

Lämpöpumpputekniikkaa Tallinna 18.2. 2010

Ari Aula
Chiller Oy



Lämpöpumpun rakenne ja toimintaperiaate

- Komponentit
- Hyötysuhde
- Kytkenöjä

Lämpöpumppujärjestelmän suunnittelu

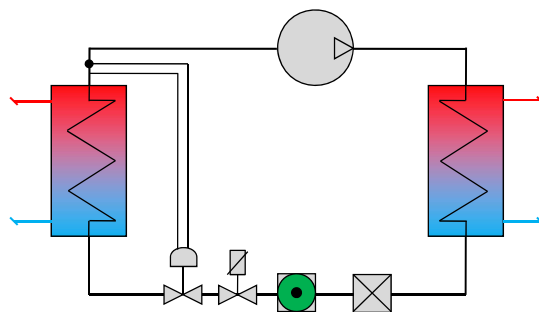
- Integroidut lämpöpumppujärjestelmät
- Mitoitusperusteet
- Lämpöpumppujärjestelmän taloudellisuus

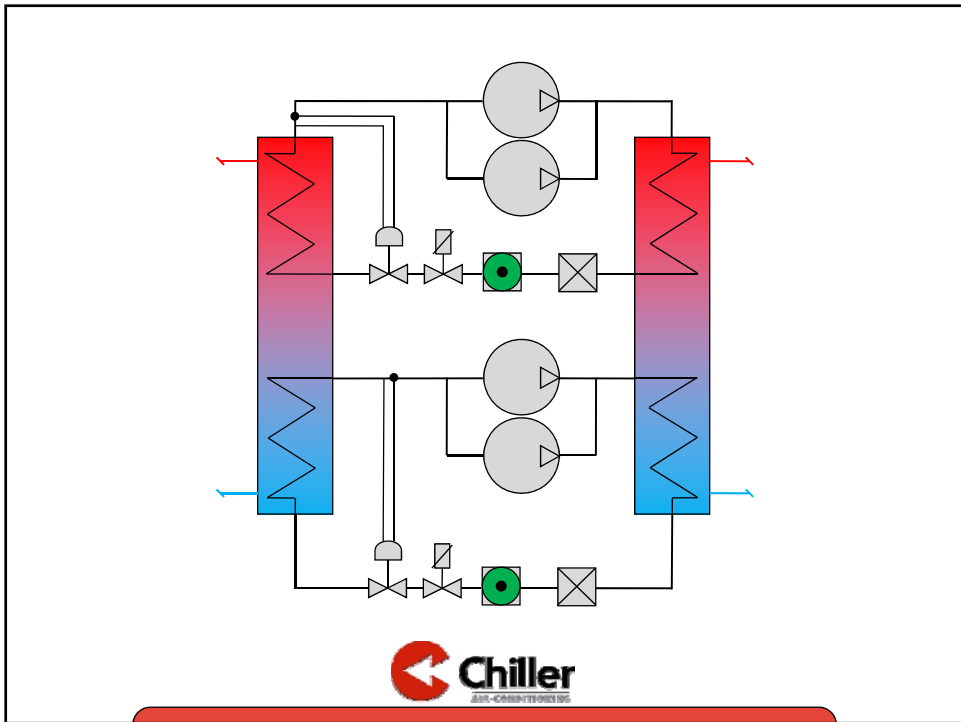
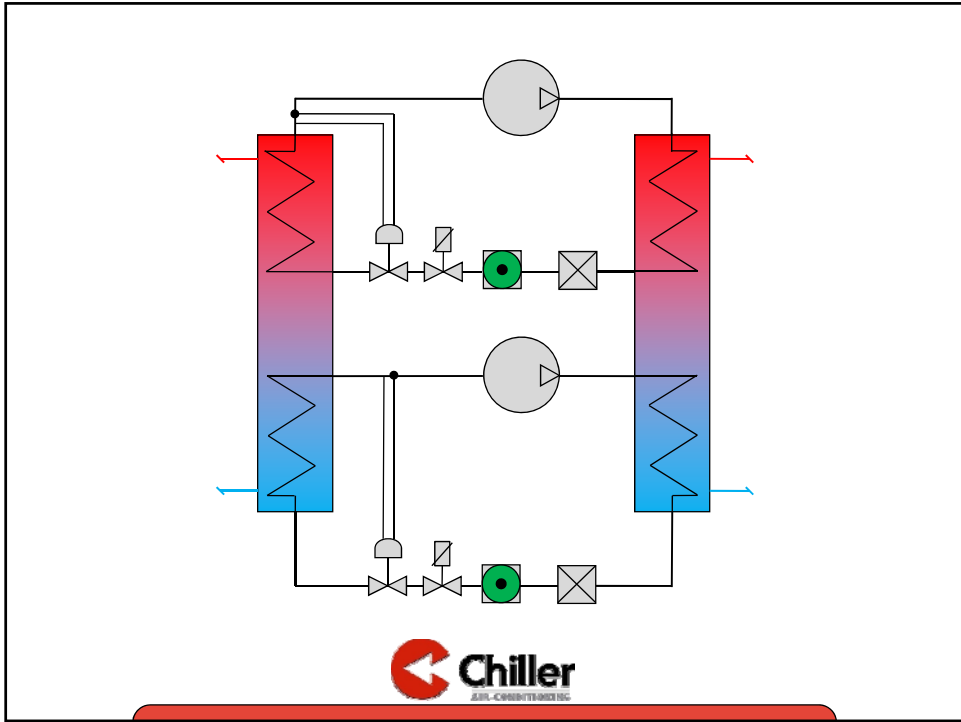


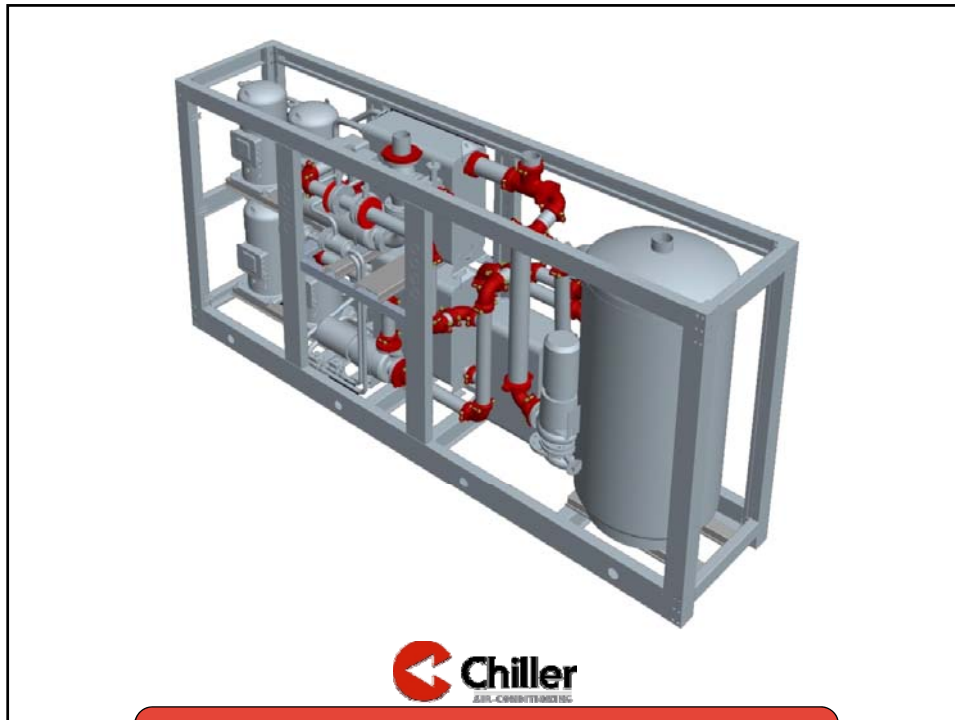
- ☛ Keskisuuret kiinteistön lämmitykseen ja jäähdytykseen valmistetut lämpöpumput
- ☛ Teollisuuden LTO-, lämmitys- ja jäähdytysratkaisuihin valmistetut lämpöpumput
 - Lämmönlähde ~ -10...+30°C
 - Lämmöntuotto ~ +40...+70°C
- ☛ Teholuokka noin 20 – 500 kW ja rinnankytkennällä suuremmat kokonaisuudet



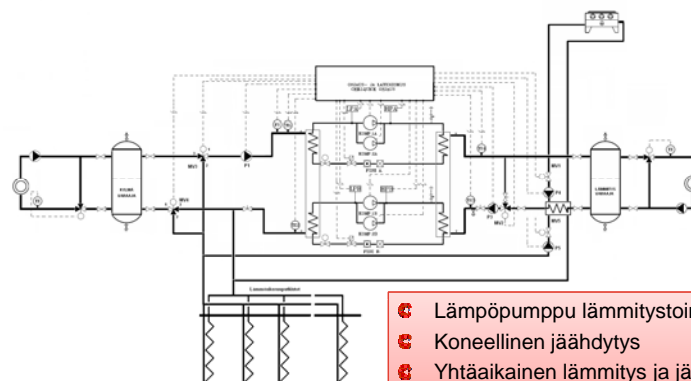
Lämpöpumppukoneikosta...







...integroituun lämpöpumppujärjestelmään



- ☞ Lämpöpumppu lämmitystoiminto
- ☞ Koneellinen jäähdytys
- ☞ Yhtäaikainen lämmitys ja jäähdytys
- ☞ Passiivi jäähdytys
- ☞ Lämmön lataus/luhdutus kallioon





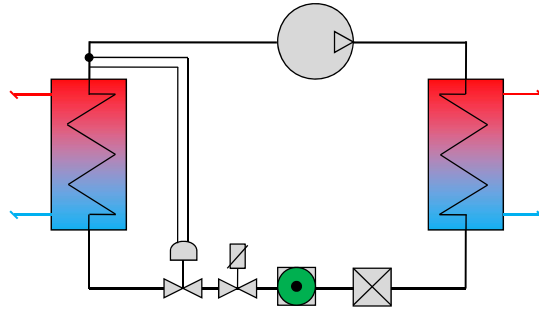


Lämpöpumppu

Rakenne
ja
Toimintaperiaate



Lämpöpumpputekoneikko



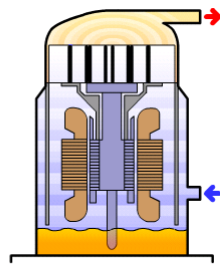
Chiller
AIR-CONDITIONING

Pääkomponentit

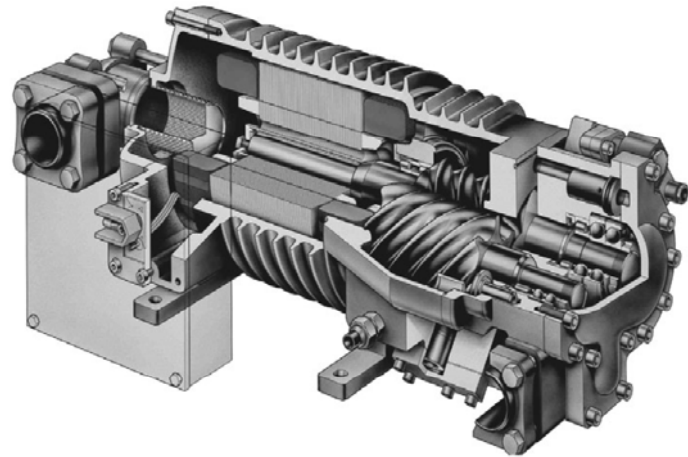


Chiller
AIR-CONDITIONING

Kompressori



Scroll Compressor





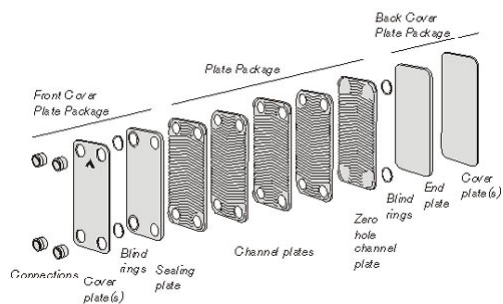
The diagram on the left shows a cross-section of a reciprocating compressor with a blue cylinder and orange pistons. Blue and red arrows indicate the flow of refrigerant. Below it is the text "Reciprocating Compressor". To the right are three 3D models of green reciprocating compressors.

