



# Modulis 2

## Šilumos siurblių rinkos pokyčiai

Parengta LEI (Lietuvos energetikos institutas)



Co-funded by  
the European Union



Co-funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or CINEA. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.



# Modulio 2 apžvalga



Šiame modulyje apžvelgiami dabartiniai šilumos siurblių technologijų rinkos pokyčiai, aiškinant, kaip šaltnešio pasirinkimas, termodinaminis ciklas ir sistemos komponentų patobulinimai įtakoja šiuolaikinių komercinių ir buitinių sistemų sprendinius. Aprašoma, kaip gamintojai integruoja pažangias suspaudimo technologijas, natūralius gamtoje šaltnešius ir didelio efektyvumo šilumokaičius, kad atitiktų griežtėjančius aplinkosaugos ir našumo reikalavimus tokioms sistemoms.

# Modulio 2 turinys

|               |                                          |  |  |
|---------------|------------------------------------------|--|--|
| 9 Užsiėmimas  | Standartinis suspaudimo ciklas           |  |  |
| 10 Užsiėmimas | Garų įpurškimo ciklas                    |  |  |
| 11 Užsiėmimas | Kaskadinių šilumos siurblių sistemos     |  |  |
| 12 Užsiėmimas | CO <sub>2</sub> transkritinės sistemos   |  |  |
| 13 Užsiėmimas | Natūralūs šaltnešiai buitinėse sistemose |  |  |
|               |                                          |  |  |

# 9 UŽSIĖMIMAS

---

Bazinis suspaudimo ciklas



Co-funded by  
the European Union

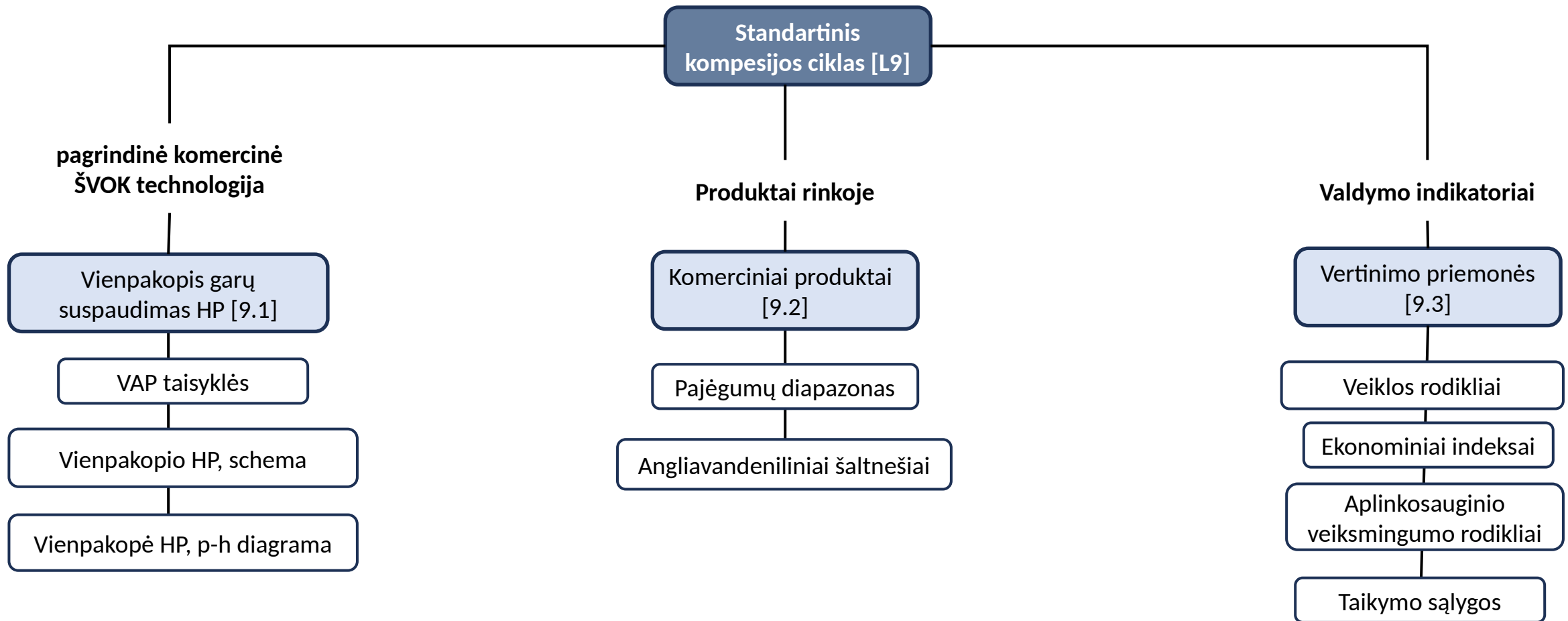


## 9 užsiėmimo tikslai

Šio užsiėmimo pabaigoje dalyviai galės:

1. Pristatyti vienpakopio garų suspaudimo ciklą.
2. Apžvelgti tipinius komercinius HP įrenginius, naudojančius šį ciklą
3. Identifikuoti pagrindinius eksp. rodiklius, apibūdinančius šilumos siurblio darbo procesą ir pasekmes žmogaus aplinkai.

# 9 užsiėmimo turinys



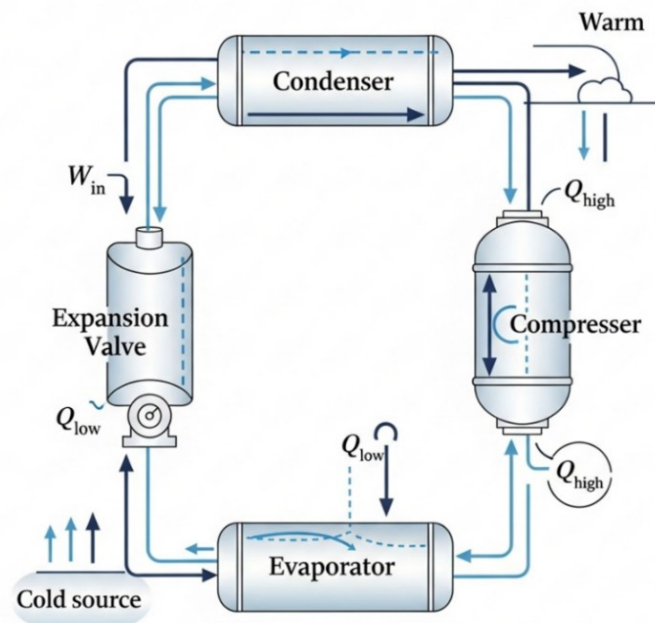
## 9.1 Įvadas

- Pagrindinė komercinė ŠVOK technologija: vienpakopis garų suspaudimas HP – naudojamas kaip pagrindas kelis dešimtmečius
- Dėmesys VAP mažinimui kartu su HP įrenginių efektyvumo didinimu / didėjančiu mažo VAP šaltnešių, tokių kaip R32 ir R454B, pritaikymu.
- Modulinių komercinių HP, kurių galia siekia iki 1 MW ir daugiau, rinkos plėtra.

Komerciniai vienpakopiai HP veikia naudojant garų suspaudimo ciklą, susidedantį iš keturių pagrindinių komponentų:

- garintuvo,
- kompresoriaus,
- kondensatoriaus,
- plėtimosi vožtuvo.

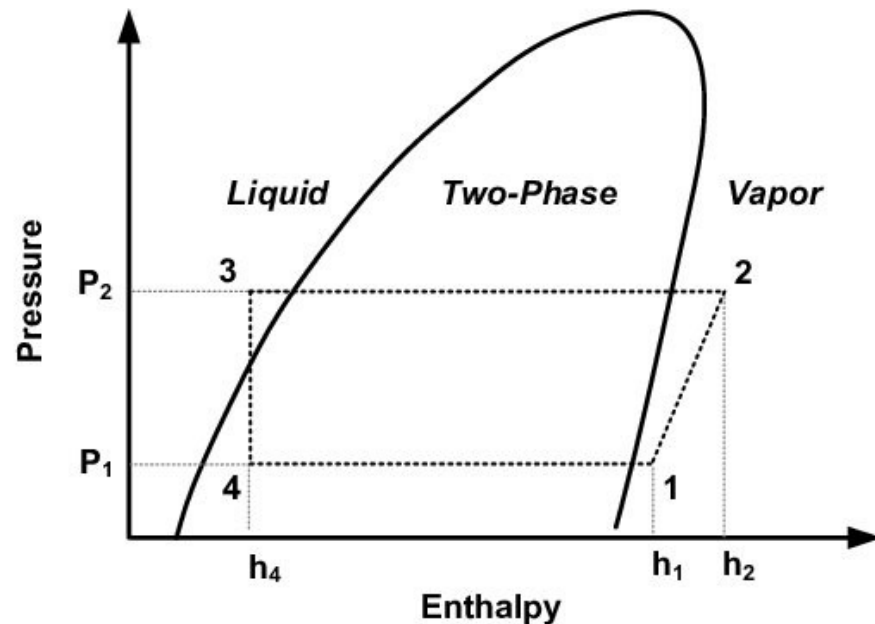
# 9.1 Įvadas



## Proceso schema

- Garintuvas:  
Šaltnešio skystis išgaruoja esant žemam slėgiui (~3–5 barai), paima šilumą iš tokių šaltinių kaip oras ar žemė
- Kompresorius:  
Spiralinis kompresorius suspaudžia garus, padidindamas slėgį (iki 20 bar) ir atitinkamai temperatūrą
- Kondensatorius:  
Aukšto slėgio garai kondensuojasi, perduodami šilumą į vandens ar patalpų šildymo kontūrą 40–60 °C temperatūroje
- Plėtimosi vožtuvas:  
Slėgis staiga sumažėja, šaltnešis atvėsta prieš vėl patekdamas į garintuvą

# 9.1 Įvadas



## P-h diagrama

- Suspaudimas (1→2): izoentropinis idealus suspaudimas; faktinis darbas didesnis nei idealiu atveju dėl neefektyvumo
- Kondensacija (2→3): izobarinis šilumosatidavimas
- Išplėtimas (3→4): izoentalpinis droseliavimas
- Garavimas (4→1): šilumos absorbcijos pradžia

## 9.2 Komeraciniai HP produktai

### Rinka

- Europos skalė: galia 1 - 500 kW vienetai.
- Pirmaujantys ES "Danfoss", "Ochsner", "Bosch" siūlo produktus, skirtus R32 ir R454B šaltnešiams.
- "Mitsubishi Electric", "Daikin" (Japonija) akcentuoja pažangius kintamų apsisukimų inverterinius

kompresorius su dirbtinio intelekto palaikoma nuspėjama priežiūra ir energijos valdymu, tinkančius tiek komerciniams pastatams, tiek centralizuotam šildymui.

- "LG Electronics" (Pietų Korėja) integruoja išmanųjį valdymą į vieno etapo ciklą, daugiausia dėmesio skirdama prisitaikymui prie miesto infrastruktūros ir atsinaujinančius energijos šaltinius.
- Tikslas – naudoti šaltnešius su mažesniu VAP ir išlaikyti dideles COP vertes.

## 9.2 Komeraciniai HP produktai

### Santrauka

| Gamintojas (regionas)        | Galios diapazonas (kW) | Šaltnešis  | Maksimali darbinė temperatūra (°C) | COP ribos | Taikomos naujovės                                                                                    |
|------------------------------|------------------------|------------|------------------------------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Danfoss (Europe)             | 5 – 240                | R32, R454B | 90                                 | 3.5 – 5.0 | Pažangūs spiraliniai kompresoriai su garų įpurškimu (šaltam klimatui)                                |
| Ochsner (Europe)             | 30 – 350               | R290, R32  | 80                                 | 4.0 – 5.2 | Dėmesys natūraliems šaltnešiams ir moduliniam gaminiams                                              |
| Bosch Thermotechnik (Europe) | 20 – 500               | R32        | 75                                 | 3.6 – 4.8 | Integruoti valdikliai ir hibridinės sistemos                                                         |
| Mitsubishi Electric (Japan)  | 10 – 300               | R32, R410A | 75                                 | 3.6 – 5.1 | Itin efektyvūs inverteriniai sraigtiniai kompresoriai, pažangūs atitirpinimo algoritmai              |
| Daikin (Japan)               | 20 – 450               | R32, R410A | 85                                 | 3.8 – 5.3 | Daugialypės parinktys, dirbtiniu intelektu pagrįstos energijos vartojimo efektyvumo valdymo sistemos |
| LG Electronics (South Korea) | 10 – 300               | R32, R410A | 75                                 | 3.5 – 5.0 | Išmanieji interneto valdikliai su kintamu šaltnešio srautu ir suderinamumas su centralizuotomis CŠT  |

## 9.3 Veiklos rodikliai (I)

| Veiklos rodikliai                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Veikimo koeficientas (COP)</i>                                     | COP kiekybiškai įvertina momentinį naudingosios šilumos ir elektros energijos sąnaudų santykį nustatytomis sąlygomis. Naujausios Europos komercinės HP sistemos rodo COP vertes nuo 3,5 iki 5,2 standartiniuose vertinimo taškuose (A7/W35). Žemesnė aplinkos temperatūra sumažina COP dėl padidėjusio kompresoriaus darbo ir mažesnio šilumos išgavimo greičio. |
| <i>Sezoninis našumo koeficientas (SPF)</i>                            | SPF pateikia vidutinį efektyvumo rodiklį per šildymo sezoną, įskaitant trumpalaikius efektus, tokius kaip dalinės apkrovos veikimas ir atitirpinimo ciklai. Europos lauko tyrimai rodo, kad SPF vertės svyruoja nuo 3,2 iki 4,8, priklausomai nuo klimato ir sistemos konstrukcijos.                                                                             |
| <i>Integruotas energijos vartojimo efektyvumo koeficientas (IEER)</i> | Kalbant apie aušinimo režimus, IEER įvertina EER esant įvairiems dalinės apkrovos lygiams, kad apytiksliai atitiktų realų efektyvumą. Šiuolaikinių įrenginių IEER vertės yra nuo 12 iki 18.                                                                                                                                                                      |



