

HŐSZIVATTYÚS RENDSZEREK

Dr. Bokor Balázs

egyetemi adjunktus

2020. október 12.

Higher Education Package for Nearly Zero Energy
and Smart Building Design



Erasmus+

Az Európai Unió
Erasmus+ programjának
társfinanszírozásával



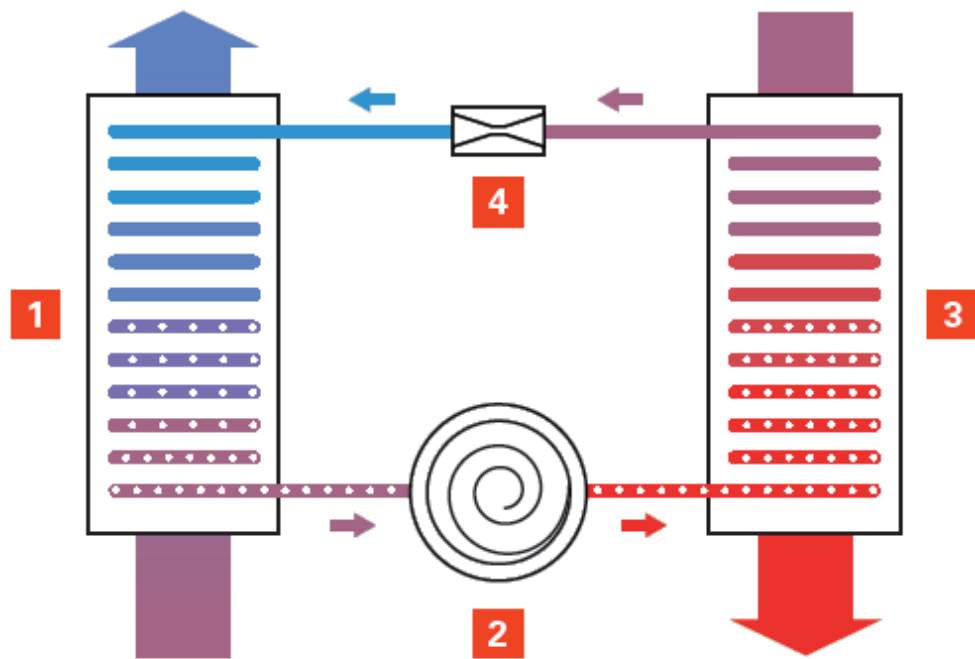
STU

SLOVAK UNIVERSITY OF
TECHNOLOGY IN BRATISLAVA

TECHNISCHE UNIVERSITÄT
KAISERSLAUTERN

ENERGIACLUB
CLIMATE POLICY INSTITUTE
APPLIED COMMUNICATIONS

A MŰKÖDÉS FIZIKAI ALAPJAI



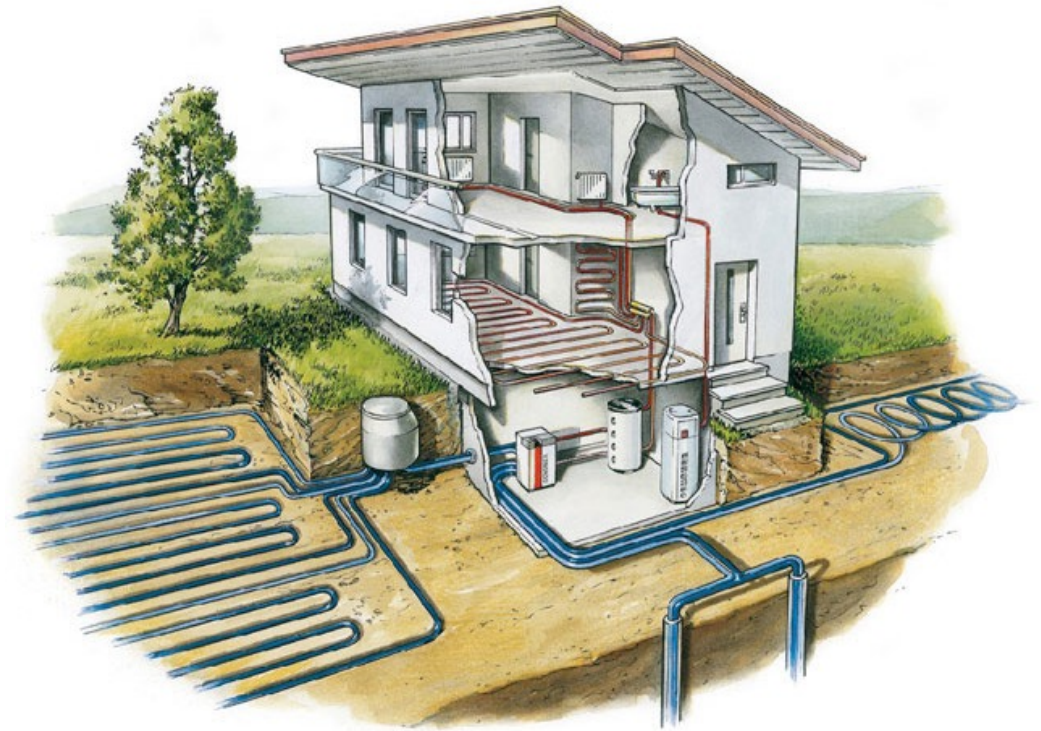
KÖRNYEZETI HŐ

FŰTÉSI HŐ

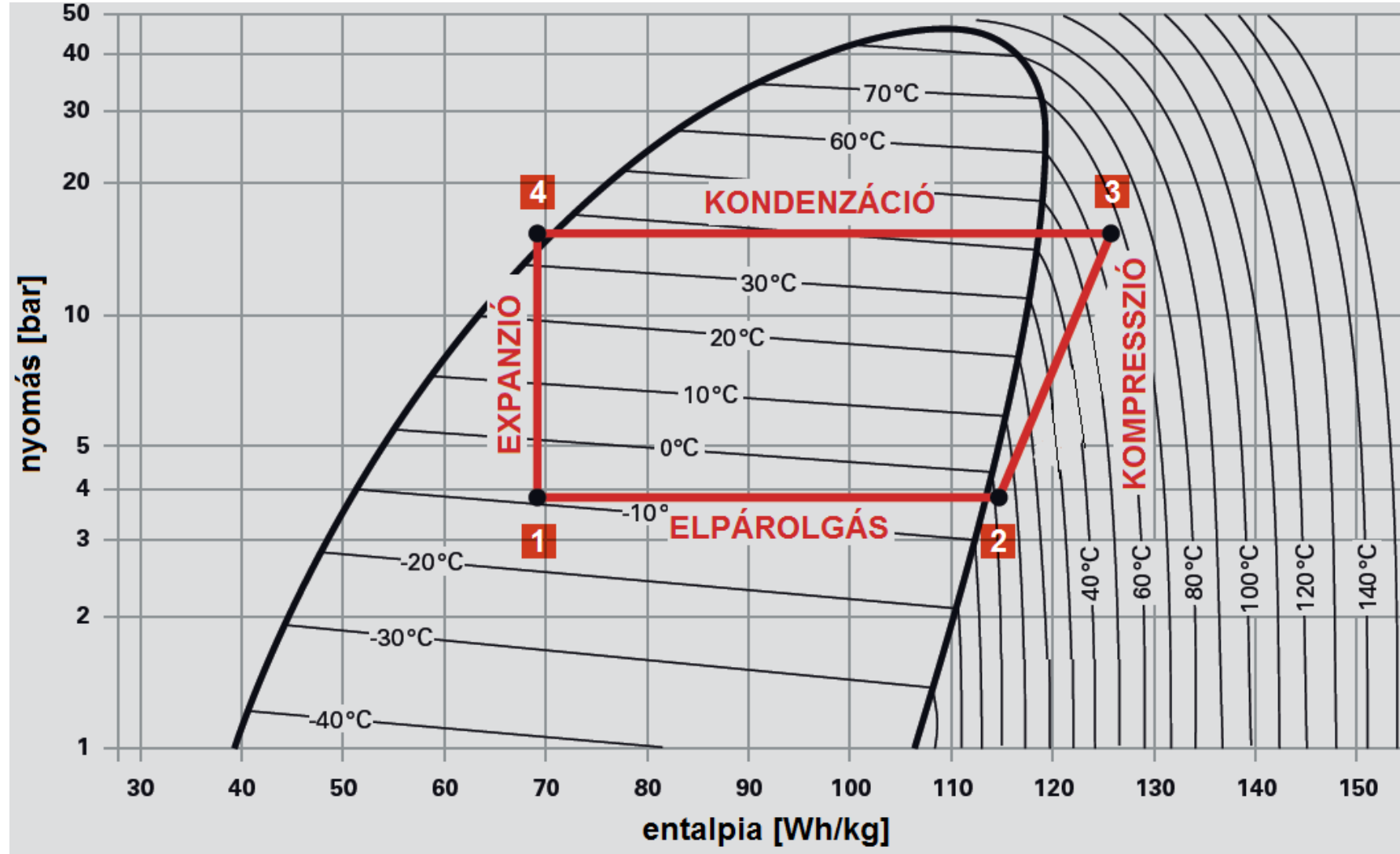
- 1 elpárolgató
- 2 kompresszor
- 3 kondenzátor
- 4 expanziós szelep

— folyadék
—••• gáz

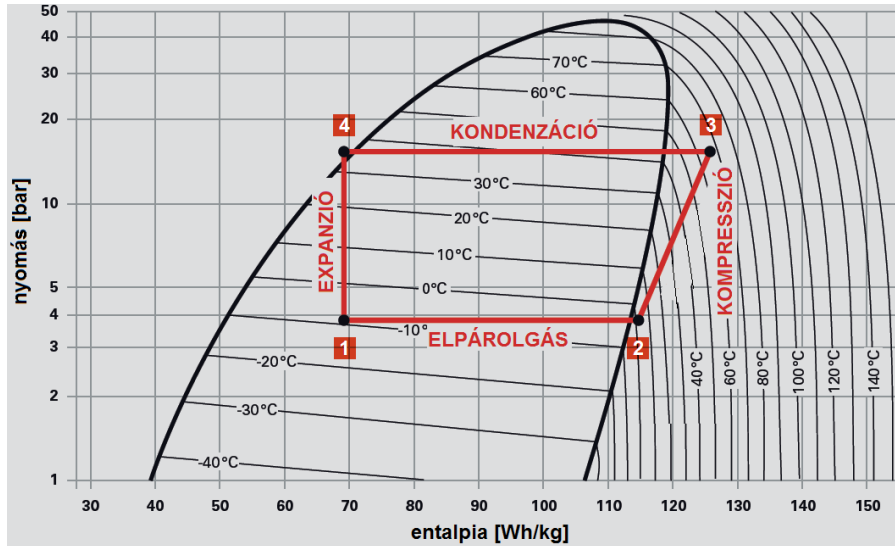
- Hőfelvétel alacsony hőmérsékleten elpárolgás során.
- Hőleadás magasabb hőmérsékleten kondenzáció során.
- Hőforrás: külső levegő, talajhő, talaj vagy felszíni víz, hulladékhő, stb.



A MŰKÖDÉS FIZIKAI ALAPJAI

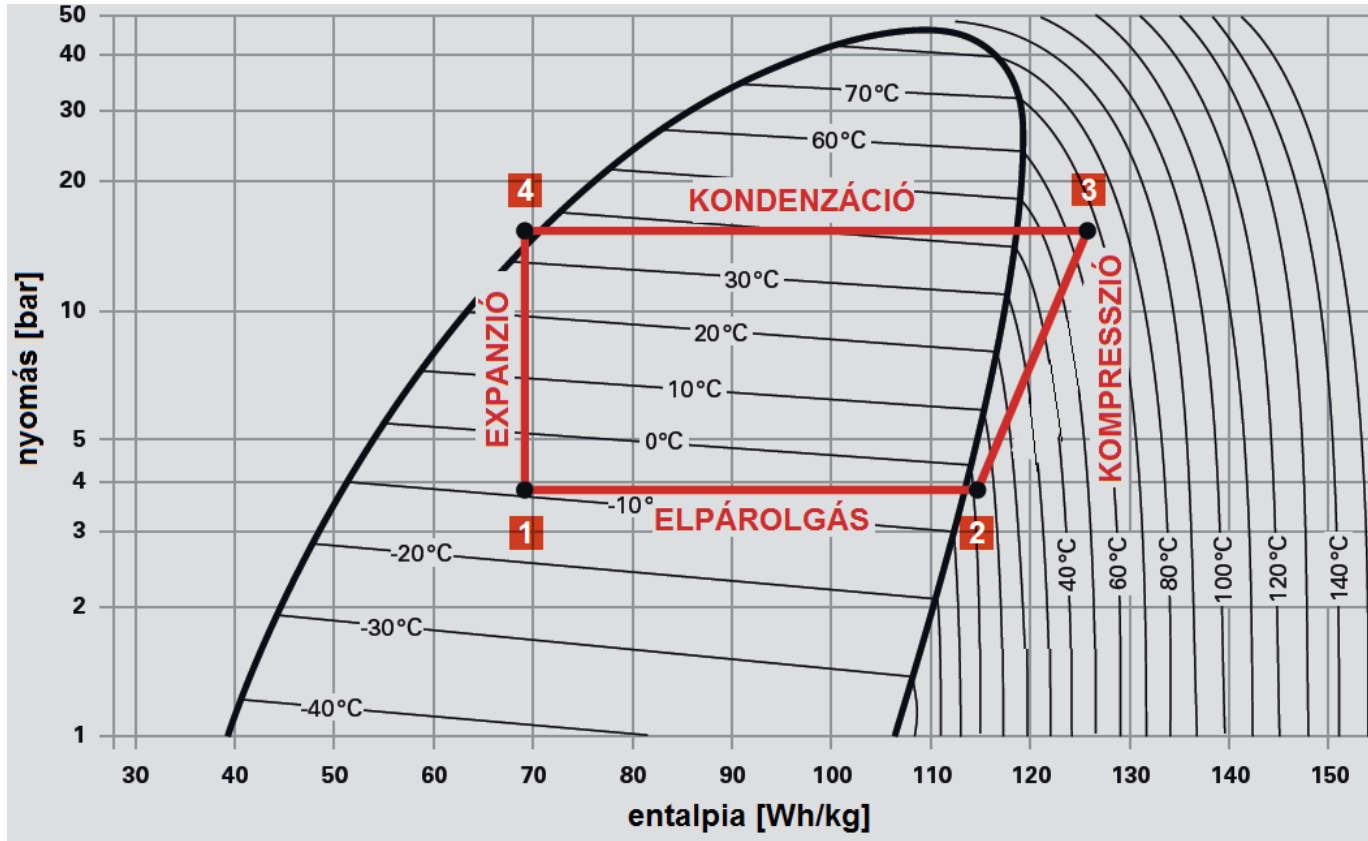


A MŰKÖDÉS FIZIKAI ALAPJAI

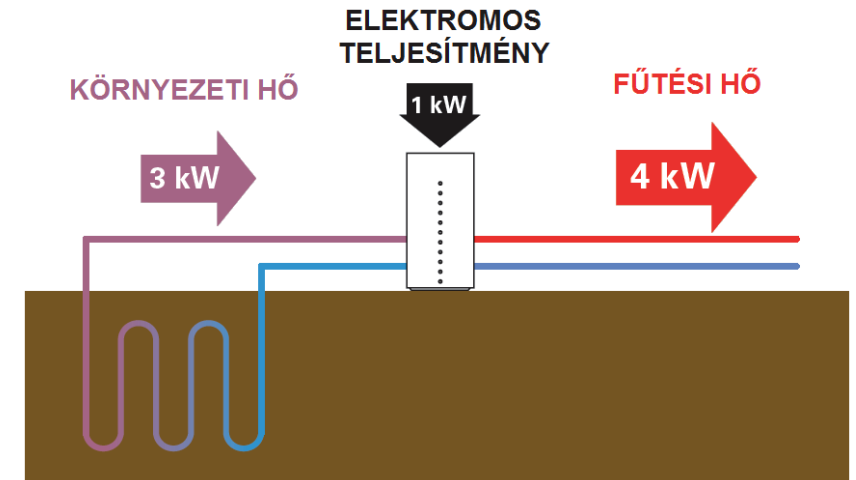


- 1-2: A hűtőközeg elpárolog, melynek során a környezeti energiát felveszi.
- 2-3: A kompresszor a felvett villamos energia segítségével a hűtőközeggőz nyomását és hőmérsékletét megemeli.
- 3-4: A hűtőközeg kondenzálódik, melynek során leadja a felvett környezeti energiát és a bevezetett villamos energiát.
- 4-1: Expanzió során a kezdeti állapotba kerül a hűtőközeg nyomása és hőmérséklete.