Reciprocating Compressor



Chiller
AIR-CONDITIONING

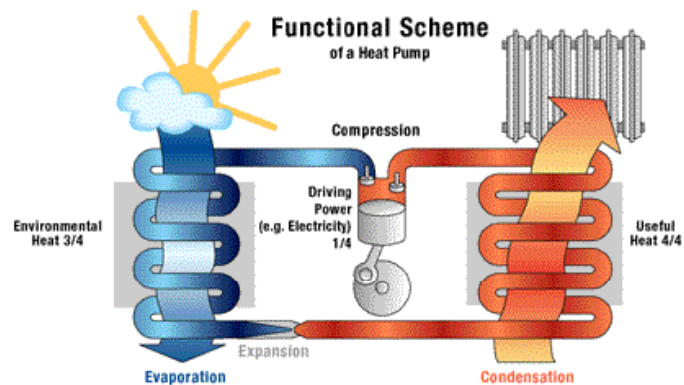
Höyrystin ja Lauhdutin

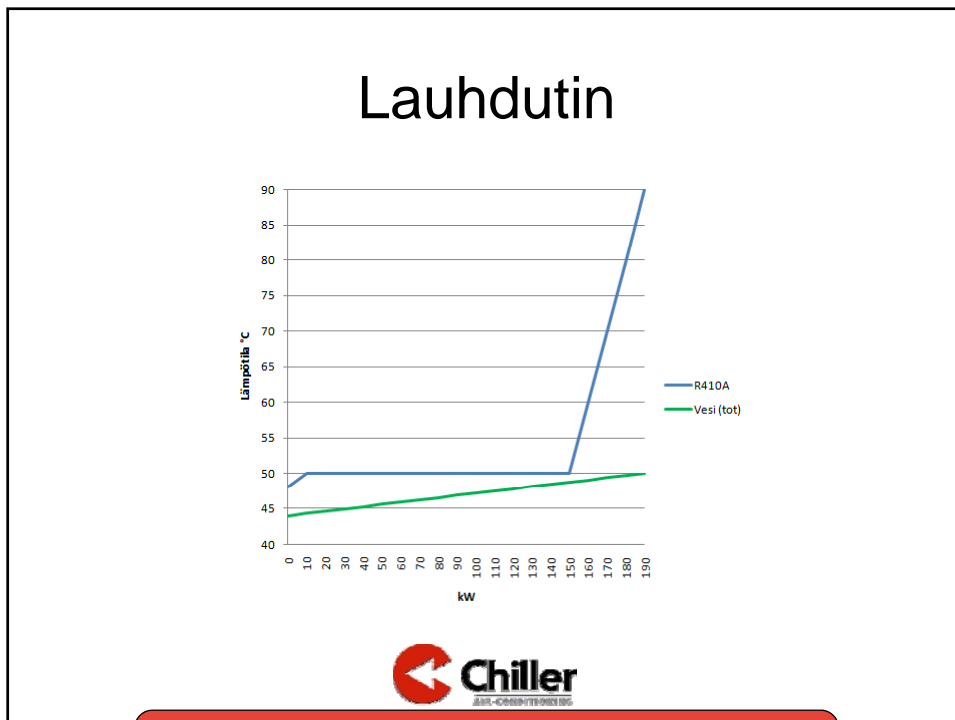
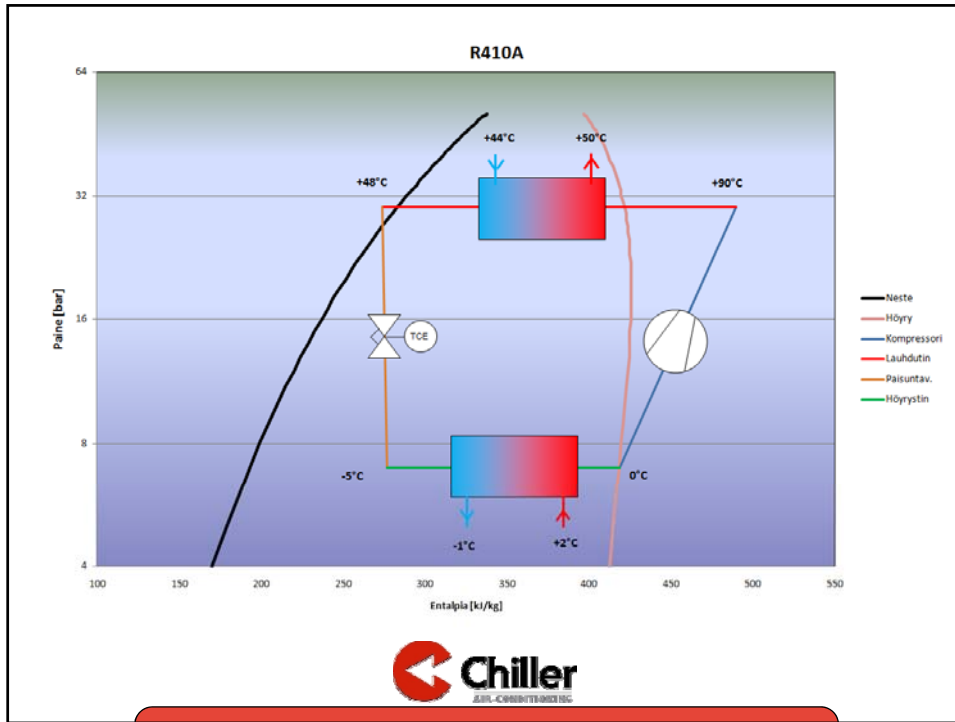


Paisuntaventtiili

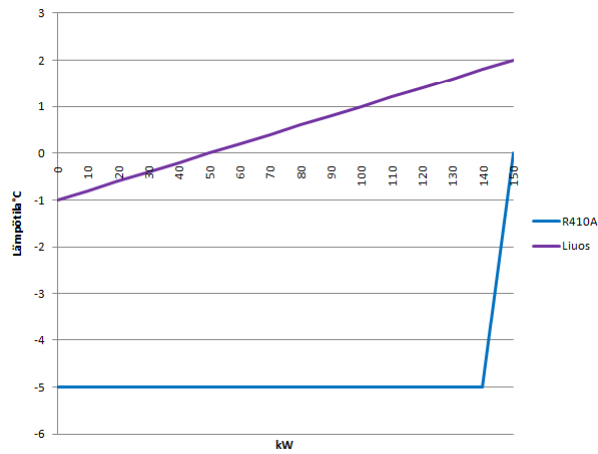


Lämpöpumpun toimintaperiaate

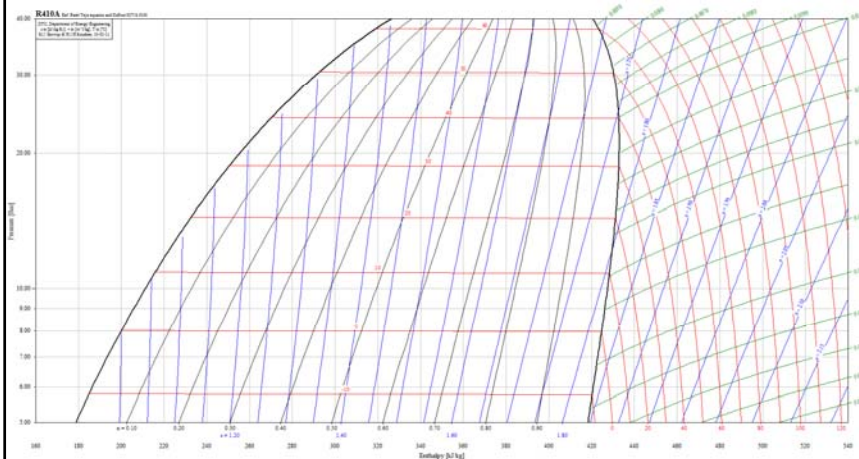




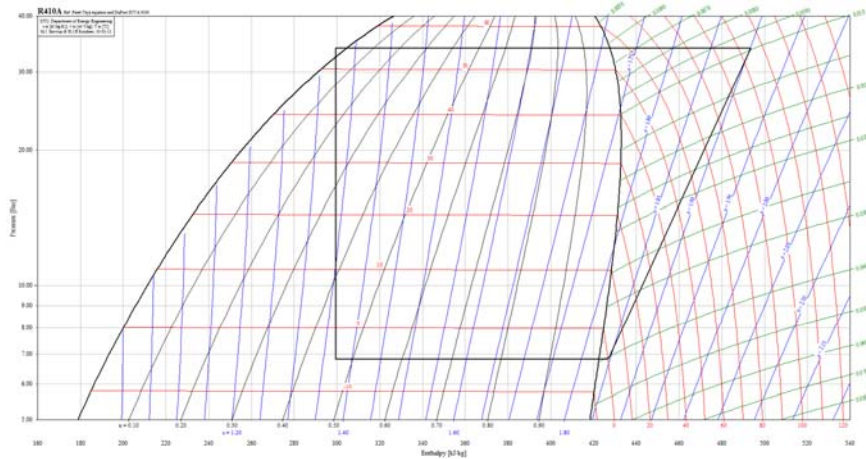
Höyrystin



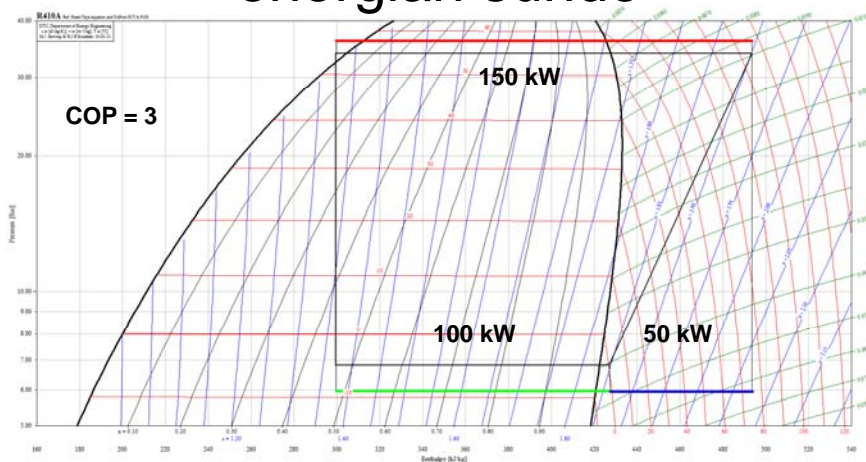
Kylmäaineen tilapiirros – R410A



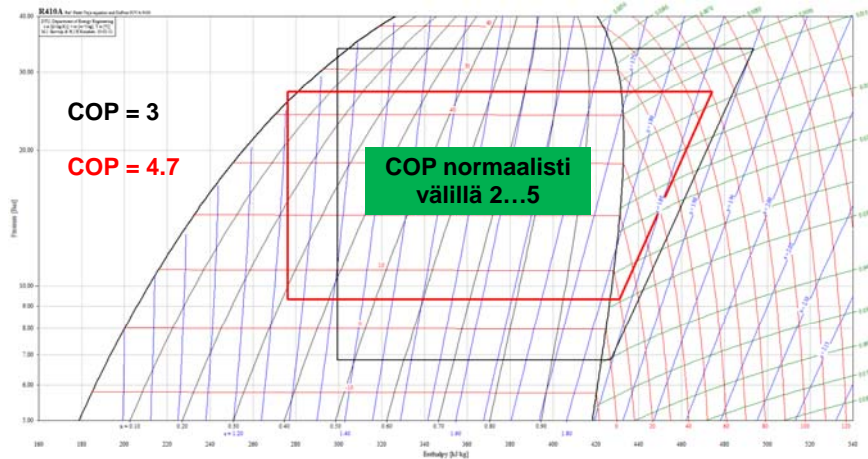
Kiertoprosessi



Tuotetun lämmön ja käytetyn energian suhde



Lämpötilatasojen vaikutus



Lämpötilatasojen vaikutus

Φ_{evap} [kW]	Φ_{cond} [kW]
P_{comp} [kW]	COP _{Heat}

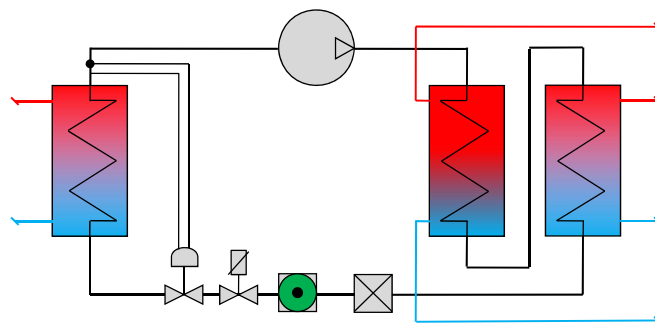
Evap in/out	Cond in/out					
	+30/+35°C		+40/45°C		+50/+55°C	
0/-3°C	32,6	42	28,2	39,8	23,2	37,6
	9,4	4,47	11,6	3,43	14,4	2,61
+12/+7°C	46,6	56,3	40,9	52,8	34,4	48,9
	9,7	5,80	11,9	4,44	14,5	3,37
+23/+18°C	66,9	76,3	59,1	71,2	50,2	65,1
	9,4	8,12	12,1	5,88	14,9	4,37

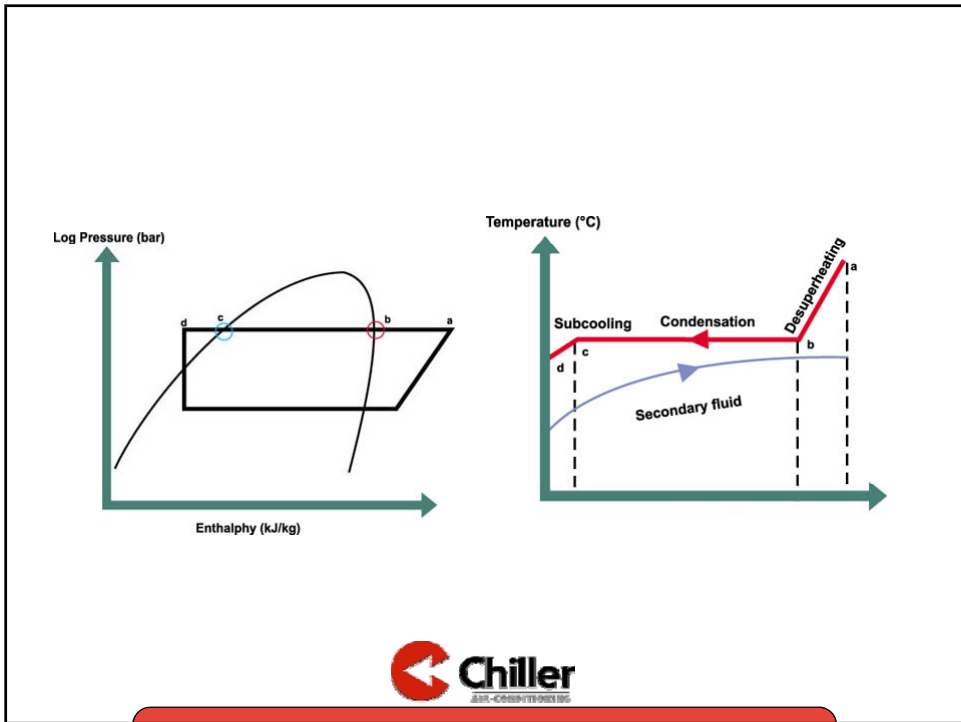
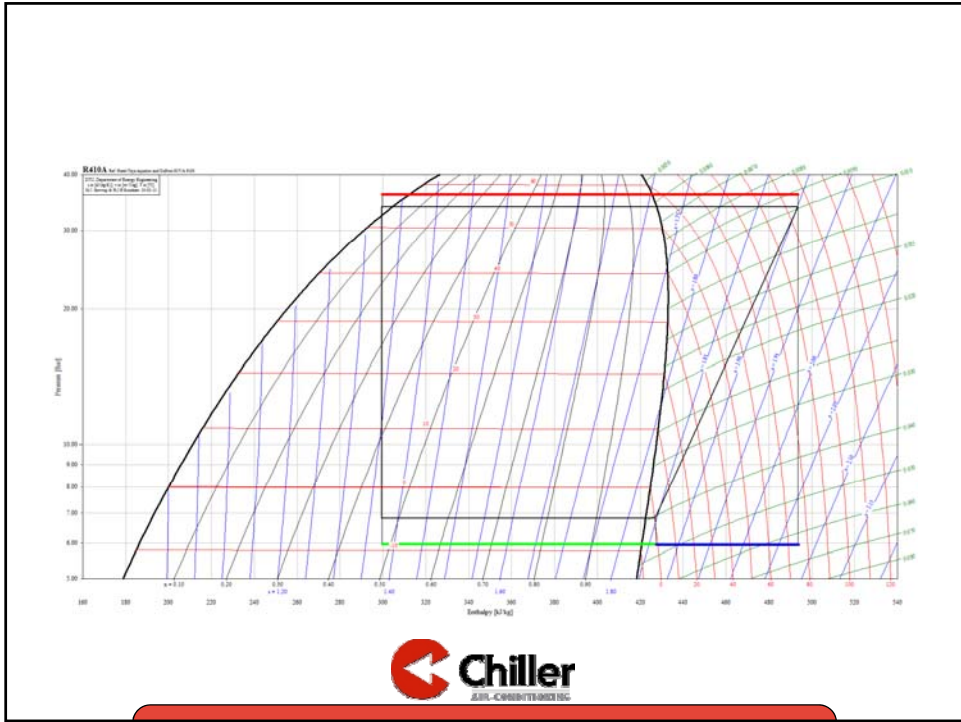