Co-funded by  
the European Union



## 9.3 Veiklos rodikliai (I)

| Ekonominiai indeksai                           |                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Paprastas atsipirkimo laikotarpis (SPP)</i> | Apskaičiuojamas kaip papildomų investicinių sąnaudų ir metinių energijos sąnaudų santykis. Komerciniai šilumos siurbliai Europoje paprastai atsiperka per 3–5 metus, kai keičiami iškastinio kuro katilai, o tai rodo mažėjančias kapitalo sąnaudas ir kylančias kuro kainas. |
| <i>Išlygintos šilumos sąnaudos (LCOH)</i>      | LCOH integruoja kapitalo sąnaudas, priežiūrą, eksploatavimo išlaidas ir energijos kainą per visą sistemos gyvavimo laiką, normalizuojamas pagal šilumos galią. ES komercinių įrenginių LCOH yra nuo 0,04 iki 0,07 EUR/kWh.                                                    |
|                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                               |

## 9.3 Veiklos rodikliai (I)

| Aplinkosauginio veiksmingumo rodikliai                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Bendras ekvivalentinis atšilimo poveikis (TEWI)</i> | TEWI apjungia tiesiogines šaltnešio emisijas, netiesiogines emisijas dėl elektros energijos naudojimo ir šaltnešio nuostolius per visą gyvavimo ciklą. Tipinio 200 kW šilumos siurblio su R32 šaltnešiu ir 2 % nuotėkio TEWI yra maždaug 0,45–0,6 t CO <sub>2</sub> ekv./kW per metus, o didelę dalį sudaro netiesioginės emisijos. |
| <i>Visuotinio atšilimo potencialas (VAP)</i>           | Perėjimas nuo R410A (VAP 2088) prie mažą VAP turinčių šaltnešių, tokių kaip R32 (VAP 675) ir R454B (VAP466), žymiai sumažina tiesiogines emisijas, o tai yra svarbus politikos laikymosi ir rinkos pripažinimo veiksnys.                                                                                                            |
| <i>Pirminės energijos santykis (PER)</i>               | PER įvertina energijos vartojimo efektyvumą priklausomai nuo pirminio energijos suvartojimo, atsižvelgiant į tinklo nuostolius. Kai Europinis tinklo koeficientas yra 2,5, komercinių šilumos siurblių PER vertės svyruoja nuo 1,5 iki 2,0, o tai rodo didelį pirminės energijos sutaupymą.                                         |

## 9.3 Programų kontekstai (II)

| Aplinkosauginio veiksmingumo rodikliai |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |             |                     |                 |               |                         |               |                         |                  |        |         |         |            |    |     |                |         |         |         |              |    |     |                  |          |         |         |            |    |     |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------------|-----------------|---------------|-------------------------|---------------|-------------------------|------------------|--------|---------|---------|------------|----|-----|----------------|---------|---------|---------|--------------|----|-----|------------------|----------|---------|---------|------------|----|-----|
| Biurai ir komerciniai pastatai         | Tipinė galia svyruoja nuo 50 iki 350 kW, su sistemomis, skirtomis veikti oras-vanduo terpėje, šildyti patalpas ir karštam vandeniui. Modulių ir inverterio kompresoriaus technologija prisitaiko prie skirtingų apkrovų ir laipsniško š/n plėtimosi.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |             |                     |                 |               |                         |               |                         |                  |        |         |         |            |    |     |                |         |         |         |              |    |     |                  |          |         |         |            |    |     |
| Lengvosios pramonės procesai           | Šilumos siurbliai tinka žemos ir vidutinės temperatūros proceso šildymui (iki 85–95 °C), pakeičia iškastinio kuro katilus ir sutaupo iki 50–70 % energijos, atitinkamai sumažina ir išmetamųjų teršalų kiekį.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |             |                     |                 |               |                         |               |                         |                  |        |         |         |            |    |     |                |         |         |         |              |    |     |                  |          |         |         |            |    |     |
| Centralizuoto šilumos tiekimo tinklai  | <div>Dideli moduliniai šilumos siurbliai, kurių galia didesnė nei 500 kW, integruojami į centralizuotus šilumos tinklus, jie tiekia bazinės apkrovos atsinaujinančią šilumą. Dabartiniai Europos testavimai pabrėžia integraciją su tinklo lankstumu ir sezoniniu kaupimu.</div> <table><tr><th>Application</th><th>Capacity Range (kW)</th><th>COP Range</th><th>SPF Range</th><th>GWP Refrigerant</th><th>Max Temp (°C)</th><th>Typical Payback (years)</th></tr><tr><td>Office Buildings</td><td>50–350</td><td>3.8–4.5</td><td>3.5–4.2</td><td>R32, R454B</td><td>60</td><td>3–5</td></tr><tr><td>Light Industry</td><td>100–500</td><td>3.5–4.8</td><td>3.2–4.5</td><td>R410A, R134a</td><td>85</td><td>4–6</td></tr><tr><td>District Heating</td><td>500–2000</td><td>4.0–5.5</td><td>3.8–5.0</td><td>R717, R290</td><td>90</td><td>5–8</td></tr></table> | Application | Capacity Range (kW) | COP Range       | SPF Range     | GWP Refrigerant         | Max Temp (°C) | Typical Payback (years) | Office Buildings | 50–350 | 3.8–4.5 | 3.5–4.2 | R32, R454B | 60 | 3–5 | Light Industry | 100–500 | 3.5–4.8 | 3.2–4.5 | R410A, R134a | 85 | 4–6 | District Heating | 500–2000 | 4.0–5.5 | 3.8–5.0 | R717, R290 | 90 | 5–8 |
| Application                            | Capacity Range (kW)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | COP Range   | SPF Range           | GWP Refrigerant | Max Temp (°C) | Typical Payback (years) |               |                         |                  |        |         |         |            |    |     |                |         |         |         |              |    |     |                  |          |         |         |            |    |     |
| Office Buildings                       | 50–350                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 3.8–4.5     | 3.5–4.2             | R32, R454B      | 60            | 3–5                     |               |                         |                  |        |         |         |            |    |     |                |         |         |         |              |    |     |                  |          |         |         |            |    |     |
| Light Industry                         | 100–500                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 3.5–4.8     | 3.2–4.5             | R410A, R134a    | 85            | 4–6                     |               |                         |                  |        |         |         |            |    |     |                |         |         |         |              |    |     |                  |          |         |         |            |    |     |
| District Heating                       | 500–2000                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 4.0–5.5     | 3.8–5.0             | R717, R290      | 90            | 5–8                     |               |                         |                  |        |         |         |            |    |     |                |         |         |         |              |    |     |                  |          |         |         |            |    |     |

# 10 UŽSIĖMIMAS

---

Garų įpurškimo ciklas

# 10 užsiėmimo tikslai

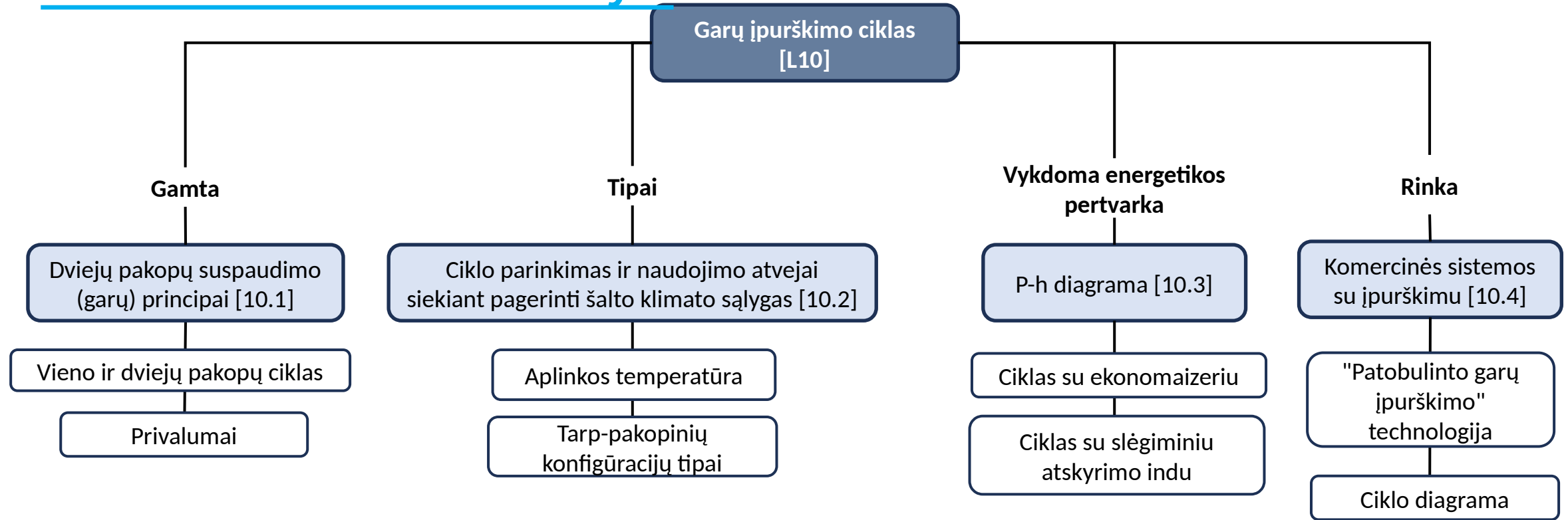
Šio užsiėmimo pabaigoje dalyviai galės:

Paaiškinti dviejų pakopų suspaudimą su garų įpurškimu

Pateikti skirtingas ekonomizerio ir slėgiminių atskyrimo indų konfigūracijas ir paaiškinti jų poveikį tarp-pakopiniam slėgiui, išleidimo temperatūrai ir pajėgumui šalto klimato sąlygomis

1. Paaiškinti galimus skirtingų elementų taikymus patobulintuose garų įpurškimo kompresoriuose

# 10 užsiėmimo turinys



# 10.1 Dviejų pakopų suspaudimo su garų įpurškimu principai

Tikslas - ekonominis klausimas

HP įtaisams reikia:  
labai žemos garavimo temperatūros  
labai aukštos kondensacijos temperatūros

rezultatas →

didelis kompresoriaus slėgių santykis, lyginant su vienos pakopos HP ciklais

- mažos COP vertės ir ... galima žala

Sprendimas - **dviejų pakopų šilumos siurblio ciklas:**  
kompresoriaus darbinė  $T \downarrow$   
šaldymo ciklo aušinimo laipsnis  $\uparrow$

- sistemos COP  $\uparrow$

# 10.1 Dviejų pakopų suspaudimo su garų įpurškimu principai

**Pagrindas** > garų šaltnešio įpurškimas į kompresoriaus tarpinę lokaciją

## Privalumai:

- Pajėgumo didinimas atšiauriomis klimato sąlygomis (šildymas esant  $< T$  °C aplinkos temperatūrai ir vėsinimas  $> 35$  °C nuo  $T$  aplinkos temperatūros)
- Sistemos lankstumas kontroliuojant įpurškiamo šaltnešio masės srautą (energijos taupymas)
- Garų įpurškimo ciklo kompresoriaus išleidimo temperatūra yra žemesnė nei įprastai vieno etapo ciklo atveju

## 2 pakopų suspaudimas (žemo / aukšto slėgio pakopa):

Kiekvieno kompresoriaus sukuriama slėgio santykis sumažėja (pagerėja tūrinis efektyvumas, sumažėja š/n išleidimo temperatūra, stabilus veikimas esant dideliems apkrovos perkryčiams)

- Tarp-pakopinis garų įpurškimas: perkaitinti garai įpurškiami tarpiniame etape, leidžiant papildomai masei tekėti į aukšto slėgio pakopą. Taip yra atgaunama energija, padidinamas suspaustų garų tankis ir pagerinamas sistemos COP.



Co-funded by  
the European Union



## 10.2 Ciklo išdėstymas ir taikymas geresniam naudojimui šaltame klimate

Dviejų pakopų garų suspaudimo technologija

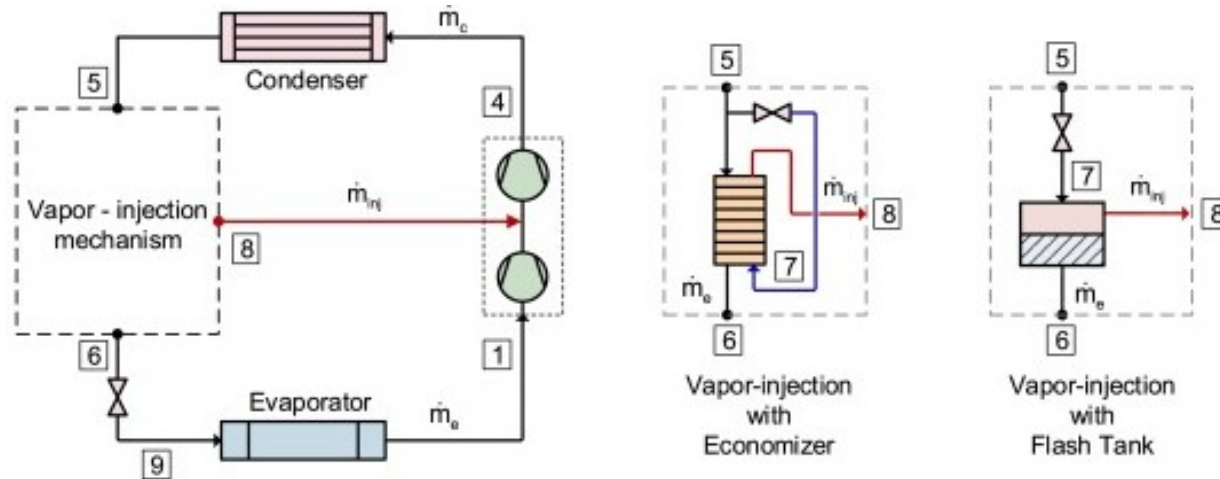


ypač šalto klimato šilumos siurbliams. Yra keletas tarp-pakopinių konfigūracijų tipų

Bendra konfigūracija > garų įpurškimas su slėgiminiu atskyrimo indu ir garų įpurškimas ekonomizeriu (vidiniu šilumokaičiu).