A MŰKÖDÉS FIZIKAI ALAPJAI

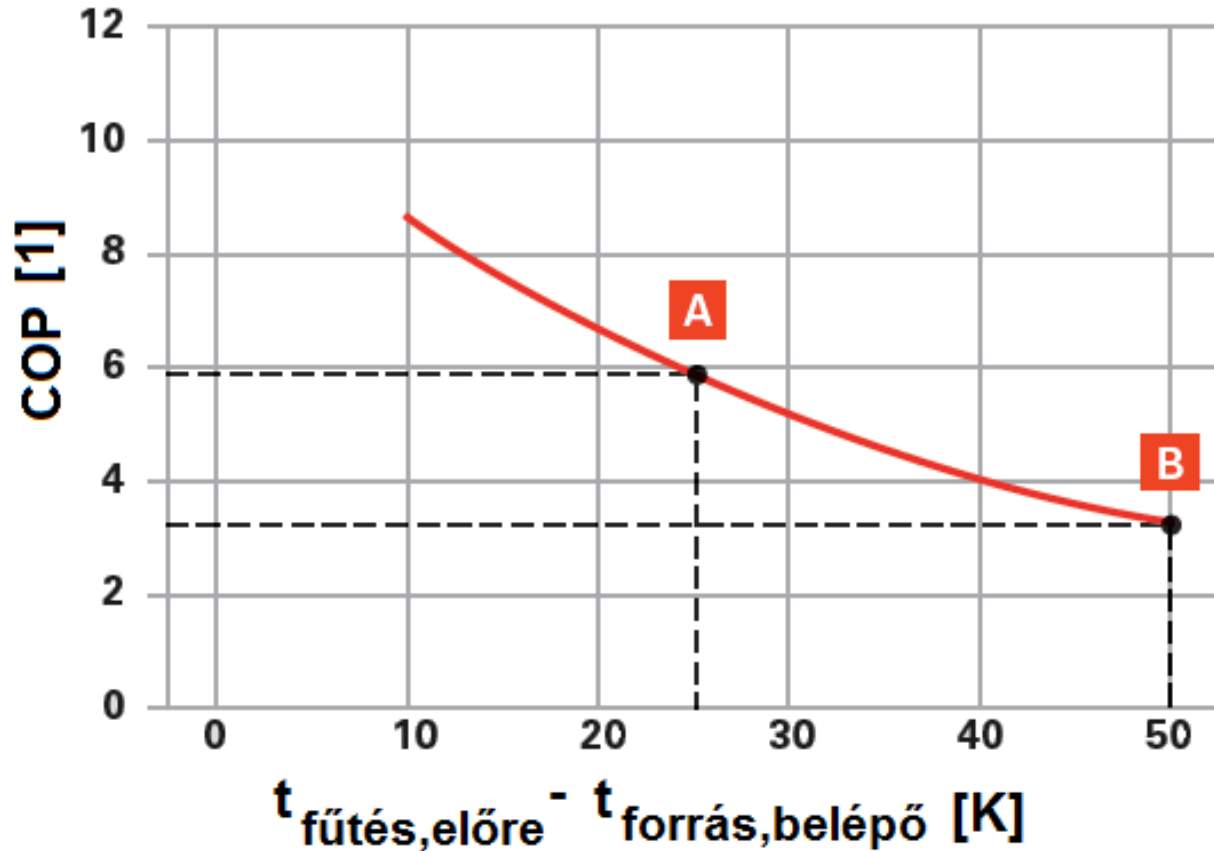


- $COP = \frac{h_3 - h_4}{h_3 - h_2}$
- $H_2 = 114 \text{ Wh/kg}$
- $H_3 = 126 \text{ Wh/kg}$
- $H_4 = 69 \text{ Wh/kg}$
- $COP = \frac{126 - 69}{126 - 114} = 4,75$



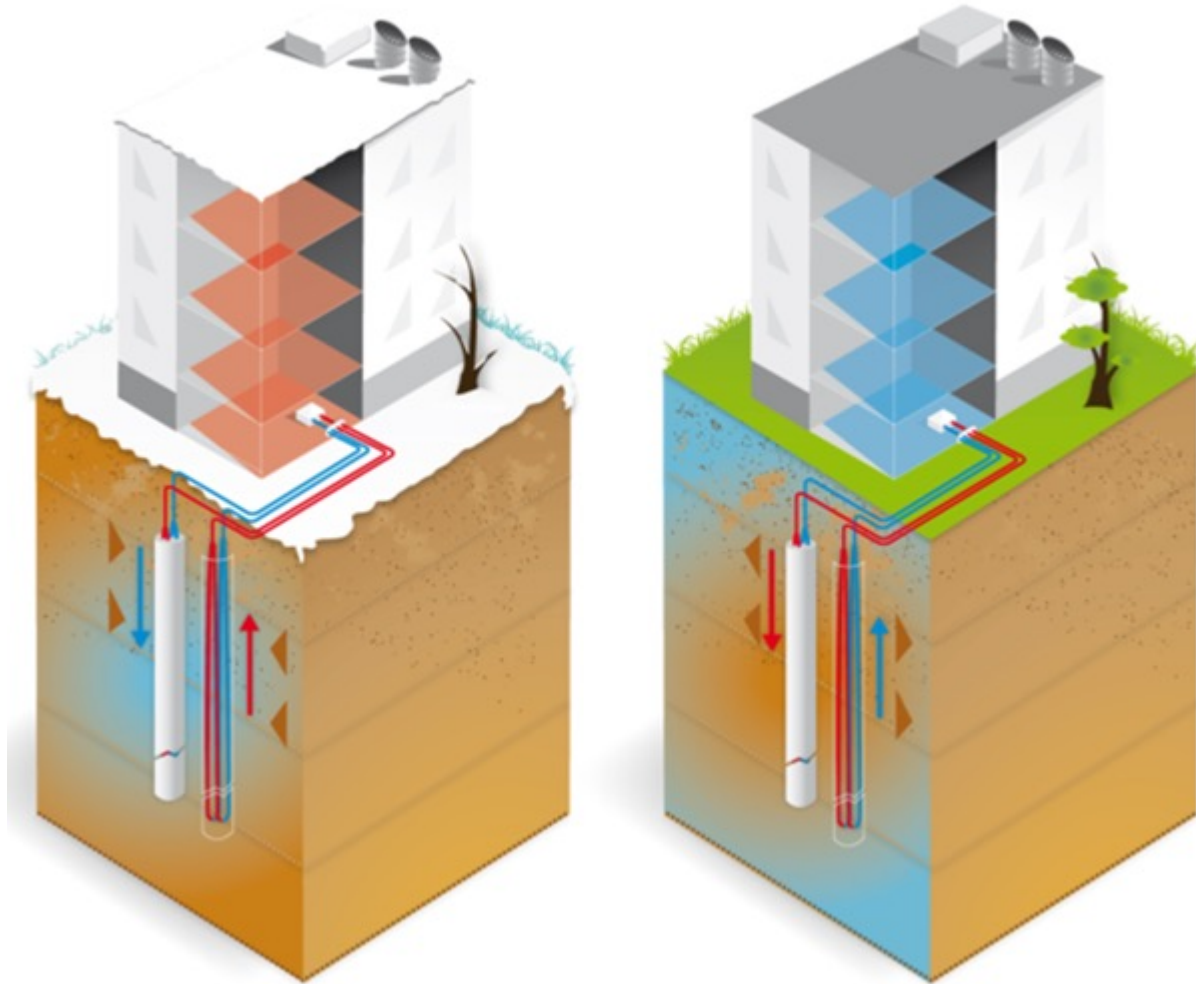
- A hasznos teljesítmény a magas hőmérsékleten, a kondenzáció során leadott hő.
- A felvett elektromos teljesítmény a kompresszió megvalósításához szükséges

A MŰKÖDÉS FIZIKAI ALAPJAI



- Minél kisebb a hőmérsékletkülönbség a fűtési előremenő és a forrásoldali közeg belépő hőmérséklete között, annál nagyobb a COP.
- Ha az előremenő hőmérséklete 1K-nel alacsonyabb, a COP 2,5 %-kal magasabb.
- Ha a forrásoldali közeg hőmérséklete 1K-nel magasabb, a COP 2,7 %-kal magasabb.
- Megbízható, stabil, magas hőmérsékletű hőforrások előnyösek.
- Alacsony hőmérsékletű fűtési rendszerek előnyösek.
- Magas hőmérsékletű hűtési rendszerek előnyösek.

A MŰKÖDÉS FIZIKAI ALAPJAI



- Télen fűtés, nyáron hűtés
- A hőforrás kimerítésének elkerülése
- Hőtároló jelleg a talajban

A TELJESÍTMÉNYTÉNYEZŐ MÉRÉSES MEGHATÁROZÁSA

- DIN EN 14511
- Meghatározza a szabványos körülményeket a hőszivattyúk COP értékének méréses meghatározásához.
- Stacioner mérési pontok kialakítása, amelyek készülékek összehasonlíthatóságának alapját képezik, illetve a tervezés során kiindulási értékek vehetők.
- Hőforrások:
 - Külső levegő, szellőztetés kidobott levegője (A: air)
 - Felszíni vagy talajvíz (W: water)
 - Talajhő (B: brine)

A TELJESÍTMÉNYTÉNYEZŐ MÉRÉSES MEGHATÁROZÁSA

- Névleges működési hőmérsékleteket határoz meg mind a hőforrásra, mind a fűtési előremenőre.
- Fűtési előremenő:
 - Alacsony hőmérséklet: 35°C: W35
 - Közepes hőmérséklet: 45°C: W45
 - Magas hőmérséklet: 55°C: W55
 - Nagyon magas hőmérséklet: 65°C: W65

A TELJESÍTMÉNYTÉNYEZŐ MÉRÉSES MEGHATÁROZÁSA

- Levegő:
 - -15°C : A-15
 - -7°C : A-7
 - 2°C : A2
 - 7°C : A7
 - 12°C : A12
- Kidobott levegő:
 - 20°C : W20
- Talajhő:
 - -5°C : B-5
 - 0°C : B0
 - 5°C : B5
- Víz:
 - 10°C : W10
 - 15°C : W15

A HŐSZIVATTYÚK FŐBB ALKOTÓELEMEI

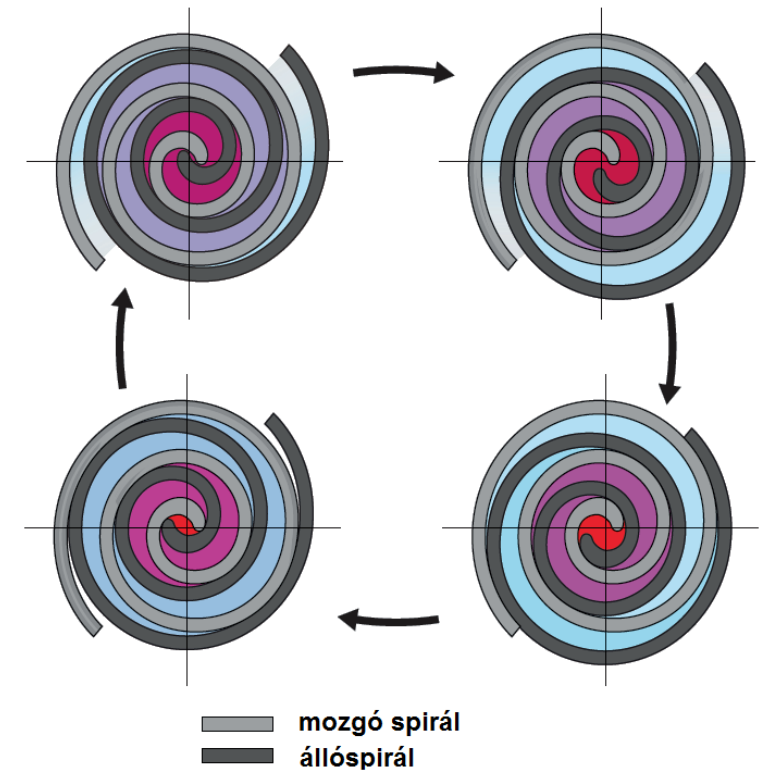
A KOMPRESSZOR

- Gázok összenyomására tervezték, folyadékfázis bekerülése meghibásodáshoz vezet.
- A gőzt enyhén túlhevítik, mielőtt a kompresszorba érkezik. A túlhevítés mértékét az expanziós szeleppel szabályozzák.
- Scroll-kompresszor (alacsony-közepes teljesítményeknél)
- Dugattyús kompresszor (alacsony teljesítményeknél)
- Csavarkompresszor (magas teljesítményeknél)