Erikoiskytkennät

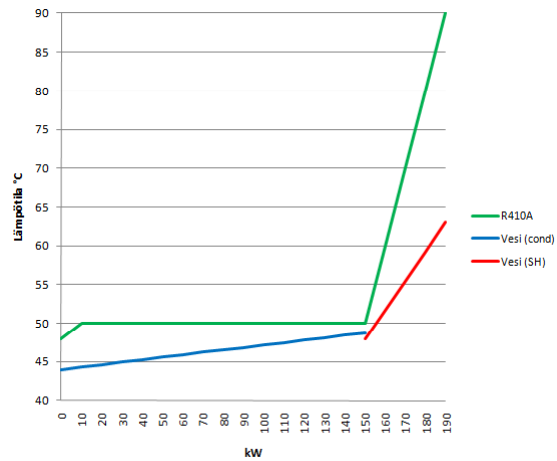


Tulituksenpoistolämmönsiirrin





Tulistuksenpoisto

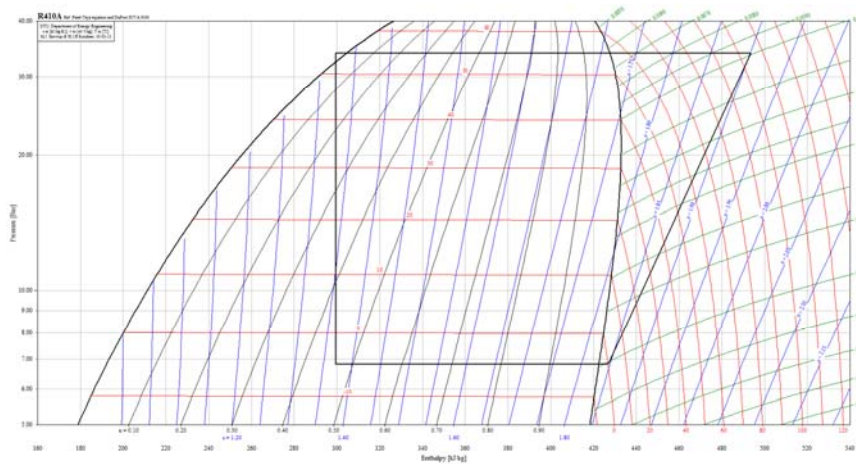
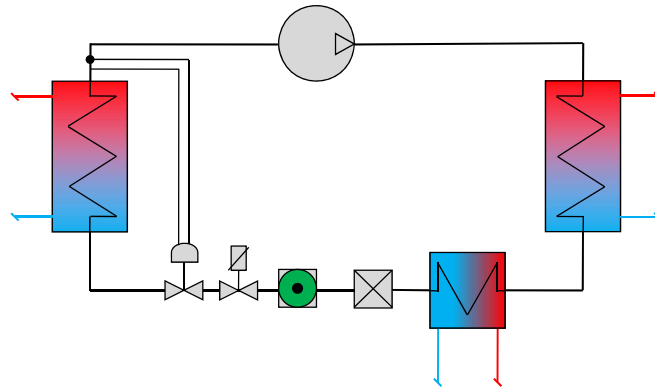


Tulistuksenpoisto Kylmäaine R410A

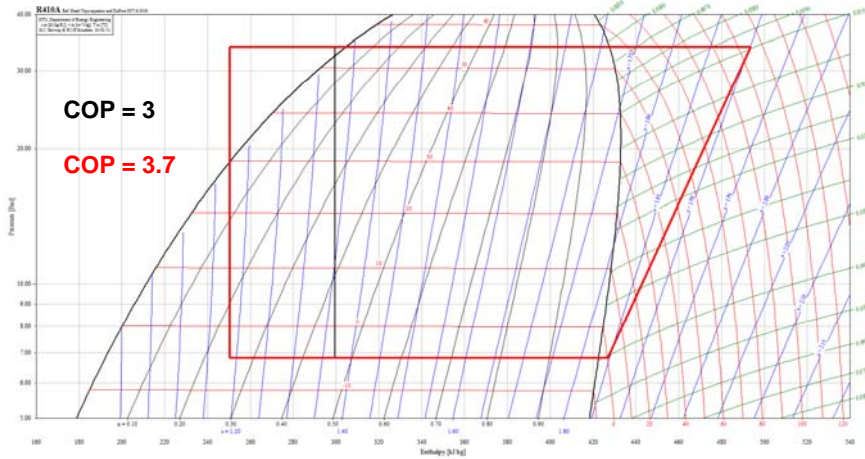
		Tulistusosuus %		
$T_H \setminus T_L$	+35°C	+45°C	+55°C	
-5°C	16 %	23 %	34 %	
+5°C	13 %	18 %	27 %	
+15°C	11 %	15 %	22 %	



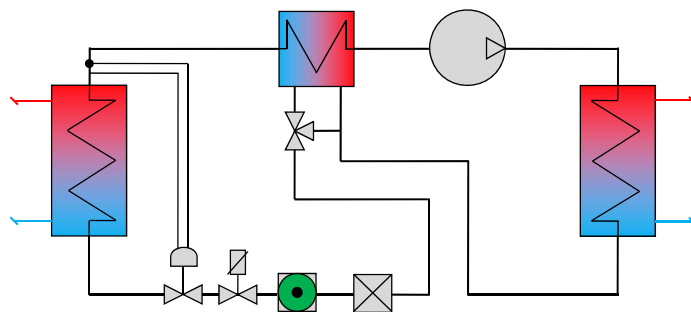
Alijäähdytin



Alijäähdytys



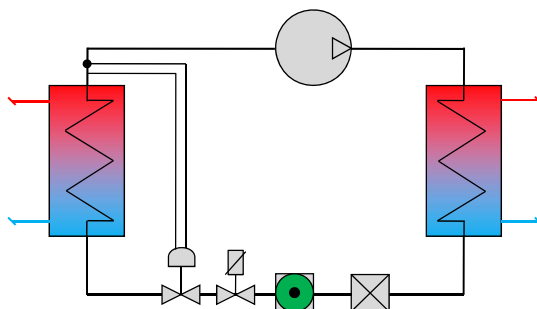
Imukaasutulistin

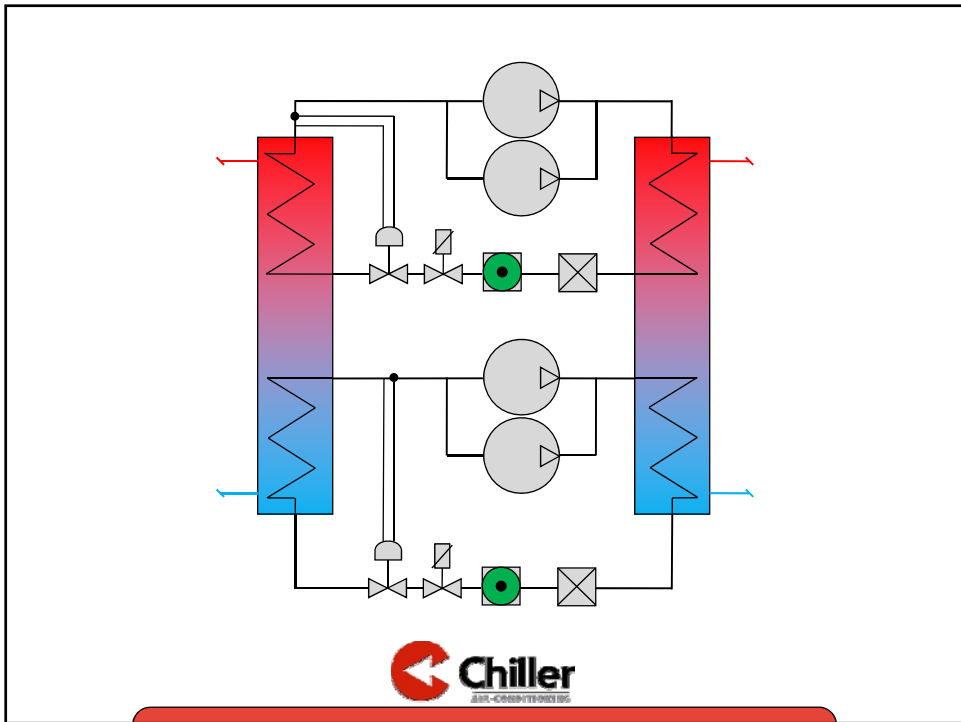
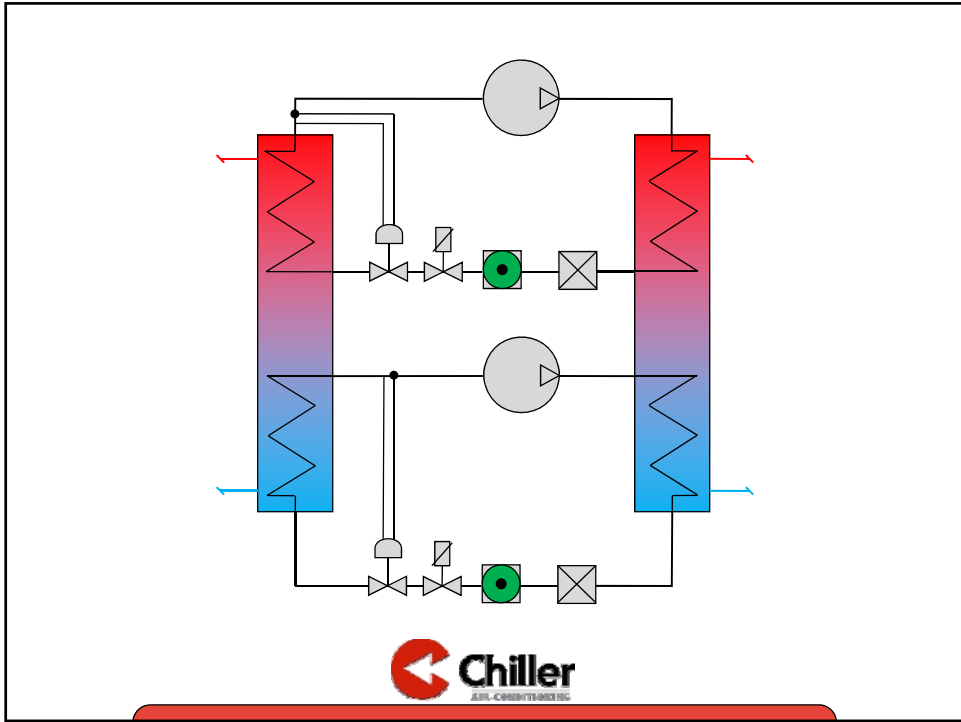


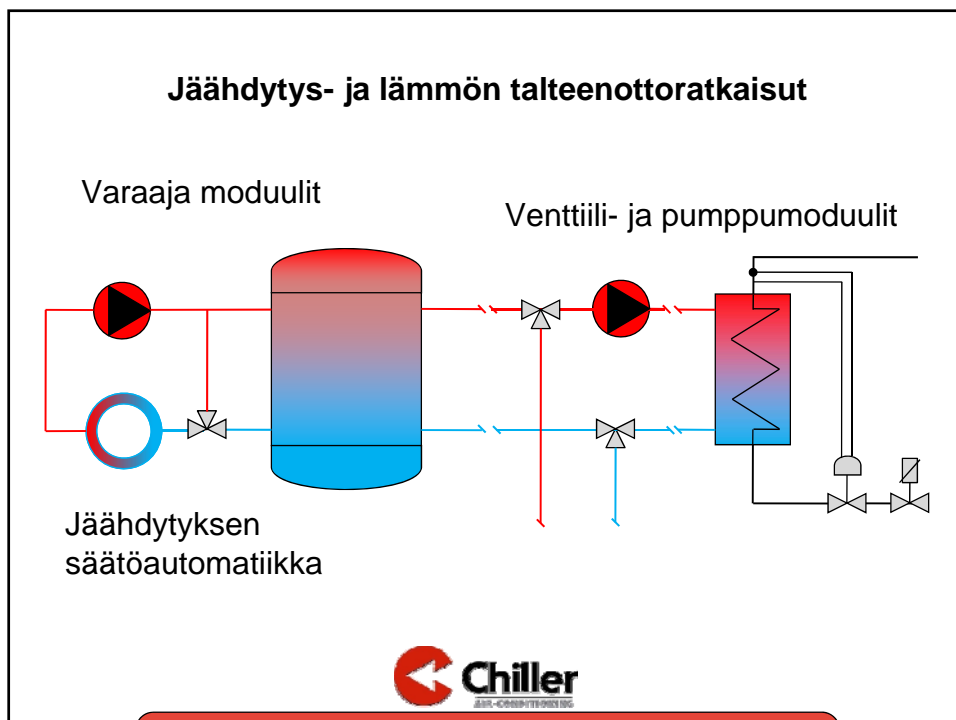
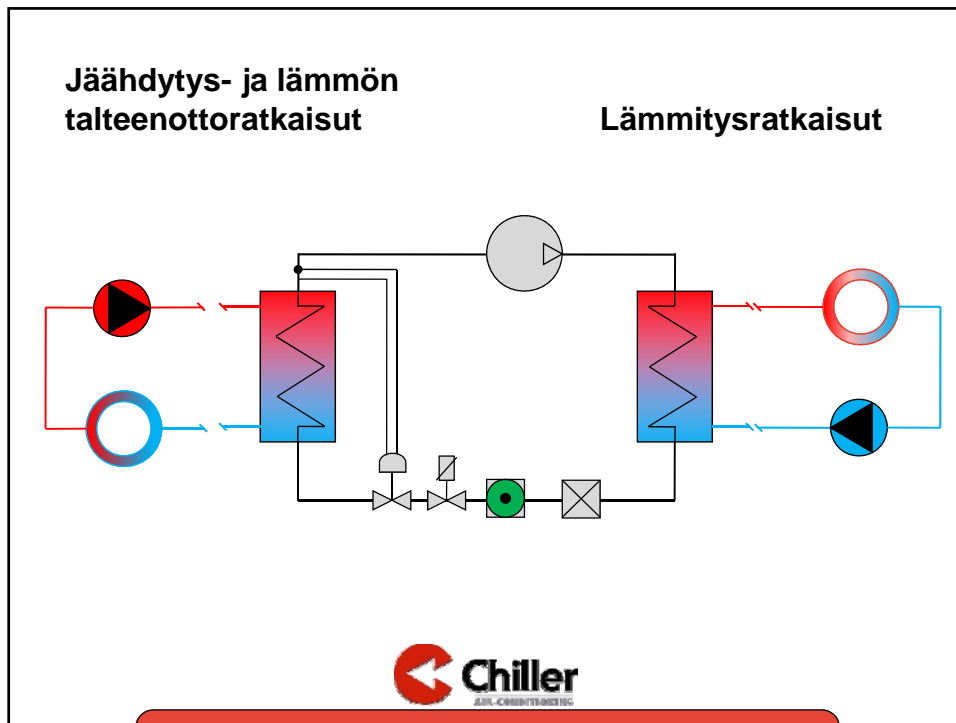
Koneikosta lämpöpumpuksi