## 10.2 Ciklo išdėstymas ir taikymas geresniam naudojimui šaltame klimate



*Dviejų pakopų garų suspaudimo ciklas su garų įpurškimu*

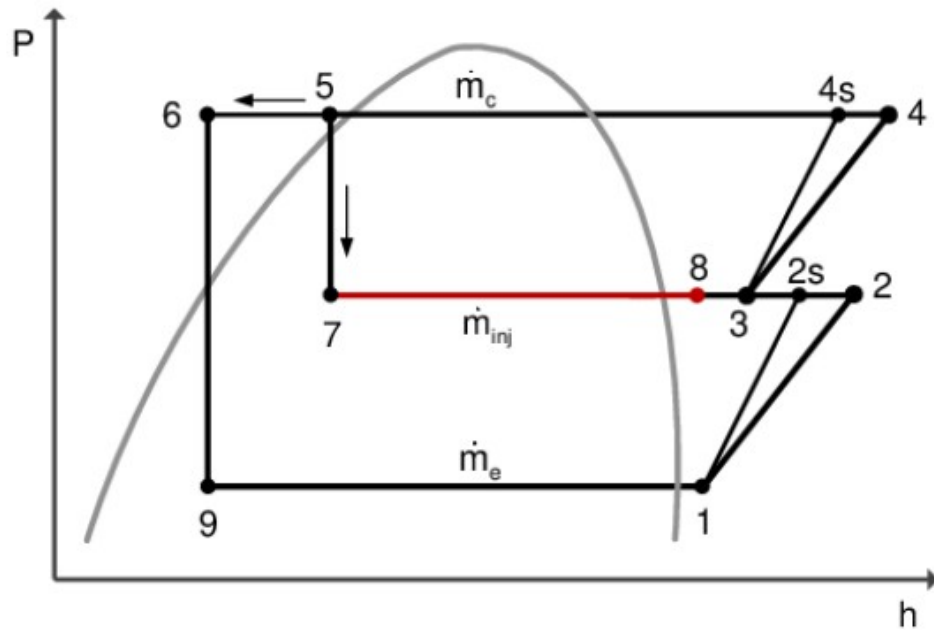
### Deriniai:

Cikle su atskyrimo indu: šaltnešis išplečiamas iki tarpinio slėgio, tada šaltnešio skysčio ir garų būseną atskiriamos atskyrimo inde. Šaltnešis esantis garų būsenoje įpurškiamas į tarpinį suspaudimo etapą, o skystis išplečiamas iki garavimo slėgio.

Cikle su ekonomizeriu dalis šaltnešio pateikiama į kondensatoriaus išleidimo angą ir išplečiama iki tarpinio slėgio. Ši šaltnešio dalis ekonomizeryje išgarinama per šilumos mainus su likusia šaltnešio dalimi, o tada įpurškiama į tarpinę suspaudimo pakopą.

Abiejose ciklų konfigūracijose įpurškiamo srauto tūris negali išsiplėsti iki garintuvo slėgio; taigi šios šaltnešio dalies suspaudimo darbas yra mažesnis, todėl pagerėja COP.

## 10.3 P-h diagramos



Dviejų pakopų garų įpurškimo ciklas su ekonomizeriu

### Ciklas su ekonomizeriu

Dalis šaltnešio paimama (5 būseną) ir išplečiama iki tarpinio slėgio (7 būseną).

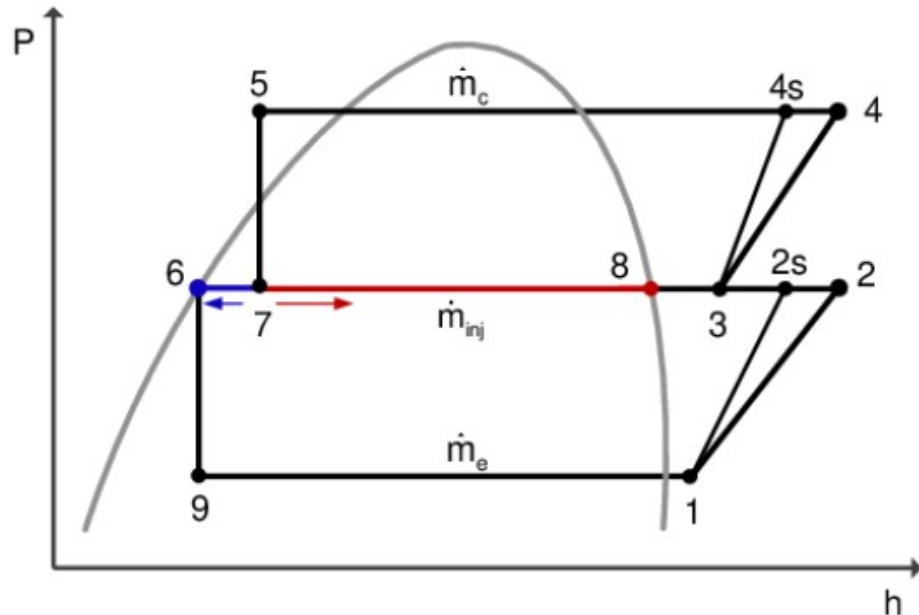
Ši šaltnešio dalis išgarinama ekonomizeryje (7–8 procesas) keičiantis šiluma su likusiu šaltnešiu, tada jis įpurškiamas (8 būseną) į tarpinę suspaudimo stadiją.

- 3 būseną yra šaltnešio garų maišymo rezultatas (8 ir 2 būsenos) prieš antrosios pakopos kompresorių

Kiti procesai:

- 9 – 1 garinimas ir perkaitinimas garintuve,
- 1 – 2 pirmosios pakopos suspaudimas (1 – 2s – izoentropinis suspaudimas),
- 3 – 4 antrosios pakopos suspaudimas (3 – 4s – izoentropinis suspaudimas), 3 būseną yra šaltnešio garų maišymo rezultatas (8 ir 2 būsenos)
- 4 – 5 būseną yra kondensacijos ir aušinimo procesai kondensatoriuje.

## 10.3 P-h diagramos



Dviejų pakopų garų įpurškimo ciklas su atskyrimo indu

! Abiejose ciklų konfigūracijose įpurškimo masės srautui neleidžiama išsiplėsti iki garintuvo slėgio

### Ciklas su slėgiminiu atskyrimo indu:

- Kondensuotas šaltnešis (5 būseną) išplečiamas iki tarpinio slėgio (7 būseną)
- Skystos (6 būseną) ir garų (8 būseną) būsenos šaltnešis atskiriamas atskyrimo inde
- Šaltnešis esantis garų būsenoje įpurškiamas į tarpinę suspaudimo pakopą, o skystos būsenos dalis išplečiama iki garavimo slėgio (9 būseną)

### Kiti procesai:

9 – 1 yra garavimas ir perkaitimas garintuve

1 – 2 yra pirmojo etapo suspaudimas (1 – 2s – izoentropinis suspaudimas)

3 – 4 yra antrosios pakopos suspaudimas (3 – 4s – izoentropinis suspaudimas)

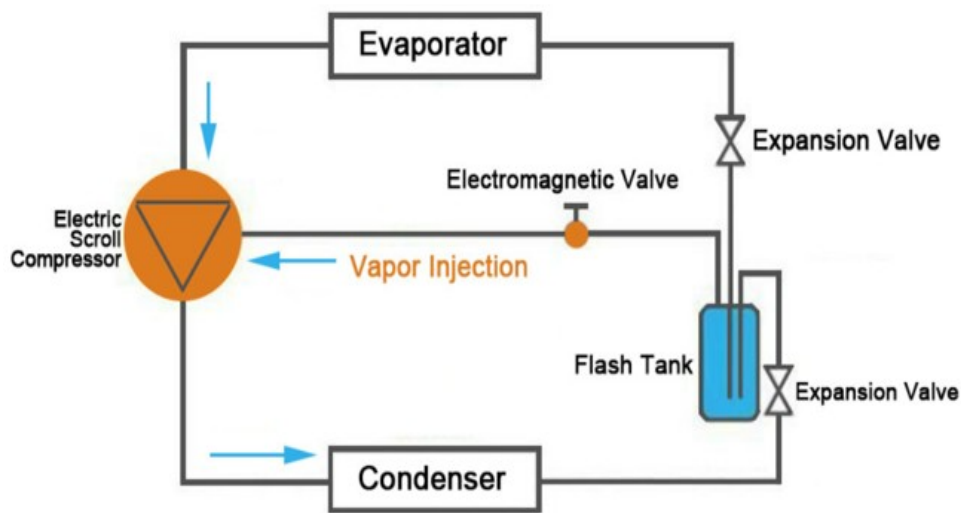
3 būseną yra šaltnešio garų maišymo rezultatas (8 ir 2 būsenos)

- 4 – 5 yra kondensacijos ir aušinimo procesai kondensatoriuje

## 10.4 Komeracinės sistemos su įpurškimu

**Slapyvardis:** "sustiprintas garų įpurškimas", t. y. oro šilumos siurblių schema šaltame klimate.

Tai reiškia pilną šilumos siurblio sistemą su specialiu patobulintu garų įpurškimo kompresoriumi (papildoma garų isiurbimo anga)



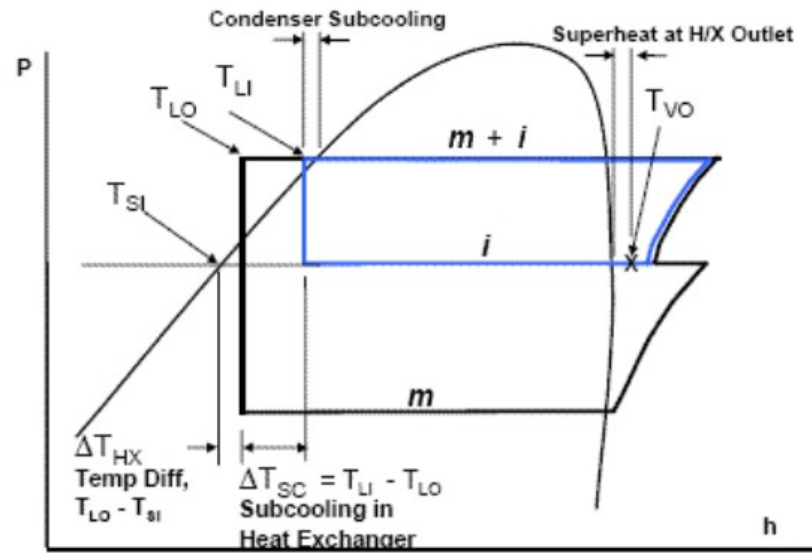
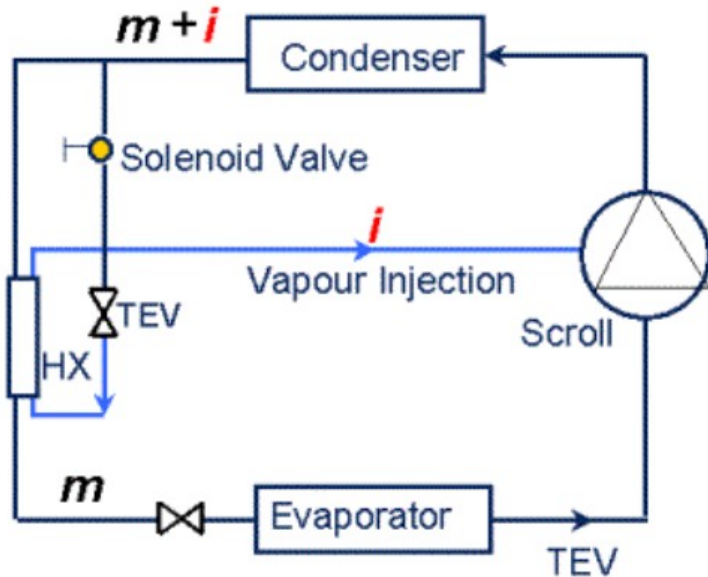
"enhanced vapour injection" technology

Esminė šio pasirinkimo reikšmė yra padalinti pradinį vienos pakopos suspaudimo procesą į kvazi-dviejų pakopų suspaudimo procesą, naudojant garus.

Procesas:

- 1 žingsnis: Kompresoriui yra perduodama garintuvo absorbuota energija A iš oro ir ji suspaudžiama.
- 2 žingsnis: Įsijungia garų įpurškimo pagalbinę kilpą ir garai praeina per kompresorių.
- 3 žingsnis: Kompresoriaus suspaudžiama energijos A dalis sumaišoma su įeinančiais garais. Šis procesas tęsis tol, kol kompresoriaus darbinė kamera bus atskirta nuo įpurškimo angos. Šiuo metu garai visiškai susimaišo su energija A ir tampa nauja energija B.
- 4 žingsnis: Atskyrus kompresoriaus suspaudimo kamerą nuo garų įpurškimo angos, energija B pereina į dviejų pakopų suspaudimą, o galiausiai energija B nukreipiama į kondensatorių vykti šilumos mainams su vandeniu.

## 10.4 Komeracinės sistemos su įpurškimu



*Populiari versija su garų įpurškimu: sistema su ekonomizeriu ir specialios konstrukcijos kompresorius su papildoma įpurškimo anga*

*Sistemos schema ir ciklas su garų įpurškimo su spiraliniu kompresoriumi*

**Vienintelis skirtumas** yra tas, kad vietoj dviejų atskirų kompresorių naudojamas vienas kompresorius su papildoma įpurškimo anga.

Tam dažniausiai naudojami spiraliniai kompresoriai, kuriuose lengviau įdiegti tarpinį įpurškimą.

- Didesnėse sistemose taip pat naudojami sraigtiniai kompresoriai.