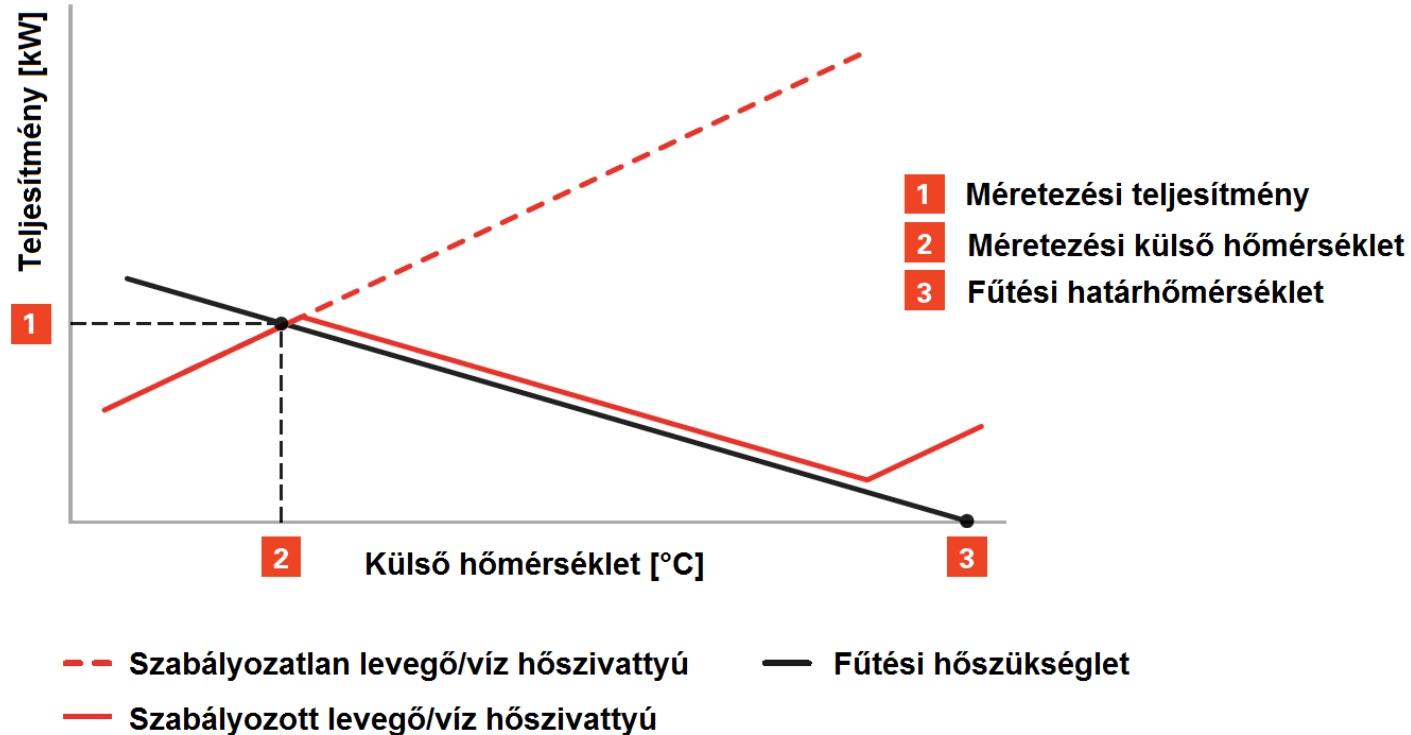
A KOMPRESSZOR

Scroll kompresszor

- Két egymásba csavarodó spirálblokk
- A mozgósírál excentrikus mozgása során a következő folyamatok egyidejűleg mennek végbe:
 - Beszívás (kék)
 - Komprimálás (lila)
 - Kiengedés (piros)
- Csöndes
- alacsony rezgés kibocsátású,
- karbantartásmentes,
- hosszú élettartamú

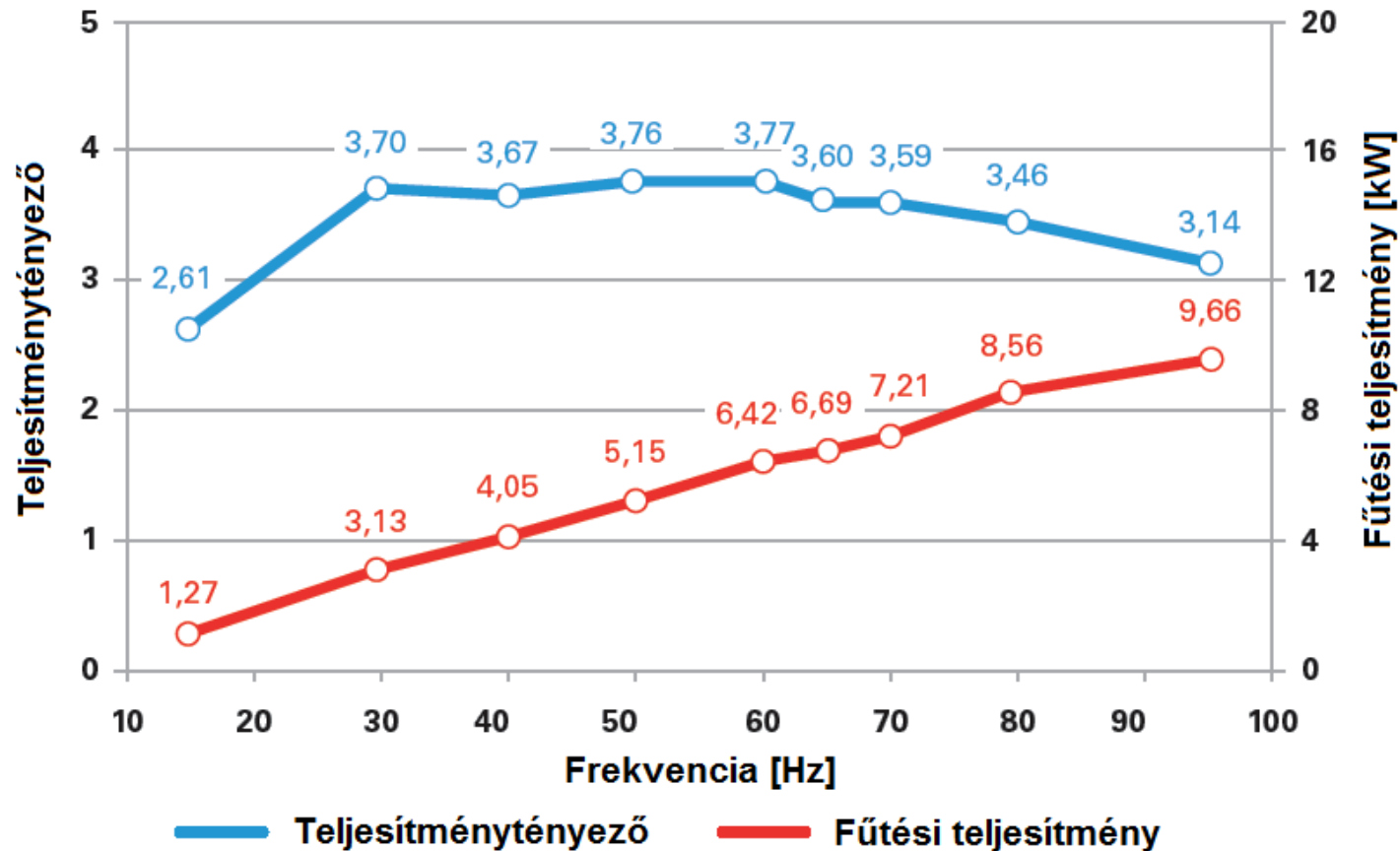


A KOMPRESSZOR TELJESÍTMÉNYSZABÁLYOZÁSA



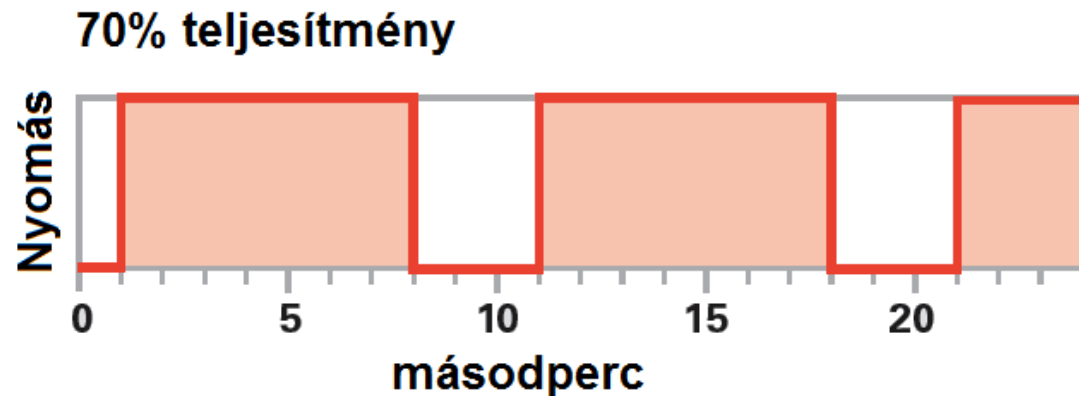
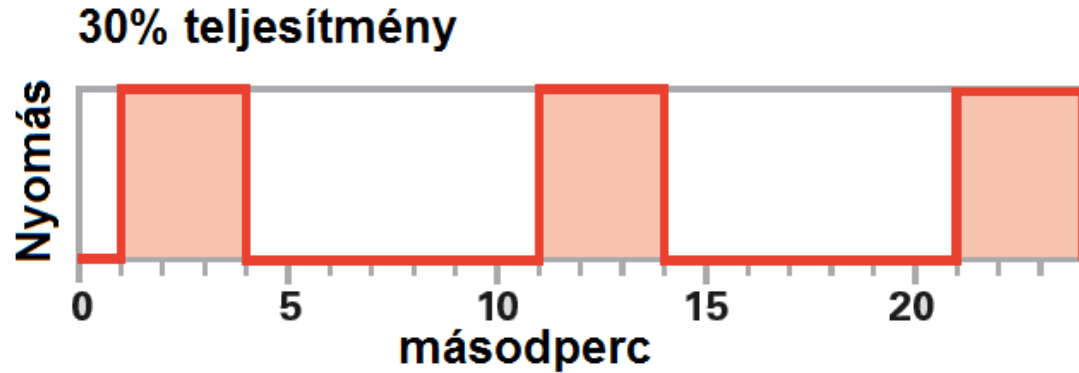
- Kifejezetten fontos **levegő/víz** hőszivattyúknál, amelyek esetében a **hőforrás hőmérséklete** az év során a legnagyobb mértékben változik.
- Emellett a hőigény és a hőforrás rendelkezésre állása között fordított tendencia mutatkozik.
 - $T_{\text{külső}} \downarrow$, hőigény $\uparrow$, hőforrás $\downarrow$, előremenő $\uparrow$, teljesítmény $\downarrow$
- Kompresszor teljesítményszabályozása:
 - A hűtőközeg nyomásának és hőmérsékletének szabályozása
 - Enyhülő idő esetén a ki- és bekapcsolgatások számának csökkentése

A KOMPRESSZOR INVERTERES TELJESÍTMÉNYSZABÁLYOZÁSA



- A hálózati feszültséget (pl. 230 V ~) egyenárammá alakítják át.
- Frekvenciától függően változik a kompresszorfordulatszám, így a hőszivattyú teljesítménye is.
- Elsősorban részterhelés esetén nagyon hatékony.
- Növekvő fordulatszám mellett a fűtési teljesítmény nő

