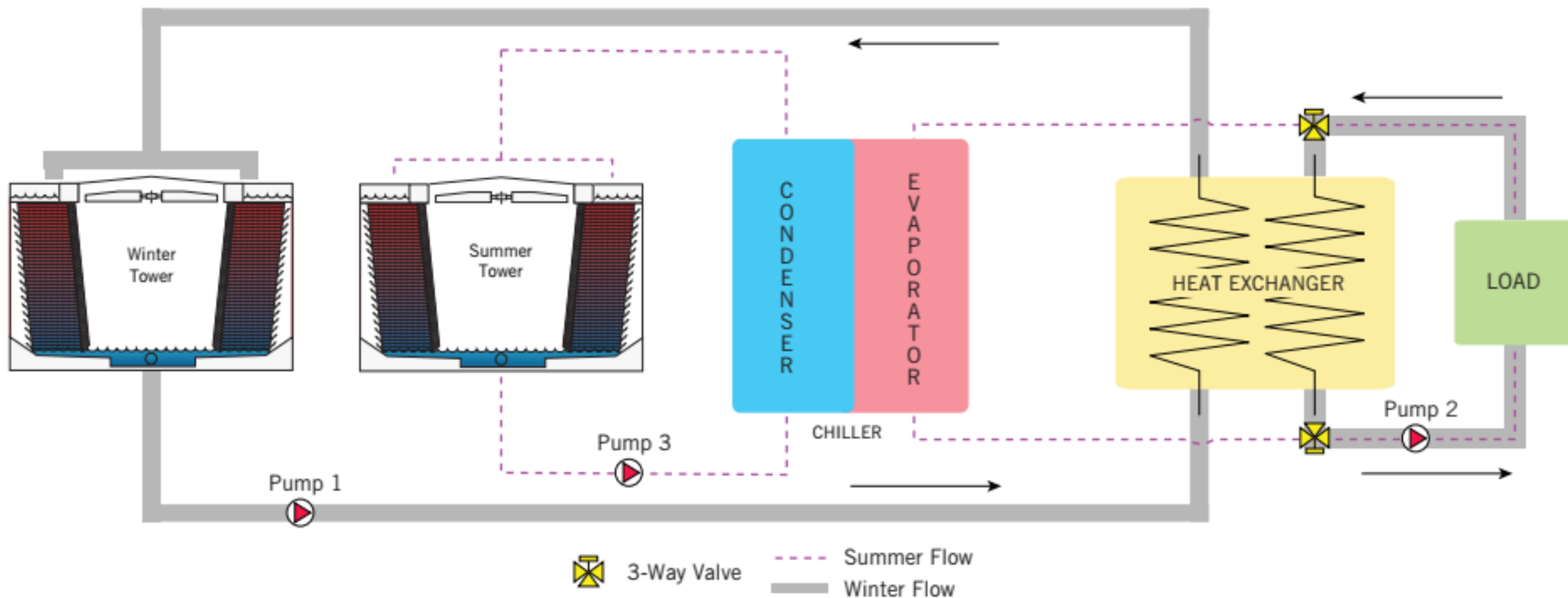


Figure 2a. Variation 1 - Summer and Winter Tower with a Heat Exchanger System

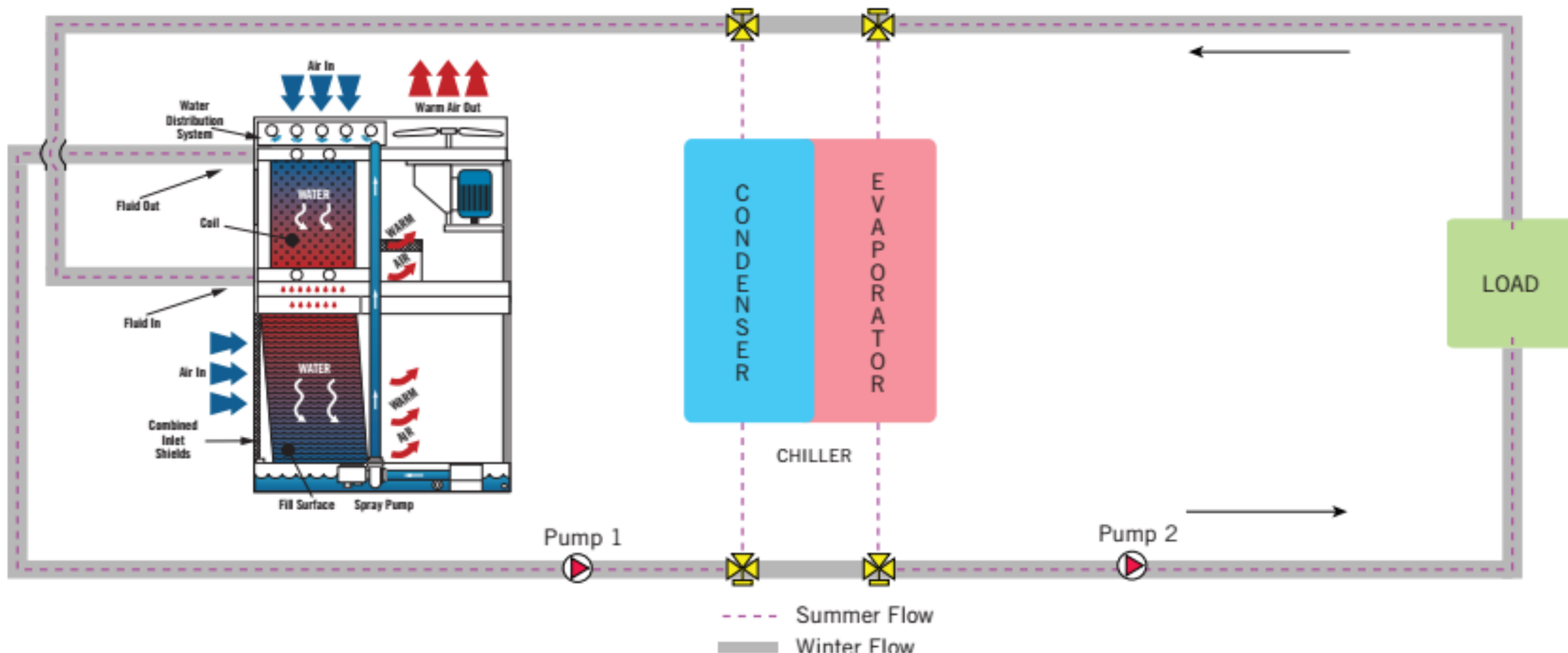


Figure 3. Closed Circuit Cooling Tower Free Cooling System

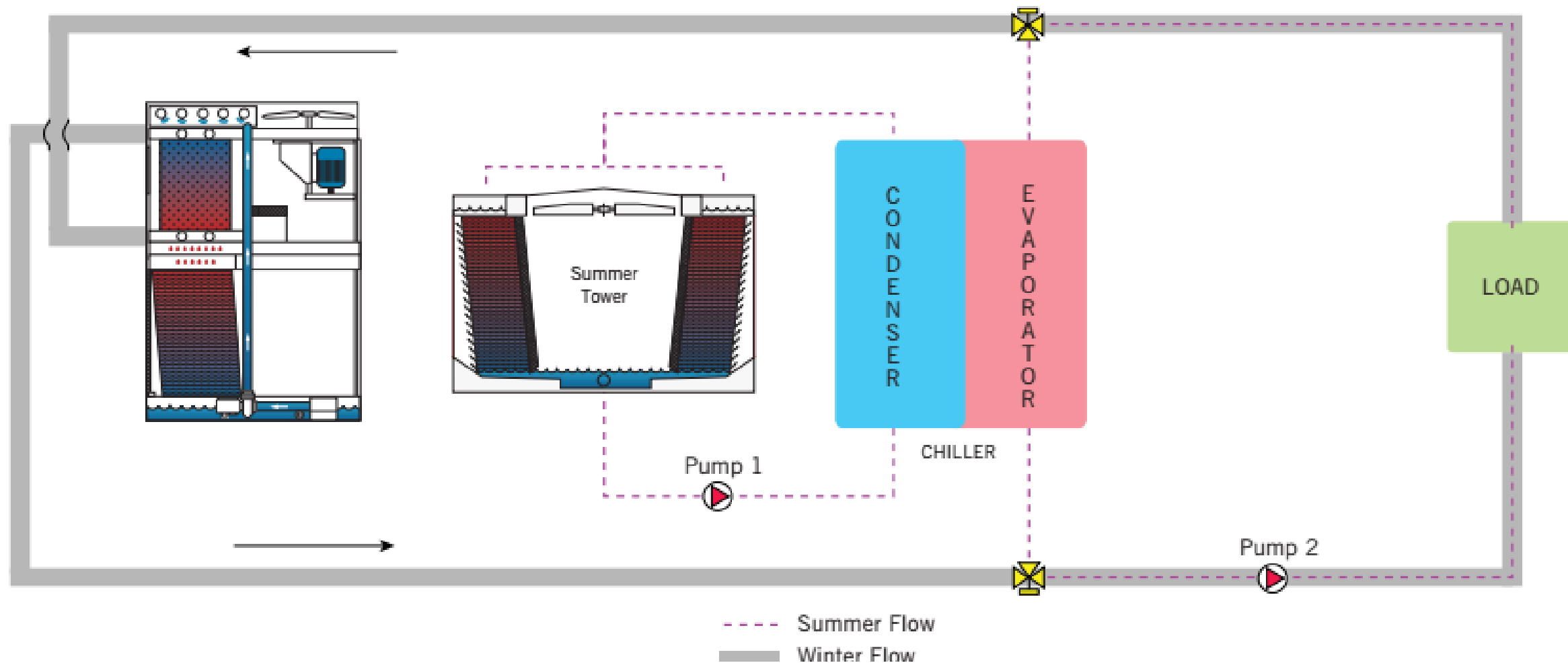


Figure 3a. Variation 1 - Closed Circuit Cooling Tower Free Cooling System with a Summer Cooling Tower