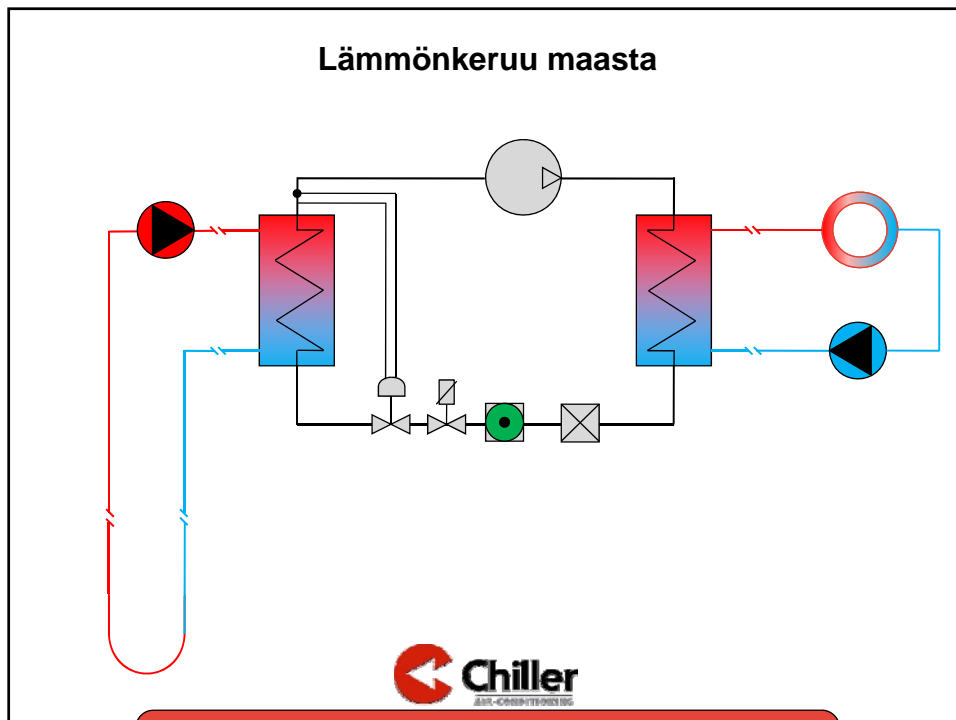
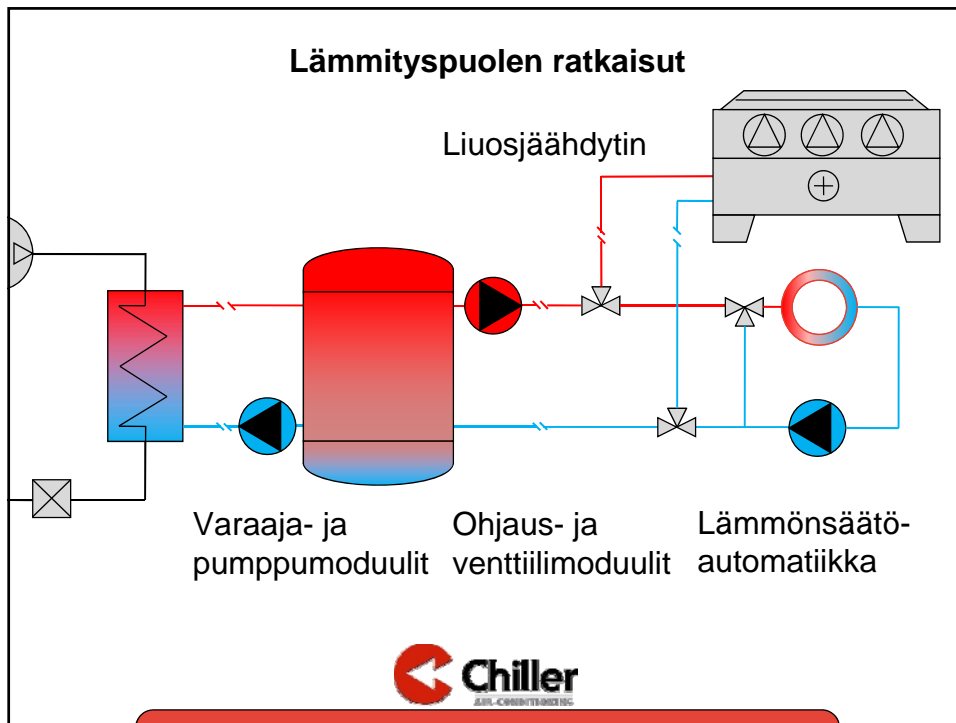


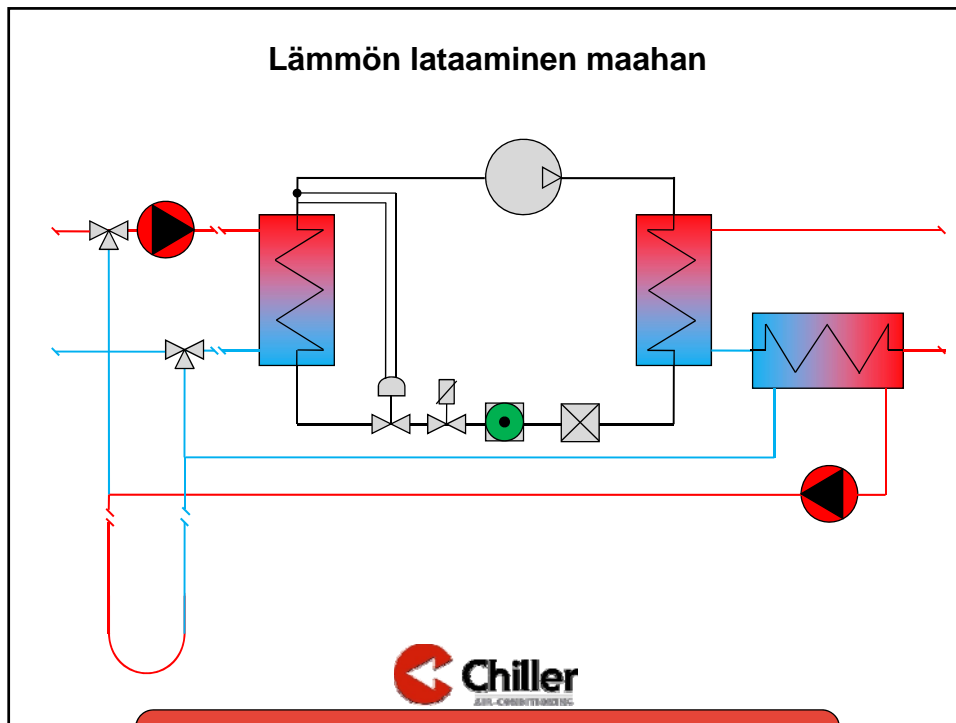
Yhden, kahden tai neljän kompressorin koneikot







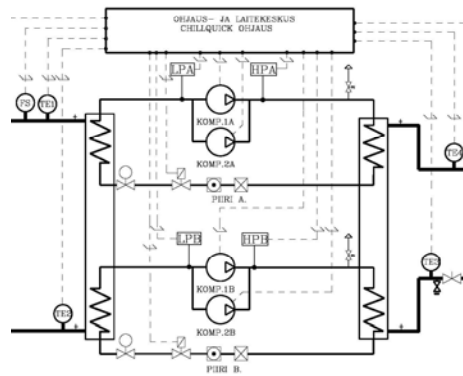




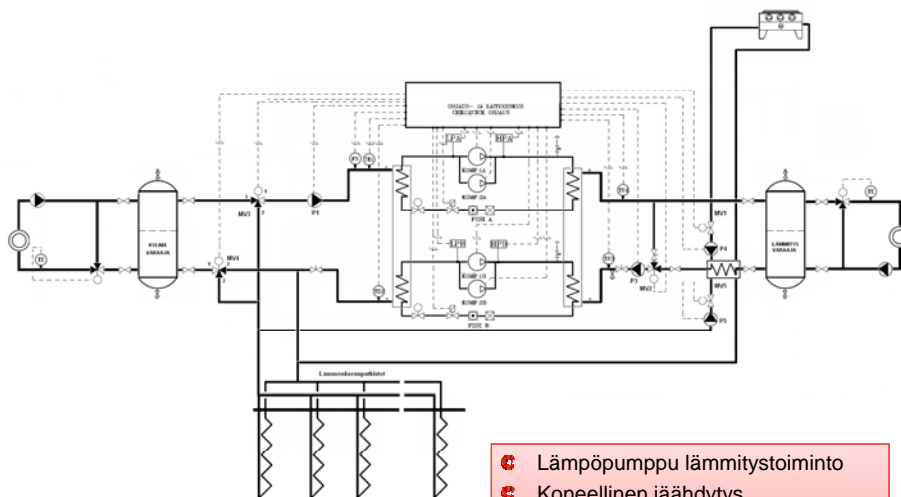
Esimerkki
integroidusta
lämpöpumppulaitteistoista

Lämpöpumppukoneikko

Neljän kompressorin yksikkö
 Ohjauskeskus
 Ulkopuolinen ohjaus
 Jäähdytys- ja lämmitystoiminnot

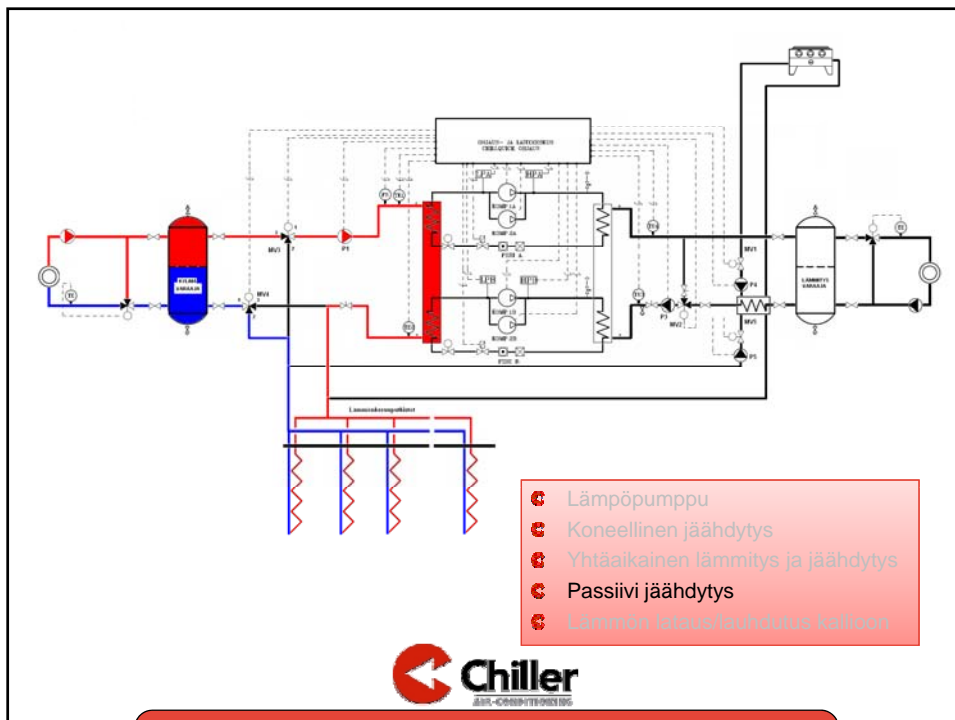
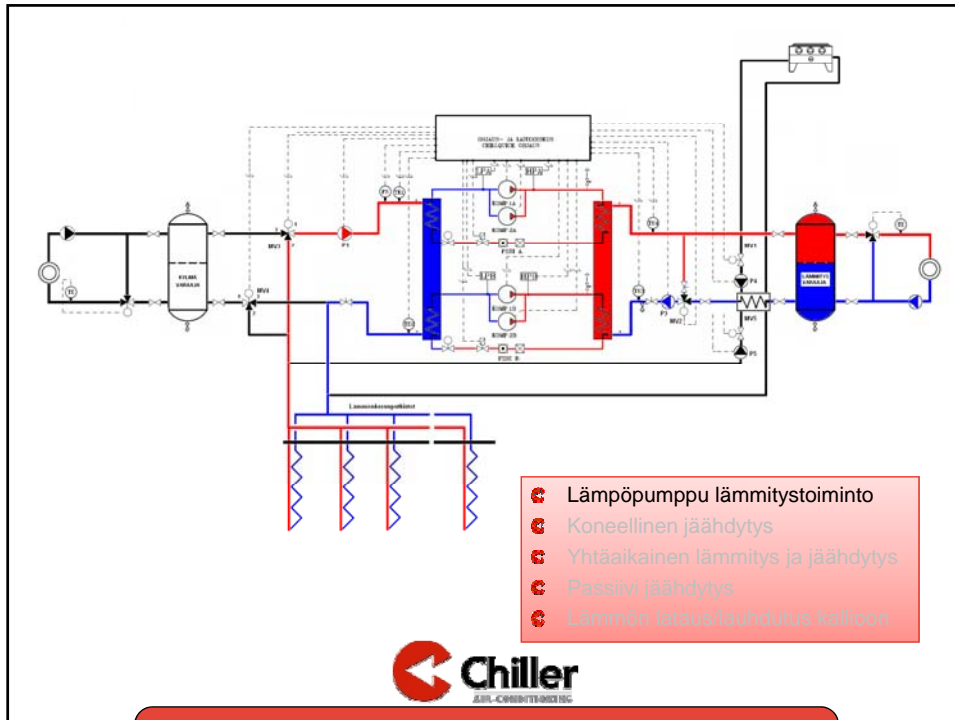