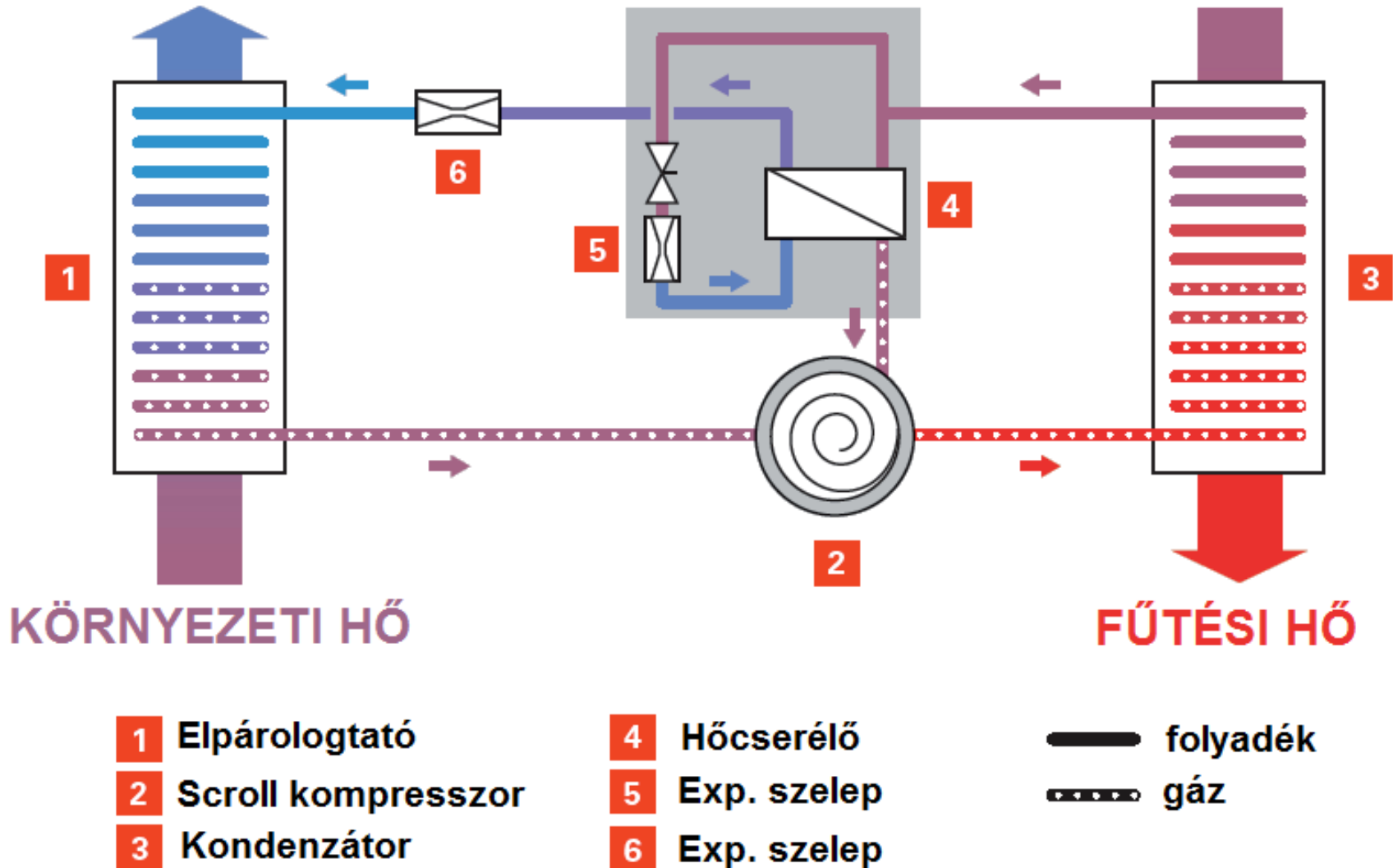
A KOMPRESSZOR TEHERMENTESÍTÉSES TELJESÍTMÉNYSZABÁLYOZÁSA



Komprimálás Tehermentesítés

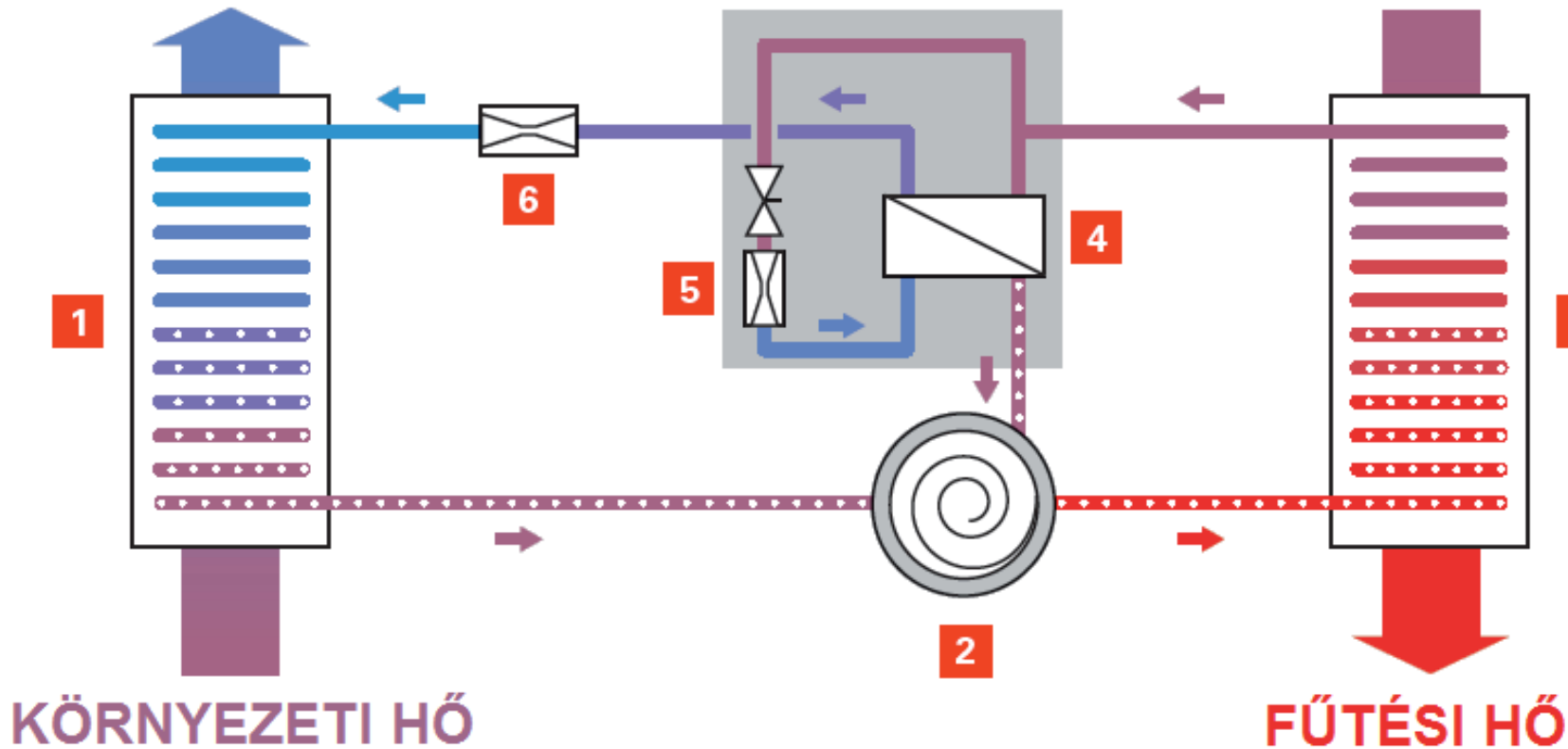
- Tehermentesítő szelep a kompresszorban.
- Ha a mágneses szelep nyit, a kompresszor nyomásmentesen fut.
- Ilyenkor szünetel a fűtési teljesítmény.
- Az időszakok megosztása alapján a teljesítmény 30-100% között szabályozható.

A KOMPRESSZOR TELJESÍTMÉNYSZABÁLYOZÁSA GŐZ BEFECSKENDÉZÉSSEL (EVI)



- Enhanced Vapour Injection (EVI)
- Magasabb előremenő hőmérsékleteket lehet elérni alacsonyabb forráshőmérséklet mellett télen.
- Hűtőközeg 10-20%-át elgőzöltetjük és visszavezetjük a kompresszorba.

A KOMPRESSZOR TELJESÍTMÉNYSZABÁLYOZÁSA GŐZ BEFECSKENDÉZÉSSEL



- 1 Elpárologtató
- 2 Scroll kompresszor
- 3 Kondenzátor

- 4 Hőcserélő
- 5 Exp. szelep
- 6 Exp. szelep

— folyadék
- - - - - gáz

- A primer (hőforrás) és a szekunder (fűtőkör) oldal közötti hőmérsékletkülönbség növelésére.
- A hűtőközeg egy részéből a kondenzáció után egy további hőcserélő és expanziós szelep segítségével gőzt fejlesztenek, amit ismét a kompresszorba fecskendeznek be.
- Ez a kompresszió kb. 2/3-ánál történik meg.
- Ez a befecskendezés hűti az eddig komprimált hűtőközeg gőzt.

A KOMPRESSZOR TELJESÍTMÉNYSZABÁLYOZÁSA GŐZ BEFECSKENDEZÉSSEL (EVI)

- Magas kompresszorterhelés mellett (alacsony forrásoldali hőmérséklet, magas előremenő) hűti a kompresszort, amelynek emelkedik a teljesítménye.
- A hőszivattyús technikában alkalmazott hűtőközegek max. megengedett hőmérséklete kb. 135°C. Magasabb értékek károsítanak a kompresszort.
- A gőzbefecskendezés hűti a hűtőközeggőzt, így az elpárolgás és a kondenzáció közötti hőmérsékletkülönbség max. 60 K-ról max. 80 K-ra növelhető.
- Ez kifejezetten a levegő-víz hőszivattyúknál fontos, ahol jelentős a primer és a szekunder oldal közötti hőmérsékletkülönbség.
- Téli fűtés, HMV termelésnél előnyös.
- Több hűtőközeg a kompresszorban, emelkedik a teljesítményfelvétele (emelkedik a hűtőközeg tömegáram és a nyomás)

A KOMPRESSZOR TELJESÍTMÉNYSZABÁLYOZÁSA GŐZ BEFECSKENDÉZÉSEL

- **EVI nélkül:**

$$T_k = -10^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{előre}} = 55^\circ\text{C}$$

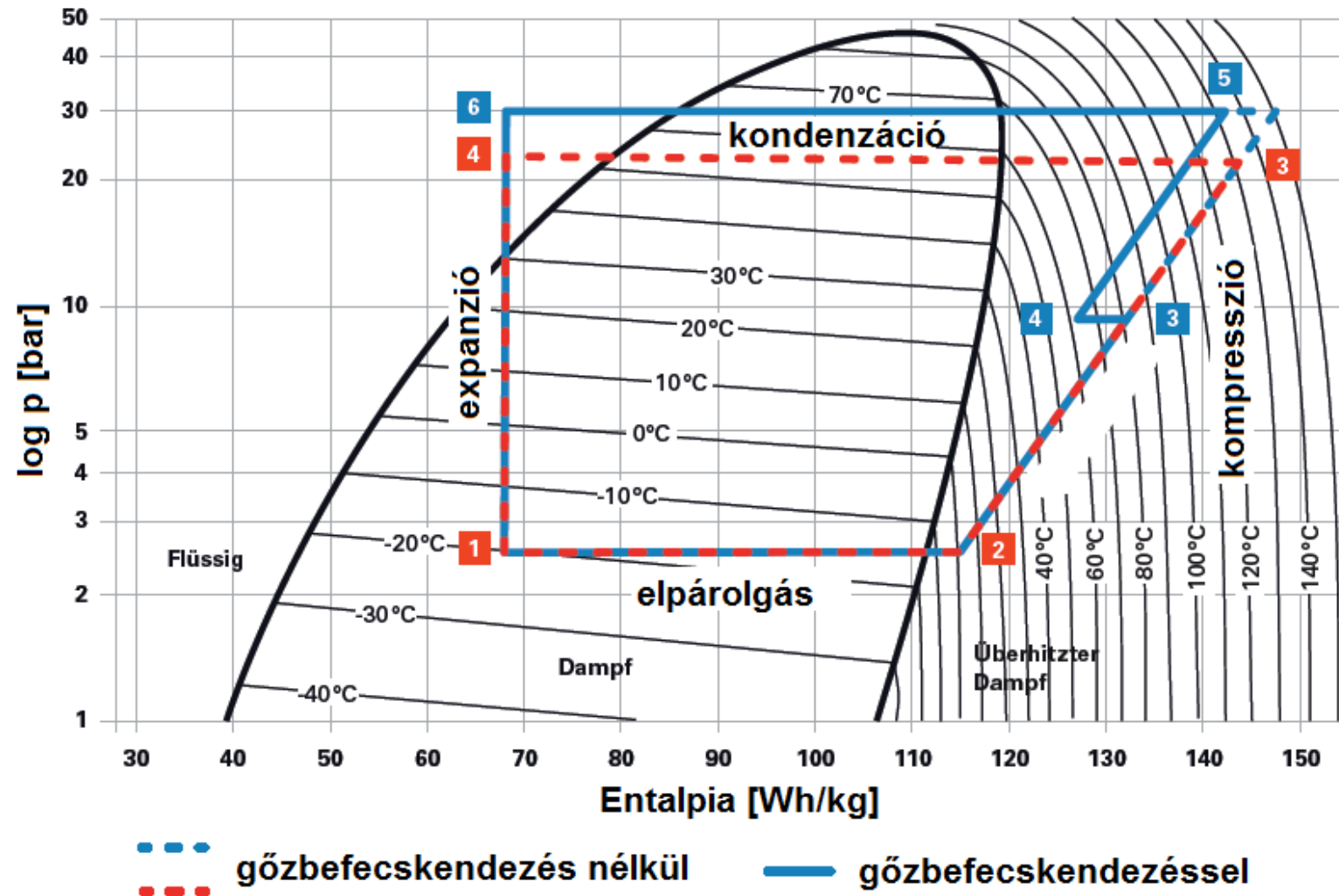
Mert

$$T_{\text{komp,m}} = 135^\circ\text{C}$$

- **EVI-vel:**

$$T_k = -10^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{előre}} = 65^\circ\text{C}$$



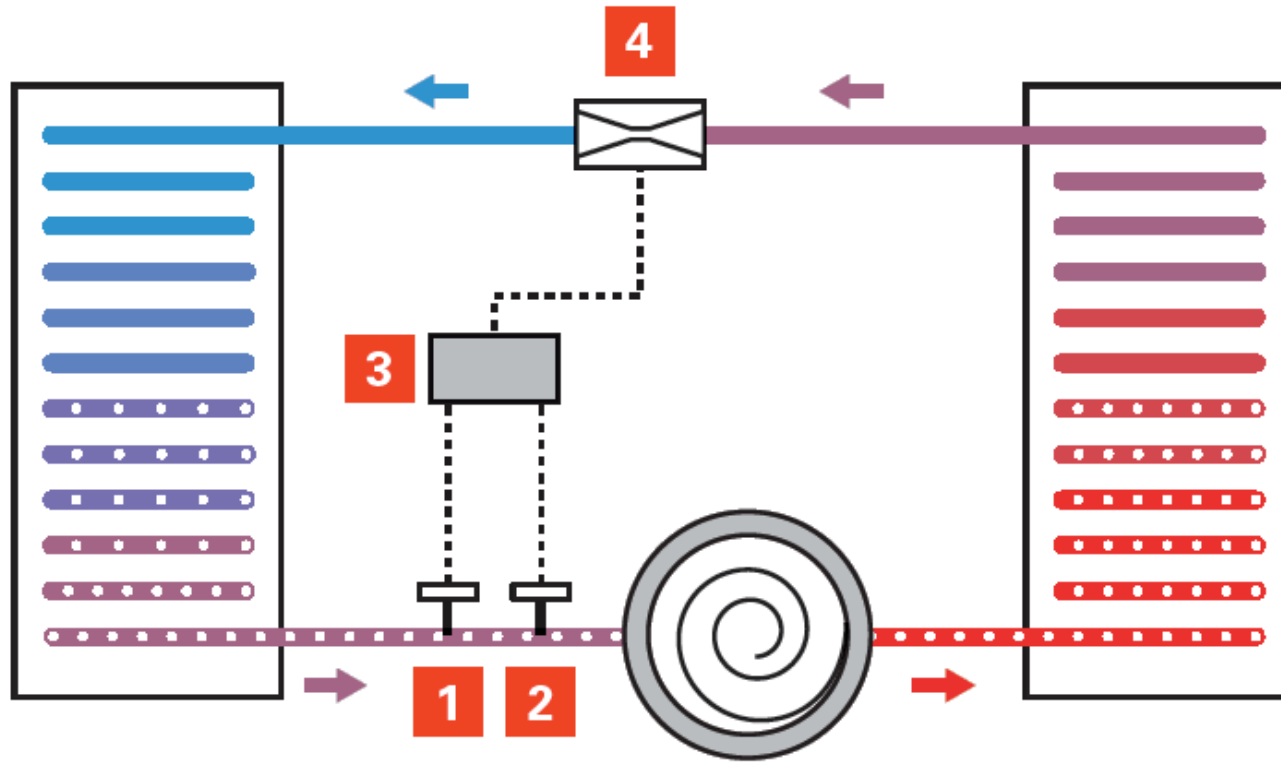
GEO és „H” TARIFA A VILLAMOSENERGIA ELSZÁMOLÁSÁRA

- Kedvezményes tarifacsomagok hőszivattyús rendszerek villamosenergia-ellátására.
- Áramszolgáltatótól függ, hogy GEO és „H” tarifa közül választhatunk vagy csak „H” tarifát igényelhetünk.
- GEO tarifára hőszivattyús berendezést köthetünk
- „H” tartifára egyéb megújuló energiaforrást hasznosító berendezés villamosenergia ellátását is rá lehet kötni, fix bekötéssel.
- Elektromos rásegítő fűtés is megkaphatja a kedvezményes tarifát.
 - Kb. -6...-8°C alatt rásegít a hőszivattyú üzemére.
- GEO tarifát napi 2×2 órára szüneteltetik (8:00-10:00, valamint 16:00-18:00 között)
 - Milyen fűtési rendszer viseli el? Felületfűtés igen, a nagy hőtároló tömeg miatt.
 - Szigeteletlen ház vagy radiátoros, fan coils rendszer esetén célszerű „H” tarifát igényelni.
 - A hőszivattyú kialakítása elviseli a tervezett üzemszüneteket? Fagyveszély?
- Szükség esetén GEO tarifáról át lehet állni átalakítás nélkül „H” tarifára.