# 11 UŽSIĖMIMAS

---

Kaskadinės šilumos siurblių sistemos



Co-funded by  
the European Union



# 11 užsiėmimo tikslai

Šio užsiėmimo pabaigoje dalyviai galės:

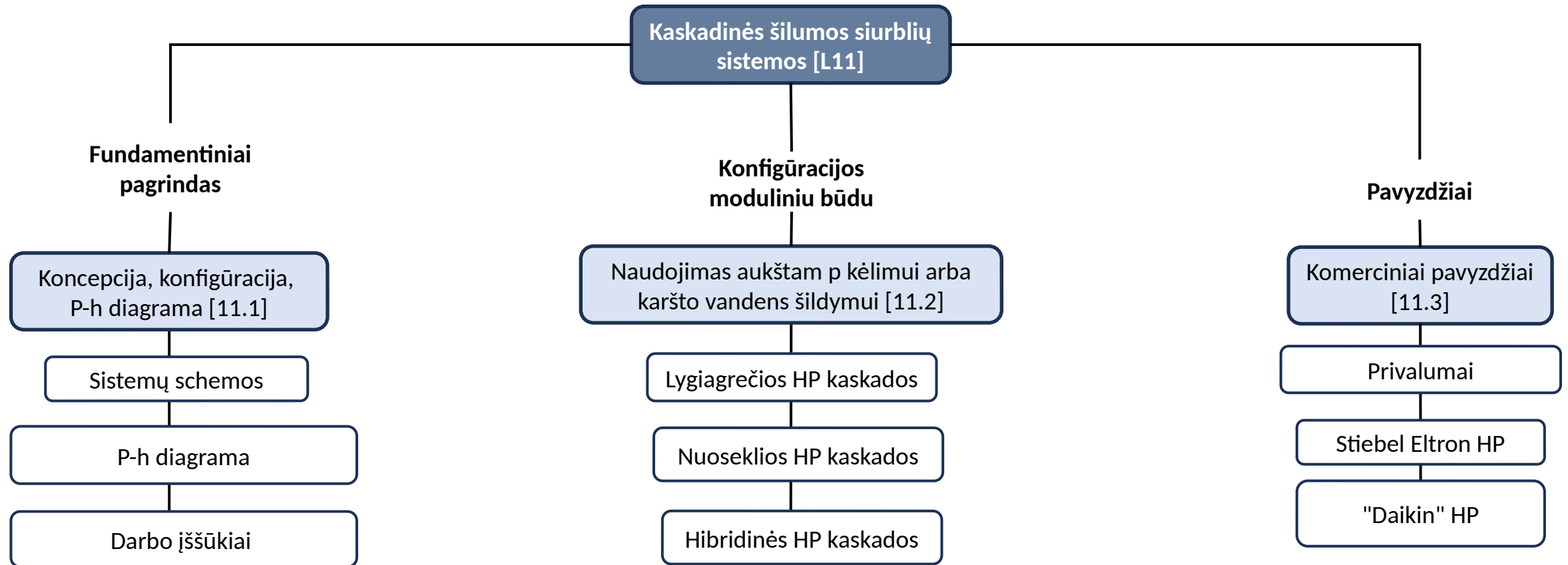
Pateikti kaskadinių sistemų koncepciją, apibūdindami žemos ir aukštos temperatūros kontūrų atskyrimą

Aiškinti P-h diagramas

Apibūdinti kaskadinio šilumokaičio funkciją, šaltnešio pasirinkimą

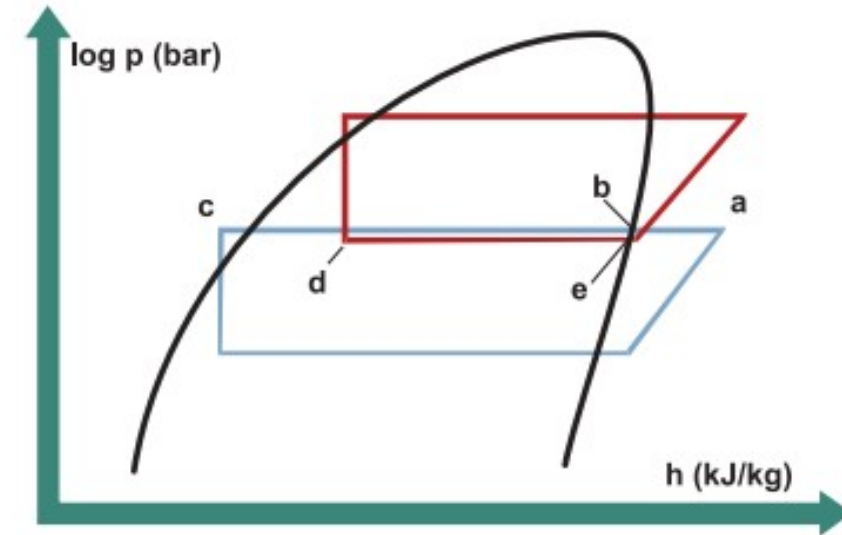
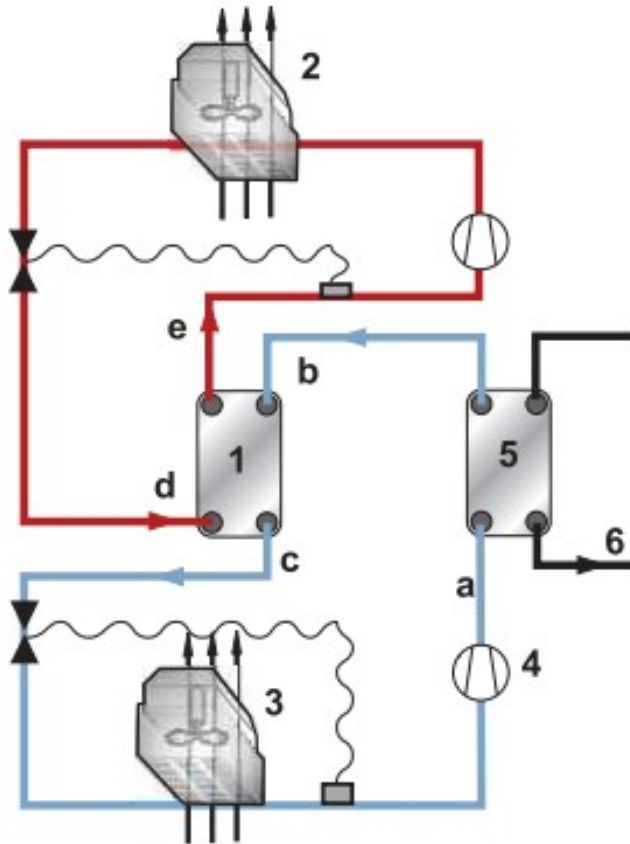
1. Suprasti skirtingas taikymo sritis, kurioms reikalingas staigus ar laipsniškas temperatūros lygio pakėlimas, įskaitant lygiagrečias, nuoseklias ir hibridines konfigūracijas

# 11 užsiėmimo turinys



# 11.1 Kaskadinių ciklų koncepcija, konfigūracija, P-h diagrama

- (1) Kaskadinis įrenginys
- (2) Aplinkos oro kondensatorius
- (3) Žemos temperatūros oro garintuvas
- (4) Žemos temperatūros kompresoriaus pakopa
- (5) BPHE perkaitintuvas
- (6) Karštas vanduo iš čiaupo



- a) Išmetimo temperatūra žemos temperatūros ciklui
- b) Įleidžiamų į kaskadinį įrenginį po perkatinimo garų temperatūra
- c) Kondensato temperatūra šaltojo ciklo išleidimo metu
- d) Temperatūra po išsiplėtimo vožtuvo šiltojo ciklo metu
- e) Garavimo temperatūra šiltojo ciklo metu

# 11.1 Kaskadinių ciklų koncepcija, konfigūracija, P-h diagrama

*šaltnešio pasirinkimas*

## Daugiapakopiai šaldymo ciklai

tas pats šaltnešis turi drikti aukščiausiam ir žemiausiam slėgio režime. Gali būti sunku pasirinkti šaltnešį, kad būtų išvengta pernelyg didelio slėgio aplinkos kondensatoriuje ir žemesnio nei vienos atmosferos garinimo slėgio šaltame garintuve.

padidėjusi oro ir drėgmės patekimo į sistemą rizika, dėl kurios sumažėja sistemos našumas.

- didesnė netolygaus alyvos pasiskirstymo rizika.

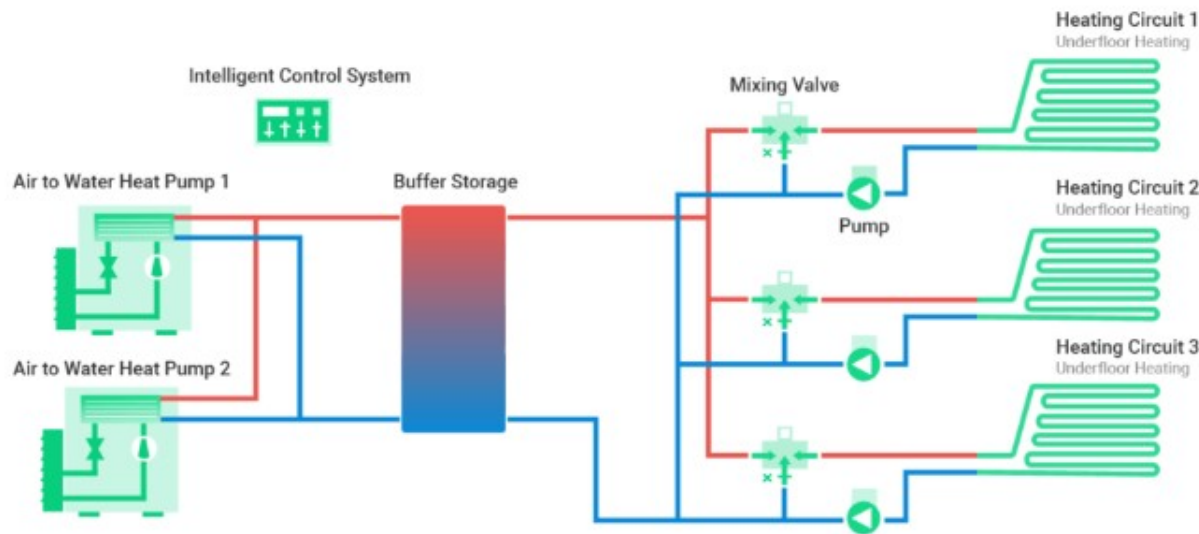
## Kaskadinės sistemos

**Pagrindinis privalumas:** dviejuose etapuose nebūtinai reikia to paties šaltnešio.

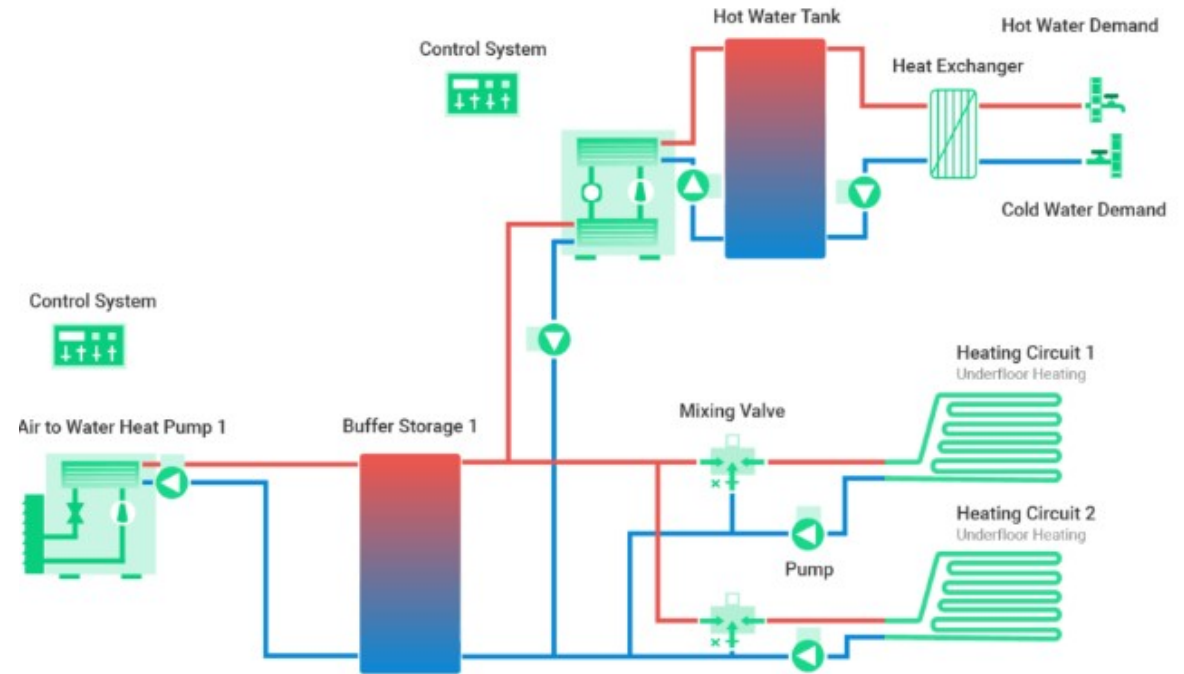
- kaskadinis šilumokaitis yra veikiamas T ir p svyravimų.
- Norint išvengti šiluminio nuovargio kaskadinio įrenginio viduje dėl labai didelio  $\Delta T$ , rekomenduojama įrengti perkaitintuvą (5).
- Perkaitintuvas sumažina kaskadinio įrenginio kondensacinės pusės įleidžiamų dujų temperatūrą, o perkaitimo energiją naudojama aukštos temperatūros vandeniui gaminti (6).

## 11.2 Naudojimas aukštam p kėlimui arba karšto vandens šildymui

Kaskadinė šildymo sistema yra komponentų sąranka, kurioje keli šilumos siurbliai yra sujungti nuosekliai arba lygiagrečiai, bet nenaudojamas vienas didelis įrenginys. Šios sistemos diegiamos ten, kur reikalinga didelė galia, kur šildymo, buitinio karšto vandens ir vėsinimo poreikiai labai svyruoja arba kai didelės sistemos pasiekia savo našumo ribas.

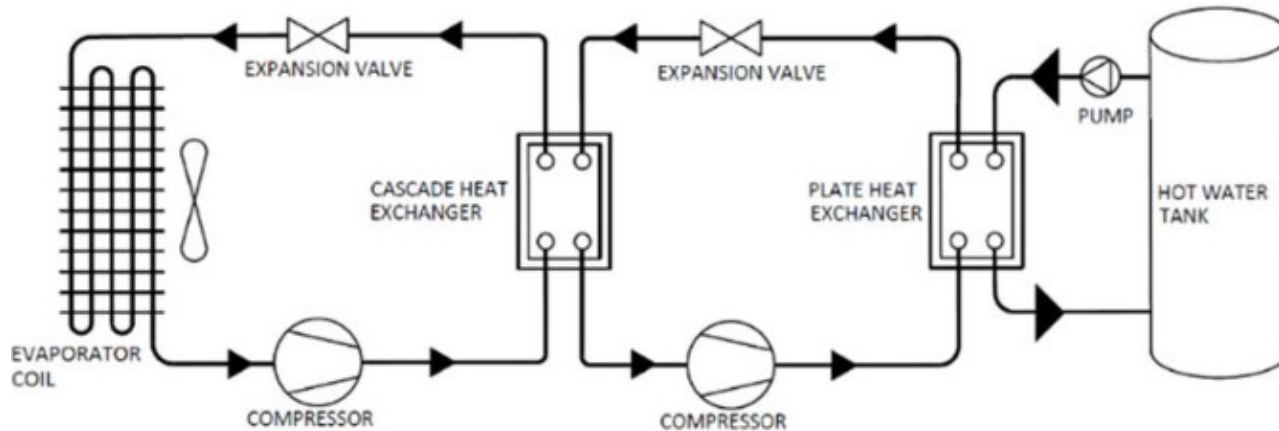


*Lygiagrečios šilumos siurblio kaskados*



*Nuoseklios šilumos siurblio kaskados*

## 11.2 Naudojimas aukštam p kėlimui arba karšto vandens šildymui



*Hibridinis šilumos siurblys (kaskada oras-vanduo)*

Kaskadinių šilumos siurblių sistemą sudaro 2 šaltnešio ciklai: žemos pakopos ir aukštos pakopos ciklai, sujungti per kaskadinį šilumokaitį.