هفتمین همایش ملی

فن آوری های نوین صنعت ساختمان

07 National Conference of New Construction Industry Technologies

«تحولات تاسیسات مکانیکی و تهویه مطبوع با استفاده از هوش مصنوعی»

مسعود کاوه



- دکترای مهندسی مکانیک تبدیل انرژی
- مدرس دانشگاه و مباحث مقررات ملی ساختمان
- مشاور و طراح تاسیسات مکانیکی
- مخترع در حوزه تهویه مطبوع و فن آوری تولید آب



هوش مصنوعی (Artificial Intelligence) چیست؟

- در فناوری هوش مصنوعی، انسان در حال توسعه هوشی فراتر از هوش انسان است.
- دانشمندان به کامپیوتر می آموزند که چگونه مانند یک انسان و یا حتی بهتر از آن عمل کند، استدلال کند، یاد بگیرد، تصمیم بگیرد و راه حل ارائه دهد.

- هوش مصنوعی به شبیه سازی هوش انسان گفته می شود که در ماشین ها برنامه ریزی می شوند

- در واقع رفتار یا تفکر انسان را شبیه سازی می کنند و می توانند برای حل مشکلات خاص آموزش ببینند

- آن ها مانند انسان فکر می کنند و اقداماتشان را تقلید می کنند.

- مدل های هوش مصنوعی با استفاده از داده هایی که آموزش داده می شوند، می توانند هوشمندانه تصمیم بگیرند



هوش مصنوعی (Artificial Intelligence) چیست؟



- به گفته جان مک کارتی:
- هوش مصنوعی، علم و مهندسی ساخت ماشین های هوشمند، به ویژه برنامه های کامپیوتری هوشمند است.
- می توان هوش مصنوعی را به **منزله تبدیل یک کامپیوتر، به یک ربات هوشمند** دانست.
- یک ربات هوشمند، مجموعه ای از کدهای برنامه نویسی شده است **که کامپیوتر را قادر می سازد تا همانند یک انسان بیاندیشند، احساس کند و رفتار کند.**



مزیت های هوش مصنوعی

- کاهش خطای انسانی
- احتمال خطر صفر
- دسترسی نامحدود
- اختراعات جدید
- تصمیم‌گیری بی‌طرفانه
- انجام کارهای تکراری

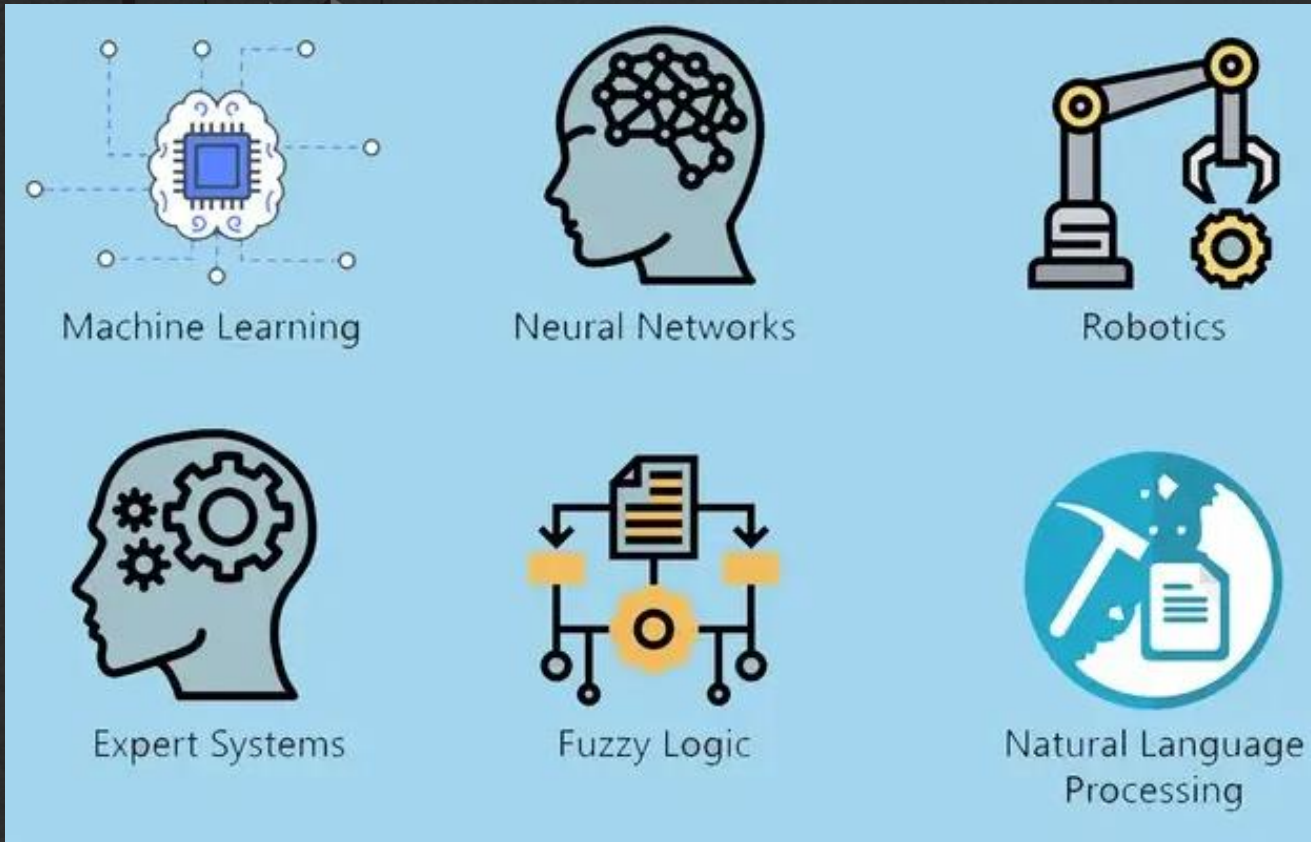


ویژگی های هوش مصنوعی

- شامل بخش نرم افزار و سخت افزار می شود
- بخش سخت افزار شامل دوربین ها، مسگرها... و بخش نرم افزار نیز شامل اپلیکیشن ها، پلت فرم ها و ...
- اساس طراحی و استفاده از هوش مصنوعی در امور مختلف، ارزان شدن و سریع تر شدن و در مجموع پیشرفت آن امر است

شماره های هوش مصنوعی

- سیستم های خبره (Expert Systems)
- رباتیک (Robotics)
- یادگیری ماشین ها (Machine Learning)
- شبکه عصبی (Neural Network)
- منطق فازی (Fuzzy Logic)
- تشخیص گفتار طبیعی (Natural Language Processing)



شناختن هوش مصنوعی

• سیستم های خبره (Expert Systems)

- یک نرم افزار که **دانش انسانی** را یاد می گیرد و از این دانش برای تصمیم گیری، تقلید می کند.
- مقلد هوش تصمیم گیری یک **انسان متخصص** است. سیستم این عمل را با نتیجه گرفتن از **پایگاه اطلاعات** با استدلال کردن و قوانینی برای فهم جستجوهای کاربران انجام می دهد.

• تاثیر سیستم خبره کاملاً به **دانشی بستگی دارد که در پایگاه اطلاعاتی جمع آوری شده است.**

- کاربرد درمانی، شناسایی عفونت های ویروسی
- کاربرد بانکی، تجزیه و تحلیل وام و سرمایه گذاری
- کاربرد پزشکی، تولید ربات های جراح



شاخه های هوش مصنوعی • رباتیک (Robotics)

• •

- بر روی طراحی و توسعه ربات ها تمرکز دارد.
- هدف کمک به انسان ها در انجام **کارهای تکراری و فست** **کننده** است

- رباتیک **شاخه ای میان رشته ای** از شاخه های هوش مصنوعی است که از ادغام مهندسی مکانیک، مهندسی برق، علوم کامپیوتر و شاخه های دیگری ایجاد شده است.

شماره های هوش مصنوعی

• یادگیری ماشین ها (Machine Learning)

• این امکان را می دهد تا به صورت خودکار، یادگیری و پیشرفت داشته باشند بدون اینکه به برنامه نویسی صریحی برای آن نیاز داشته باشند.

• یادگیری نظارتی (Supervised Learning)

منجر به هوش مصنوعی مولد (Generative)

• یادگیری بدون نظارت (Unsupervised Learning)

• یادگیری تقویتی (Reinforcement Learning)

• تمرکز اصلی بر توسعه برنامه های رایانه ای است که بتوانند به داده ها دسترسی پیدا کنند و از آن برای یادگیری خود استفاده کنند.