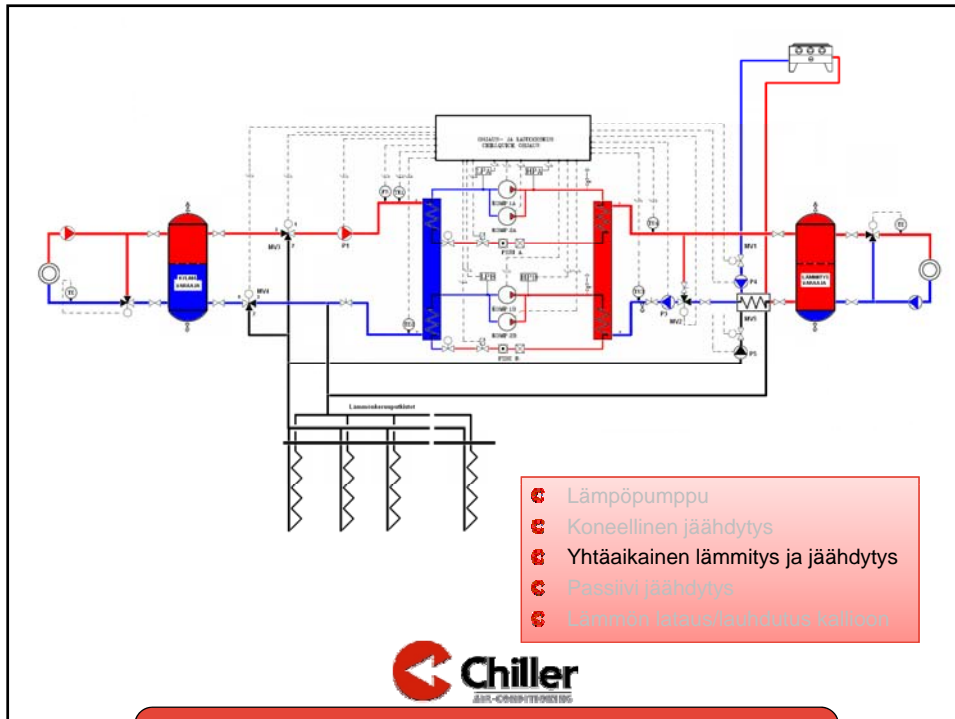
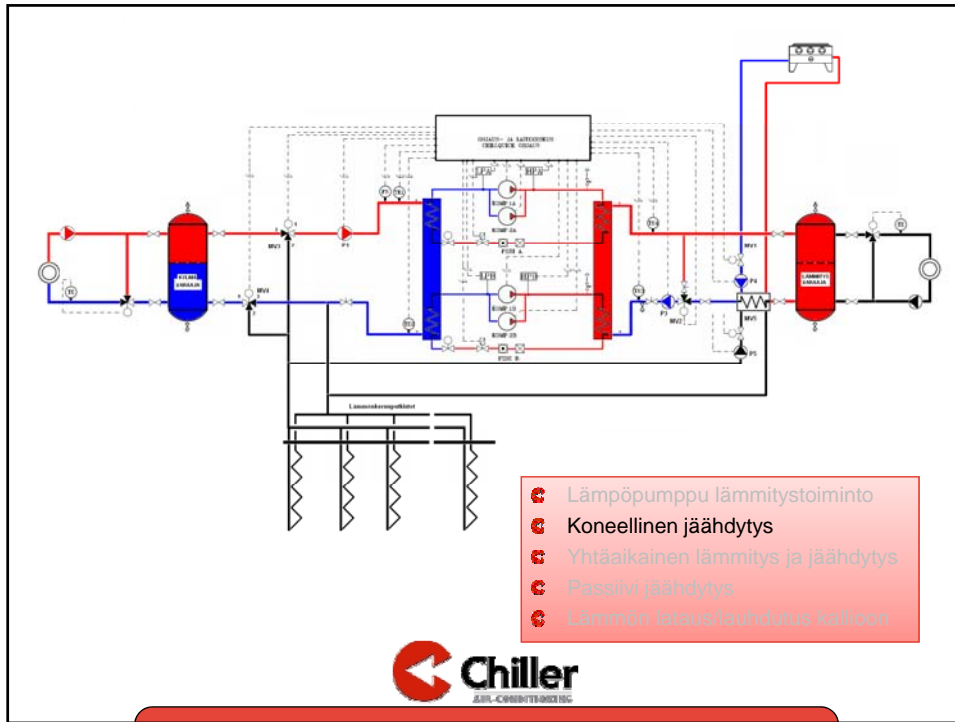
Chiller
 AIR-CONDITIONING

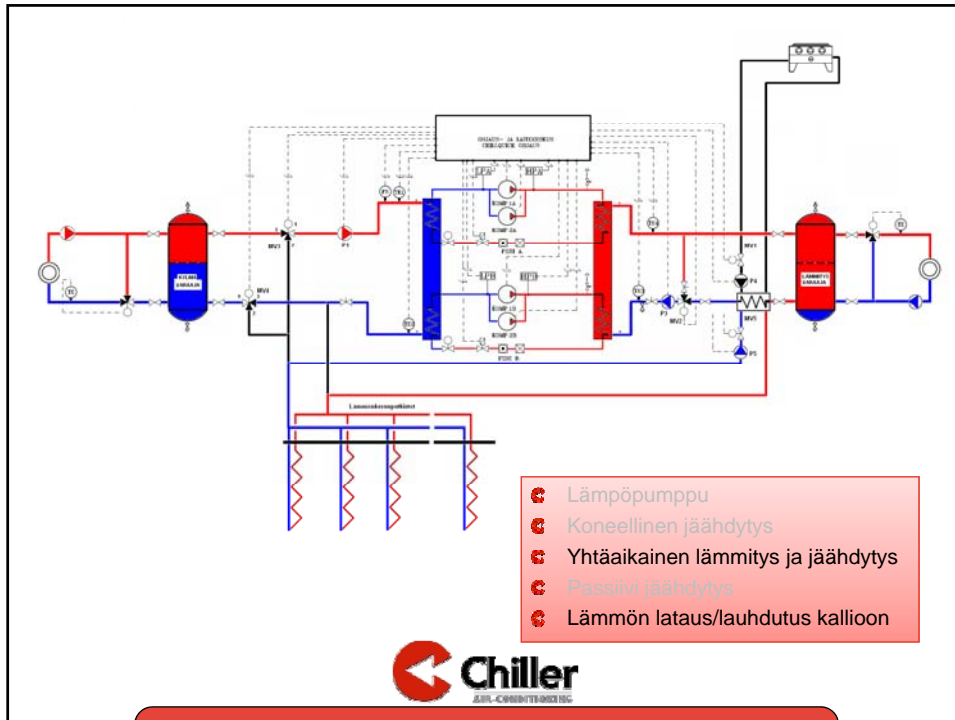


- ☑ Lämpöpumppu lämmitystoiminto
- ☑ Koneellinen jäähdytys
- ☑ Yhtäaikainen lämmitys ja jäähdytys
- ☑ Passiivi jäähdytys
- ☑ Lämmön lataus/luhdutus kallioon

Chiller
 AIR-CONDITIONING

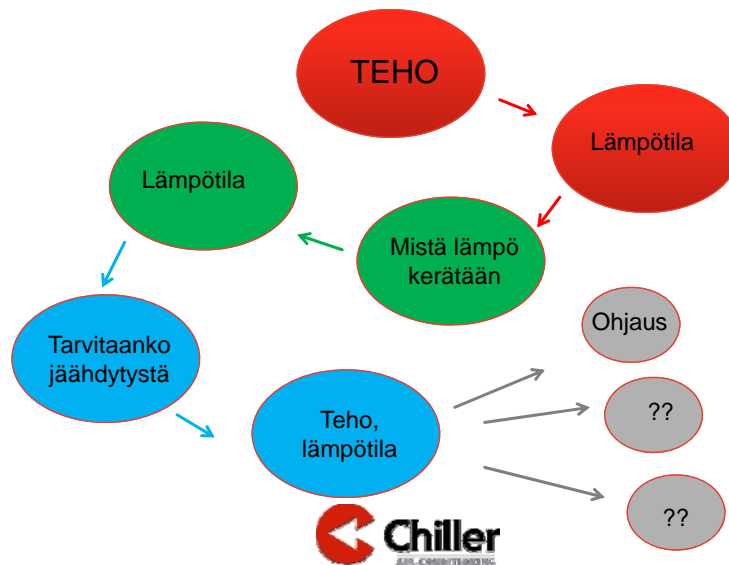






Lämpöpumppujärjestelmän suunnittelu

Mitä tietoja tarvitaan?



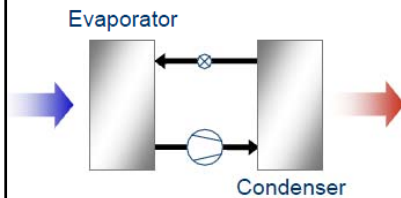
Integroidut lämpöpumppujärjestelmät

- ☛ Lämmönkeruujärjestelmä
- ☛ Lämpöpumppuyksiköt
- ☛ Lämmön varastointi ja siirto
- ☛ Lisä- ja varalämpöjärjestelmät
- ☛ Jäähdytysenergian tuotto
- ☛ Ohjausautomaatiikka
- ☛ Kaukovalvonta

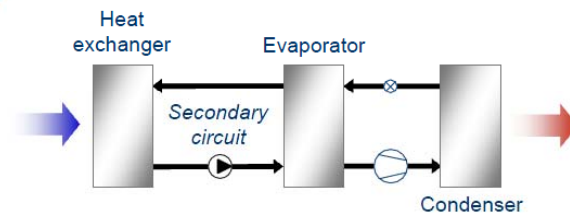


Lämmönkeruujärjestelmät

Suora lämmönkeruu



Epäsuora lämmönkeruu



Lämmönkeruujärjestelmät

☛ Suora lämmönkeruu

- ☛ Pienempi lämpötilaero, parempi hyötysuhde
- ☛ Likaantuminen
- ☛ Jäätyminen
- ☛ Korroosio

☛ Epäsuora lämmönkeruu

- ☛ Suurempi lämpötilaero, huonompi hyötysuhde
- ☛ Toimintavarmempi



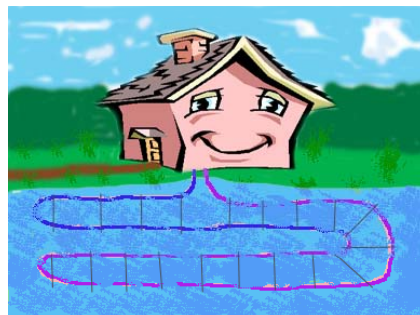
Lämmönlähteet

- ☞ Vesistö
- ☞ Maaperä
- ☞ Kallio/porakaivot
- ☞ Pohjavesi
- ☞ Ulkoilma
- ☞ Poistoilma
- ☞ Jätevesi
- ☞ Teollisuuden prosessit
- ☞ Kylmäkoneiden lauhdelämpö



☞ Vesistö

- ☞ Varma lämmönlähde
- ☞ Syvyys vähintään 2 m
- ☞ Tuotto 30 – 40 W/m



☛ Maaperä

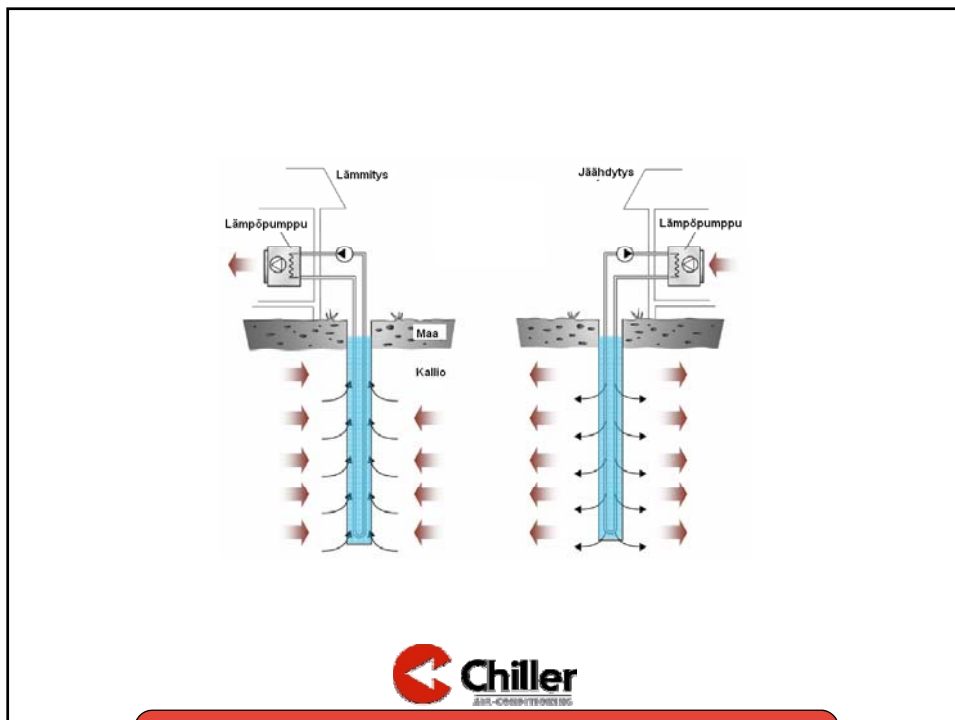
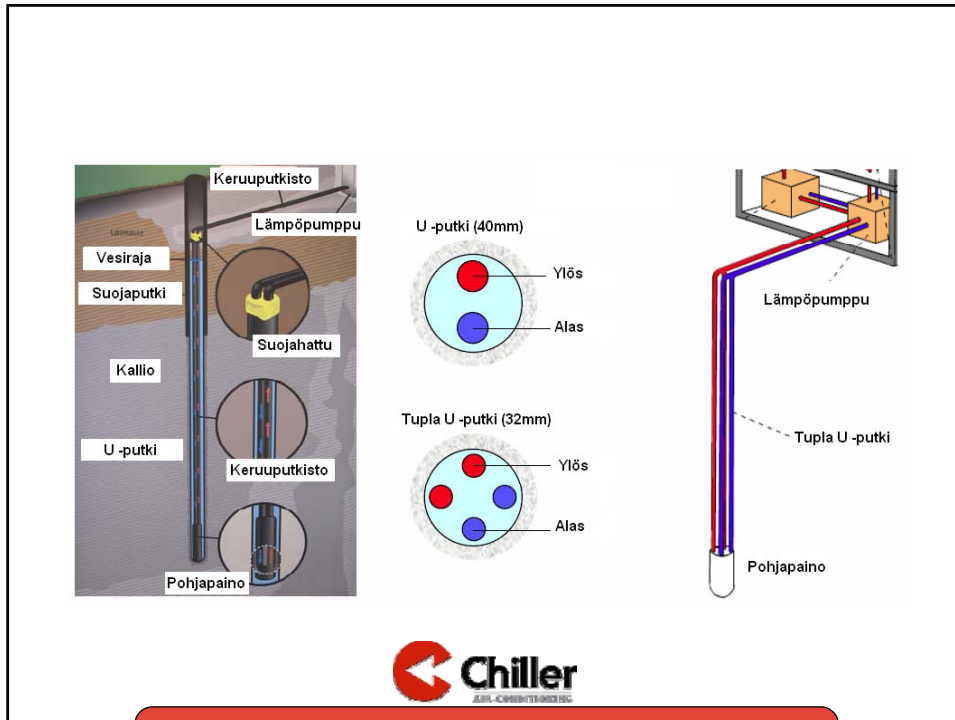
- ☛ Etelä-Suomessa 50-60 kWh/m kostea savimaa
- ☛ Upotussyvyys 1 – 1.2 m
- ☛ Putkiväli vähintään 1.5 m
- ☛ Max 400 m/kierto, DN40