Kaskadinis šilumokaitis veikia kaip žemos pakopos ciklo kondensatorius ir kaip aukštos pakopos ciklo garintuvas.

Nuoseklių ir lygiagrečių kaskadinių šilumos siurblių sistemų derinys naudojamas sudėtingesnėse ar didelėse šildymo sistemose, kuriose taikomi skirtingi galios pakopos, temperatūros lygio ar rezervavimo reikalavimai.

Tipiškos programos yra:

Aukštos ir žemos temperatūros etapai  
Proceso šiluma arba buitinis karštas vanduo  
Hibridinės šildymo sistemos su šilumos rekuperacija

- Besikeičiančios šildymo ir vėsinimo sistemos

## 11.3 Komerciniai pavyzdžiai



*Kaskadinės HP sistemos pavyzdys*

Šilumos siurbliai tampa populiariu ir patikimu efektyvaus šildymo variantu, tačiau didesniuose komerciniuose objektuose, kuriuose yra didelis šildymo ir karšto vandens poreikis, dažnai nepakanka vieno šilumos siurblio bloko. Šiems didelės paklausos scenarijams kaskadinė šilumos siurblio sistema gali būti idealus sprendimas.

Šios sistemos sukurtos taip, kad dinamiškai reguliuotų savo galią - esant dideliam poreikiui, visi įrenginiai gali dirbti kartu, kad išgautų didelę bendrą galią, o mažesnės paklausos laikotarpiais jie gali veikti atskirai arba mažesniu pajėgumu. Šis lankstumas padidina energijos vartojimo efektyvumą, nes išvengiama nereikalingo vartojimo (kaštai).

## 11.3 Komerciniai pavyzdžiai

### Aukšta temperatūra.

Kaskadinės sistemos pasiekia aukštas temperatūras, o tai reiškia, kad jos ypač efektyviai tiekia karštą vandenį patenkinant svyruojančius temperatūros poreikius. Kaskadinės sistemos gali veikti plačiame temperatūrų diapazone, žemose temperatūrose naudojant tik pirmąjį etapą iki aukštesnėse naudojant abu etapus maksimaliai. Tai gali būti naudojama norint labai lanksčiai valdyti oro sąlygų ko



*"Daikin" kaskadinis HP sprendimas aukštai vandens temperatūrai*

„Daikin“ kaskadinė sistema susideda iš oro ir vandens aušinamųjų įrenginių, veikiančių kartu, kad būtų pasiekta aukšta ištekancio vandens temperatūra, todėl ji tinka renovacijos projektams. Senesniems pastatams be jokių šiluminės izoliacijos modernizavimo planų gali prireikti aukštesnės vandens temperatūros, kad atitiktų esamo katilo tiekiamą vandens temperatūrą. „Daikin“ gali tiekti iki 75 °C kuomet naudojamas kaskadinis siurblys, kai kartu veikia oro-vandens ir vandens-vandens šilumos siurbliai.



*Stiebel eltron HP kaskadinės sistemos pavyzdys*



Co-funded by  
the European Union



# 12 UŽSIĖMIMAS

---

CO<sub>2</sub> transkritinės sistemos



Co-funded by  
the European Union



# 12 užsiėmimo tikslai

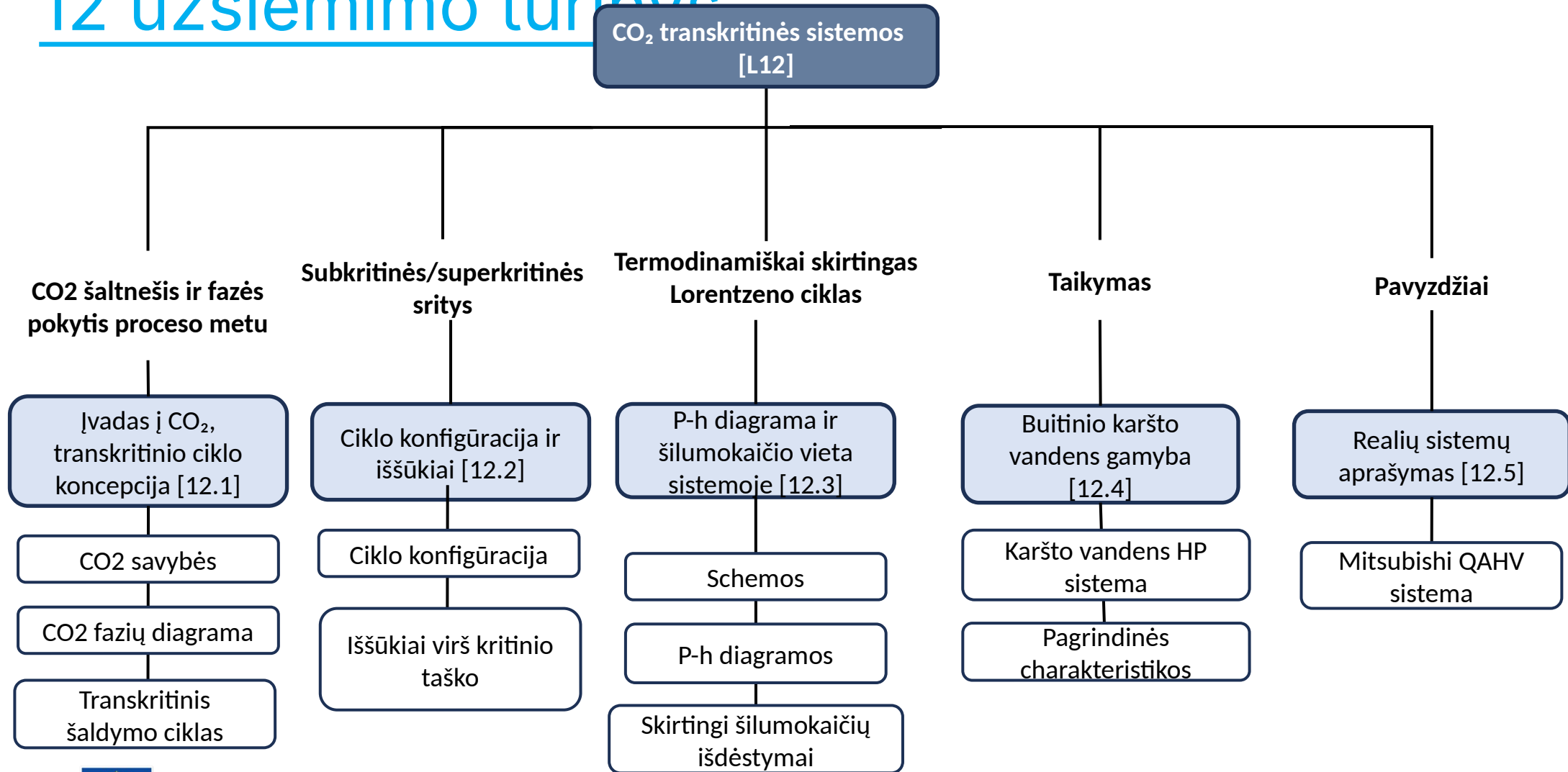
Apžvelgti transritinės sistemas su CO<sub>2</sub> šaltnešiu

Pristatyti transkritinio ciklo koncepciją, fazių diagramą, šaldymo ciklą, išsamiai apibūdinti dujų aušintuvo vaidmenį, aukšto slėgio veikimą ir CO<sub>2</sub> kritinių ir trigubo taško įtaką

Supažindinti su realiu transkritiniu CO<sub>2</sub> HP ciklu (Lorentzen ciklu)

1. Palyginti kelias CO<sub>2</sub> pagrindu veikiančias sistemų architektūras ir susipažinti su komercinėmis aukštos temperatūros karšto vandens sistemomis (Mitsubishi QAHV).

# 12 užsiėmimo turinys



# 12.1 Įvadas į CO<sub>2</sub> kaip šaltnešio naudojimą ir transkritinio ciklo koncepciją

CO<sub>2</sub> yra vienas iš natūralių šaltnešių, kuris gali būti naudojamas kaip darbinis skystis įvairiose šaldymo sistemose kartu su amoniaku ir angliavandeniliais.

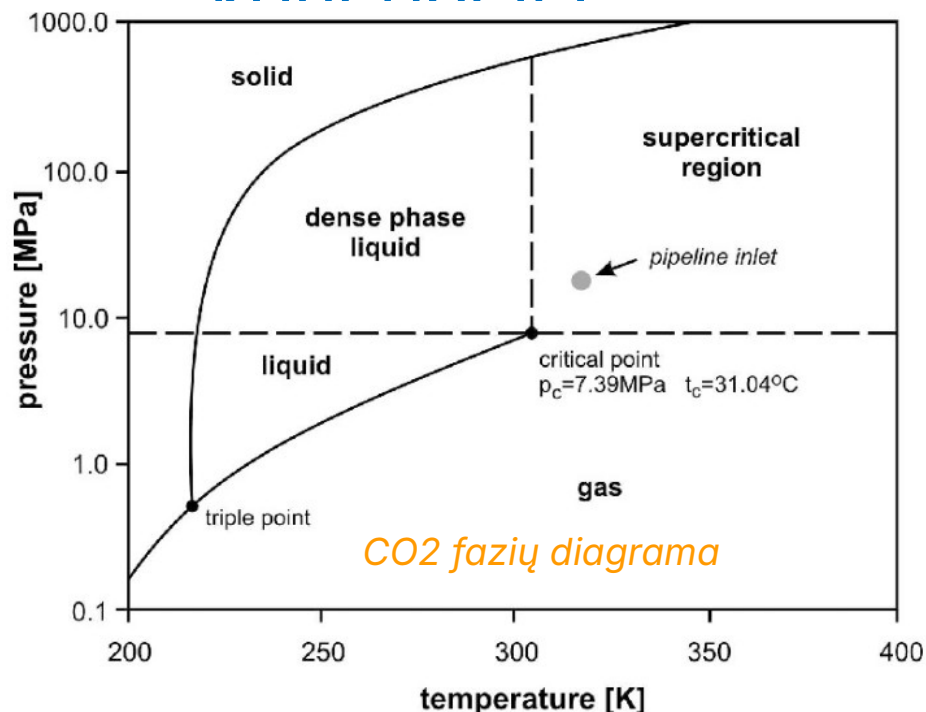
## Privalumai

- Saugumo: CO<sub>2</sub> yra netoksiškas ir nedegus;
- Termodinaminiai:
  - a) CO<sub>2</sub> turi santykinai mažą kritinę temperatūrą (31,1 °C) ir aukštą darbinį slėgį (7,38 MPa);
  - (b) transkritinis ciklas turi keletą unikalių savybių, pavyzdžiui, (1) vienfazis dujų aušinimo procesas, kuris vyksta išspinduliuojant/atiduodant šilumą, ir (2) dujų aušinimas sukuria didesnę temperatūros kritimą, kuris geriau tinka vandens/oro šildymo procesui;
  - c) tūrinė talpa yra gana didelė, o tai padeda naudoti fiziškai mažesnius komponentus, nuo to sistema kompaktiškesnė ir efektyvesnė;
  - d) CO<sub>2</sub> šilumos laidumas yra santykinai didelis → o tai rodo geresnį šilumos perdavimą.
- Ekologiškumo: CO<sub>2</sub> yra ekologiškas ir geriau suderinamamas su įprastais tepalais.
- Ekonomikos: mažesnė kaina

## Iššūkiai

- reikalingi fiziškai tvirti komponentai ir stabilus kompresorius

## 12.1 Įvadas į CO<sub>2</sub> kaip šaltnešio naudojimą ir transkritinio ciklo koncepciją



Trigubame taške visos trys agregatinės būsenos gali egzistuoti pusiausvyroje (5,2 baro; 56,6 ° C).

Žemiau trigubo taško T skystis negali egzistuoti.

Prie atmosferinio slėgio, CO<sub>2</sub> gali egzistuoti tik kaip kieta medžiaga arba garai.

Kritinis taškas žymi viršutinę šilumos perdavimo procesų, pagrįstų garavimu arba kondensacija, ribą. Kai T ir p yra aukštesni nei kritiniame taške, ši sritis vadinama skysčio sritimi – joje susidaro superkritinės sąlygos.