شناختن های هوش مصنوعی

• شبکه عصبی (Neural Network)

- مجموعه‌ای از الگوریتم‌هایی است که با استفاده از فرآیندی مشابه عملکرد مغز انسان، به یافتن ارتباطات بنیادی میان دسته‌های اطلاعات می‌پردازد
- با استفاده از نورون‌های مصنوعی مغزی تلاش برای حل مشکلات پیچیده دارد.

- تحقیقات بازار
- کشف تقلب
- پیش بینی سهام
- تأیید چهره
- پیش‌بینی وضع هوا
- مطالعات بازار
- تجزیه و تحلیل ریسک

- یک نورون در شبکه عصبی، یک تابع ریاضی (مثل توابع فعالسازی) است که کارش، گردآوری و طبقه‌بندی اطلاعات براساس یک ساختار مشخص بوده است.

- از تکنیک‌های آماری مثل تحلیل رگرسیون
- شبکه‌های عصبی را به نام “یادگیری عمیق” نیز شناخته می‌شود

شناختن هوش مصنوعی

• منطق فازی (Fuzzy Logic)

- در جهان واقعی، بعضی اوقات ما با شرایطی مواجه می‌شویم که **تشخیص درستی یا غلط** یک وضعیت یا مسئله کار سختی خواهد بود.
- در این شرایط منطق فازی که یکی از شاخه های هوش مصنوعی است که انعطاف موردنظر را برای استدلال فراهم می‌کند
- اگر مفهوم به کلی درست باشد، **در منطق استاندارد** عدد یک نمایانگر آن خواهد بود و صفر برای مفاهیم کاملاً غلط به کار می‌رود.
- اما **در منطق فازی مقادیر متوسطی وجود دارند** برای شرایطی که در آن بخشی درست و بخشی غلط است.

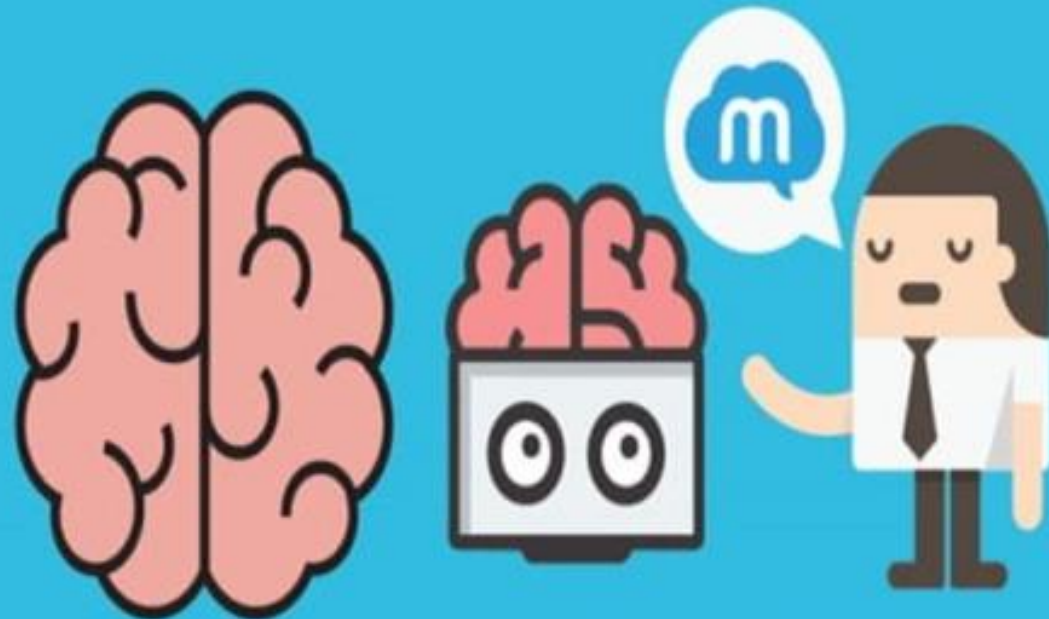


شماره های هوش مصنوعی

• تشخیص گفتار طبیعی

(Natural Language Processing)

- پردازش زبان طبیعی به برقراری ارتباط میان کامپیوتر و انسان توسط زبان طبیعی کمک می‌کند.
- تکنیک مورد استفاده در پردازش زبان طبیعی، محاسبات زبان‌های انسانی است که به کامپیوتر قابلیت خواندن و درک اطلاعات را با تقلید از زبان طبیعی انسان می‌دهد.
- ترجمه متن
- تحلیل احساسات
- بازشناسی گفتار



Natural Language Processing



هوش مصنوعی در صنعت ساختمان

- کاربرد هوش مصنوعی در صنعت ساختمان منجر به تولید سازه‌ای ایمن‌تر، کارآمدتر و کم هزینه‌تر خواهد شد.
- اما به هوش مصنوعی می‌توان در هر ثانیه، هزاران تجربه ساختمان‌سازی را از سراسر جهان تزریق نمود و این فناوری بدون هیچ خطایی از تمام آن‌ها خواهد آموخت.
- طراحی ساختمان
- برنامه ریزی پروژه
- کنترل هزینه ها در طول پروژه
- تولید و توزیع مصالح ساختمانی
- ایمنی ساخت و ساز
- کاهش ریسک
- توزیع مناسب نیروی کار و تجهیزات
- ماشین آلات خودران
- هوش مصنوعی در دوره پس از ساخت



هوش مصنوعی در صنعت ساختمان

طراحی ساختمان

- طراحی مولد یک روش طراحی مبتنی بر هوش مصنوعی است. در این روش هوش مصنوعی به یک پایگاه داده غنی از طرح های ساختمانی مختلف، متصل می شود.
- طراحان و مهندسان می توانند اهداف طراحی و پارامترهایی مانند الزامات فضایی، نوع عملکرد بنا، مصالح، محدودیت های هزینه و موارد دیگر را وارد ابزارهای طراحی مولد کنند.
- طراحی مولد به متخصصان اجازه می دهد تا فوراً کارآمدترین، باکیفیت ترین و کم هزینه ترین طرح ها را بنا بر هر پارامتر ارائه شده، تولید کنند.
- شرکت Building System Planning، سیستم GenMEP را راه اندازی کرده است.
- افزونه Autodesk Revit موجود در GenMEP بر جنبه های مختلف طراحی مکانیکی، الکتریکی و لوله کشی (MEP) متمرکز است.
- مثلاً هنگامی که یک مدل سه بعدی ساختمان در Autodesk Revit ایجاد می شود، GenMEP می تواند به طور خودکار مسیریابی یک سیستم الکتریکی را در مدل ساختمان طراحی کند.
- همچنین از طریق Generative Design حاصل از یادگیری ماشینی، این سیستم قادر به ایجاد طرح های جایگزین و جایگزین های ممکن برای حل یک مسئله است و هر بار غنی تر و پربارتر می شود.



هوش مصنوعی در صنعت ساختمان

• برنامه ریزی پروژه

• یکی از مزایای استفاده از مدل های تدریجی در برنامه ریزی و طراحی یک پروژه، ایجاد توالی و رفع تضاد میان تیم های معماری، مهندسی، مکانیک، برق، لوله کشی و ... است.

• فناوری های مدرن قادرند تا با اسکن های سه بعدی خودکار خود، بخش های مختلف ساخت و ساز را کنترل کنند.

• این داده های سه بعدی به دست آمده، شبکه عصبی یادگیری عمیق را تغذیه می کنند. این گونه هوش مصنوعی توالی پروژه های فرعی مختلف را طبقه بندی می کند.

• اینگونه تیم مدیریت قادر است تا بر اساس برنامه ریزی اقدام کند و مشکلات کوچک را قبل از تبدیل شدن به مسائل جدی، شناسایی و برطرف کند.



هوش مصنوعی در صنعت ساختمان

- کنترل هزینه ها در طول پروژه
- هوش مصنوعی قادر است تا بهترین برآورد قیمت را با توجه به تورم های موجود در بازار و تجربه های سابقش ارائه دهد.
- هوش مصنوعی قادر است تا با بررسی عواملی مانند اندازه پروژه، قراردادها، زمان بندی، سطح شایستگی مدیران، تیم ها و ... هزینه ها را پیش بینی کند.
- یادگیری ماشین با تجزیه و تحلیل های چندوجهی و تنظیم متغیرهایی که ممکن است منجر به ایجاد مشکلاتی در پروژه شوند به کاهش هزینه ها کمک می کند.
- همچنین شبکه های عصبی مصنوعی موجود در یادگیری عمیق، با تجزیه و تحلیل عملکرد کارکنان، تاریخ شروع، هزینه مواد و سایر متغیرهایی که مورد بررسی قرار می دهد، رسیدگی به طرح های پیچیده پروژه را آسان می کند.



هوش مصنوعی در صنعت ساختمان

• تولید و توزیع مصالح ساختمانی

• مدیریت موجودی مصالح آسان تر

• قیمت خرید

• به صرفه تر

• نیاز به شارژ مجدد مواد خام را در نظر بگیرد و خود به خود برای سفارش مجدد اقدام نماید.