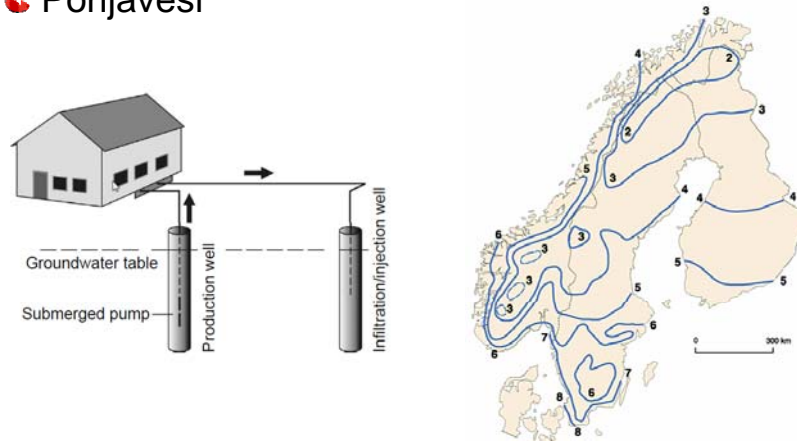
☛ Porakaivot

- ☛ Mitoitus yleensä tehon mukaan
- ☛ 35 – 50 W/m









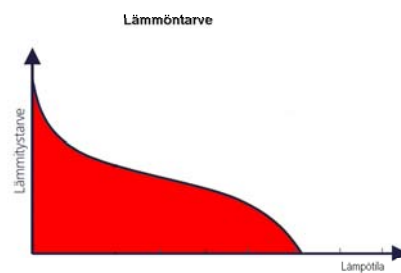
Pohjavesi



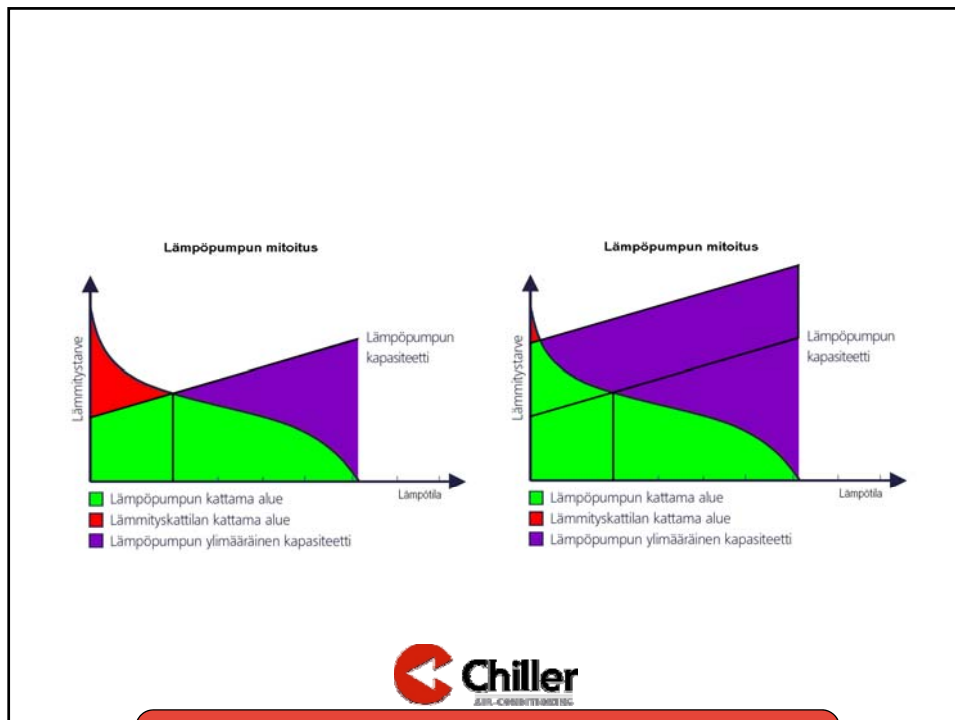
 **Chiller**
AIR-CONDITIONING

Ulkoilma

-  Ulkolämpötilan laskiessa kapasiteetti ja hyötysuhde laskevat
-  Sulatustarve
-  Puhaltimien energiankulutus suurempi kuin pumppujen
-  Laitteet suunniteltu yleensä muualle kuin Pohjoismaihin

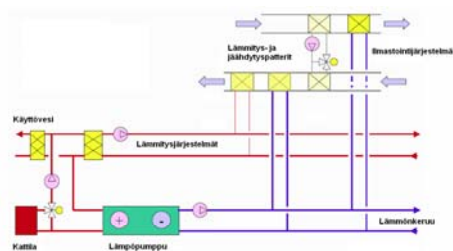


 **Chiller**
AIR-CONDITIONING



☪ Poistoilma

- ☪ Onko perinteistä lämmön talteenottoa?
- ☪ Onko lämmityskauden ulkopuolista lämmöntarvetta?
- ☪ Hallittu poistoilma/tuloilma?
- ☪ Jäähdytystarve kesällä?



☒ Jätevedet

- ☒ Hyvä lämmönlähde
- ☒ Suuret energiamäärät
- ☒ Kaukana lämmöntarvitsijoista
- ☒ Lämmönsiirtimien likaantuminen
- ☒ Biologinen puhdistamo – sisäinen lämmönsiirto

☒ Teollisuusprosessit

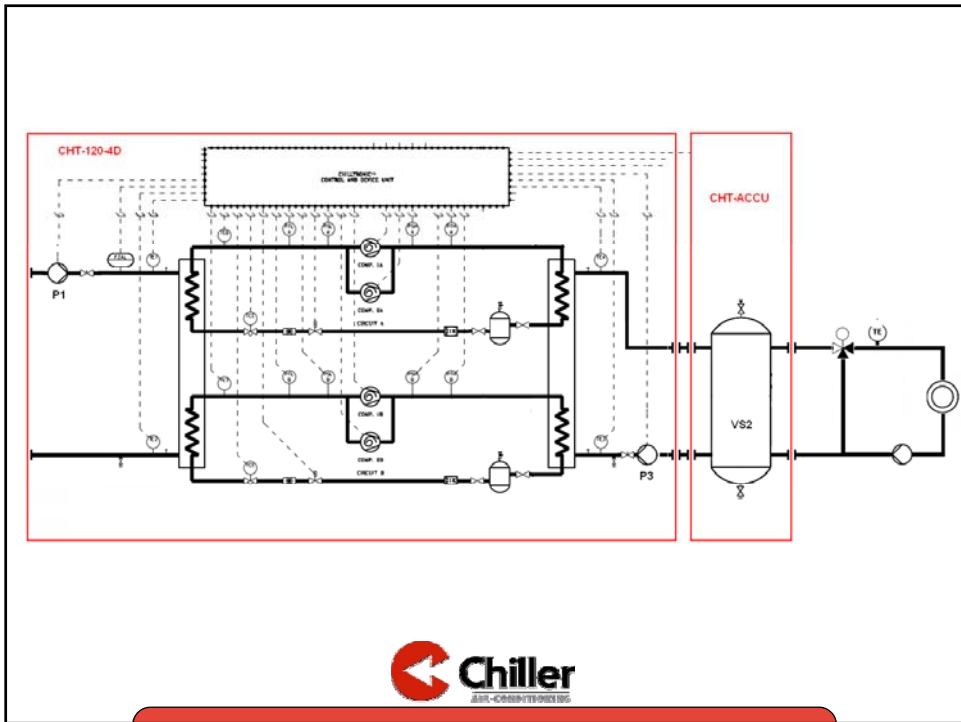
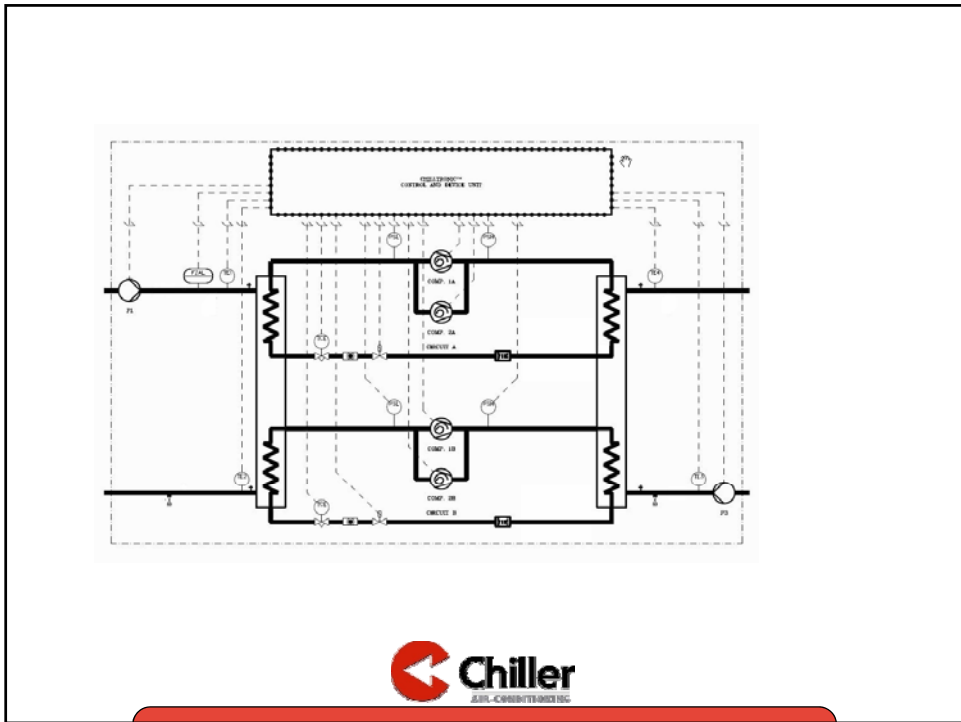
- ☒ Prosessin jäädytys
- ☒ Lämmön talteenotto

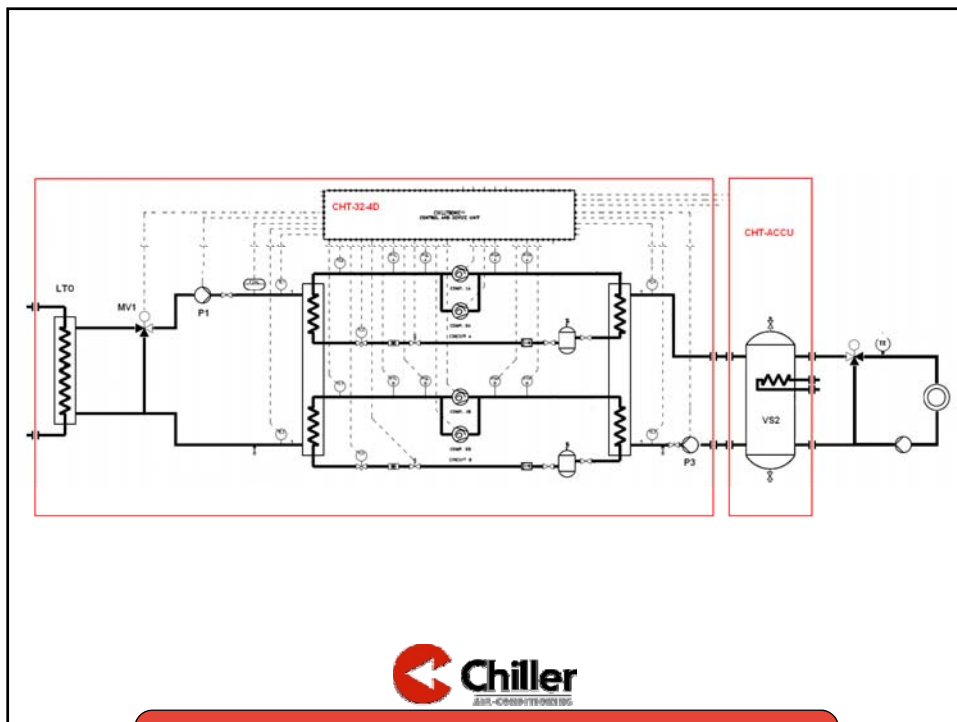
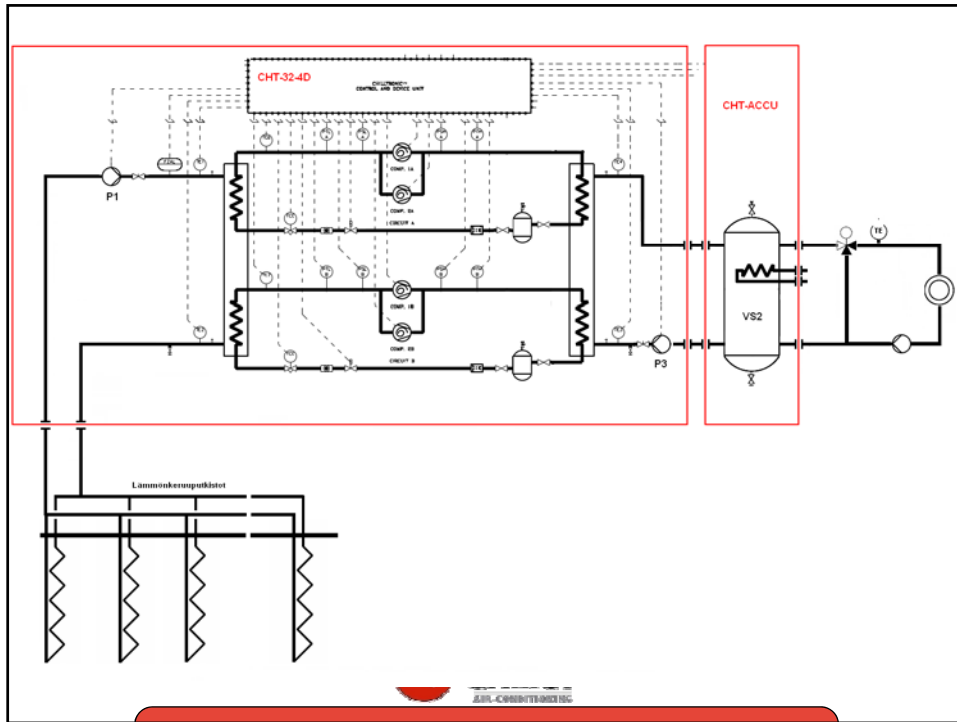