AZ EXPANZIÓS SZELEP

- Feladata a folyadékfázisú hűtőközeg nyomásának csökkentése, miután az a hőt a fűtési rendszernek átadta.
- A hűtőközeg ezután újból készen áll környezeti energiát felvenni.
- Az expanziós szelep feladata az elpárologtatóban szabályozni a hűtőközeg tömegáramát úgy, hogy a kompresszorba ne kerülhessen folyadékfázisú hűtőközeg.
- A forrásoldal hőmérsékletének folyamatos változása szükségessé teszi az szabályozott expanziós szelepek alkalmazását.

AZ ELEKTRONIKUS EXPANZIÓS SZELEP



1 Hőmérsékletérzékelő

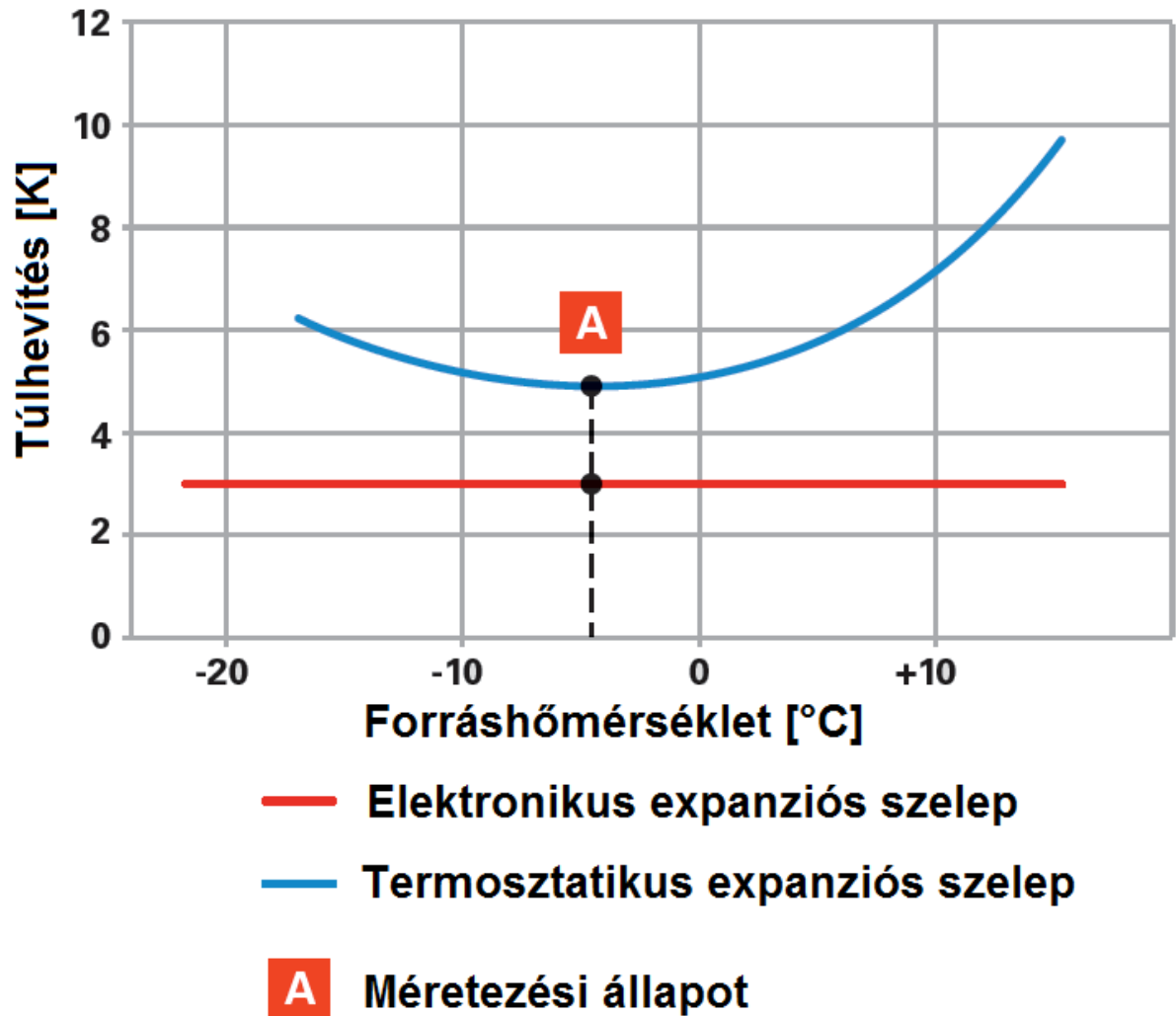
2 Nyomásérzékelő

3 Szabályozó

4 Expanziós szelep

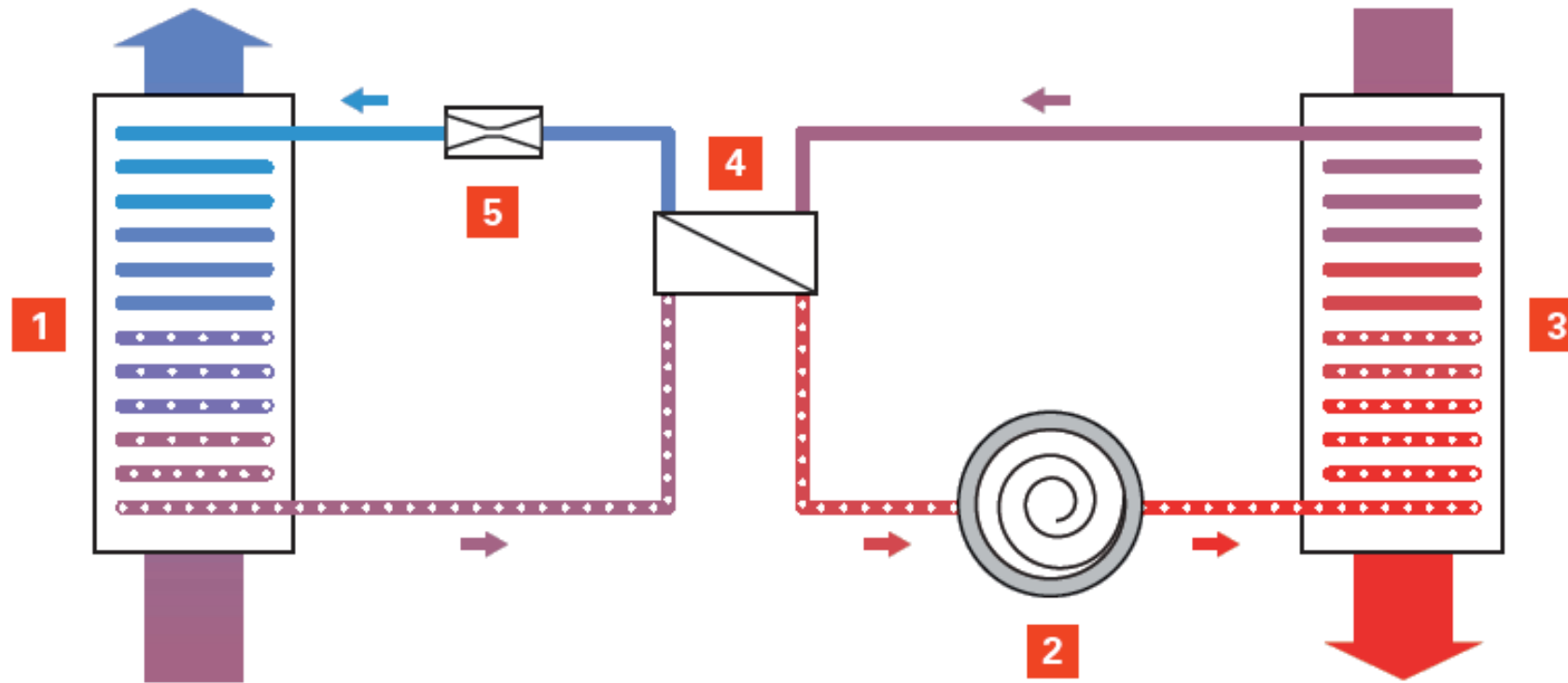
- Mind a hőmérsékletet, mind a nyomást méri a kompresszor előtt.
- Egy elektromos szabályozó segítségével a túlhevítés a kompresszor egész teljesítménytartományában konstans értéken tartható.
- A szelepből egy elektromos motor gyorsan képes változtatni a kiadott közeg mennyiségét.

AZ EXPANZIÓS SZELEP



- A termosztatikus expansziós szelepek csak a méretezési állapotban produkálják a minimálisan szükséges túlhevítést, minden attól eltérő állapotban a túlhevítés mértéke nagyobb.
- Minél nagyobb a hűtőközeg túlhevítése, annál kisebb viszont a maximálisan elérhető hőmérséklet a kondenzátoron.
- Elektronikus expansziós szeleppel a kiadható előremenő hőmérséklet maximalizálható.

AZ EXPANZIÓS SZELEP



- 1** Elpárologtató
- 2** Kompresszor
- 3** Kondenzátor
- 4** Hőcserélő
- 5** Expánziós szelep

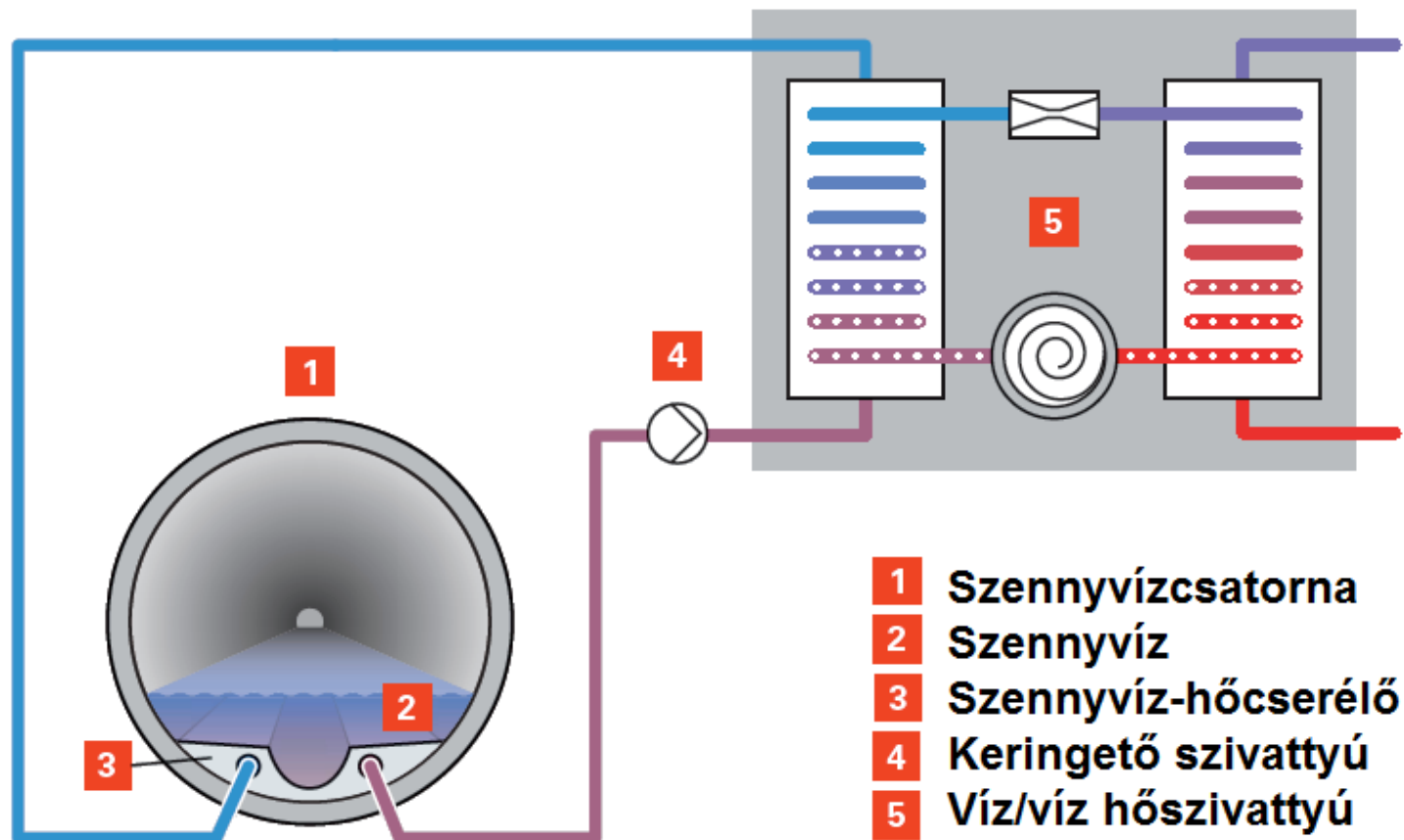
— folyadék
... gáz

Többalkotós
hűtőközegeknél az összes
komponens tökéletes
elpárolgása biztosítható
egy a kompresszor elé
illesztett hőcserélővel.