• بهترین ارائه دهنده مصالح ساختمانی را با توجه به میزان کیفیت مواد، وقت شناسی در تحویل، قیمت و... شناسایی کرده و خرید خود را از آنجا سفارش می دهد.



هوش مصنوعی در صنعت ساختمان

ایمنی ساخت و ساز

- با راه اندازی **BIM 360 Project IQ** توسط Autodesk ، امیدی به منظور کاهش حوادث غیرمترقبه، در ساختمان سازی قوت گرفته است.
- این افزونه هوشمند می تواند با استفاده از داده های به هم متصل و یادگیری ماشین، مسائل پرفطر و ریسک پیمانکاران فرعی پروژه ها را شناسایی کند.
- این نرم افزار مشکلات را علامت گذاری کرده و سپس شفص مناسب را برای رفع آن تعیین می کند. در برخی از موارد نیز جزئیاتی را برای اصلاح مشکل ارائه می دهد.
- این افزونه در رتبه دهی و انتفاع پیمانکاران فرعی ذی صلاح، بسیار دقیق و مناسب عمل می کند.
- پلتفرم **Smartvid** که شامل یک موتور SmartTag است، به منظور مدیریت فیلم و عکس ها استفاده می شود.
- این فناوری با استفاده از یادگیری ماشین، چندین برابر سریع تر از هوش انسانی، فطرات را می شناسد.
- در یک آزمایش، این موتور هوشمند توانست در کمتر از ۱۰ دقیقه، ۴۴ تصویر از افراد بدون کلاه ایمنی و دارای لباس های نامناسب را از میان ۱۰۸۰ مورد شناسایی کند.
- این درحالی است که انسان ها در حدود چهار ساعت و نیم، زمان گذاشتند تا بتوانند ۴۴ مورد را شناسایی کنند.

• از ابتدای تاریخ ساختمان سازی، کارگران زیادی جان خود را از دست داده اند. عمده این مرگ و میر ها بر اثر عدم وجود ایمنی در محیط کار بوده است.

• حوادثی از قبیل سقوط از ارتفاع، برق گرفتگی، سقوط اجسام سنگین، گرفتاری در میان دو مانع و ... از جمله حوادث مرگ آسا در صنعت ساختمان سازی معرفی شده اند.

• هوش مصنوعی قادر است با تجزیه و تحلیل محیط کار و اسکن تجهیزات حفاظتی کارگران و مقایسه آن ها با سابقه حوادث این چنینی، مدیران را از وجود خطر آگاه کند.



هوش مصنوعی در صنعت ساختمان

• کاهش ریسک

• این به تیم پروژه کمک می‌کند تا منابع و زمان محدود خود را بر روی بزرگ‌ترین عوامل خطر متمرکز کند و در نتیجه ریسک‌ها را کاهش دهد.

- هر پروژه ساختمانی دارای ریسک‌هایی است که به اشکال مختلفی مانند کیفیت، ایمنی، زمان و ریسک هزینه بروز می‌کند.
- هرچه پروژه بزرگ‌تر باشد، میزان ریسک بیشتر است. زیرا چندین پیمانکار فرعی در مشاغل مختلف به طور موازی در سایت‌های شغلی فعالیت می‌کنند.
- راه‌حل‌های هوش مصنوعی در صنعت ساختمان باعث می‌شوند که نظارت و اولویت‌بندی ریسک در محل کار آسان‌تر شود.



هوش مصنوعی در صنعت ساختمان

- **توزیع مناسب نیروی کار و تجهیزات**
- در کشورهای اروپایی و آمریکایی، کمبود نیروی کار محسوس است.
- به گفته McKinsey & Company، با استفاده از هوش مصنوعی، میزان بهره‌وری شرکت‌های ساختمان سازی تا ۵۰ درصد افزایش می‌یابد.
- هوش مصنوعی قادر است تا با نظارت بر سایت‌های مختلف، بهترین تقسیم‌بندی نیروی کار و ماشین‌آلات را به‌وجود آورد.
- همچنین می‌تواند گزارش دهد که کدام سایت شغلی دارای تعداد کارگر و تجهیزات کافی، اضافی و یا کم است و آیا می‌توانند تا زمان مقرر کار را تمویل دهند.
- رباتی به نام **Spot the Dog** به منظور نگهبانی، نظارت و اسکن کلی پروژه، کارگران و تجهیزات ساخته شده است.
- این ربات مشکلات احتمالی را تشخیص می‌دهد و کارگران را در میان سایت‌های مختلف تقسیم کند. **همچنین قادر است با قابلیت تشخیص چهره‌اش، کارگرانی که کارایی لازم را ندارند، شناسایی کند.**



هوش مصنوعی در صنعت ساختمان

ماشین آلات خودران

- هوش مصنوعی در صنعت ساختمان در خارج از محیط ساخت و ساز نیز کاربرد دارد.
- به عنوان مثال می توان سازه هایی مانند دیوار را در شرکت هایی دورتر از محل پروژه توسط ربات ها ساخت، و در محل پروژه مونتاژ نمود.
- اینگونه نیروی انسانی می تواند زمان و انرژی خود را صرف اموراتی مانند لوله کشی، تهویه مطبوع و سیستم های الکتریکی کنند.
- در طول تمام پروژه های ساختمانی، **تجدادی کار تکراری و روتین وجود دارند.** عملیات تخریب، بتن ریزی، جوشکاری، خاک برداری و... برخی از این کارها هستند.
- در حال حاضر تعدادی ماشین آلات خودران طراحی شده اند که می توانند تمام **این امورات را با کارآمدی بیشتری** نسبت به انسان ها انجام دهند.
- استفاده از هوش مصنوعی در صنعت ساختمان، میزان امنیت این ماشین آلات را نیز افزایش داده است.
- افزودن مسگرها و استفاده از یادگیری ماشین و یادگیری عمیق در ماشین ها باعث ایجاد جریان های کاری سریع تر، ایمن تر و کارآمدتر می شود.



هوش مصنوعی در صنعت ساختمان

• هوش مصنوعی در دوره پس از ساخت

- مدیران و مهندسان پروژه های ساختمان سازی می توانند تا مدت ها پس از اتمام ساخت و ساز از هوش مصنوعی استفاده کنند.
- آن ها می توانند جمع آوری اطلاعات درباره یک سازه را از طریق مسگرها، پهپادها، فناوری های بی سیم، تحلیل های پیشرفته و الگوریتم های مبتنی بر هوش مصنوعی انجام دهند.
- اینگونه بینش های ارزشمندی را در مورد عملکرد و کیفیت یک ساختمان، پل، جاده و... به دست خواهند آورد و در پروژه های بعدی به کار خواهند بست.
- همچنین هوش مصنوعی می تواند برای نظارت بر مشکلات، تعیین زمان نیاز به تعمیر و نگهداری پیشگیرانه و... استفاده شود.



هوش مصنوعی در صنعت تهویه مطبوع

- در سطح جهان ساختمان ها ۴۰ درصد از کل انرژی را مصرف می کنند و ۳۰ درصد از کل انتشار CO2 را تشکیل می دهند.

- تجزیه و تحلیل داده ها از سیستم های تهویه مطبوع به ما درک بهتری از رفتار مصرف انرژی آنها می دهد. این مورد ما را قادر می سازد تا راه حل های کارآمدتری را طراحی کنیم.

- استفاده از تهویه مطبوع و سهم آن در مصرف انرژی کلی ساختمان بر اساس عواملی مانند کشور، آب و هوا، ثروت ساکنان و ... متفاوت است.



تمولات هوش مصنوعی در صنعت تهویه مطبوع

- افزایش بهره وری انرژی
- تعمیر و نگهداری پیشگو
- بهینه سازی در طراحی سیستم و ایجاد راه حل های HVAC کارآمد
- سیستم های کنترل هوشمند یا شخصی سازی تجربه کاربر
- تجزیه و تحلیل داده ها و تصمیم گیری آگاهانه
- تشخیص پیشرفته فرآیندهای تعمیر و نگهداری



تمولات هوش مصنوعی در صنعت تهویه مطبوع

• افزایش بهره وری انرژی

- مهندسان تهویه مطبوع با استفاده از الگوریتم های هوش مصنوعی مصرف انرژی را در سیستم های HVAC بهینه می کنند.
- هوش مصنوعی داده ها را به وسیله استفاده از منابع مختلف مانند سنسورها و پیش بینی های آب و هوا، جمع آوری می کند.
- هوش مصنوعی با تجزیه و تحلیل دیتا، دستگاه را به صورت خودکار تنظیم می کند.
- رویکرد تصمیم گیری بر اساس دیتا امکان سازگاری سیستم در شرایط متغیر را فراهم می کند.
- در نتیجه کاهش اتلاف انرژی و هزینه های عملیاتی به صورت چشمگیری فراهم می شود



تمولات هوش مصنوعی در صنعت تهویه مطبوع

• تعمیر و نگهداری پیشگو

- با تجزیه و تحلیل داده های مسگر و الگوهای تاریخی، الگوریتم های هوش مصنوعی می توانند ناهنجاری ها را شناسایی کرده و خرابی تجهیزات را پیش بینی کنند.
- مهندسان می توانند از سیستم های نظارتی مبتنی بر هوش مصنوعی برای شناسایی و رفع مشکلات احتمالی قبل از اینکه منجر به خرابی سیستم شوند، استفاده کنند.
- این رویکرد پیشگیرانه قابلیت اطمینان سیستم را افزایش می دهد، زمان خرابی را کاهش می دهد و از تعمیرات پرهزینه جلوگیری می کند.