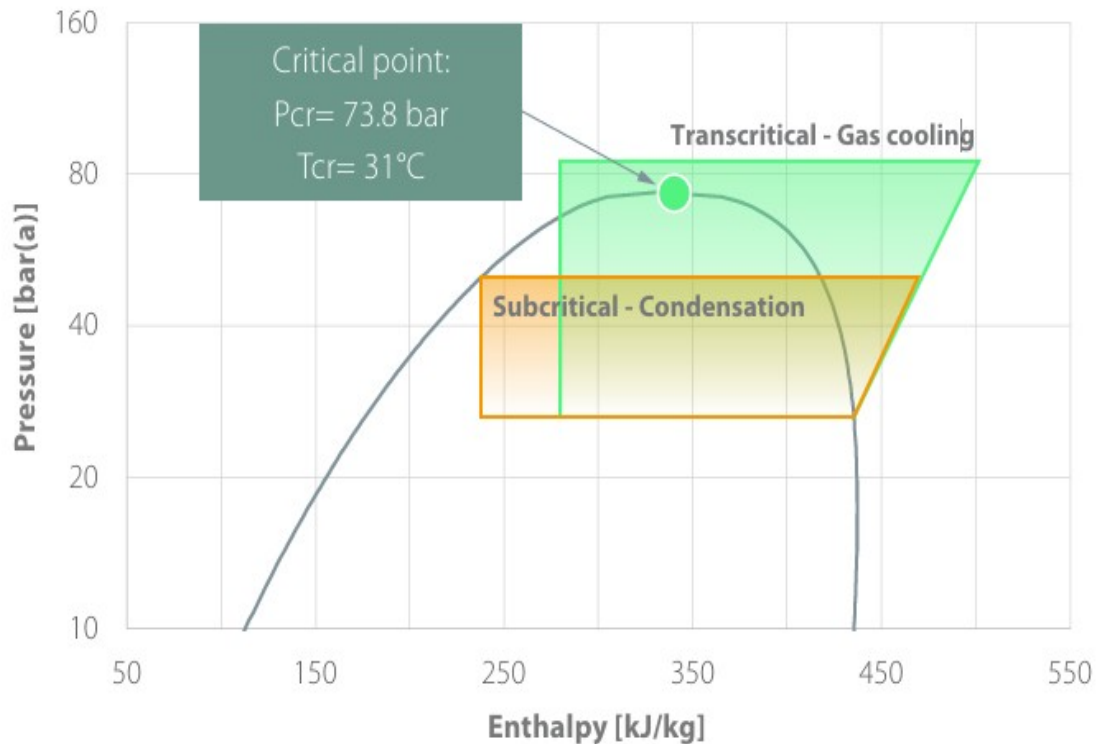
**Transkritinis šaldymo ciklas:** atsiranda, kai dalis šaldymo proceso vyksta virš  $T_{kr}$ . Šilumos absorbcija garintuve vyksta žemiau  $p_{kr}$ . Šiluma dujų aušintuve išsiskiria virš  $p_{kr}$ . Dėl šios priežasties šiluma išskiriama tam tikrame temperatūros diapazone. Tai skiriasi nuo įprastų kompresorinių sistemų, kuriose šiluma išskiriama esant fiksuotai temperatūrai.



Co-funded by  
the European Union



## 12.2 Ciklo konfigūracija ir iššūkiai virš $T_{kr}$



*P-h diagram*

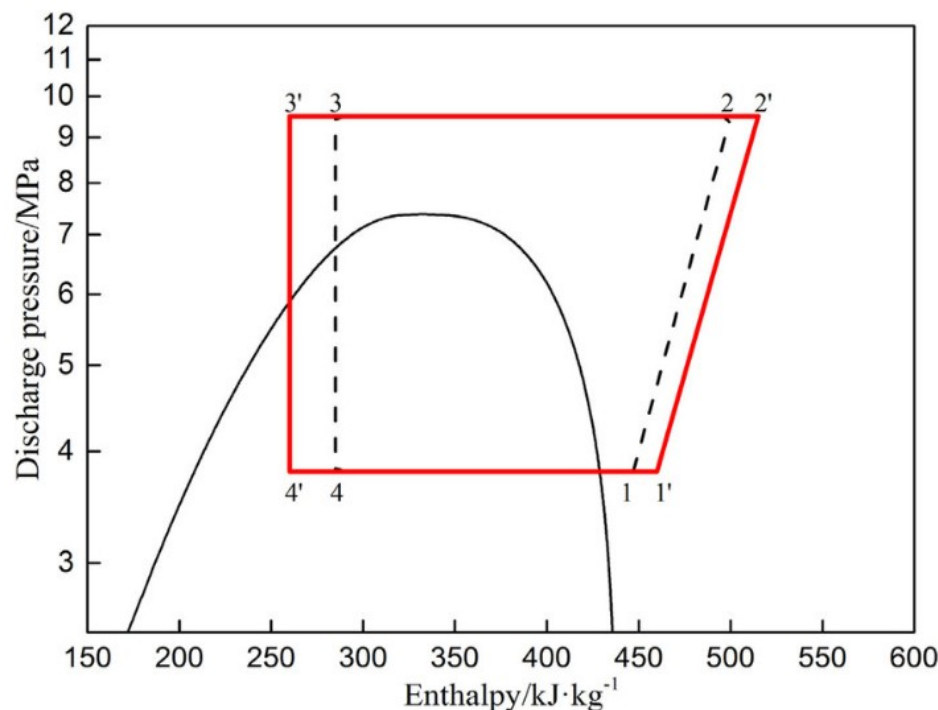
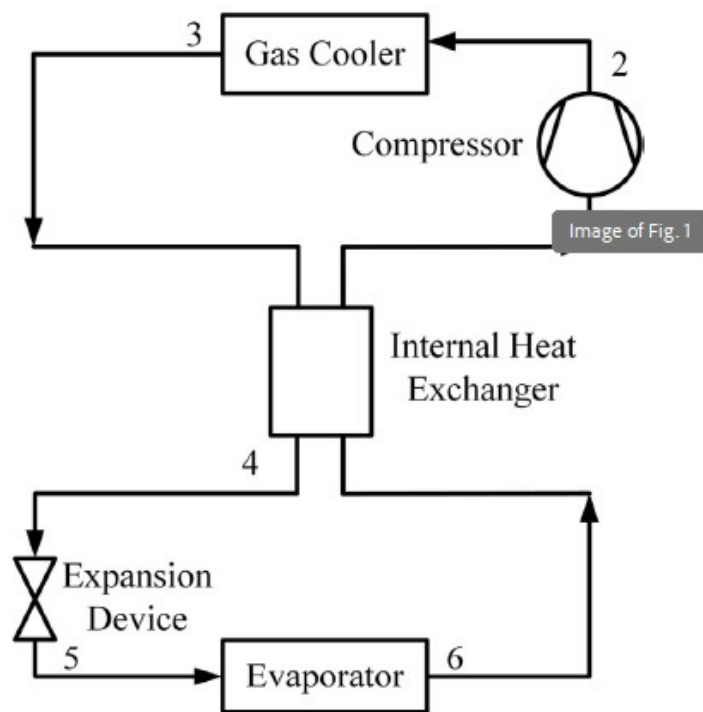
Transkritiniai HP turi tokią pačią bazinę konfigūraciją kaip ir bet kuris garų suspaudimo HP. Tačiau jam reikalinga žema grįžtamoji  $T$  ( $< 30^\circ\text{C}$ ), yra galimybė tiekti srautą aukšta  $T$  ( $> 80^\circ\text{C}$ ).

Garų suspaudimo cikluose šaltnešiai paprastai veikia subkritinėmis sąlygomis. Transkritinis ciklas gali veikti tiek subkritinėje, tiek superkritinėje fazėje.

Subkritiniu režimu šilumos atidavimas vyksta kondensuojant, o transkritiniu režimu - aušinant dujomis.

- Šiam tikslui įgyvendinti CO2 šaldymo sistemose naudojamas specialus šilumokaitis - dujinis aušintuvas. Dujų aušintuvas atlieka gyvybiškai svarbų vaidmenį CO2 šaldymo sistemoje, nes palengvina efektyvų šilumos perdavimą dujų aušinimo proceso metu.

## 12.3 P-h schema ir šilumokaičio lokacija CO<sub>2</sub> sistemose



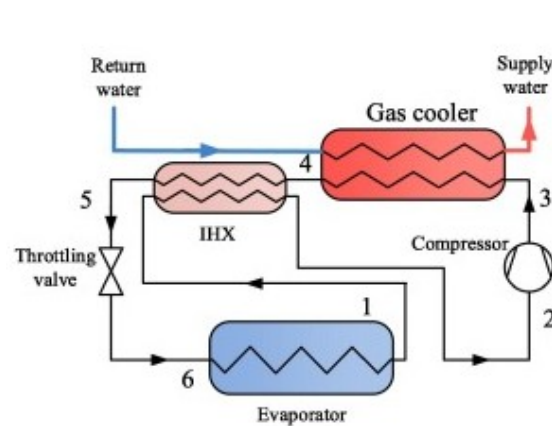
1-2-3-4-1 : sistema be IHX

1'-2'-3'-4'-1': sistema su IHX

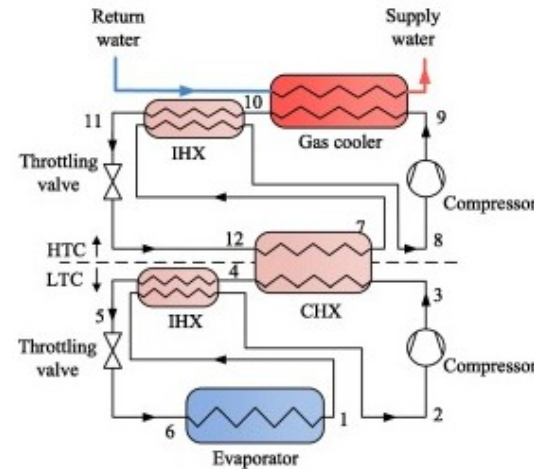
Teorinis ciklas:

- 1-2 (1' -2'): Izoentropinis suspaudimas kompresoriuje
- 2-3 (2' -3): šilumos pernaša be fazės keitimo dujų aušintuve
- 3-4 (3' -4): Izoentalpinis droseliavimo procesas plėtimosi vožtuve
- 4-1 (4' -1): šilumos absorbcija keičiantis fazei garintuve
- 3-3' ir 1-1': šilumos perdavimas vidiniame šilumokaityje

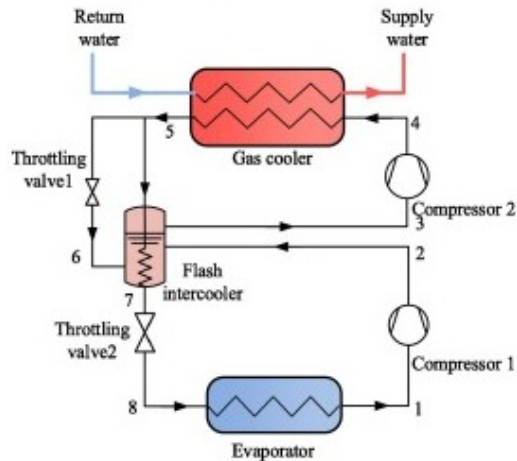
## 12.3 P-h schema ir šilumokaičio lokacija CO<sub>2</sub> sistemose



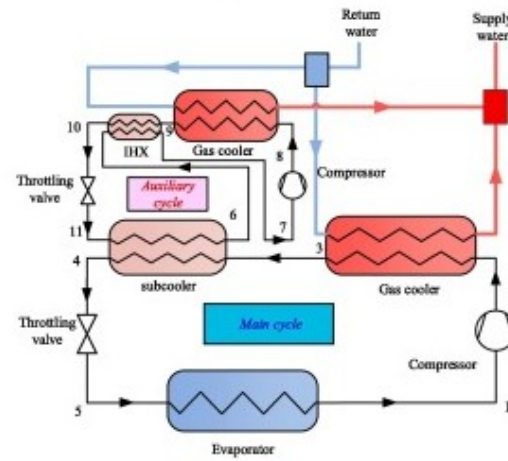
(a) BASE



(b) CHPS



(c) TSCHPS



(d) MSHPS

CO<sub>2</sub> HP sistemų  
schemos

**BAZĖ:** įprasta CO<sub>2</sub> transkritinė HP sistema,

**CHPS:** CO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> kaskadinė HP sistema,

**TSCHPS:** CO<sub>2</sub> dviejų pakopų suspaudimas su tarpine atskyrimo indo HP sistema,

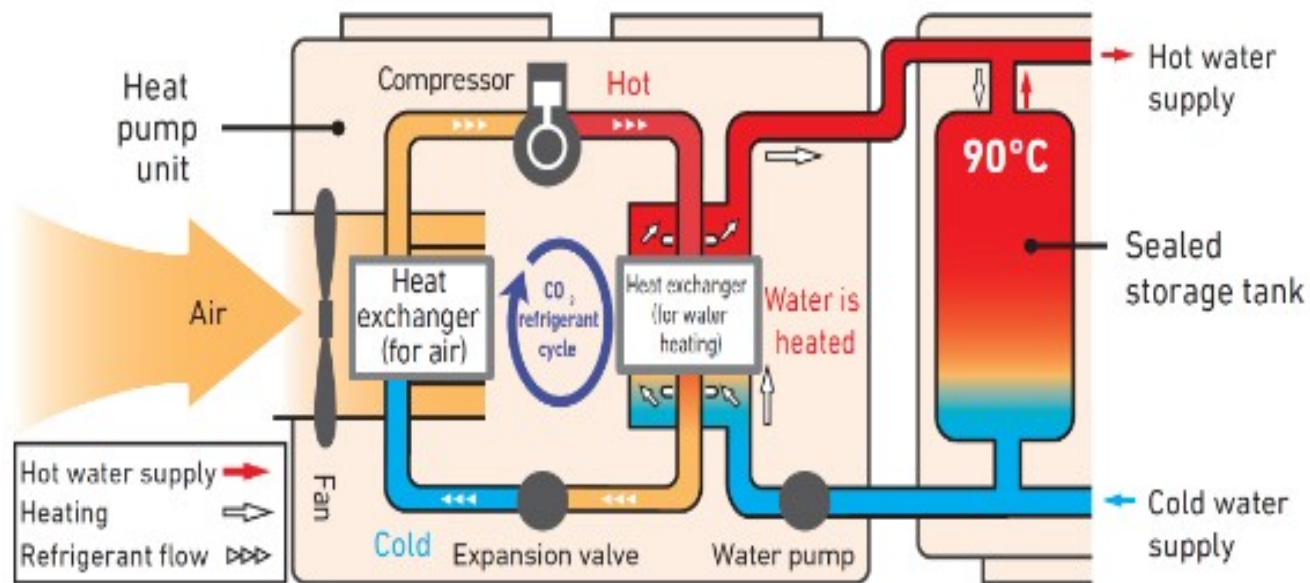
**MSHPS:** CO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> mechaninė aušinimo šilumos siurblio sistema.



Co-funded by  
the European Union



## 12.4 Taikymo scenarijai: buitinio karšto vandens gamyba



*CO2 aukštos T karšto vandens šilumos siurblio sistema*

CO2 HP technologija buvo nuolat tobulinama ir dabar suteikia daug galimybių taupyti energiją ir tvariai šildyti.