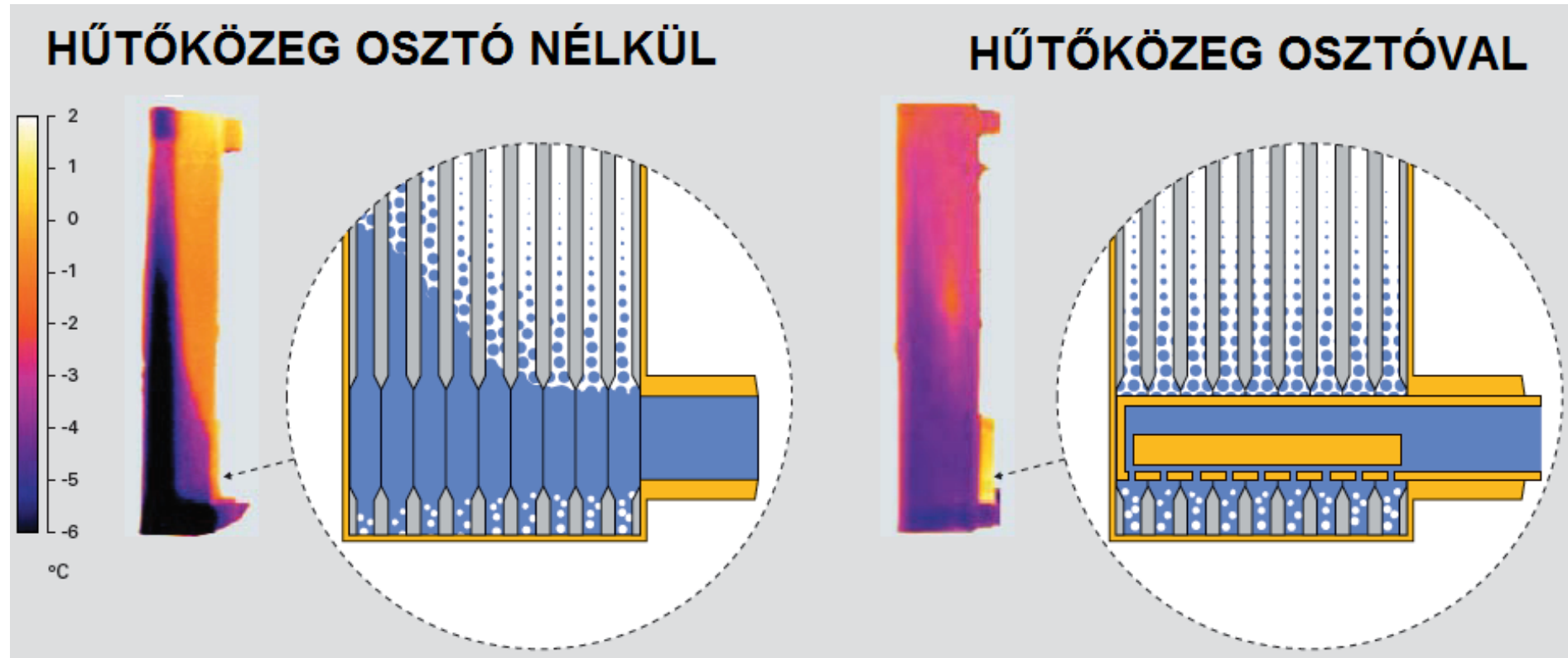
AZ ELPÁROLOGTATÓ

- Talajhő és víz/víz hőszivattyúknál lemezes hőcserélő.
- Kompakt felépítés, magas hőátadó teljesítmény.
- Szennyezett vízű forrásközeg esetén koaxiális hőcserélő.
- Hulladékhő, mint pl. szennyvíz hőjének hasznosítása esetén különleges konstrukciók.

AZ ELPÁROLOGTATÓ



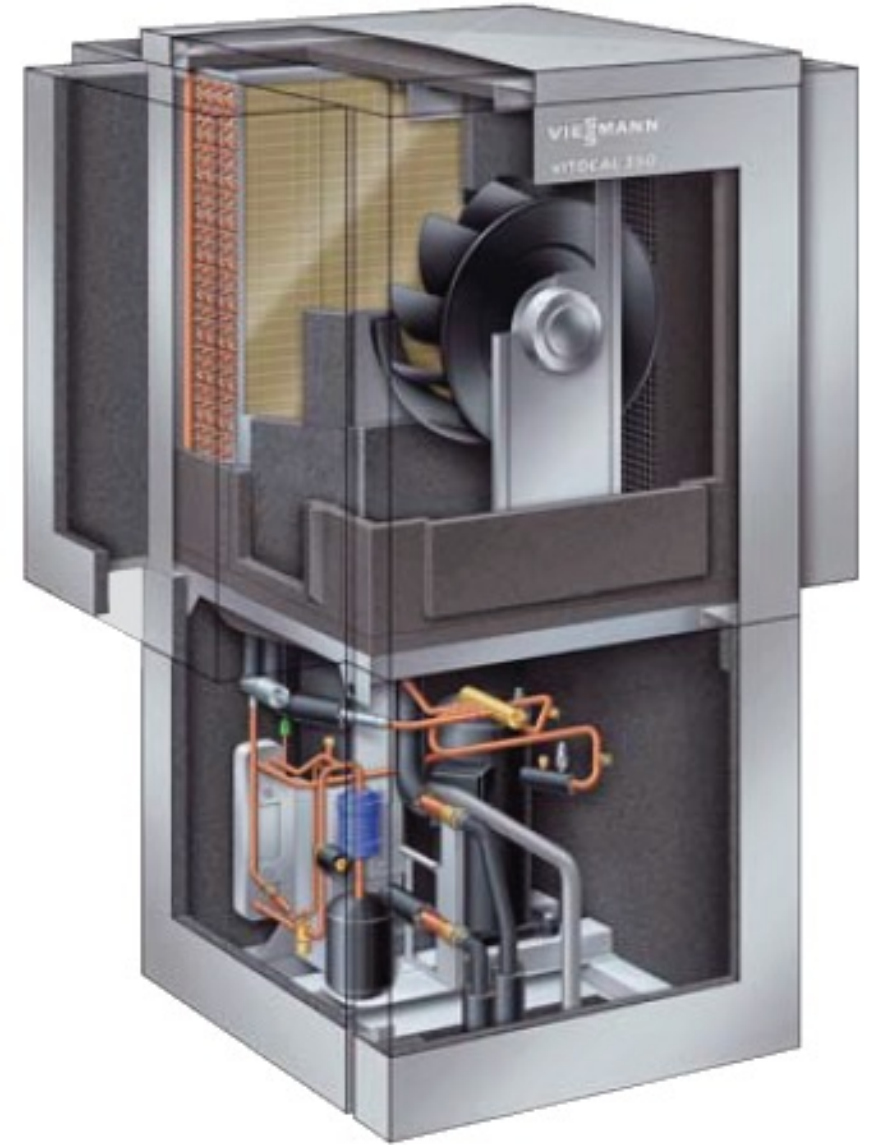
AZ ELPÁROLOGTATÓ



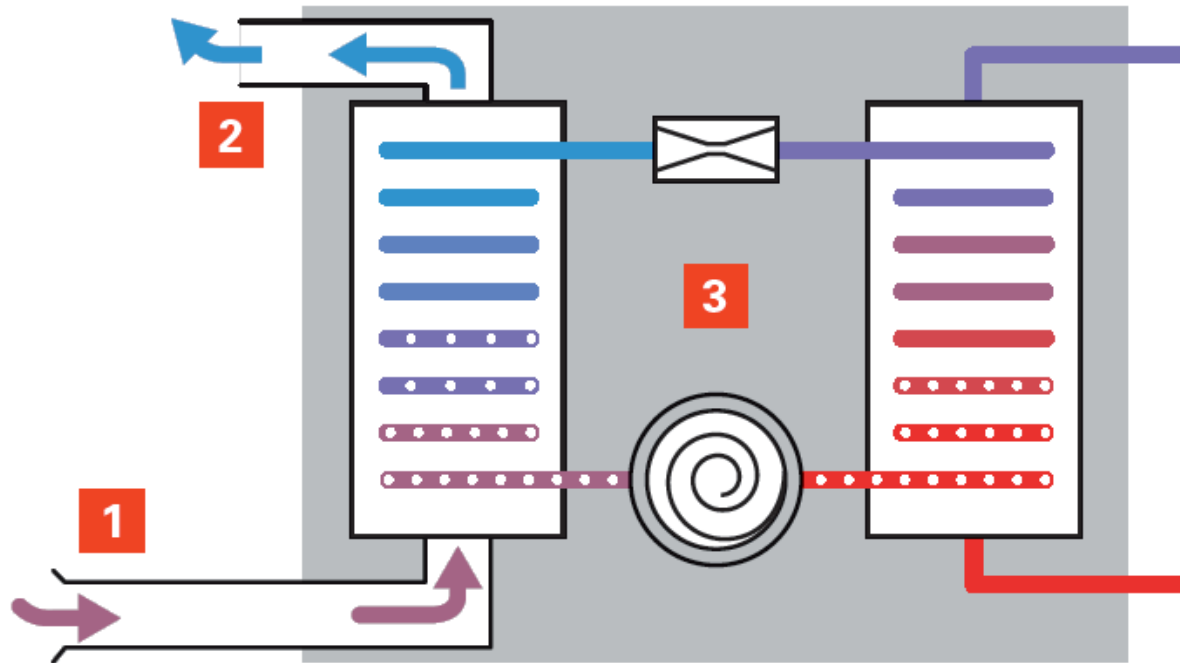
- A hűtőközeg egyenletes elosztása a hőcserélőben.
- A hőátadó felület optimális kihasználása.

AZ ELPÁROLOGTATÓ

- Levegő/víz hőszivattyúknak lamellás hőcserélők.
- Primer oldalon nagy felület, mivel a levegő hőkapacitása alacsony.
- Fagyponthoz közelében a levegő nedveségtartalma a lamellákra fagy. Szélesebb lamellaközi távolsággal ez csökkenthető, de meg teljesen meg nem akadályozható.
- Hőszivattyú kültéri egységének automatikus leolvasztása.



AZ ELPÁROLOGTATÓ



- 1** Beszívott levegő
- 2** Kifújt levegő
- 3** Levegő/víz hőszivattyú

- Levegő/víz hőszivattyú esetében kb 3000-4500 m³/h levegő térfogatáram áramlik át az elpárologtató levegőoldalán.
- Zajterhelés.

AZ ELPÁROLOGTATÓ

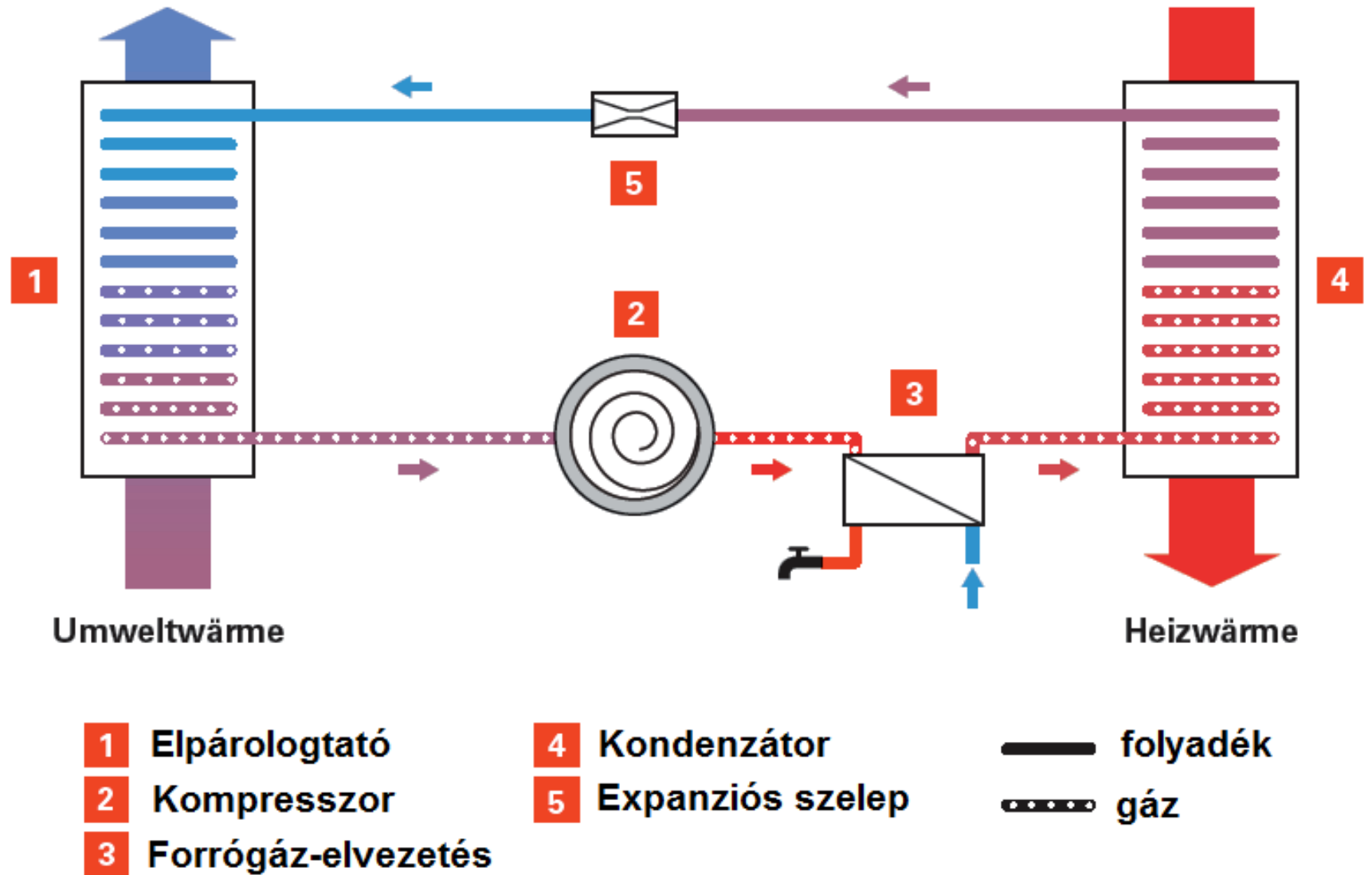


A forrásoldal hőmérsékletének növelése

- Átlátszó burkolat nélküli abszorber
- A primer oldal hőmérsékletének növelése napenergiával.
- Erősen időjárásfüggővé teszi a teljesítményt.