تمولات هوش مصنوعی در صنعت تهویه مطبوع

• بهینه سازی و طراحی سیستم و ایجاد راه حل های HVAC کارآمد

- الگوریتم های هوش مصنوعی نقش مهمی در بهینه سازی طراحی و عملکرد سیستم دارند.
- از طریق شبیه سازی و مدل سازی، هوش مصنوعی پیگیری های مختلف، الگوهای جریان هوا و انتخاب اجزا را ارزیابی می کند تا کارآمدترین و مؤثرترین طرح ها را شناسایی کند.
- با ترکیب بهینه سازی مبتنی بر هوش مصنوعی، مهندسان تهویه مطبوع می توانند به بهبود عملکرد فیلترکننده، کاهش مصرف انرژی و افزایش راحتی سرنشینان در محیط های مسکونی و تجاری دست یابند.



تحولات هوش مصنوعی در صنعت تهویه مطبوع

• سیستم های کنترل هوشمند با شخصی سازی تجربه کاربر

- با توسعه سیستم های کنترل هوشمند، هوش مصنوعی واحدهای تهویه مطبوع را قادر می سازد تا به طور مداوم بر اساس الگوهای اشغال، ترجیحات کاربر و شرایط محیطی یاد بگیرند و تطبیق دهند.
- با ادغام الگوریتم های هوش مصنوعی در سیستم های کنترل، مهندسان می توانند آسایش را بهینه کنند.
- تنظیمات دما و رطوبت را به طور خودکار تنظیم کنند و تجارب مشتری نهایی را شخصی سازی کنند.
- این یک محیط مناسب برای سرنشینان ایجاد می کند و در عین حال بهره وری انرژی را تضمین می کند.



تمولات هوش مصنوعی در صنعت تهویه مطبوع

• تجزیه و تحلیل داده ها و
تصمیم گیری آگاهانه

• الگوریتم های هوش مصنوعی
داده های مسگرها، انرژی سنج ها و
عوامل محیطی را تجزیه و تحلیل
می کنند و الگوها، روندها و زمینه های
بهبود را شناسایی می کنند.

• با استفاده از این بینش، مهندسان
می توانند تصمیمات آگاهانه
بگیرند، عملکرد سیستم را بهینه کنند
و فرصت هایی را برای صرفه جویی در
انرژی شناسایی کنند.



تمولات هوش مصنوعی در صنعت تهویه مطبوع

• تشخیص پیشرفته فرآیندهای تعمیر و نگهداری

- هوش مصنوعی به مهندسان تهویه مطبوع در تشخیص کارآمدتر مشکلات سیستم کمک می کند.
- با استفاده از الگوریتم های یادگیری ماشین، هوش مصنوعی داده های سیستم را تجزیه و تحلیل می کند، الگوهای خرابی را شناسایی می کند و راه حل های بالقوه را پیشنهاد می کند.
- این فرآیندهای عیب یابی را ساده می کند، زمان تشخیص را کاهش می دهد و تعمیرات و نگهداری موثر را تسهیل می کند.
- مهندسان می توانند مشکلات را به سرعت حل کنند و از عملکرد بهینه سیستم و حداقل اختلالات اطمینان حاصل کنند.



هوش مصنوعی در صنعت تهویه مطبوع

- ارتقای HVAC که باعث صرفه جویی در مصرف انرژی می شود، **نباید** کیفیت محیط داخلی را تحت تاثیر قرار دهد، یا نباید باعث ناراحتی و مشکلات سلامتی شود.
- هوش مصنوعی می تواند هم بهره وری انرژی و هم کیفیت محیط داخلی را بهبود بخشد.
- هوش مصنوعی می تواند **متغیرهایی** مانند جریان هوا، دما و رطوبت را بهینه کرده و کیفیت هوا را با **کمترین مصرف انرژی** ممکن حفظ کند



هوش مصنوعی در صنعت تهویه مطبوع

- کنترل موثر یک سیستم HVAC دشوار است زیرا **شرایط ساختمان همیشه در حال تغییر است**.
- **دمای بیرون** همیشه در حال تغییر است و بر گرمایش یا سرمایش مورد نیاز برای حفظ دمای مناسب داخلی تاثیر می گذارد.
- مردم همیشه در **حال ورود و خروج از ساختمان** هستند و این بر نیازهای تهویه و کنترل دما تاثیر می گذارد.
- **فعالیت های انجام شده** در داخل خانه نیز بر نیازهای HVAC تاثیر می گذارد.
- فقط یک سیستم کنترل هوشمند می تواند تمام این داده ها را در زمان واقعی پردازش کند و سیستم HVAC را بر اساس آن تنظیم کند.

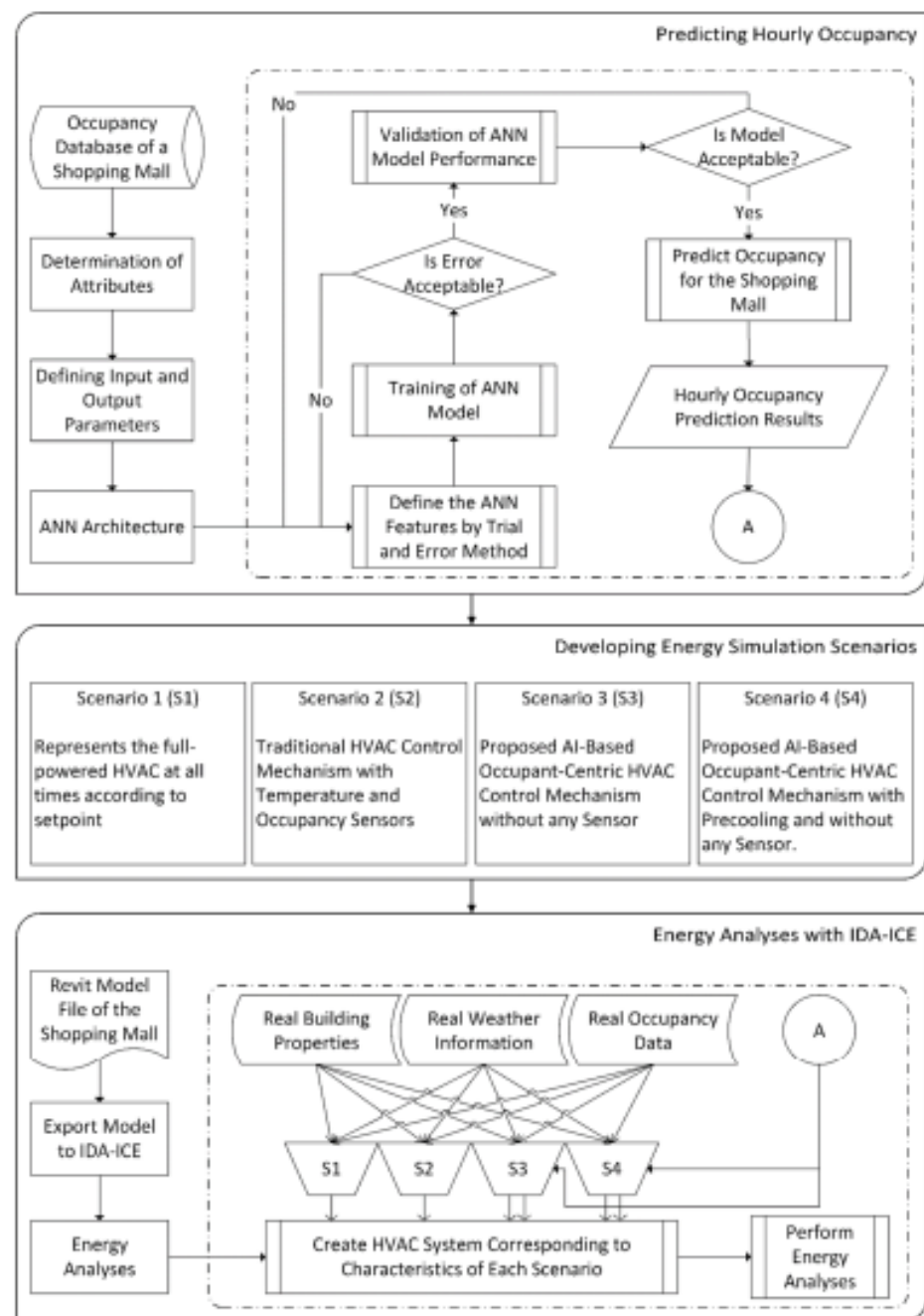


Figure 2. AI-based occupant-centric HVAC control system design.