### CO2 HP karšto vandens sistemos:

naudoja natūralias, ekologiškas šaltnešio dujas CO2

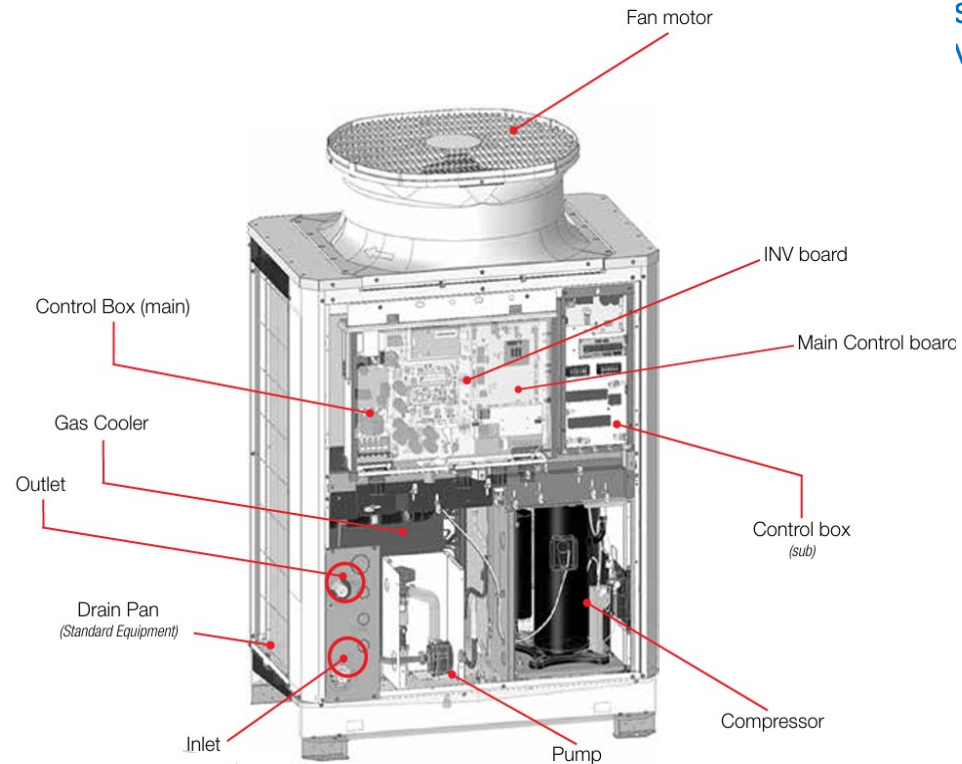
užtikrina aukštą saugos lygį (t.y. degimo nebuvimas sumažina gaisro riziką)

tiesia karštą vandenį, vidutinis COP yra iki 4,2  
konvertuoja 1 kW patiekiamą energiją į 3,9 kW generuojamą energiją

gamina karštą vandenį  $T > 90\text{ }^{\circ}\text{C}$ , net kai aplinkos  $T < -25\text{ }^{\circ}\text{C}$

- teikia energiją taupančius DHW (buitinis karštas vanduo) ir patalpų šildymo sprendimus pramonės, komercinės ir gyvenamosios paskirties reikmėms

## 12.5 Realių sistemų apžvalga



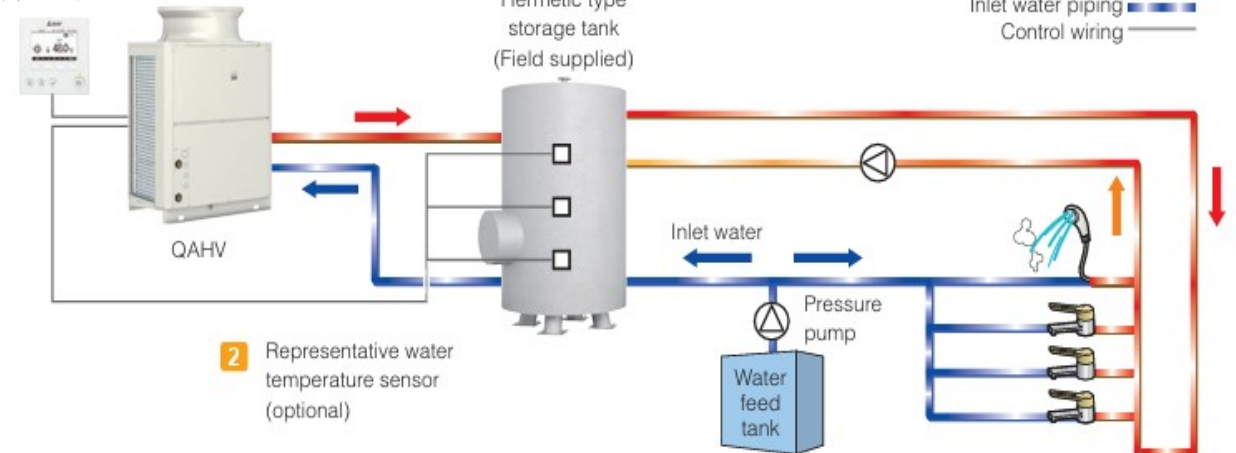
*Mitsubishi QAHV*

skirti tik sanitariniam karštam vandeniui gaminti,

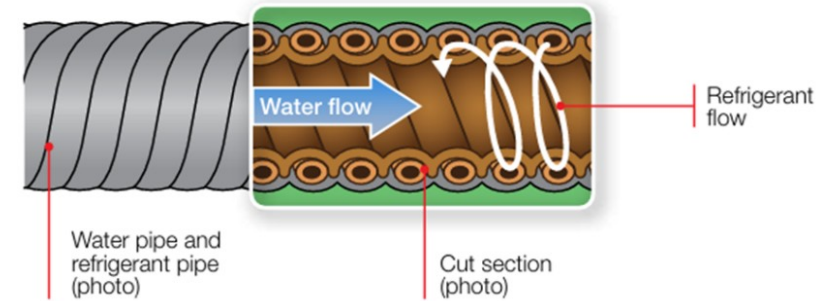
- Esant  $T > 65\text{ }^{\circ}\text{C}$ , QAHV (CO<sub>2</sub> refrigerant) maždaug 70 % efektyvesnis nei Mitsubishi CAHV, (R454C refrigerant)

gali užtikrinti maksimaliai 20 °C aukštesnę srauto temperatūrą vandens

1 Remote controller (optional)



*Mitsubishi QAHV sistemos schema*



*Mitsubishi QAHV susuktas ir spiralinis dujų aušintuvas*



Co-funded by  
the European Union



# 13 UŽSIĒMIMAS

---

Natūralūs šaltnešiai buitinēse HP sistemosē



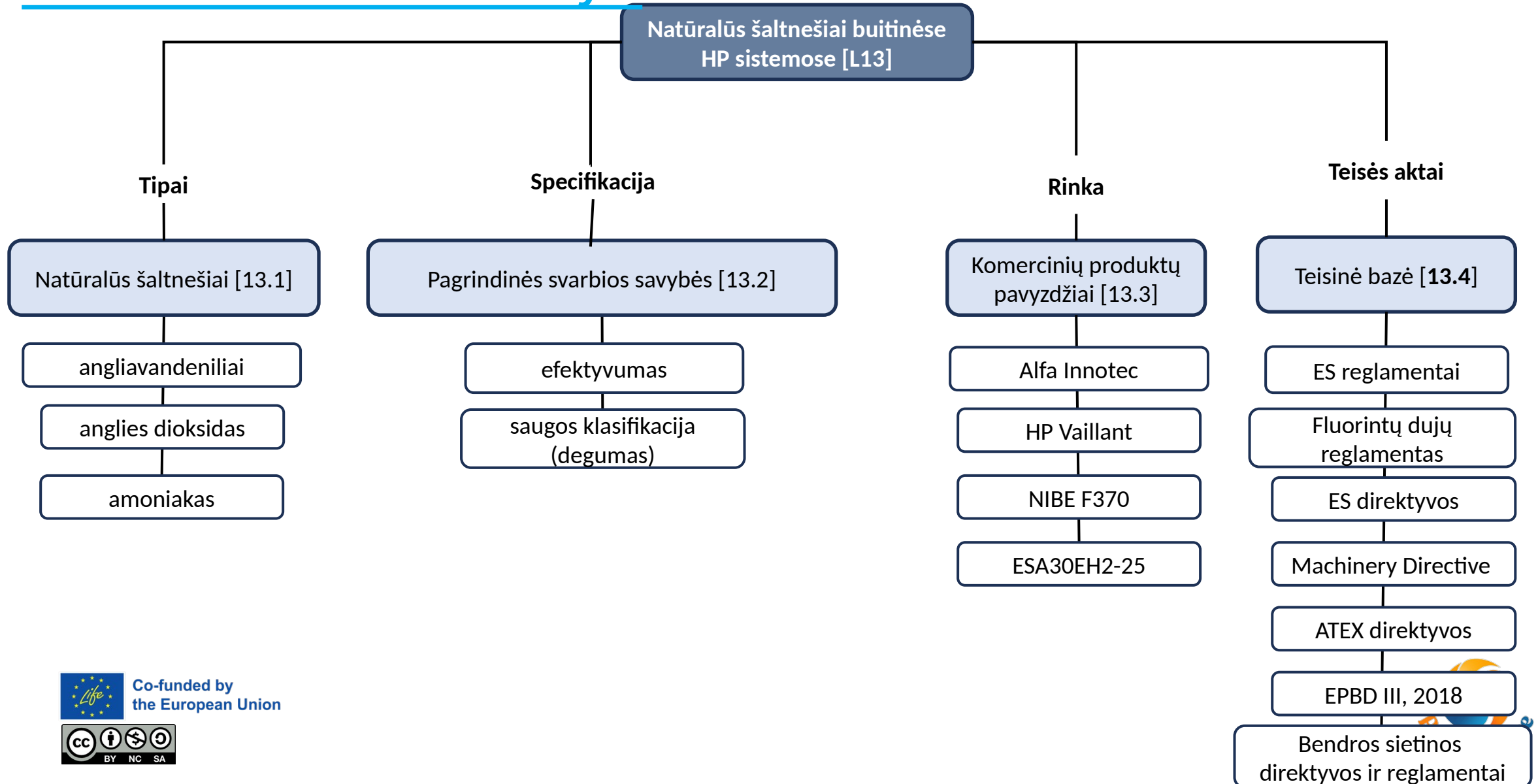
Co-funded by  
the European Union



# 13 užsiėmimo tikslai

1. Peržiūrėti natūralius šaltnešius, atsižvelgiant į jų termodinaminį elgesį, saugos klases, degumą ir toksiškumą
2. Pristatyti buitiniam naudojimui skirtus produktus
3. Apžvelgti ES reglamentavimo bazę, remiantis kuriomis galima pasirinkti šaltnešį ir projektuoti HP sistemas

# 13 užsiėmimo turinys



# 13.1 Natūralūs šaltnešiai

## 3 dažniausiai naudojami natūralūs šaltnešiai:

1. Angliavandeniliai  
(tinka mažesniems HP, monoblokams, vienkartiniams kintamosios srovės įrenginiams, modulinėms sistemoms ir pramoninėms reikmėms; mažiau tinka didesnėms įvairialypėms ir VRF sistemoms – didelės išlaidos ir daugiau saugos priemonių).
2. anglies dioksidas CO<sub>2</sub>  
(tinka aukštesnei tiekimo temperatūrai tiek mažuose, tiek dideliuose HP)
3. amoniakas  
(daugiausia tinka pramoniniams HP. Ateityje gali būti aukštųjų technologijų hibridiniai buitiniai HP, kūrenami gamtinėmis dujomis).



Co-funded by  
the European Union



## (1) angliavandenilių šaltnešiai

| Name                | R number | Atmospheric boiling point (°C) | Pressure at 25°C in bar(a) | Comments                                  |
|---------------------|----------|--------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------|
| Ethane              | R170     | -89                            | 24                         | Rarely used, high pressure                |
| Propane             | R290     | -42                            | 9.6                        | Most common                               |
| Propene (propylene) | R1270    | -48                            | 11.5                       | Rarely used, specific odour               |
| Butane              | R600     | 0                              | 2.5                        | High-temperature heat pumps               |
| Isobutane           | R600a    | -12                            | 3.5                        | Suitable for small appliances             |
| n-Pentane           | R601     | 36                             | 0.6                        | High-temperature heat pumps               |
| Propaene            | R433A    | -44                            | 10.3                       | Mixture of R290 and R1270, specific odour |

*PS. visos saugos klasės A3 (labai degios)  
Dažniausiai naudojami angliavandeniliai  
pasižymi labai panašiomis savybėmis kaip įprasti  
(H)CFC, HFC ir HFO (išskyrus degumą). **Alyvos  
pasirinkimas retai būna problema.***



# 13.1 Natūralūs šaltnešiai

## (2) Anglies dioksidas (CO<sub>2</sub>, R744)

Vienas seniausiai naudojamų šaltnešių pasaulyje. CO<sub>2</sub> priskiriamas A1 šaltnešio klasei (mažai toksiškas, nedegus). CO<sub>2</sub> pasižymi specifinėmis savybėmis, dėl kurių jis labai skiriasi nuo kitų šaltnešių. Šios skirtingos savybės kartais yra naudingos, bet kartais ir nepalankios ar ribojančios:

- trigubas taškas (kietas-skystis-garai, esant -56,6 °C)
- sausas ledas (kieti garai, -78,4 °C temperatūroje)
- kritinis taškas (skysčio ar garų būsenos charakterizacija prie 31 °C).