AZ KONDENZÁTOR

- Forrógáz-elvezetés



A HŰTŐKÖZEG

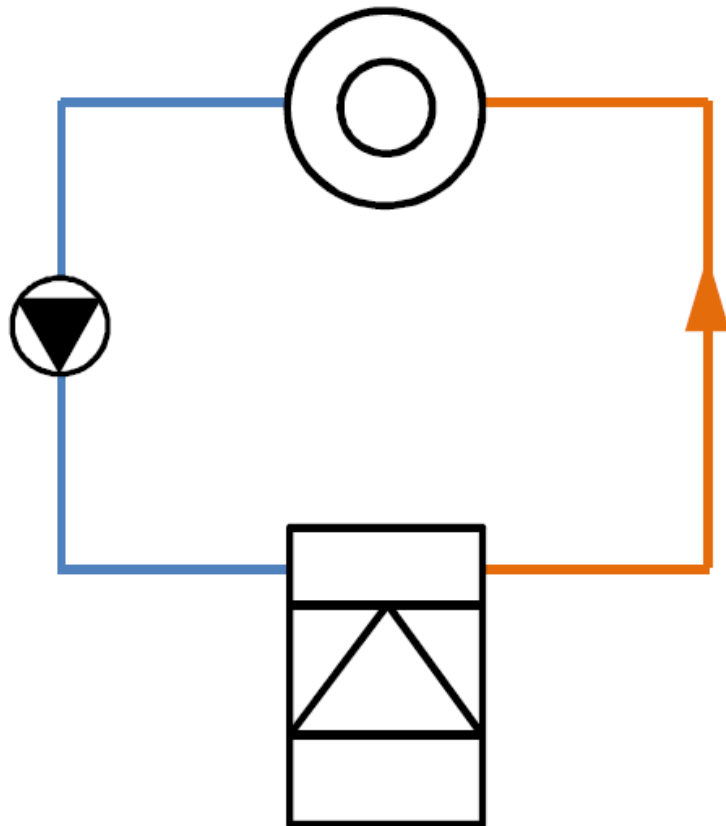
Követelmények

- Lehetőleg alacsony forrponja legyen.
- Kicsi fajlagos gőztérfogat.
- Magas fajlagos hőkapacitás.
- Nem támadhatja meg a hőszivattyú részegységeit és az alkalmazott kenőanyagokat.
- Ne legyen mérgező.
- Ne legyen gyúlékony és robbanásveszélyes.

AZ ÉPÜLETFŰTÉS ÜZEMMÓDJAI

MONOVALENS ÜZEMMÓD

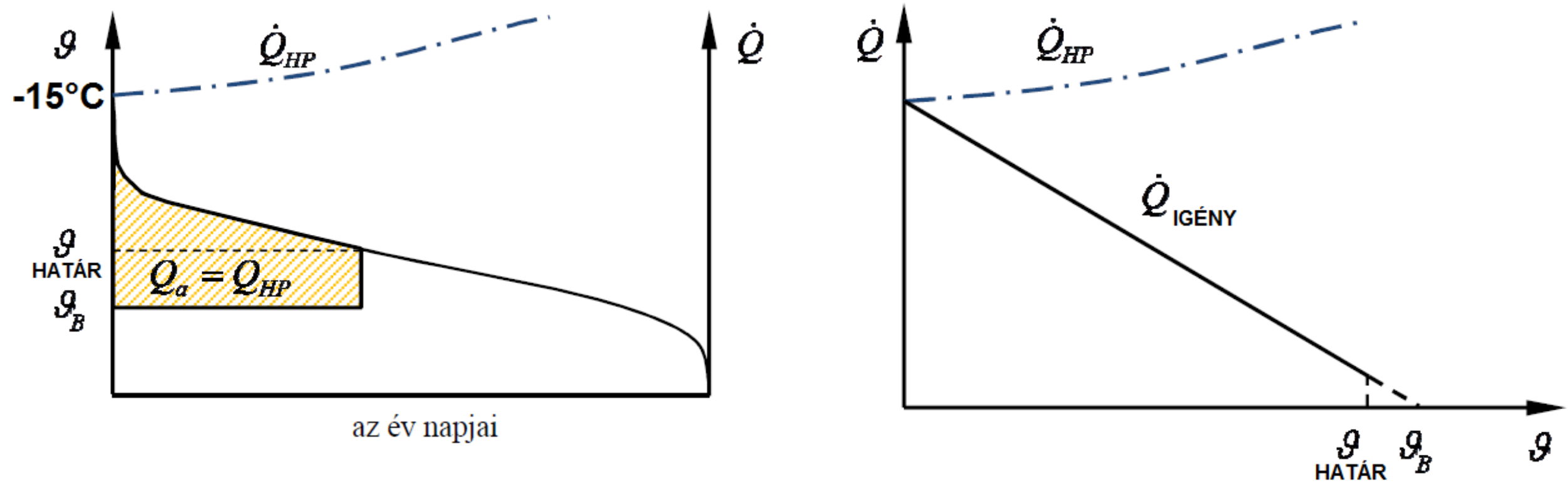
ALACSONY HŐM. FŰTÉSI KÖR



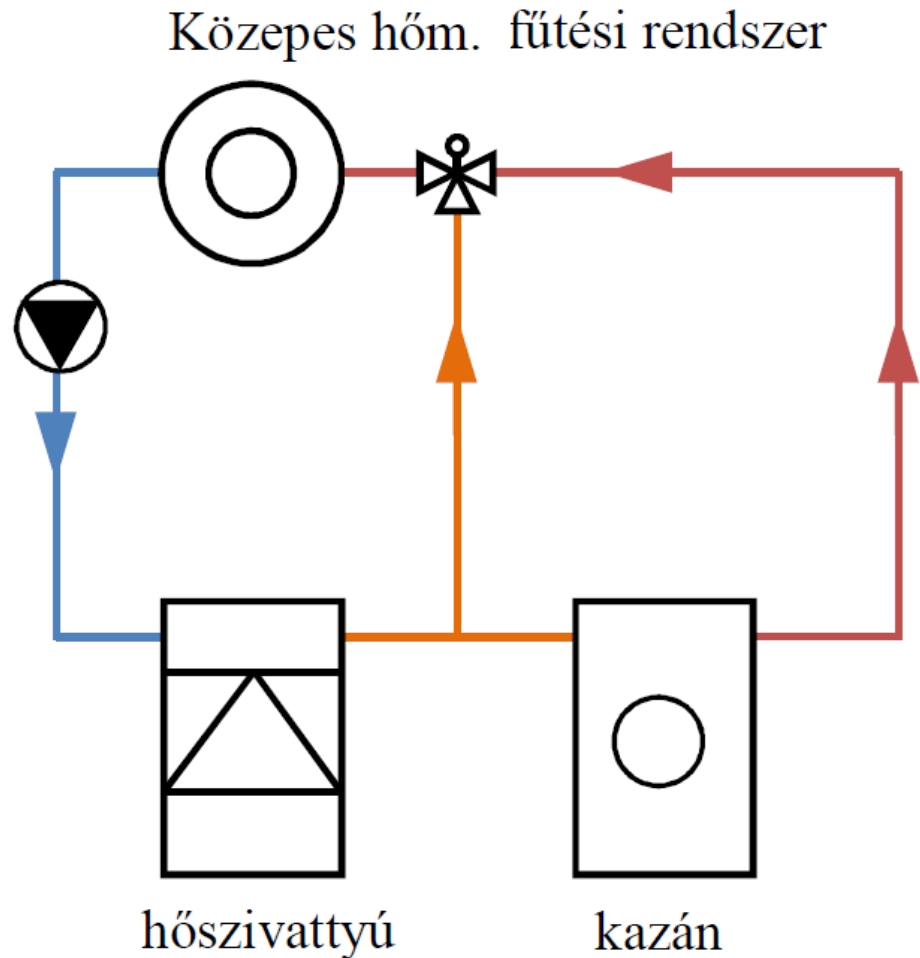
HŐSZIVATTYÚ

- A fűtési hőigényt kizárólag a hőszivattyú működésével biztosítják.
- A hőellátó rendszer hőmérsékletviszonyait úgy kell megtervezni, hogy a hőszivattyú egyedül biztosítani tudja a hőigényt.
- Felületfűtés
- Hőszivattyú inverteres szabályozása: ahogy emelkedik a külső hőmérséklet, a hőszivattyú teljesítménye csökkenjen

MONOVALENS ÜZEMMÓD

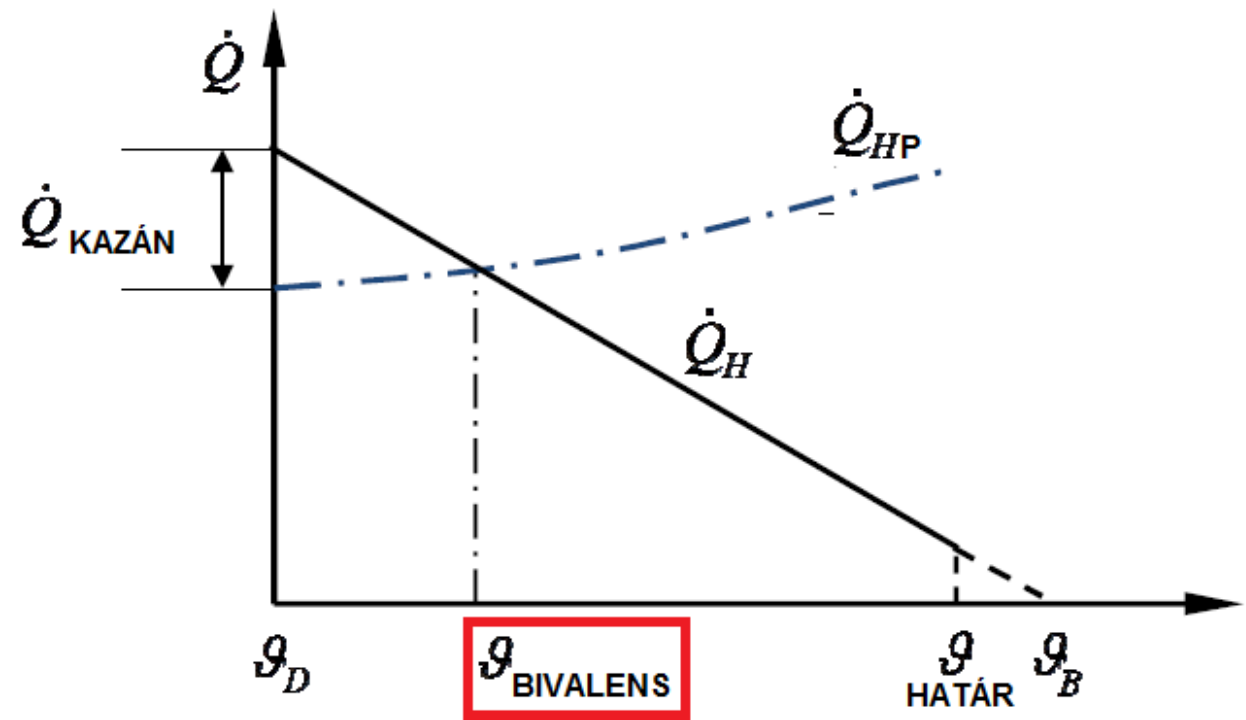
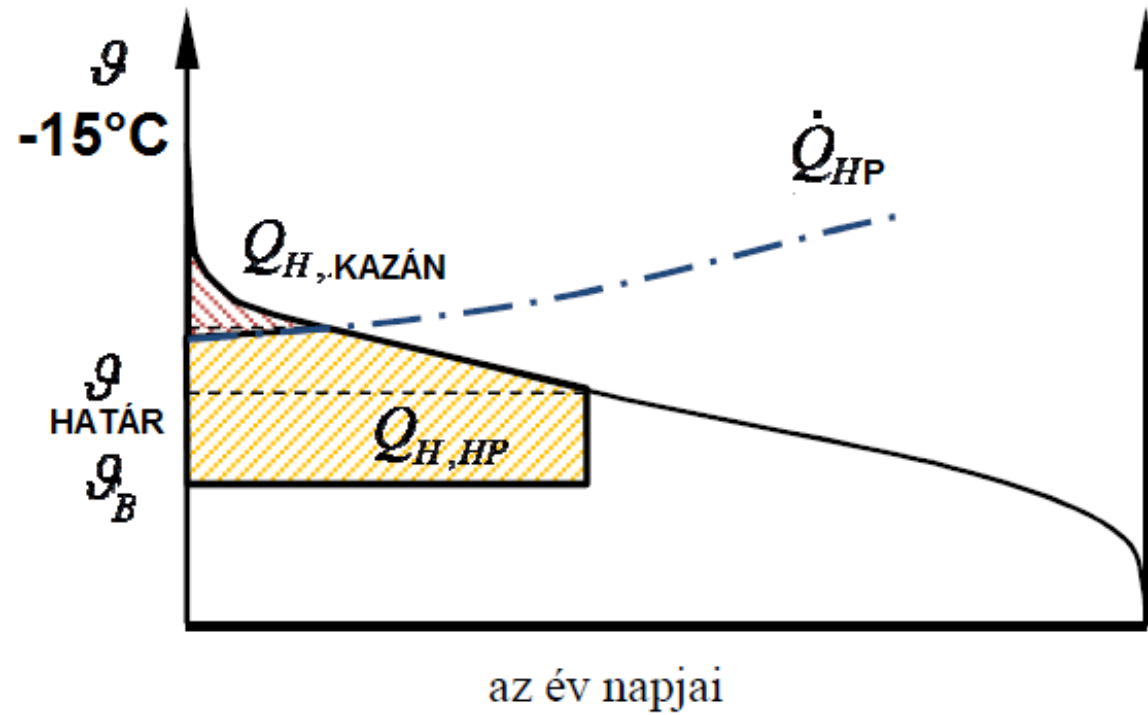


BIVALENS, PÁRHUZAMOS ÜZEMMÓD



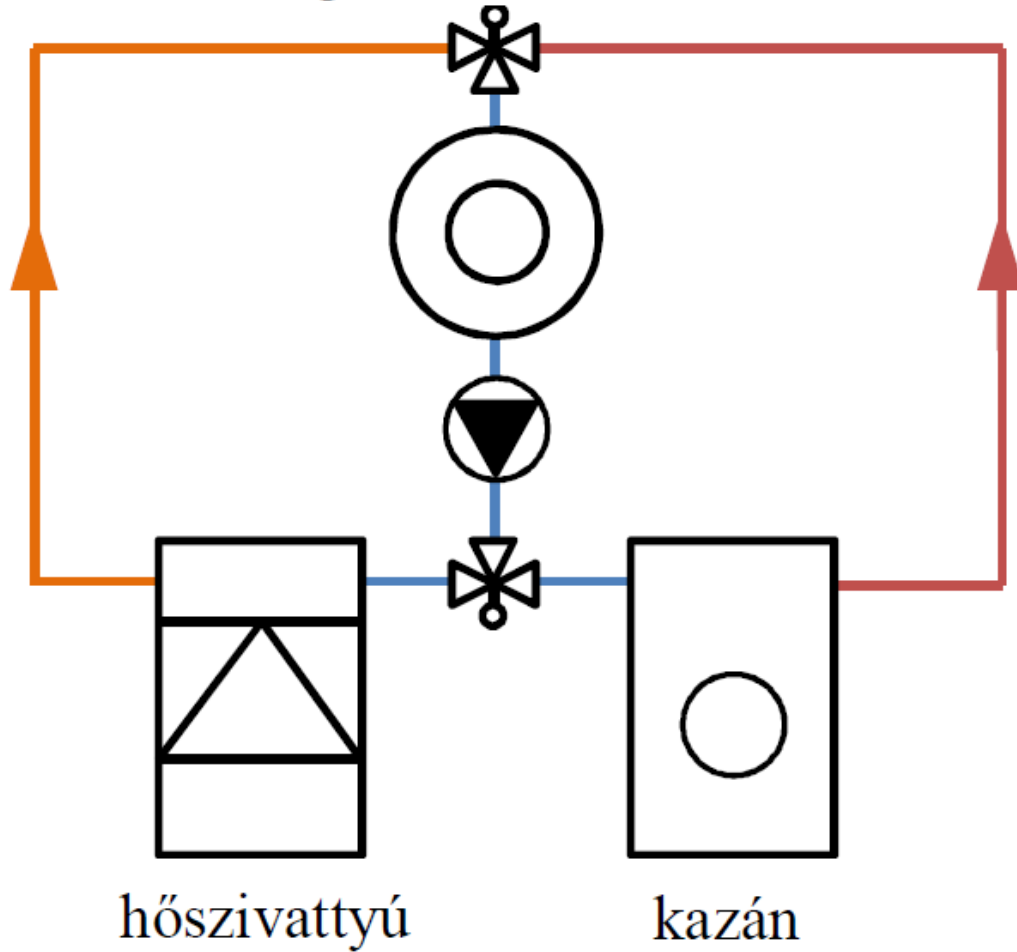
- Kazán és hőszivattyú együttes üzeme
- Közepes hőmérsékletű fűtési rendszerek (80°C-ig), pl. radiátoros fűtés
- Alacsonyabb külső hőmérséklet esetén is bekapcsolva marad a hőszivattyú
- A kazán fedezi a szükséges kiegészítő teljesítményt
- Méretezési hőigényt fedezze a hőszivattyú + a kazán telj.
- Kisebb csúcskazán elegendő