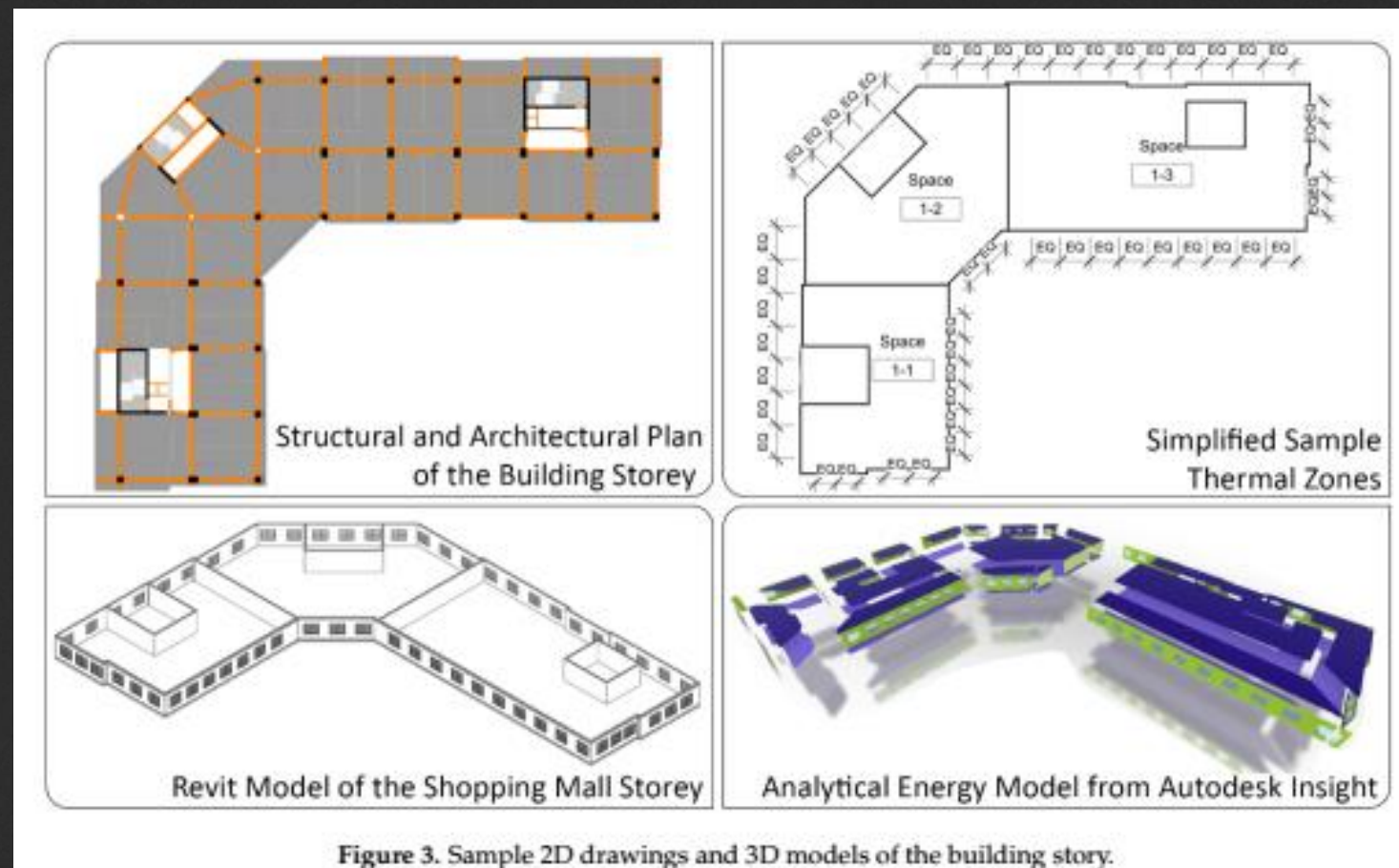


Figure 3. Sample 2D drawings and 3D models of the building storey.

Table 3. Detailed category, variable, and unit/index information of attributes.

Category	Variables	Unit/Index
Environmental	Temperature	°F
	Humidity	%
Social and Time Indicators	Weather Conditions	1: Fair 2: Partly cloudy 3: Mostly cloudy 4: Light rain 5: Rain 6: Heavy rain 7: Fog 8: Snow 9: Thunder
	Weekday	1-7 (1: Monday ... 7: Sunday)
	Month	1-12 (1: January ... 12: December)
	Day	1-31
	Year	2017-2018-2019
	Time	10-21 (10: 10:00 a.m. ... 21: 09:00 p.m.)
	Day Type	0: Normal day 1: Public holiday 2: First day of religious holidays 3: Other days of religious holidays

Table 4. Real data for ANN (sample).

Day of Week	Month	Day	Year	Time	Day Type	Temp. °F	Hum. %	Weather Conditions	Occupancy (Number of People)
Sunday	8	18	2019	10 ⁰⁰ -11 ⁰⁰	Normal	70	83	Partly cloudy	661
Sunday	8	18	2019	11 ⁰⁰ -12 ⁰⁰	Normal	68	88	Light rain	1346
Sunday	8	18	2019	12 ⁰⁰ -13 ⁰⁰	Normal	73	78	Partly cloudy	1448
Sunday	8	18	2019	13 ⁰⁰ -14 ⁰⁰	Normal	72	78	Mostly cloudy	2547
Sunday	8	18	2019	14 ⁰⁰ -15 ⁰⁰	Normal	77	50	Partly cloudy	2921
Sunday	8	18	2019	15 ⁰⁰ -16 ⁰⁰	Normal	79	47	Partly cloudy	3353
Sunday	8	18	2019	16 ⁰⁰ -17 ⁰⁰	Normal	79	47	Partly cloudy	3181
Sunday	8	18	2019	17 ⁰⁰ -18 ⁰⁰	Normal	77	47	Partly cloudy	2455
Sunday	8	18	2019	18 ⁰⁰ -19 ⁰⁰	Normal	77	50	Partly cloudy	2339
Sunday	8	18	2019	19 ⁰⁰ -20 ⁰⁰	Normal	75	50	Partly cloudy	2126
Sunday	8	18	2019	20 ⁰⁰ -21 ⁰⁰	Normal	72	60	Partly cloudy	1644
Sunday	8	18	2019	21 ⁰⁰ -22 ⁰⁰	Normal	70	68	Fair	777
Monday	8	19	2019	10 ⁰⁰ -11 ⁰⁰	Normal	77	54	Mostly cloudy	463
Monday	8	19	2019	11 ⁰⁰ -12 ⁰⁰	Normal	75	57	Mostly cloudy	906
Monday	8	19	2019	12 ⁰⁰ -13 ⁰⁰	Normal	77	54	Mostly cloudy	1418
Monday	8	19	2019	13 ⁰⁰ -14 ⁰⁰	Normal	81	48	Partly cloudy	1690
Monday	8	19	2019	14 ⁰⁰ -15 ⁰⁰	Normal	81	45	Partly cloudy	1643
Monday	8	19	2019	15 ⁰⁰ -16 ⁰⁰	Normal	79	51	Partly cloudy	1379
Monday	8	19	2019	16 ⁰⁰ -17 ⁰⁰	Normal	77	50	Partly cloudy	1547
Monday	8	19	2019	17 ⁰⁰ -18 ⁰⁰	Normal	79	51	Partly cloudy	1494
Monday	8	19	2019	18 ⁰⁰ -19 ⁰⁰	Normal	77	54	Partly cloudy	1907
Monday	8	19	2019	19 ⁰⁰ -20 ⁰⁰	Normal	75	61	Partly cloudy	1806
Monday	8	19	2019	20 ⁰⁰ -21 ⁰⁰	Normal	72	73	Fair	1496
Monday	8	19	2019	21 ⁰⁰ -22 ⁰⁰	Normal	70	78	Fair	727