## (3) Amoniakas (R717, NH<sub>3</sub>)

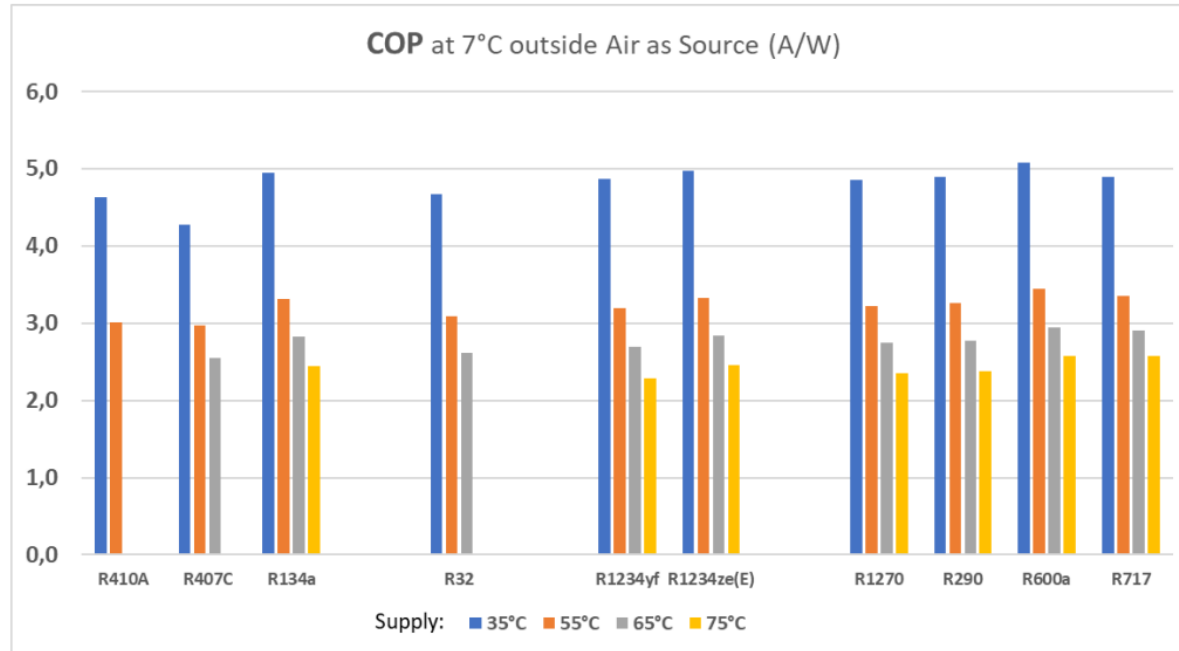
Vienas seniausių šaltnešių, buvo populiarus pirmosiose mechaninėse šaldymo sistemose. Technologija vis dar tobulėja, tai erdvė lieka naujovėms ir konkurencijai rinkoje. Jis yra labai efektyvus, neišskiria šiltnamio efektą sukeliančių dujų ir daro nereikšmingą poveikį aplinkai.

Aštrus amoniako kvapas yra veiksmingas įspėjimas nedidelio nuotėkio atveju. Trūkumai:

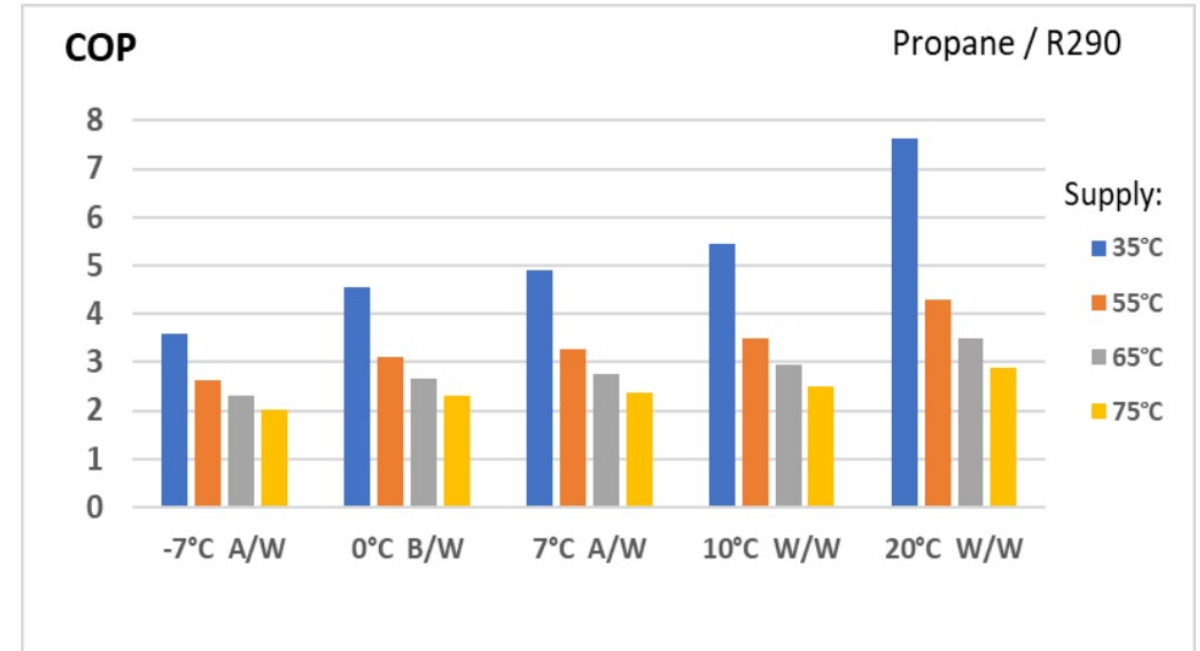
- vario (dažniausiai naudojamos medžiagos šaltnešio vamzdžiams) negalima naudoti su amoniaku. Tai reiškia, kad reikalingos brangesnės medžiagos (plienas) ir jungtys (suvirinimas).
- yra toksiškas ir lengvai degus (socialinės saugos klausimai, korozijos pavojus).

# 13.2 Efektyvumas, saugos klasifikacija ir degumas

## Efektyvumas



*COP skirtingiems šaltnešiams*



*Eksplotacinių savybių įtaka propanui (R290)*

### Pastaba:

HP energinį naudingumą pirmiausia lemia šaltinis ir tiekimo temperatūra, svarbios eksploatacinės sąlygos ir naudotojo elgsena. Kai visos išorinės sąlygos yra vienodos - teorinė COP pasiekama.

Aukštesnė tiekimo temperatūra (naudojant propaną arba CO2) taip pat akivaizdžiai turi įtakos.

# 13.2 Efektyvumas, saugos klasifikacija ir degumas

## Saugos klasifikacija

Natūralių šaltnešių (angliavandenilių) rizika daugiausia susijusi su degumu. Anglies dioksidui - aukštam slėgiui ir kieto anglies dioksido (sausio ledo) susidarymui.  
Dėl amoniako - toksiškumo.

**A2L** (R-410A). Pagrindiniai pavyzdžiai yra R-32, R-454B ir R-1234yf: lengvas degumas, mažas toksiškumas, mažas VAP, saugesnis nei amoniakas ir angliavandeniliai, efektyvesnis nei sistemos su R-410A ir CO<sub>2</sub>.

**A3** (R290, R600a, R-170, R-290, R-600, R-600A): mažas toksiškumas ir didelis degumas. A3 reikalauja griežtų saugos priemonių dėl jų labai degaus pobūdžio, ypač R290 ir R600a, palyginti su A2L.

| FLAMMABILITY | SAFETY GROUP         |                 |
|--------------|----------------------|-----------------|
|              | Higher Flammability  | A3 B3           |
|              | Flammable            | A2 B2           |
|              | Lower Flammability   | A2L B2L         |
|              | No Flame Propagation | A1 B1           |
|              | Lower Toxicity       | Higher Toxicity |
|              | INCREASING TOXICITY  |                 |

ASHRAE saugos klasifikacija

## 13.3 Komercinių produktų pavyzdžiai

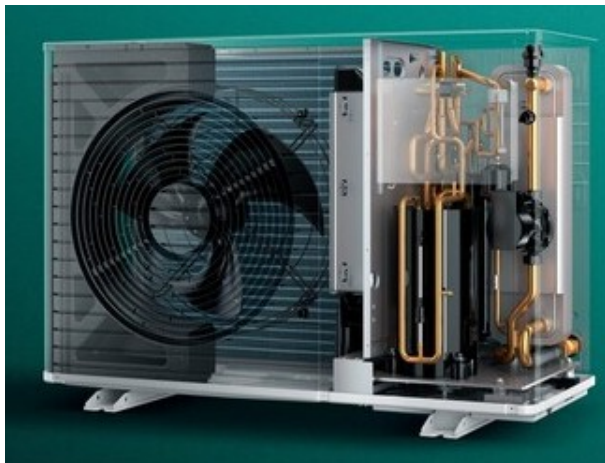
**Natūralūs šaltnešiai** - ne iš gamtos. Jie gaminami pramoniniu būdu, tačiau tai yra medžiagos, kurios yra tiesiogiai gamtoje. Dažniausiai naudojami amoniakas, anglies dioksidas ir



### **Gamintojas, Alpha Innotec**

Šilumos siurblys Alpha Innotec – LWDV su natūraliu šaltnešiu (propanas – 8 kW), plačiai naudojamas vidaus rinkose ir mažose įmonėse.

Privalumai: Geriausias klasėje – universalus ir efektyvus; visada veiksnumas pagal poreikį; Pasiekama aukšta srauto temperatūra, todėl jie idealiai tinka naudoti renovacijos projektuose.



### **Gamintojas- HP Vaillant**

Šilumos siurblys oras-vanduo: aroTHERM plus oro šilumos siurblys 12kW. Jame naudojamas natūralus šaltnešis R290, kad būtų pasiekta aukštesnė srauto temperatūra iki 75 °C. Šis oro šaltinis tinka visoms reikmėms, HP gali naudoti esamus radiatorius ir veikia iki -25 °C.

uniTOWER yra integruotas 190 litrų cilindras su hidrauliniiais komponentais, kurie gali lengvai patiekti pakankamai karšto vandens DHW penkių asmenų šeimos poreikiams, įskaitant dušus. Dėl gabaritų sistema yra puikus pasirinkimas naujiems pastatams.

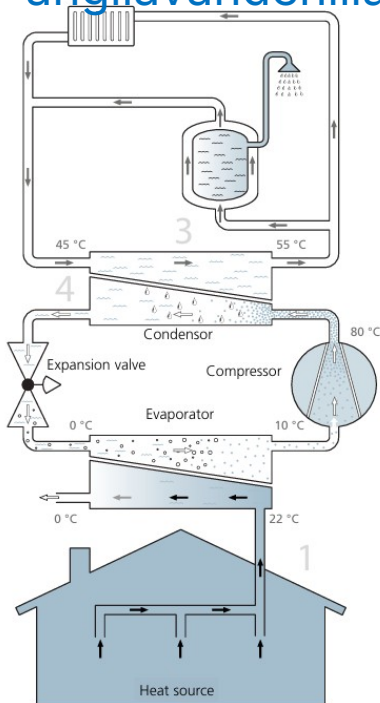


Co-funded by  
the European Union



## 13.3 Komercinių produktų pavyzdžiai

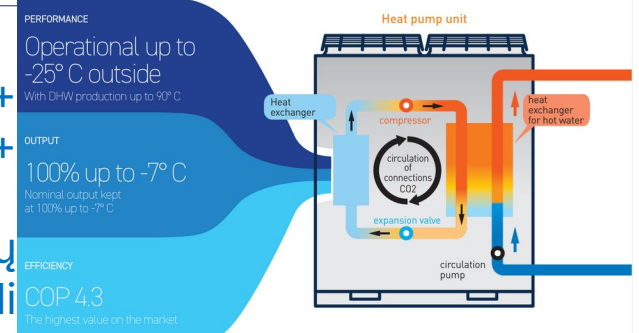
**Natūralūs šaltnešiai** - ne iš gamtos. Jie gaminami pramoniniu būdu, tačiau tai yra medžiagos, kurios yra tiesiogiai gamtoje. Dažniausiai naudojami amoniakas, anglies dioksidas ir angliavandeniliai.



### ← Gamintojas, NIBE F370

integruotas nuolatinės srovės ventiliatorius + vandens šildytuvas su apsauga nuo korozijos, + integruotas panardinamas šildytuvas.

Jis skirtas žemos temperatūros radiatorių kontūrams ir (arba) grindų šildymui. NIBE F370 gali būti prijungtas prie centralizuoto šildymo, medienos, naftos ir dujų. Naudojamas aplinkai nekenksmingas R290 (propano) šaltnešis.



### Gamintojas, MHI

oras - vanduo, Q-ton | ESA30EH2-25, buitinis karštas vanduo. GSR dviejų pakopų kompresorius.

Vienu valdikliu galima valdyti iki 16 lauko įrenginių. Maksimali galia - 480 kW. Galimi įrengimai dideliuose naujuose daugiabučiuose namuose arba labai dideliuose daugiabučiuose namuose su esamomis centralizuoto šilumos tiekimo sistemomis.



 Co-funded by the European Union



## 13.4 Reglamentavimo įtaka

**ES reglamentai dėl šaltnešių:** automatiškai ir vienodai taikomi teisės aktai, kurie yra teisiškai privalomi visoms ES šalims narėms; ozono sluoksnis – Monrealio protokolo įsipareigojimai.

**Fluorintų dujų reglamentas:** Kioto protokolo įsipareigojimai dėl šiltnamio efektą sukeliančių medžiagų. Šiuo reglamentu siekiama užtikrinti, kad iki 2030 m. Europos išmetamų fluorintų dujų kiekis sumažėtų bent 60 proc., palyginti su 2005 m. išmetamu teršalų kiekiu.

ES direktyvos: esminiai reikalavimai. ES šalys yra atsakingos už įgyvendinimą. Šaldymo sistemoms, šilumos siurbliams ir jų komponentams svarbiausios direktyvos yra susijusios su įrenginiais, slėgimine įranga, elektros ir elektronine įranga, energijos vartojimo efektyvumu ir kai kuriais atvejais potencialiai sprogia aplinka.

Įrenginių direktyva 2006/42/EB (2006 m. birželio mėn.): nustatomi reikalavimai, kuriuos turi atitikti Europos rinkai skirtos mašinos (įrenginiai); yra daugybė saugos ir sveikatos reikalavimų. Gamintojai privalo laikytis direktyvos reikalavimų.

ATEX direktyvos (**ATmosphère EXplosible**): apima visas situacijas, kai kyla dujų ir dulkių sprogimo pavojus. Pastatų energinio naudingumo direktyva (PEN III, 2018 m.): šia direktyva siekiama pagerinti pastatų energijos vartojimo efektyvumą ir taip sumažinti energijos suvartojimą.

Bendrosios direktyvos ir reglamentai: Šios ES direktyvos dažniausiai taip pat taikomos šaldymo sistemoms ir šilumos siurbliams, neatsižvelgiant į konkrečiam sektoriui būdingus aspektus.