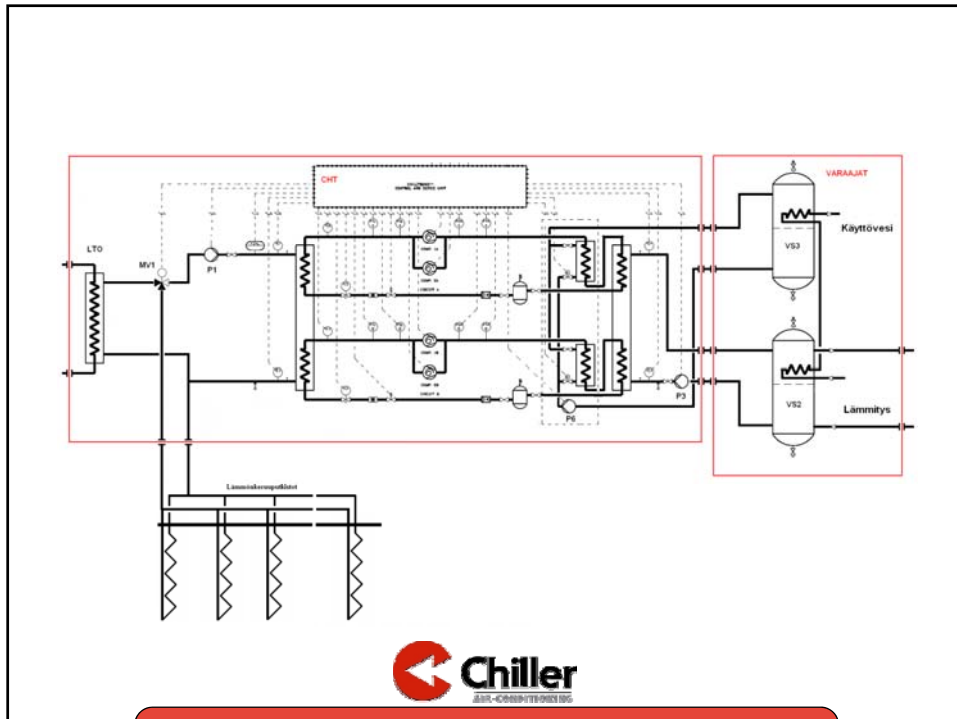
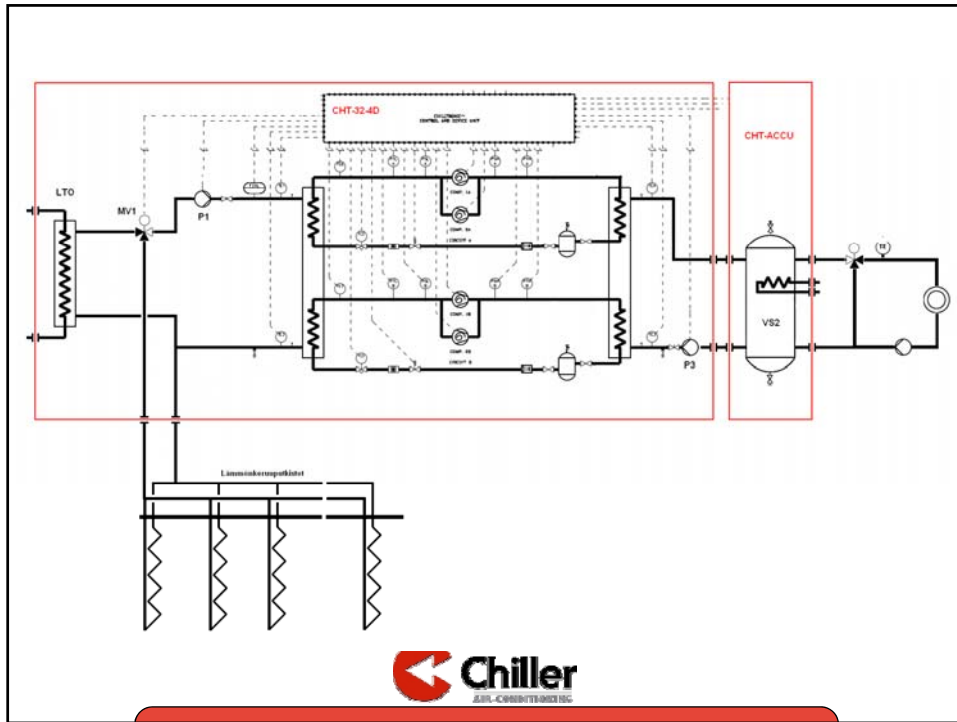
Lämpöpumppuyksiköt

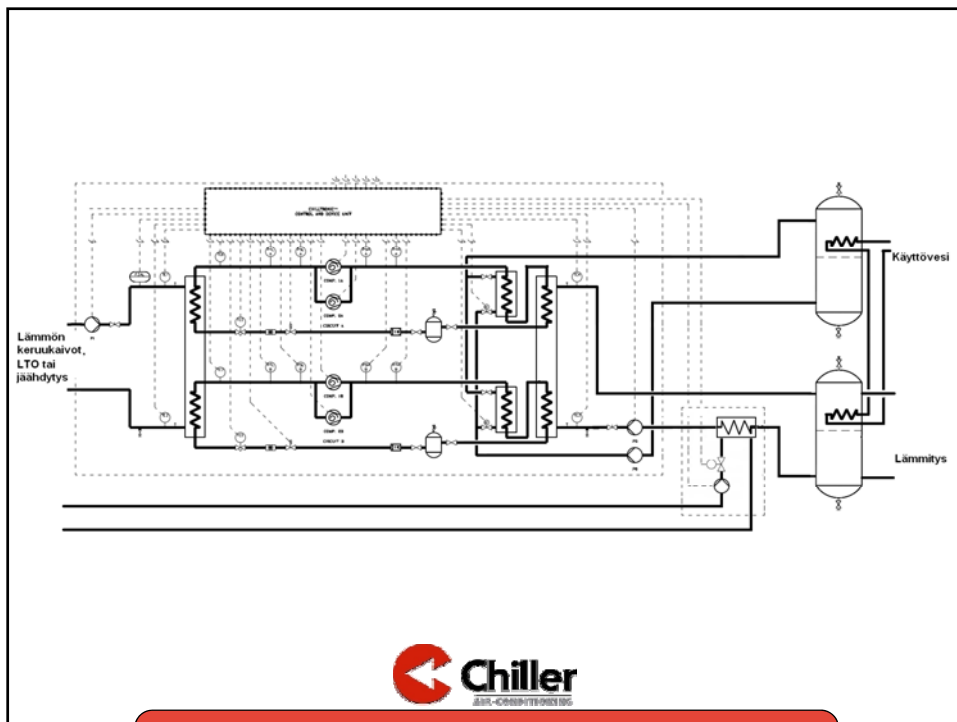
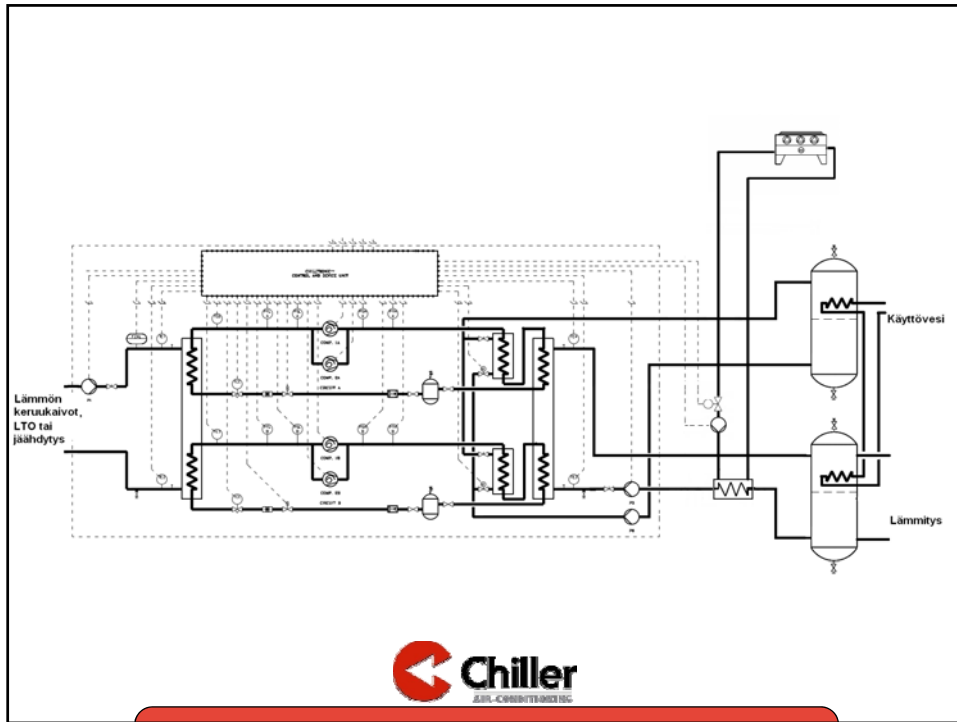
- ☒ Suunnitellaan yksilöllisesti kuhunkin kohteeseen
- ☒ Komponenttien mitoitus käyttöolosuhteiden mukaan, vaikka perusrakenne pysyykin samana
- ☒ Lisävarusteet: esim. tulistuksenpoisto- ja alijäähdetyssiirtimet vain tarvittaessa

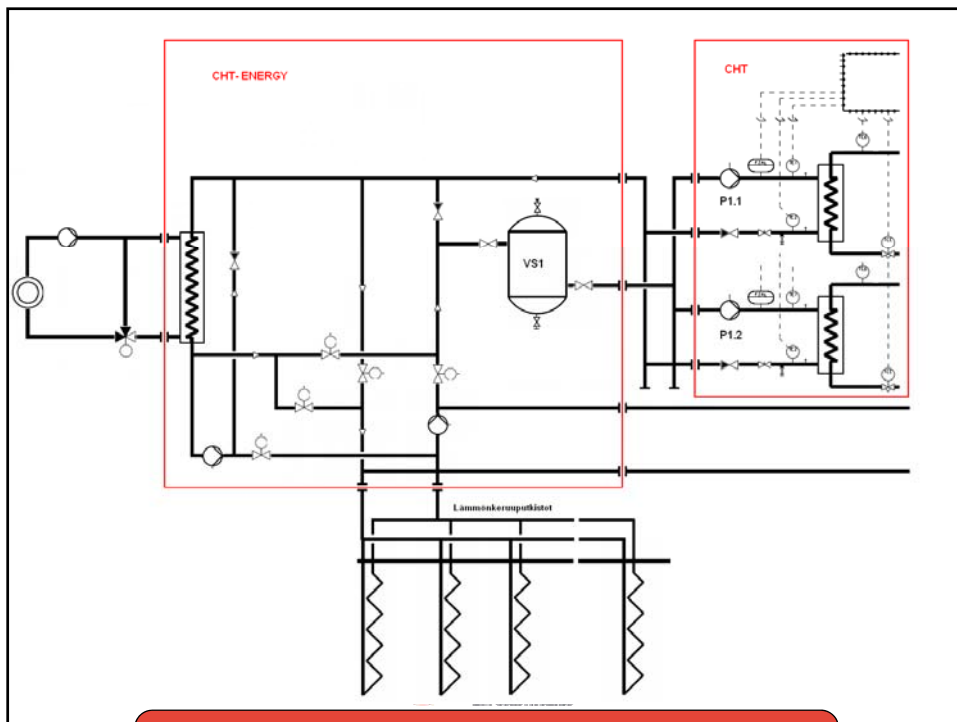
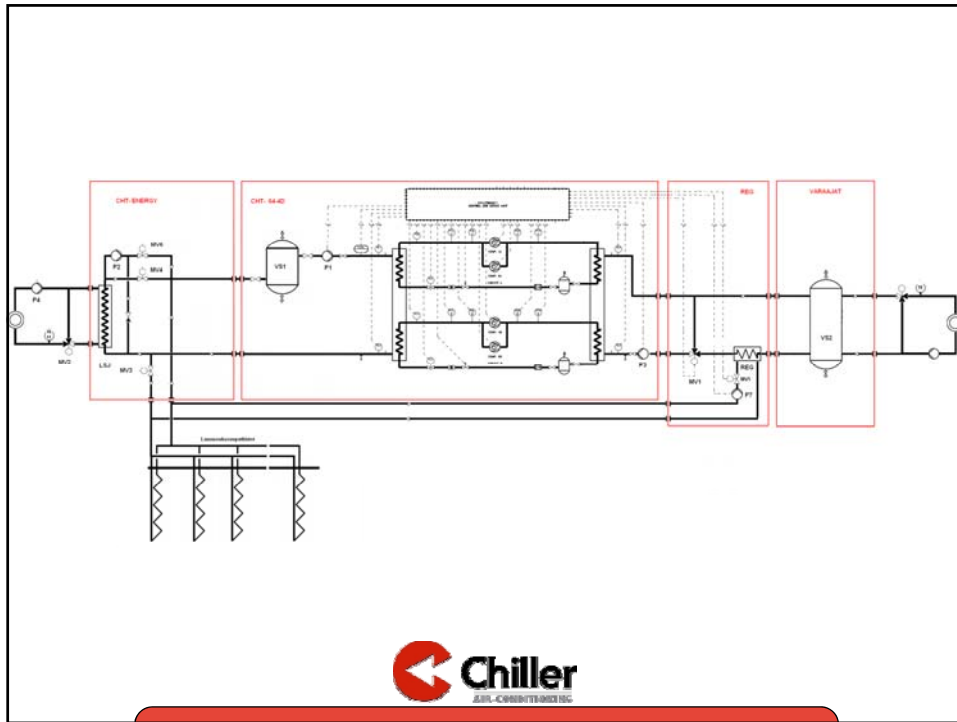