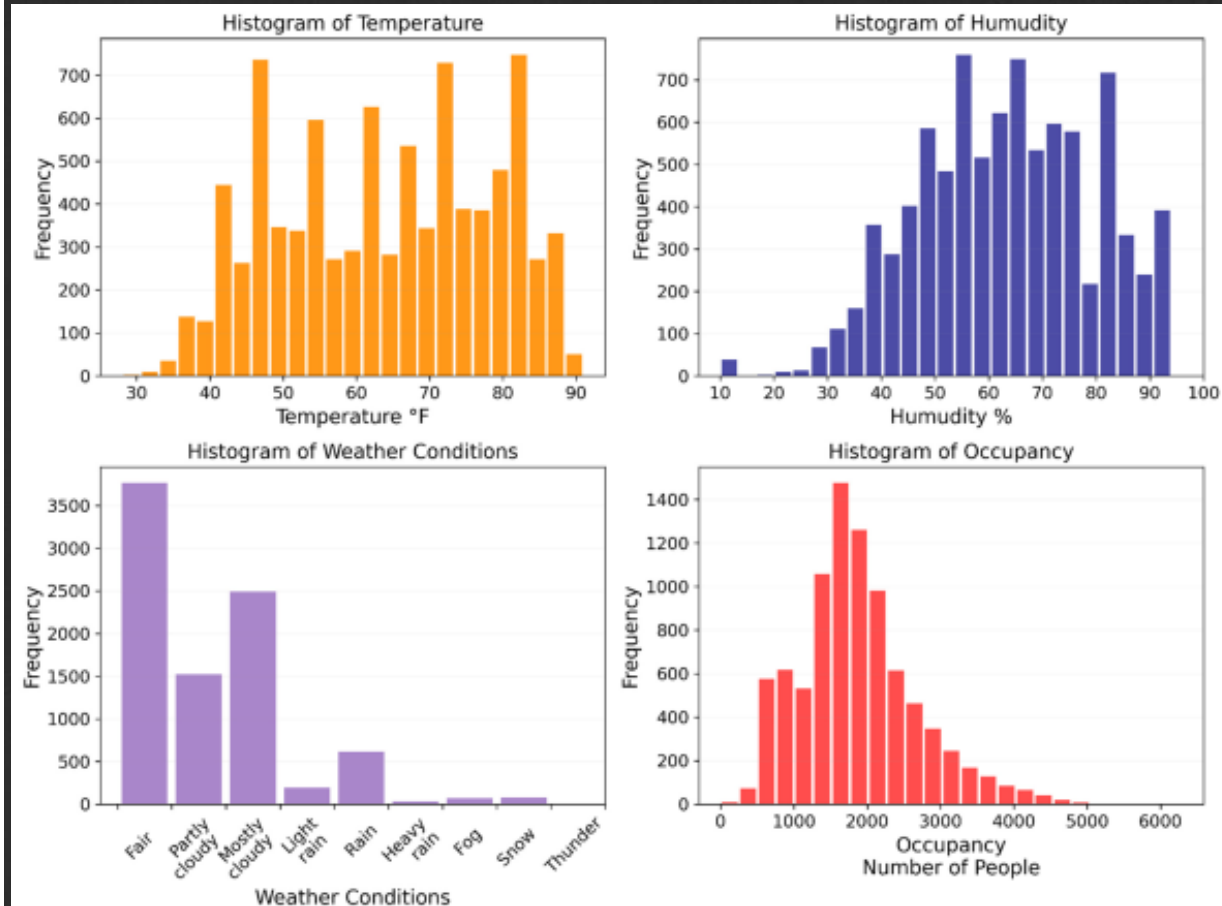


Figure 4. Histograms of the temperature, humidity, weather conditions, and occupancy variables.

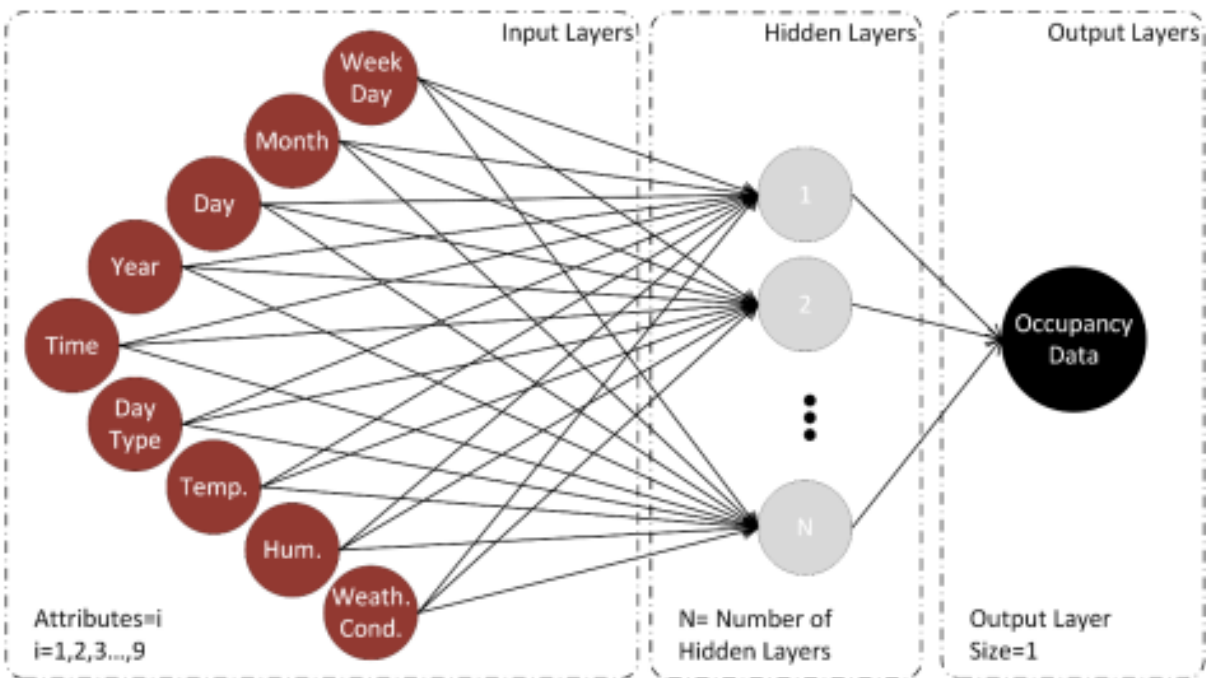


Figure 5. ANN structure for the study.

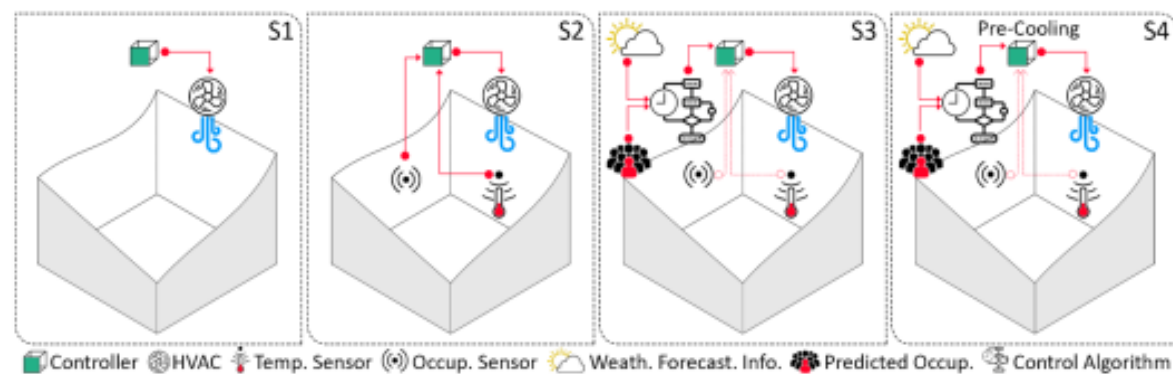


Figure 6. HVAC control scenarios for energy simulations.

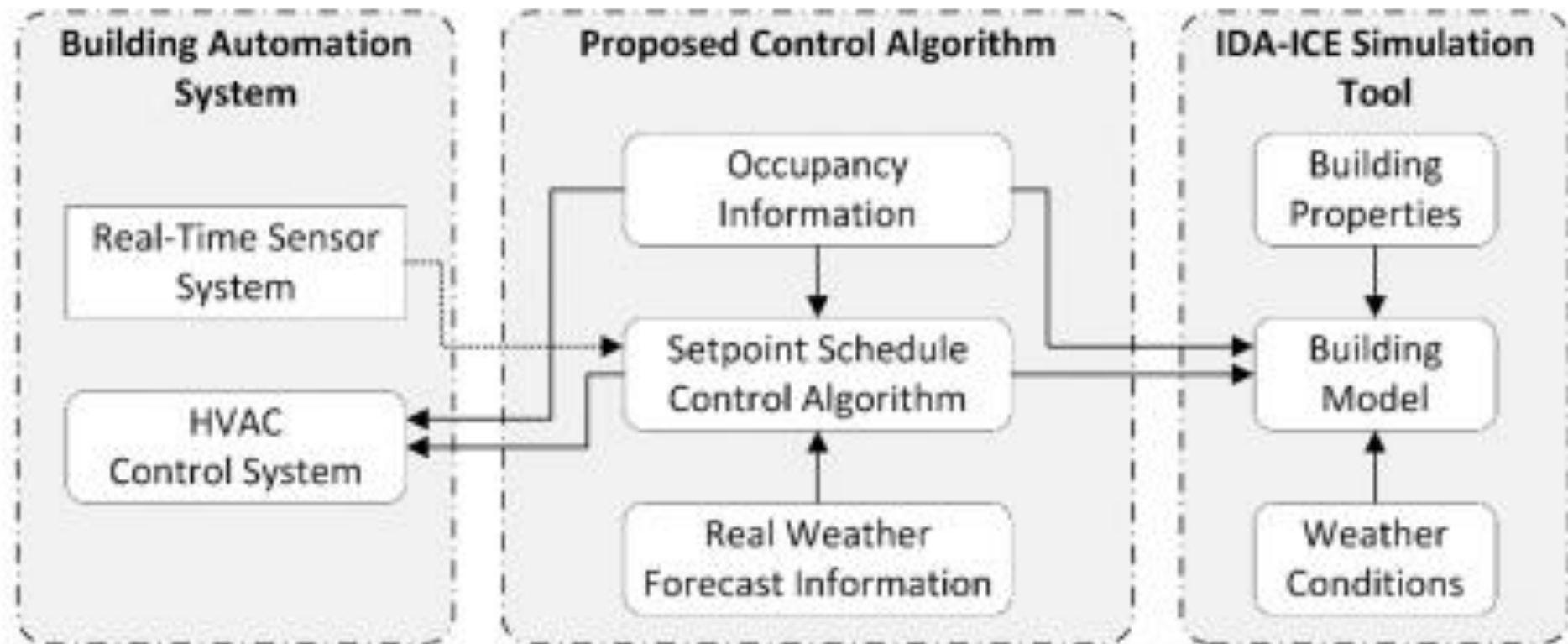


Figure 7. Model predictive control (MPC) algorithm framework.