BIVALENS, PÁRHUZAMOS ÜZEMMÓD



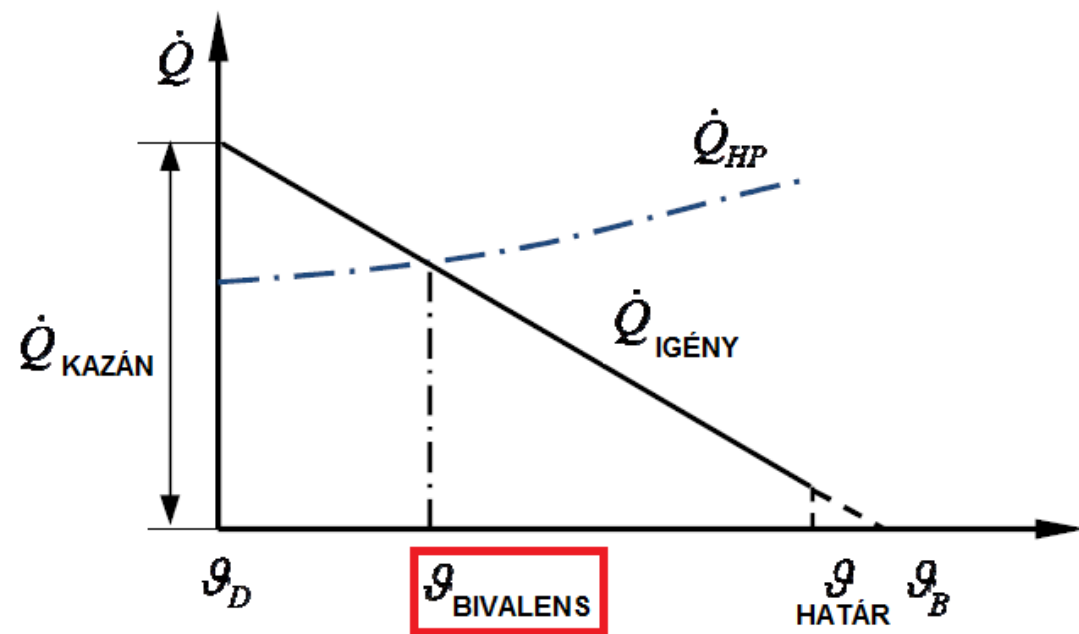
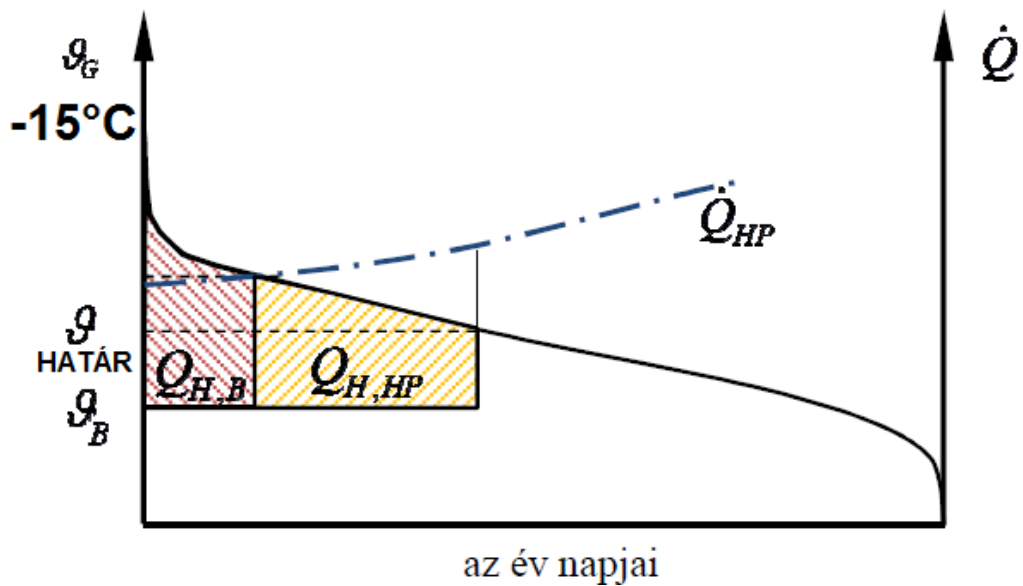
BIVALENS, FELVÁLTÓ ÜZEMMÓD

Magas hőm. fűtési rendszer

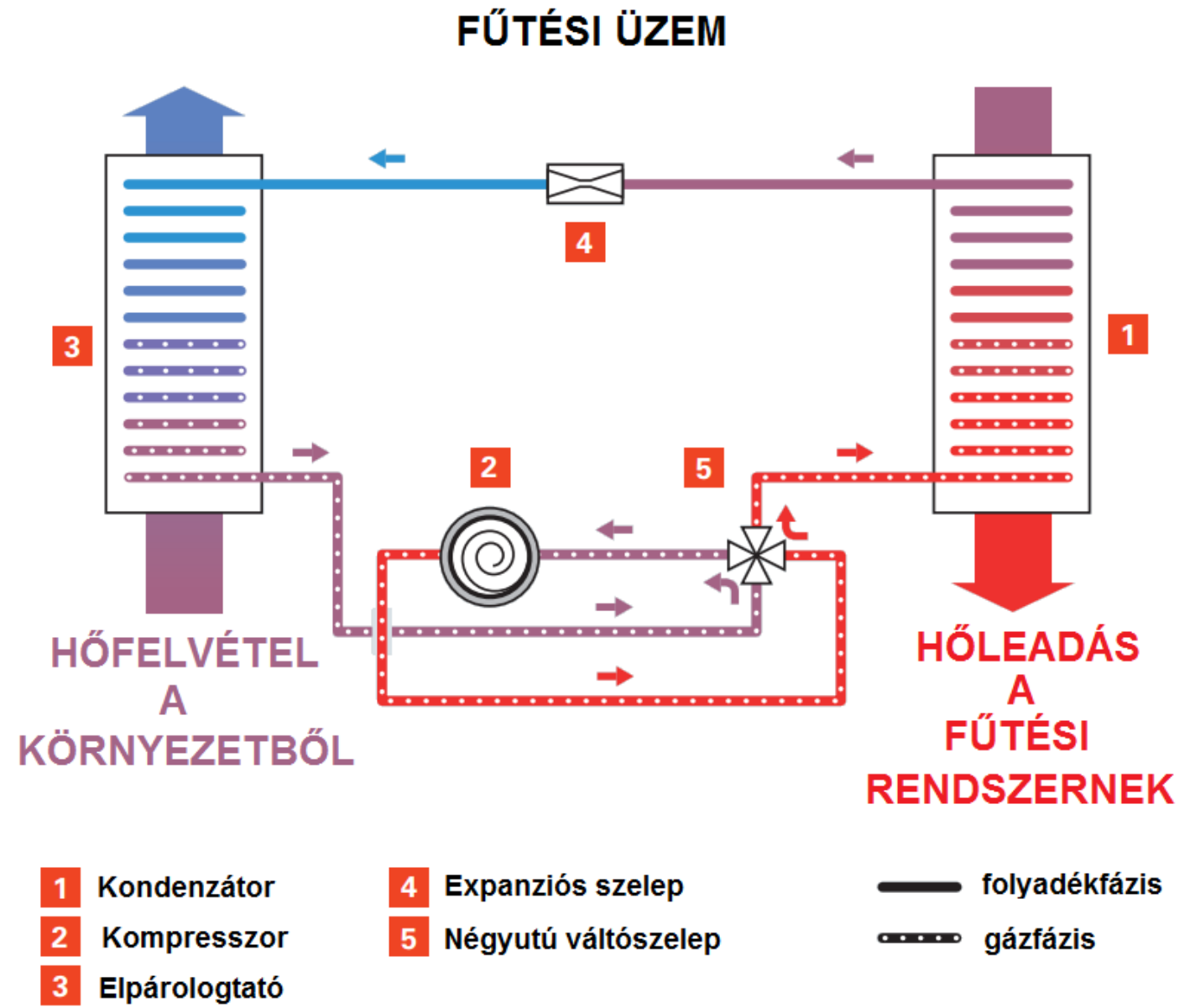


- A hőszivattyú egy alacsonyabb t_{BIV} hőmérsékletnél kikapcsol és onnan a kazán látja el a teljes hőigényt.
- Hőszivattyú a nyári hűtésre méretezve
- A fűtési teljesítmény ebből adódik.

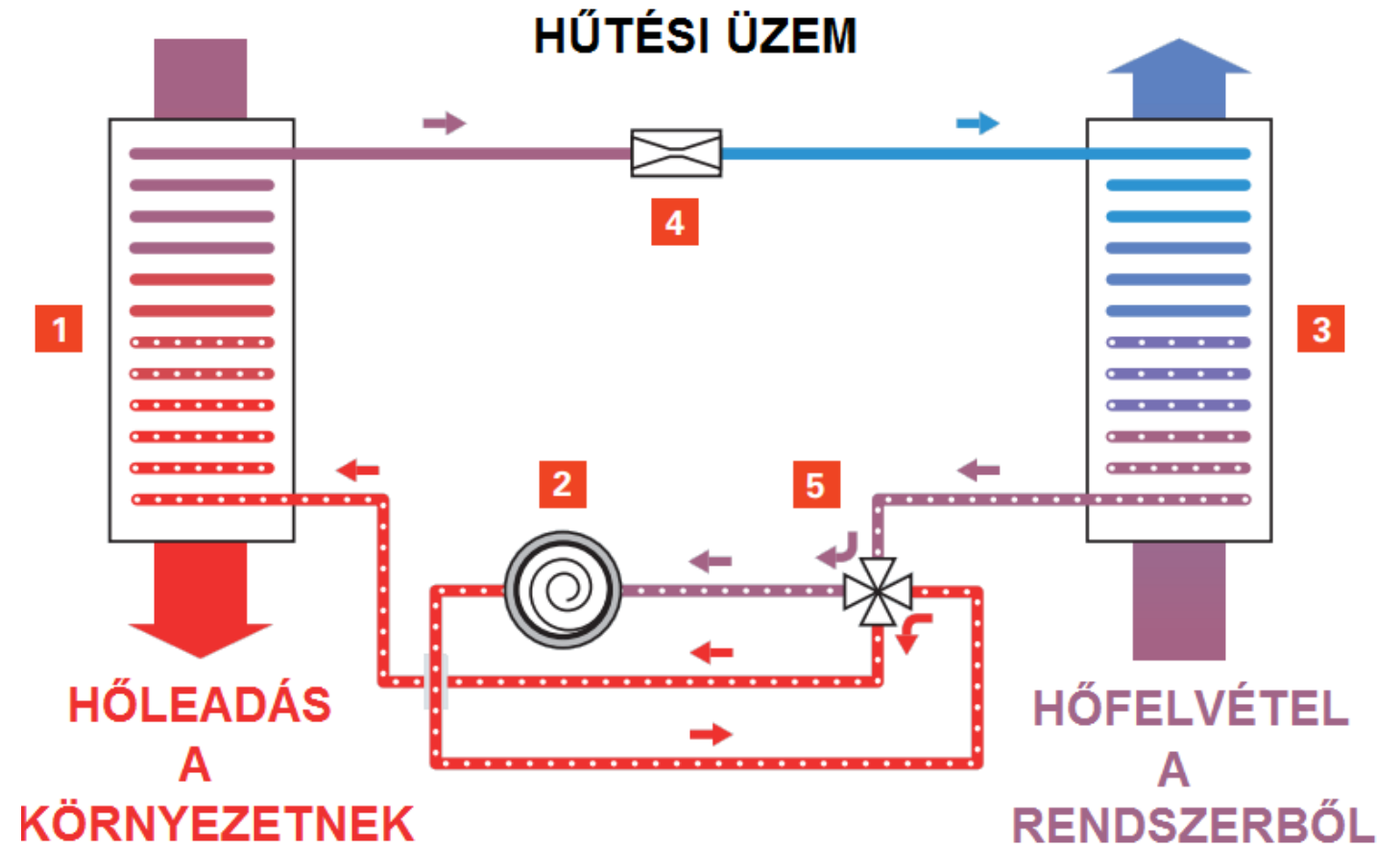
BIVALENS, FELVÁLTÓ ÜZEMMÓD



ÁTKAPCSOLÁS FŰTÉSI ÉS HŰTÉSI ÜZEM KÖZÖTT



ÁTKAPCSOLÁS FŰTÉSI ÉS HŰTÉSI ÜZEM KÖZÖTT



- 1 Kondenzátor
- 2 Kompresszor
- 3 Elpárologtató

- 4 Expánziós szelep
- 5 Négyutú váltószelep

- folyadékfázis
- ... gázfázis

Köszönöm a figyelmet!

Dr. Bokor Balázs

egyetemi adjunktus

2020. október 12.

Higher Education Package for Nearly Zero Energy
and Smart Building Design



A projektet az Európai Bizottság támogatta. A kiadványban
megjelentek nem szükségszerűen tükrözik az Európai Bizottság
nézeteit.

Az Európai Unió
Erasmus+ programjának
társfinanszírozásával



SLOVAK UNIVERSITY OF
TECHNOLOGY IN BRATISLAVA