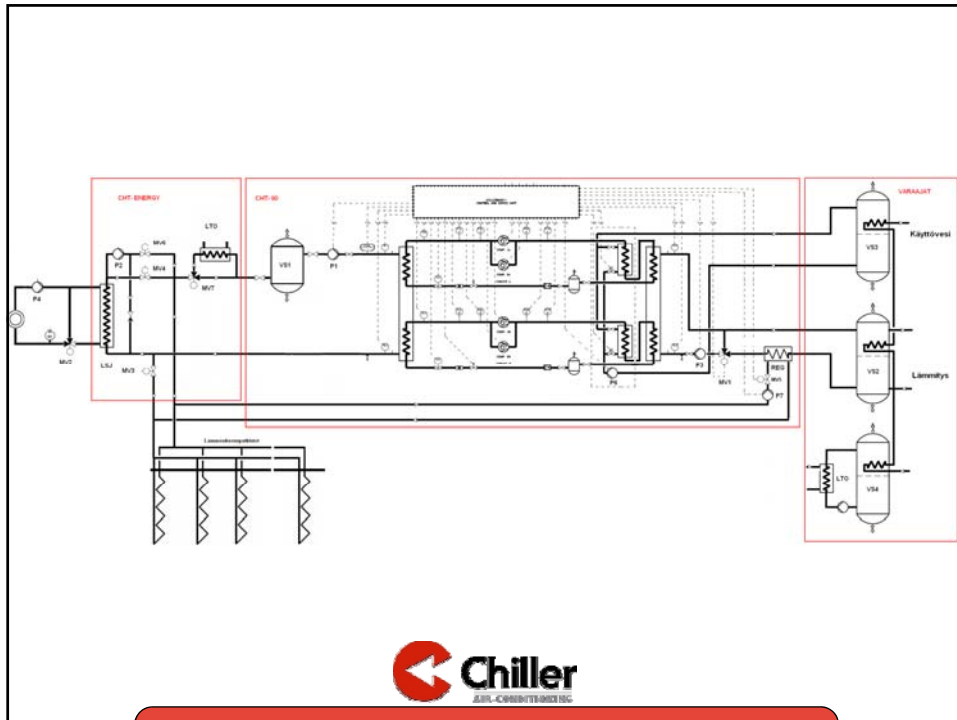




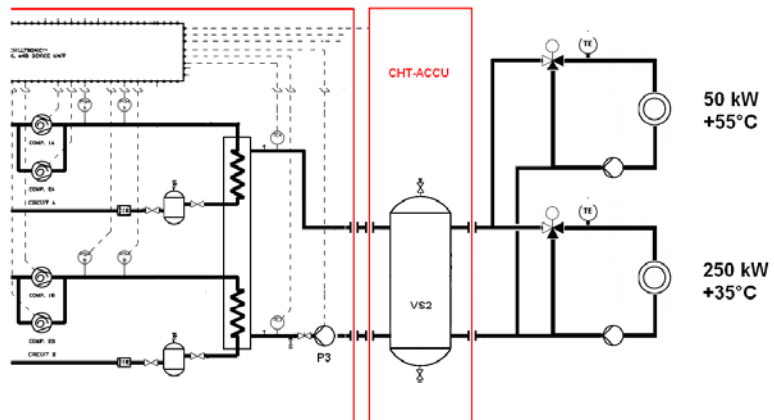








Rinnakkaiset lämmityspiirit



Järjestelmän hyötysuhde

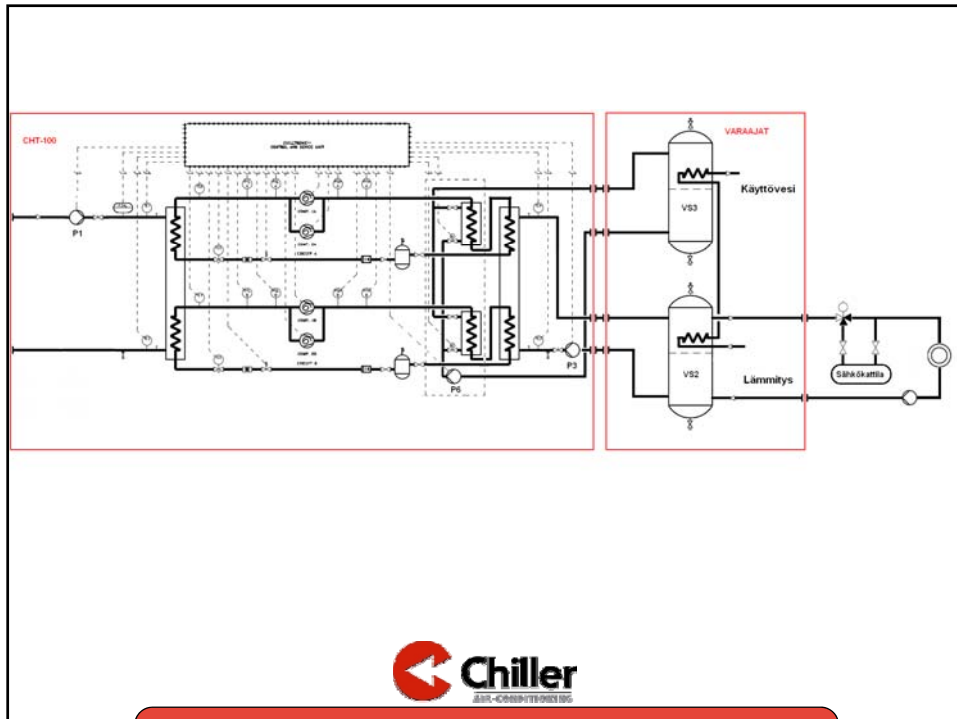
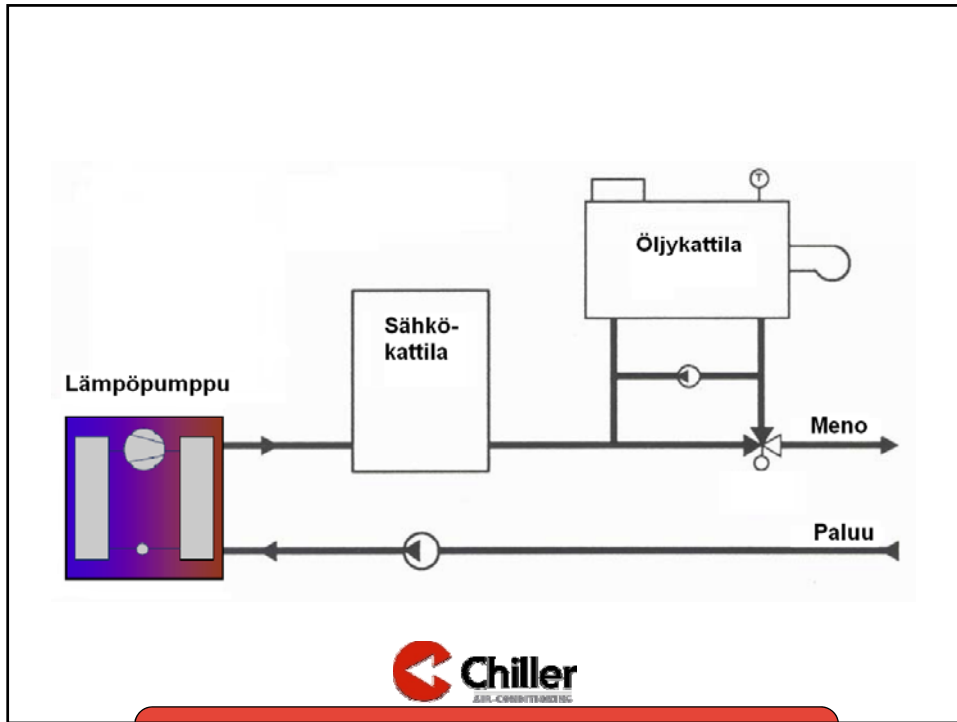
Φ_{cond}	Cond out	COP _{Heat}	P _{comp}
250 kW	+35 °C	4,47	55,93 kW
50 kW	+55 °C	2,61	19,16 kW
		<hr/> 4,00 <hr/>	<hr/> 75,09 kW <hr/>
300 kW	+55 °C	2,61	114,94 kW
250 kW	+35 °C	4,47	55,93 kW
50 kW	+55 °C	1	50 kW
		<hr/> 2,83 <hr/>	<hr/> 105,93 kW <hr/>



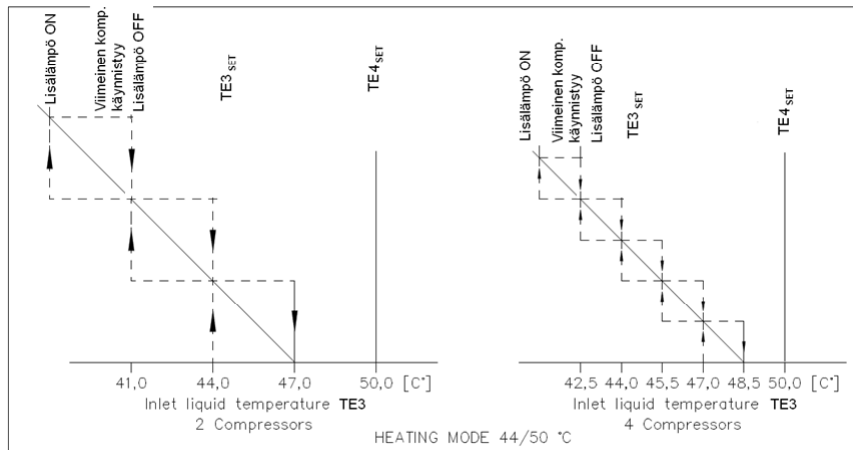
Lisälämpöjärjestelmät

- Yleensä lämpöpumpun teho-osuus mitoitetaan alle 50% maksimi mitoitustehosta, silti tuottaa kokonaisenergian tarpeesta yli 80%
- Lämpöpumpun ja lisälämmön oikea kytkentä ja ohjaus on ensiarvoisen tärkeä koko järjestelmän energiatehokkaalle toiminnalle









Kompressorien ja lisälämmön ohjaus



Lisälämmönlähteet

- 
Öljykattilat
 - Yleensä edullisin ratkaisu
- 
Kaasukattilat
 - Korkeat liittymäkulut
- 
Sähkökattilat
 - Kiinteistön sähköliittymäteho saattaa nousta liikaa
- 
Kaukolämpö
 - Korkeat liittymäkulut



Mitoitus ja valinta

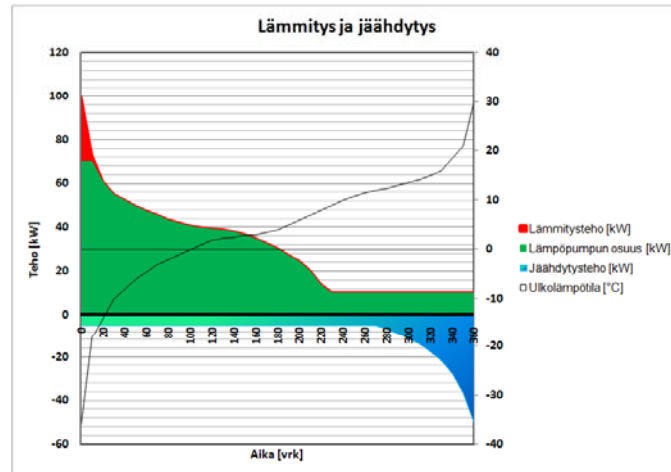
- ☛ Tapauskohtaisesti, optimoidaan energia- ja investointikulut
 - Lämpöpumppujärjestelmän kuluttama energia
 - Lisäenergia
 - Investointi
 - Vertailtavan järjestelmän energia
 - Vertailtavan järjestelmän investointi
 - Rahoituskulut
 - Huolto- ja ylläpitokulut



- ☛ Muut tekijät
 - Lämmöntarveprofiili
 - Eri lämpötilatasojen tarve lämmitysjärjestelmässä
 - Koneellinen jäähdytys
 - ...



Energiatase



Investoinnin kannattavuus

☛ Hankintahinta	☛ 300.000 €
☛ Lämpöpumpun teho	☛ 1000 kW
☛ Lämpöpumpun ottoteho	☛ 300 kW
☛ Korvatus energian hinta	☛ 0,05 €/kWh
☛ Sähkön hinta	☛ 0,1 €/kWh
☛ Vuotuinen käyttöaika	☛ 4000 h/a



Takaisinmaksuaika

$$t_{LP} = K_{LP} / (\tau(H_L \Phi_{LP} - H_s P_K))$$

K_{LP} on Lämpöpumpun hankintahinta (€)

τ on vuotuinen huipun käyttöaika

H_L on korvatus lämmön hinta (€/kWh)

H_s on sähkön hinta (€/kWh)

Φ_{LP} on lämpöpumpun lämpöteho (kW)

P_K on lämpöpumpun lämpöteho (kW)

Edellisen sivun arvoilla takaisinmaksuaika noin 4 vuotta

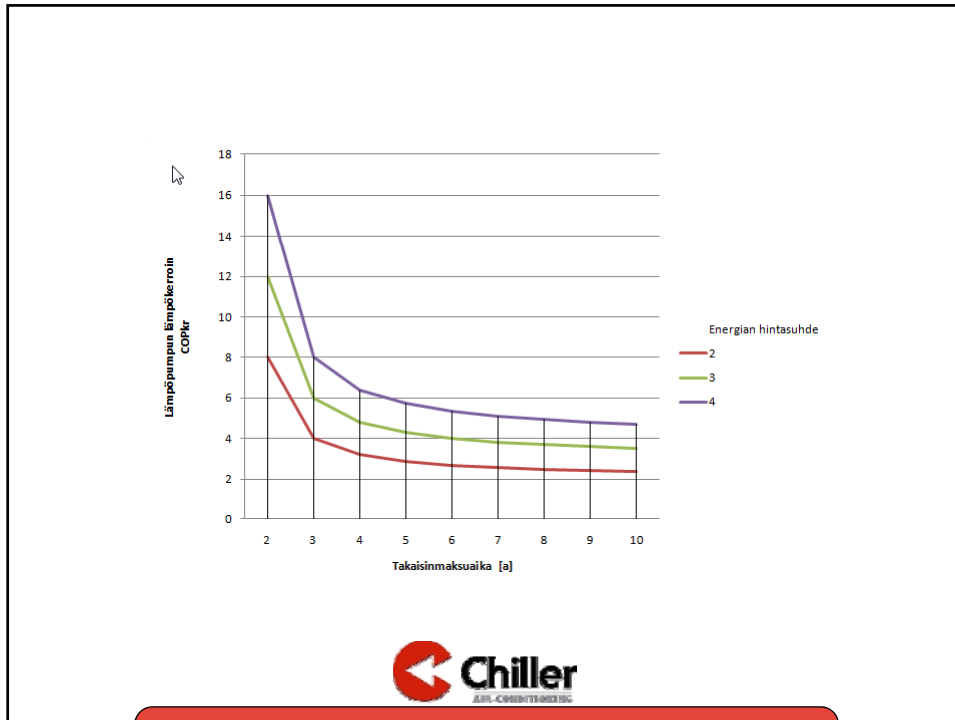


Kriittinen lämpökerroin

$$COP_{KR} = \frac{(H_s/H_L)}{1 - (K'_{LP}/H_L) / \tau t_{LP}}$$

K'_{LP} on lämpöpumpun tehon hinta (€/kW)





CHT malliston tehoalueet

Chiller Chillquick Thermo™ Lämpöpumput

Tehoalueet:

Lämmitysteho maalämpöpumpukäytössä lämpötiloilla 0/+50°C: 15...410 kW

Lämmön talteenottolämpötila-alueella +20/+50°C: Lämmitysteho ...760 kW, talteen otettu teho ...620 kW

Jäähdytyskäyttö lämpötila-alueella 7/12°C ja 36/42°C: Lämmitysteho ...550 kW, Jäähdytysteho ...430 kW