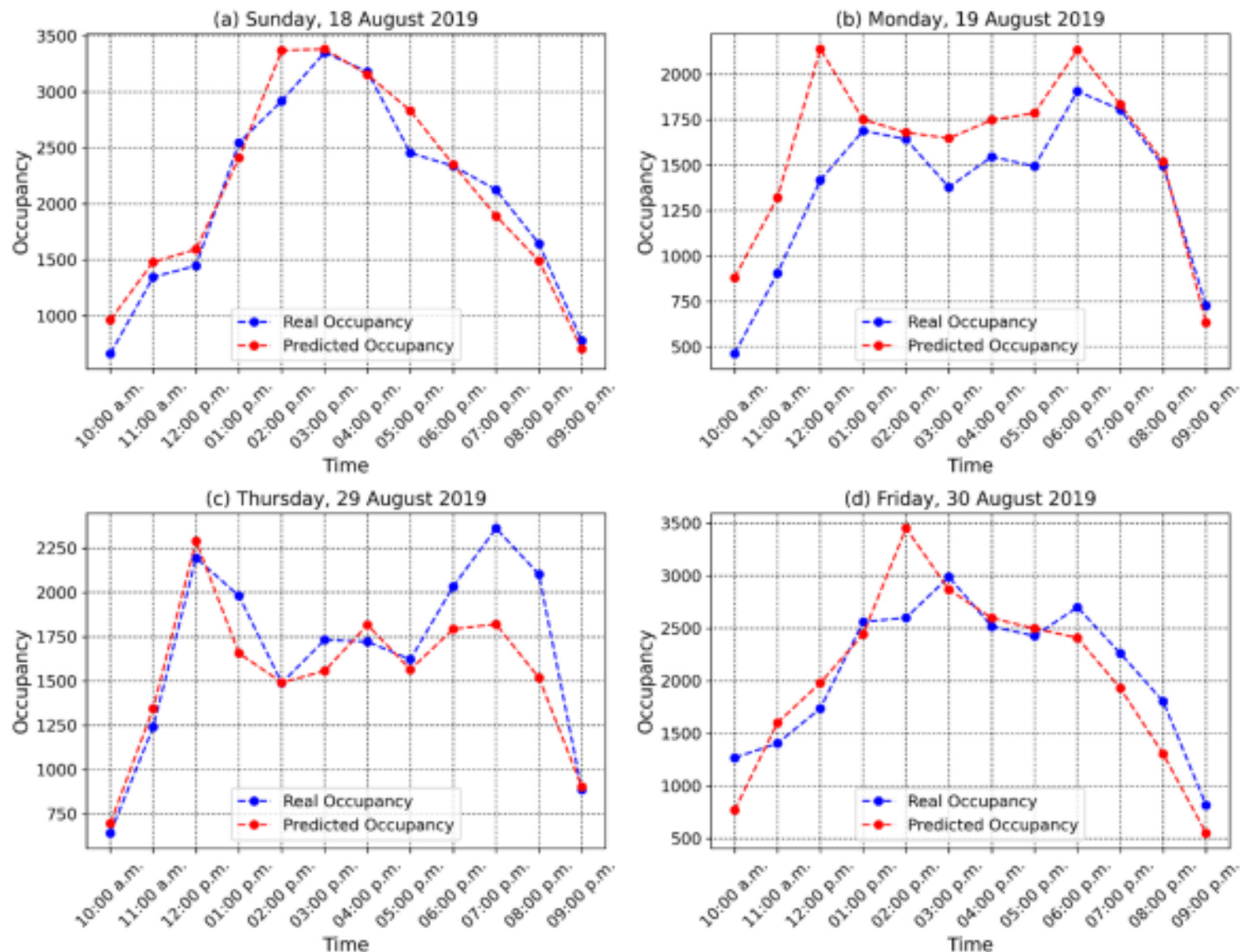


Figure 11. Actual and ANN-predicted occupancy results (hourly).

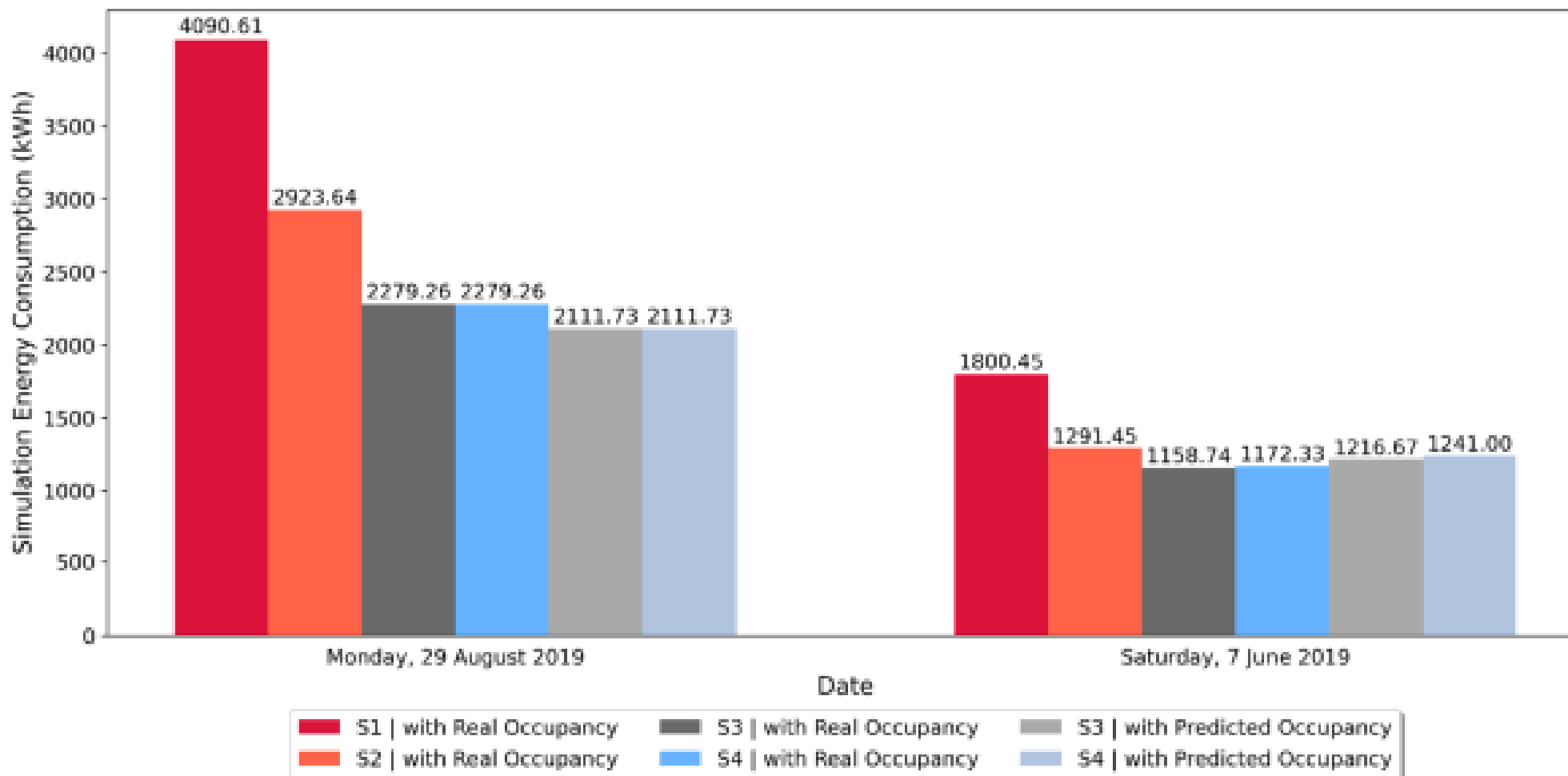


Figure 14. Comparison of energy consumption values of scenarios.

نتیجه گیری :

- همانطور که صنعت تهویه مطبوع از هوش مصنوعی استقبال می کند، مهندسان در حال باز کردن امکانات جدید برای بهره وری انرژی، شیوه های تعمیر و نگهداری، بهینه سازی سیستم، کنترل هوشمند، تجزیه و تحلیل داده ها و تشخیص هستند.
- مهندسان تهویه مطبوع با استفاده از فناوری های هوش مصنوعی به خوبی مجهز هستند تا سیستم های تهویه مطبوع پایدار و پیشرفته را طراحی و توسعه دهند، محیط های راحت و در عین حال به حداقل رساندن مصرف انرژی و کاهش هزینه های عملیاتی ایجاد کنند.
- آینده مهندسی تهویه مطبوع توسط هوش مصنوعی شکل می گیرد و راه را برای صنعت سبزتر و کارآمدتر هموار می کند.